

MEMORIES MEMORIAS

International Engineering Seminar IES Unisangil 2015



Septiembre 7
al 10 de 2015



UNISANGIL
FACULTAD DE CIENCIAS
NATURALES E INGENIERÍA

San Gil (Santander)
El Yopal (Casanare)
Colombia

ISSN: 2422-5088

MEMORIES
International Engineering Seminar
IES UNISANGIL 2015

MEMORIAS
Seminario Internacional de Ingeniería

DIRECTIVOS UNISANGIL

Luís Gustavo Álvarez Rueda
Rector

Beatriz Toloza Suárez
Vicerrectora Académica

Leonardo Porras Martínez
Vicerrector Administrativo y Financiero

William Guerrero Salazar
Director Departamento de Investigación

Franklin Figueroa Caballero
Director Sede Yopal

ORGANIZADORES

UNISANGIL Sede San Gil

Milton Javier Muñoz Neira

Director Programa Ingeniería Electrónica

UNISANGIL Sede Yopal

Wilson Arturo Gómez Becerra

Director Programa Ingeniería Electrónica

COMITÉ EDITORIAL

Faver Adrián Amorocho Sepúlveda

Decano Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería UNISANGIL

Ingeniero electricista

© Magíster en potencia eléctrica

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

Coordinador de Internacionalización – Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Director Programa Ingeniería Electrónica UNISANGIL
Ingeniero electrónico
Investigador Grupo IDENTUS

Wilson Gamboa Contreras

Director Grupo de Investigación IDENTUS
Ingeniero electrónico
Especialista en alta gerencia

Frank Carlos Vargas Tangua

Director Grupo GEASID
Biólogo
Especialista en química ambiental
Magíster en gestión ambiental

Alexander Medina Rojas

Docente Programa Ingeniería Electrónica
Ingeniero electrónico
Magíster enseñanza de las ciencias exactas

APOYO LOGÍSTICO

María Cristina Ayala Triana
Milton Javier Muñoz Neira

Maestra de ceremonia evento Sede San Gil
Maestro de ceremonia evento Sede San Gil

Sede San Gil

Pablo Antonio Pérez Pinto
Enrique Blanco Olarte
Diana Patricia Torres Solano
Edgar Rodríguez Díaz
Yaneyda Zulay Longas Flórez
Edilsa Lancheros Chaparro
Rafael Antonio Estupiñán Pinto

Sede Yopal

Wilson Arturo Gómez Becerra
Emilsen Yazmín Arias Cruz
Luis Gabriel Noreña Trigos
Liliana Ibeth Pérez
Sergio Andrés Peña Perea
Lucelly Martínez
Erica Sofía Cely Granados
Tatiana Mahecha

PRESENTACIÓN

La ingeniería es un área del conocimiento en constante evolución. Los crecientes avances tecnológicos a los que se enfrenta la humanidad, generan un sinnúmero de posibilidades para dar valor agregado a los productos empresariales y acrecentar la exigente competitividad de un mundo globalizado. Es por tanto fundamental estar al tanto de esta dinámica, de forma que sea posible apropiarse y generar aportes a la misma, teniendo presente los entornos internacionales como medio de apoyo y evaluación.

En este sentido, la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería (FCNI) de UNISANGIL desarrolló en el 2009 el Congreso Internacional de Inteligencia Artificial y Robótica Aplicada (CIAR), y a partir del 2013, cada dos años, el IES UNISANGIL (*International Engineering Seminar*), cuya versión para el 2015 se llevó a cabo desde el 7 hasta el 10 de septiembre, simultáneamente, en instalaciones de los campus universitarios de UNISANGIL en sus sedes de San Gil, Santander, y Yopal, Casanare, con el objetivo de fomentar un espacio académico para la presentación, discusión, denotación y connotación de las necesidades sociales y empresariales en relación con las nuevas tendencias y aspectos de la ingeniería de clase mundial, con un enfoque especial en el desarrollo regional y nacional.

El seminario estuvo dirigido a estudiantes, profesionales, investigadores y empresarios afines a las ciencias físico mecánicas y al público en general interesado en las temáticas.

Las temáticas tratadas fueron:

- Sensores y sistemas de automatización
- Medio ambiente e ingeniería
- Sostenibilidad
- Agroindustria
- Ingeniería de confiabilidad, y,
- Ingeniería para el posconflicto

El evento se estructuró por medio de las siguientes actividades:

- Conferencias magistrales: investigadores de Estados Unidos, México, Perú y Ecuador.
- Profundización con panelistas.
- Paneles en torno a los temas: ingeniería para el posconflicto e ingeniería para la sostenibilidad.

Más de seiscientos cincuenta personas hicieron presencia en el IES UNISANGIL 2015 incluyendo el acompañamiento de conferenciantes nacionales e internacionales.

CONFERENCIANTES NACIONALES E INTERNACIONALES

PhD. Ivonne Santiago

Ph.D. Civil Engineering Specialized in Environmental Engineering. M.E. Environmental Systems Engineering. B.S. Civil Engineering. Clinical Professor, University of Texas at El Paso, College of Engineering, Department of Civil Engineering.



- Use of zeolites for removal of contaminants
- Water Wise on the border: Present and future activities in the Department of Civil Engineering at UTEP

PhD. María Cristina Noyola

Posdoctorado, geociencias aplicadas, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), San Luis Potosí, S.L.P. México. PhD. Geomorfología, Universidad de París 7, “Denis Diderot”, Equipe DYMNIRIS, PRODIG UMR 8586 CNRS – Pôle Image, Paris, Francia. Investigadora, Universidad Autónoma San Luis Potosí, México.



- Tratamiento digital de imágenes de satélite para evaluación de recursos naturales.
- Desarrollo e integración de SIG para aplicaciones hidrogeológicas y climáticas.

PhD. Eduardo Castillo Castañeda

Ph.D. en control automático, INP-Grenoble Francia. Especialista en conducción de procesos industriales, Escuela Superior de Electricidad, Rennes, Francia. Ingeniero mecánico electricista, UNAM, México. Profesor tiempo completo en el CICATA (Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada), Unidad Querétaro, del IPN (Instituto Politécnico Nacional)



- Robótica móvil.
- Aplicaciones industriales de la visión artificial.

PhD. María Teresa Sanz

PhD. en ingeniería electrónica, Universidad de Zaragoza (España, 2004). Licenciada en ciencias físicas. En la actualidad, investigadora en el Grupo de Diseño de Circuitos Integrados, Coordinación de Electrónica del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Líneas de investigación: diseño de celdas analógicas programables digitalmente, desarrollo de interfaces de sensores, diseño de *front-ends* para receptores de comunicaciones ópticas.



- Sistemas de medición de gases para monitoreo medioambiental.
- Medición de pH mediante sensores ISFET.

Msc. Manuel Fernando González Puente

Msc. en gestión del mantenimiento industrial, ESPOCH, Ecuador. Msc. gestión de educación, Universidad Regional de los Andes, Ecuador. Especialista en diseño curricular, U. Regional de los Andes, Ecuador. Ingeniero de mantenimiento, ESPOCH, Ecuador.



- La ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y el desarrollo industrial.
- Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería.

Msc. Jaime Collantes Bohórquez

Msc. En ingeniería de confiabilidad y riesgo, ingeniería industrial y mecánica, Universidad de las Palmas, Gran Canaria. Ingeniero mecánico, Pontificia Universidad Católica de Perú. Certificado CMRP. JCB - Gestión de activos. Consultor internacional.



- Confiabilidad humana en la ingeniería.
 - Aplicabilidad de la Norma ISO 55000.
-
-

PhD. Humberto Rojas Pinilla

PhD. en desarrollo rural. Msc. agricultura y desarrollo rural, Institute Of Social Studies, La Haya, Países Bajos. Msc. análisis de problemas políticos, económicos, internacionales contemporáneos, Instituto de Altos Estudios para el Desarrollo, Bogotá, Colombia. Sociólogo, Universidad Nacional. Administrador de empresas, Universidad Externado de Colombia. Docente tiempo completo, Universidad de Javeriana.



- Desarrollo rural y sostenibilidad
-

PhD. Efraín Antonio Domínguez Calle

PhD. en ciencias técnicas (hidrología, recursos hídricos e hidroquímica). Universidad Estatal Hidrometeorológica de Rusia. Msc. en ecología hidrometeorológica, Instituto Estatal Hidrometeorológico de Rusia. Ingeniero hidrólogo, Instituto Estatal Hidrometeorológico de Rusia. Docente tiempo completo, Universidad Javeriana.



- Importancia del modelamiento hidrológico para la planeación de la gestión del recurso hídrico.
-

Ph.D. Camilo Lesmes Fabián

Doctor en antropogeografía, de la Universidd de Munich, Alemania. Magíster en ciencias ambientales de la Wageningen University, en Holanda. Ingeniero agrónomo de la UPTC, Colombia. Docente investigador de la Universidad Santo Tomas, sede Tunja.



- El proceso de modelación en ingeniería ambiental.
-

RESUMEN DE CONFERENCIA Y/O PANEL

<i>Conferenciante</i>	<i>Conferencia (C) y/o Panel (P) en el IES</i>
<i>PhD. María Teresa Sanz Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México.</i>	C. Diseño de sistemas de sensado de gas para monitoreo medioambiental. C. Medición de pH mediante sensores ISFET: principios de funcionamiento y aplicaciones.
<i>PhD. Ivonne Santiago Universidad de Texas en El Paso, EE.UU.</i>	C. Use of zeolites for removal of contaminants. C. Water Wise on the border: Present and future activities in the Department of Civil Engineering at UTEP.
<i>PhD. María Cristina Noyola Universidad Autónoma San Luis Potosí, México.</i>	C. Tratamiento digital de imágenes de satélite para evaluación de recursos naturales. C. Desarrollo e integración de SIG para aplicaciones hidrogeológicas y climáticas. C. Redes de monitoreo de variables hidrológicas.
<i>PhD. Eduardo Castillo Castañeda CICATA (Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada), Unidad Querétaro, del IPN (Instituto Politécnico Nacional).</i>	C. Aplicaciones industriales de la visión artificial. C. Robots de servicio: aplicaciones y perspectivas de desarrollo.
<i>PhD. Humberto Rojas Pinilla Universidad Javeriana, Colombia.</i>	C. Desarrollo rural y sostenibilidad.
<i>PhD. Efraín Antonio Domínguez Calle Universidad Javeriana, Colombia.</i>	C. Importancia del modelamiento hidrológico para la planeación de la gestión del recurso hídrico.
<i>Msc. Jaime Collantes Bohórquez Perú</i>	C. Aplicabilidad de la Norma ISO 55000. C. Confiabilidad humana en la ingeniería.

<i>Msc. Manuel Fernando González Puente Escuela Politécnica Chimborazo, ESPOCH, Ecuador.</i>	C. Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial. C. Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería.
<i>Msc. Jorge Felizzoly.</i>	C. Eficiencia energética: aplicabilidad de la Norma ISO 50001.
<i>PhD. Camilo Lesmes Fabián Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja, Colombia</i>	C. El proceso de modelación en ingeniería ambiental.

Sede Yopal

<i>Conferenciante</i>	<i>Conferencia (C) y/o Panel (P) en el IES</i>
<i>PhD. Efraín Antonio Domínguez Calle Universidad Javeriana, Colombia.</i>	C. Importancia del modelamiento hidrológico para la planeación de la gestión del recurso hídrico.
<i>Msc. Jaime Collantes Bohórquez Perú.</i>	C. Aplicabilidad de la Norma ISO 55000. C. Confiabilidad humana en la ingeniería.
<i>Msc. Manuel Fernando González Puente Escuela Politécnica Chimborazo, ESPOCH, Ecuador.</i>	C. Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial. C. Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería.
<i>PhD. Humberto Rojas Pinilla Universidad Javeriana, Colombia.</i>	C. Desarrollo rural y sostenibilidad.
<i>PhD. Ivonne Santiago Universidad de Texas en El Paso, EE.UU.</i>	C. Use of zeolites for removal of contaminants. C. Water Wise on the border: Present and future activities in the Department of Civil Engineering at UTEP.
<i>PhD. Eduardo Castillo Castañeda CICATA (Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada), Unidad Querétaro, del IPN (Instituto Politécnico Nacional).</i>	C. Aplicaciones industriales de la visión artificial. C. Robots de servicio: aplicaciones y perspectivas de desarrollo.

<p><i>PhD. María Cristina Noyola</i> <i>Universidad Autónoma San Luis Potosí,</i> <i>México.</i></p>	<p>C. Tratamiento digital de imágenes de satélite para evaluación de recursos naturales.</p> <p>C. Desarrollo e integración de SIG para aplicaciones hidrogeológicas y climáticas.</p>
<p><i>PhD. María Teresa Sanz</i> <i>Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).</i></p>	<p>C. Diseño de sistemas de sensado de gas para monitoreo medioambiental.</p> <p>C. Medición de pH mediante sensores ISFET: principios de funcionamiento y aplicaciones.</p>

Sede San Gil

<p><i>PhD. María Teresa Sanz</i> <i>PhD. María Cristina Noyola</i> <i>PhD. Ivonne Santiago</i> <i>PhD. Eduardo Castillo Castañeda</i> Moderador: <i>Msc. Frank Carlos Vargas Tangua</i></p> <p><i>Msc. Manuel Fernando González Puente</i> <i>PhD. Humberto Rojas Pinilla</i> <i>Msc. Jorge Felizzola</i> Moderador: <i>Dr. Miguel Arturo Fajardo Rojas</i></p>	<p>P. Engineering for sustainability</p> <p>P. Ingeniería para el posconflicto</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Sede Yopal

<p><i>Msc. Manuel Fernando González Puente</i> <i>Msc. Jaime Collantes</i> <i>PhD. Efraín Domínguez</i> Moderador: <i>Dr. Alberto Becerra</i></p> <p><i>PhD. Ivonne Santiago</i> <i>PhD. María Cristina Noyola</i> <i>PhD. Eduardo Castillo Castañeda</i> <i>PhD. María Teresa Sanz</i> <i>Ing. Sergio Andrés Peña Perea</i> Moderador: <i>Ing. Álvaro Moyantes</i></p>	<p>P. Ingeniería para el posconflicto</p> <p>P. Engineering for sustainability</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

PROGRAMACIÓN

INTERNATIONAL ENGINEERING SEMINAR IES - UNISANGIL SEPTEMBER 7 TO 10 OF 2015									
SAN GIL PROGRAMMING									
HOUR	MONDAY 7	HOUR	TUESDAY 8	HOUR	WEDNESDAY 9	HOUR	THURSDAY 10	HOUR	FRIDAY 11
3:00 - 6:00 P.M.	INSCRIPTION AND ACCREDITATION	5:00 - 5:50 P.M.	<p>AU-COL LC Desarrollo e integración de SIG para aplicaciones hidrogeológicas y climáticas PhD. María Cristina Noyola</p> <p>AU-LA Water Wise on the border: Present and future activities in the Department of Civil Engineering at UTEP PhD. Ivonne Santiago</p>	6:15 - 7:05 P.M.	AU-COL LC Desarrollo rural y sostenibilidad PhD. Humberto Rojas Pinilla	5:00 - 5:50 P.M.	AU-COL LC Redes de monitoreo de variables hidrológicas PhD. María Cristina Noyola	9:00 - 9:50 A.M.	AU-LA Modelación de la calidad de agua en ríos PhD. Luis Alejandro Camacho Botero
6:15 - 7:15 P.M.	OPENING	5:50 - 6:15 P.M.	REFRESHMENT	7:05 - 7:55 P.M.	AU-COL LC Aplicabilidad de la Norma ISO 55000 Msc. Jaime Collantes Bohórquez	5:50 - 6:15 P.M.	REFRESHMENT		
		6:15 - 7:05 P.M.	AU-COL LC Robots de servicio: aplicaciones y perspectivas de desarrollo. PhD. Eduardo Castillo Castañeda			6:15 - 7:05 P.M.	AU-COL LC Eficiencia Energética: Aplicabilidad de la Norma ISO 50001 Msc. Jorge Felizzoly		

INTERNATIONAL ENGINEERING SEMINAR IES - UNISANGIL
SEPTEMBER 7 TO 10 OF 2015

7:15 - 8:05 P.M.	AU-COL LC Diseño de sistemas de sensado de gas para monitoreo medioambiental PhD. María Teresa Sanz	7:05- 7:55 P.M.	AU-COL LC Medición de pH mediante sensores ISFET: principios de funcionamiento y aplicaciones PhD. María Teresa Sanz	7:55 - 8:30 P.M.	REFRESHMENT AND CULTURAL ACTIVITY	7:05- 7:55 P.M.	AU-COL LC Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería Msc. Manuel Fernando González Puente
8:05 - 8:55 P.M.	AU-COL LC Aplicaciones industriales de la visión artificial PhD. Eduardo Castillo Castañeda	7:55 - 8:15 P.M.	REFRESHMENT	7:05 - 7:55 P.M.	AU-COL LC Confiabilidad humana en la ingeniería Msc. Jaime Collantes Bohórquez	7:55- 9:00 P.M.	AU-COL LC PANEL II Ingeniería para el posconflicto
8:55 - 9:10 P.M.	REFRESHMENT						
9:10 - 10:15 P.M.	AU-COL LC Use of zeolites for removal of contaminants PhD. Ivonne Santiago AU-LA Tratamiento digital de imágenes de satélite para evaluación de recursos naturales PhD. María Cristina Noyola	8:15 - 9:00 P.M.	AU-COL LC PANEL I Engineering for sustainability	9:20 - 10:10 P.M.	AU-COL LC Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial Msc. Manuel Fernando González Puente	9:00 - 10:15 P.M.	COCKTAIL AND CULTURAL ACTIVITY
AU-LA	LOWER AUDITORIUM						
AU-COL LC	COLISEUM LEONOR CORDERO						

INTERNATIONAL ENGINEERING SEMINAR IES - UNISANGIL SEPTEMBER 7 TO 10 OF 2015							
YOPAL PROGRAMMING							
HOUR	MONDAY 7	HOUR	TUESDAY 8	HOUR	WEDNESDAY 9	HOUR	THURSDAY 10
3:00 - 6:00 P.M.	INSCRIPTION AND ACCREDITATION	6:15 - 7:05 P.M.	AU-1 Confianza humana en la ingeniería	6:15 - 7:05 P.M.	AU-1 Use of zeolites for removal of contaminants	6:15 - 7:05 P.M.	AU-1 Desarrollo e integración de SIG para aplicaciones hidrogeológicas y climáticas naturales AU-2 Medición de pH mediante sensores ISFET: principios de funcionamiento y aplicaciones
6:15 - 7:30 P.M.	OPENING					7:05 P.M.	REFRESHMENT
7:30 - 8:20 P.M.	AU-1 Importancia del modelamiento hidrológico para la planeación de la gestión del recurso hídrico	7:05 - 7:55 P.M.	AU-1 Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería AU-2 Desarrollo rural y sostenibilidad	7:05 - 7:55 P.M.	AU-1 Aplicaciones industriales de la visión artificial	7:25 - 8:15 P.M.	AU-1 Robots de servicio: aplicaciones y perspectivas de desarrollo. AU-2 Water Wise on the border: Present and future activities in the Department of Civil Engineering at UTEP
		7:55 - 8:15 P.M.	REFRESHMENT	7:55 P.M.	REFRESHMENT AND CULTURAL ACTIVITY		
8:20 - 8:40 P.M.	REFRESHMENT			8:30 - 9:20 P.M.	AU-1 Tratamiento digital de imágenes de satélite para evaluación de recursos naturales	8:15 - 9:05 P.M.	PANEL II Engineering for sustainability AU-1
8:40 - 9:30 P.M.	AU-1 Aplicabilidad de la Norma ISO 55000 AU-2 Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial	8:15 - 9:00 P.M.	PANEL I Ingeniería para el posconflicto AU-1	9:20 - 10:10 P.M.	AU-1 Diseño de sistemas de sensado de gas para monitoreo medioambiental	9:05 - 10:15 P.M.	<i>Cocktail</i>
AU-1: AUDITORIO 1		AU-2: AUDITORIO 2					

AGRADECIMIENTOS

Conferenciantes

- PhD. Ivonne Santiago
- PhD. María Cristina Noyola
- PhD. Eduardo Castillo Castañeda
- PhD. María Teresa Sanz
- Msc. Manual Fernando González Puente
- Msc. Jaime Collantes Bohórquez
- PhD. Humberto Rojas Pinilla
- PhD. Efraín Antonio Domínguez Calle
- PhD. Camilo Lesmes Fabián

Instituciones participantes

- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México
- Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), Unidad Querétaro, del IPN (Instituto Politécnico Nacional) de la ciudad de Santiago de Querétano México
- University of Texas at El Paso, Texas, EE.UU.
- Universidad Autónoma San Luis Potosí, México
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Ecuador
- Universidad de las Palmas, Gran Canaria
- JCB - Gestión de Activos, Perú
- Empresa GENECOL S.A.S., Colombia
- Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia
- Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja, Colombia

“The critical roles of engineering in addressing the large-scale pressing challenges facing our societies worldwide are widely recognized”

UNESCO, Engineering Report 2010



CONTENIDO

Ponencias	pág.
Natural resources assessment from processing of satellite imagery Evaluación de recursos naturales mediante el procesamiento de imágenes satelitales	19
Robots de servicio: aplicaciones y perspectivas de desarrollo Service robots: applications and development perspectives	26
Aplicaciones industriales de la visión artificial Industrial applications of artificial vision	30
Design of gas sensing systems for environmental monitoring Diseño de sistemas de detección de gas para monitoreo ambiental	34
pH Measurement with Ion-Sensitive Field-Effect Transistors (ISFETs) Medición de pH con transistores de efecto de campo sensibles a iones (ISFET)	37
Desarrollo rural y sostenibilidad Rural Development and Sustainability	40
Role of mathematical modeling in water resources management and planning Papel de la modelización matemática en la gestión y planificación de los recursos hídricos	43
Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial Maintenance Engineering in the dynamics of competitiveness and industrial development	48
Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería Ethics and values in the exercise of Engineering	52
Registros fotográficos	56
A modo de síntesis	68
Conclusiones	69

Natural resources assessment from processing of satellite imagery

Evaluación de recursos naturales mediante el procesamiento de imágenes satelitales

Knowledge domain: Remote Sensing and Natural Resources

Noyola-Medrano, Cristina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Geomática
San Luis Potosí, SLP, México

cristina.noyola@uaslp.mx

Keywords: Remote sensing, satellite image, spectroradiometry, natural resources.

ABSTRACT

In the beginning, remote sensing was used exclusively for military purposes. In the course of time, the satellite information was released to be used in other applications. Such that, currently, most of the regional studies are based on the analysis of satellite images. This paper presents an overview of the use of satellite imagery for natural resources assessment. In the first part of this work, some general concepts of remote sensing and espectoradiometry are discussed. Next, some examples of applications in remote sensing carried out in the Faculty of Engineering at the Autonomous University of San Luis Potosí, are shown. The results obtained in the different applications corroborate the usefulness of remote sensing in the exploration and evaluation of natural resources, such as land-use change and the characterization of vegetation and water. One of the major challenges of remote sensing is the continuous improvement of the satellite systems, in order to obtaining more precise data to develop a modeling more accurate of the surface.

I. INTRODUCTION

The assessment and management of natural resources is one of the main tasks not only of governments but of all humanity. For this reason, it is necessary to monitor the evolution of vegetation, water bodies, changing land use, among other natural landscape elements. Remote sensing has demonstrated to be a useful tool for the spatial and temporary assessment of a diversity of natural resources such as: tropical and desert vegetation (Skole & Tucker, 1993; Liu *et al.*, 2013) mining (Amer *et al.*, 2012), marine and inland bodies of water (Hu *et al.*, 2013), tracks of animal footprints (Handcock *et al.*, 2009) and oil exploration (Peña & Abdelsalam, 2006) among others

II. REMOTE SENSING DEFINITION

Traditionally, Remote Sensing was defined as a science that comprises several techniques whose objective is to measure record and interpretate, the electromagnetic energy reflected or emitted by the Earth's surface without being in contact with it, and relate these measurements with their nature (Sabins, 2007). Nevertheless, at present, this definition also includes the processing of data, analysis, implementation and dissemination of satellite information (Jensen, 2009).

Therefore, any system of remote sensing includes the following elements: Sensor, observed object, energy flow that relates the object with the sensor, receiving system (antenna), analyst and end user (Lillesand *et al.*, 2014).

III. SATELLITE IMAGE

The main input of remote sensing is the satellite image, which can be defined as a series of rasters (grids consist of rows and columns, whose minimum unit is a pixel), known as bands.

The emission or reflection of the earth's surface is a continuous phenomenon in 4 dimensions (space, time, wavelength and radiance). For this reason the satellite images have 4 characteristics: Spatial resolution (ground surface represented by a pixel), temporal resolution (revisit period), spectral resolution (ability of a sensor to define fine wavelength intervals) and radiometric resolution (ability to discriminate very slight differences in energy) (Jensen, 2009).

IV. FIELD SPECTRORADIOMETRY

Spectroradiometry is the measurement of absolute photon fluxes in narrow spectral intervals at selected wavelengths (Hofzumahaus, 2006). The real involvement of spectroradiometry in remote sensing started with the use of airborne multispectral sensor in the twentieth century. From this fact, field spectroradiometry is an integral part of the remote sensing since both use the sun's radiation as the primary light source (Weng, 2014). One of the most common in situ measurement devices in remote sensing is the spectroradiometer, which is used either in the lab and/or in the field to measure the reflectance of different surface materials (Bossler *et al.*, 2004). This optical instrument contains 3 basic elements: a) a receiver optic for radiation incident from outside, b) a device for the spectral dispersion of radiation into different wavelengths and c) a detector system for quantification of the dispersed light (Hofzumahaus, 2006).

V. APPLICATIONS

In its beginnings, the remote sensing was mainly used in military applications. But over the time, applications with satellite images have increased and diversified. Currently, some of the most common applications in remote sensing are the study of the evolution of land-use change from satellite images (Xiao *et al.*, 2006; Leh *et al.*, 2013) and spectroradiometric analysis in surfaces of vegetation, water, rock and land (Poças *et al.*, 2012; Wu *et al.*, 2014; Govil, 2015).

A. Application of satellite imagery on land-use change.

With the objective to illustrate the use of satellite imagery in the analysis of land-use change, this work shows the analysis carried out in the Sub-basin of Chapala Lake. This body of water is the largest of the Republic of Mexico (1112 Km²). It is located between the States of Jalisco and Michoacan, and supplies water to a large part of the city of Guadalajara (Hernández-García & Sandoval-Moreno, 2015; Figure 1). One of the problems associated with analysis of land use change is the transformation from raster to vector format, after the process of classification generated with satellite images (Agarwal *et al.*, 2002; Thirumalai, & Murugesan, 2015).

This step is necessary to facilitate the processes of reclassification realized to increase the accuracy of

the land-use maps that will be used in the analysis of change. In the case of the Sub-basin of Chapala, it was used as a boundary condition, a vector that defines the area of the Sub-basin.

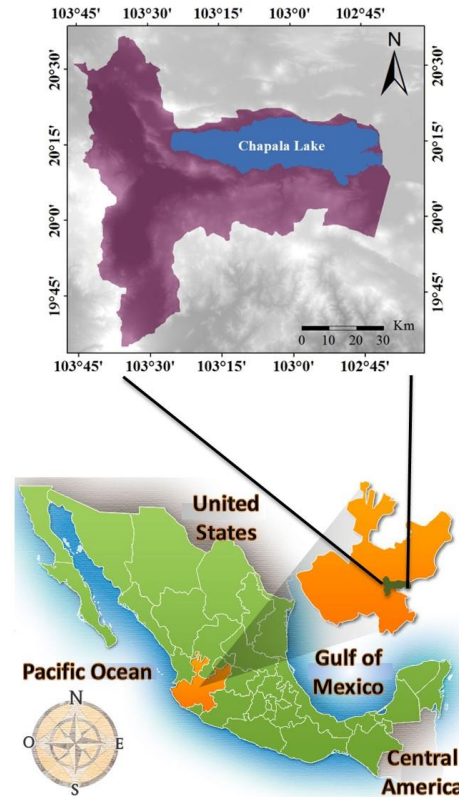


Fig. 1. Location of Sub-basin of Chapala (México).

The methodology included: a) download of Landsat images from 1986 to 2011, b) radiometric correction of the images, c) delimitation of study area by the polygon of sub-basin, d) supervised classification, e) analysis of accuracy by confusion matrix (to proceed to the next step, the accuracy should be greater than 80%), f) raster-vector transformation, g) topological analysis, h) final editing of land use maps, i) analysis of differences between maps with topology and maps without topology, and j) analysis of land-use change on maps with topology (Figure 2).

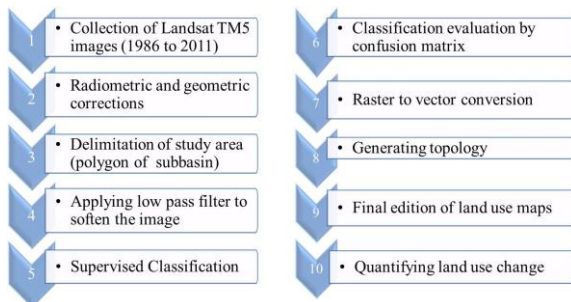


Fig. 2. Methodology applied for the analysis of land use change in the Sub-basin of Chapala.

The results indicate that the absence of topology can generate errors greater than 10 km² on the entire quantification of the sub-basin surface. In terms of soil coverage, those that showed higher changes are: i) natural grasslands with a total loss of 20% of its initial surface area, and b) the surfaces of rainfed agriculture that increased by 11% of its initial surface area (Figure 3). The coverages which show slight increases (< 2 %) were the tropical forest, urban area, bare soil and irrigation agriculture. The coverage of water had an overall increase of 5% and the coverage of aquatic vegetation has remained stable throughout the period analyzed.

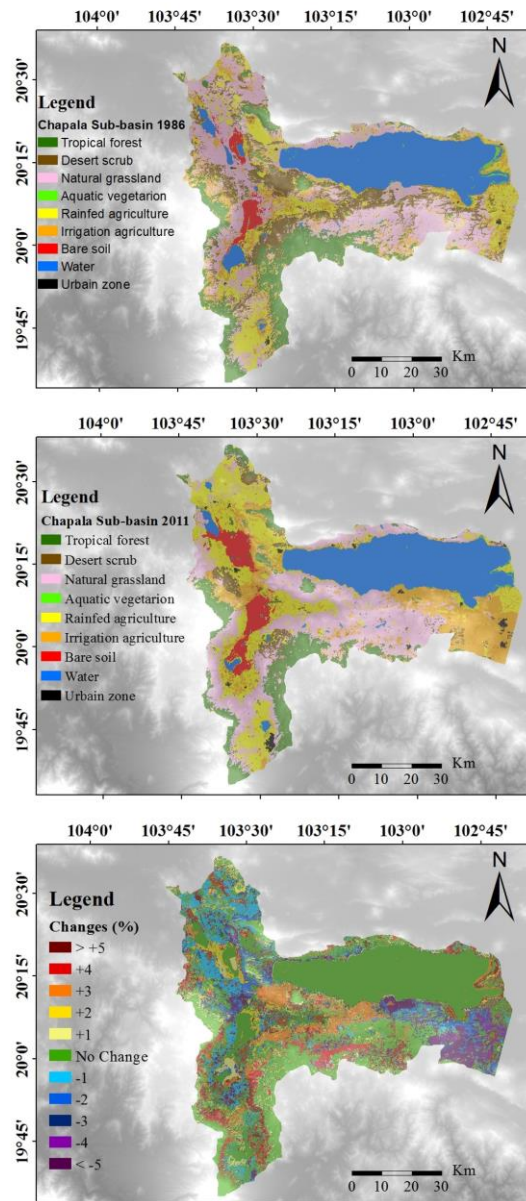


Fig. 3. Main results of the analysis of land use change: a) land use map of 1986; b) land use map of 2011 c) Map of overall differences in percentage.

B. Application of spectroradiometry on vegetation

This work was carried out in the central zone of the State of San Luis Potosi (Figure 4). The study consisted of registering the spectral signature of vegetation, specially of the species *Agrostide tenuis* (common grass) and *Acacia farnesiana* (huizache). The purpose of this study was to observe the different factors that affect the spectral response of the vegetation. The objective of this study was to observe the different factors that affect the spectral

response of the vegetation. In this way, is intended to facilitate the implementation of the registration and subsequent analysis spectral signatures to characterize the phenological state of vegetation. Sampling was conducted from February to April 2015. The equipment used was a spectroradiometer Apogee PS300 UV-NIR to record the spectral signature *in situ*, certain requirements were accomplished as cited several authors (Milton, 1987; Mac Arthur et al., 2013): a) not to use light-colored clothing, b) sky without cloud cover, c) solar elevation > 30 °, d) the sensor was placed at different heights and up to 1.0 m above the surface of study and, c) registration was performed while the sun was facing of operator. For each site in the study area, three or four spectral signatures were recorded. Then, the data of reflectivity of these signatures were averaged. Finally, the spectral signature mean is analyzed and integrated in a library spectral.



Fig. 4. Location of study zone in the central zone of the State of San Luis Potosí.

Results show that in shaded areas, the spectral response of vegetation shows decreases in the reflectivity values (Figure 5a). In addition, it is noted that the spectral response shows variations from the moment in which the plant is cut (Figure 5b). In both remarks, the biggest differences appear on the reflectivity values of the infrared zone.

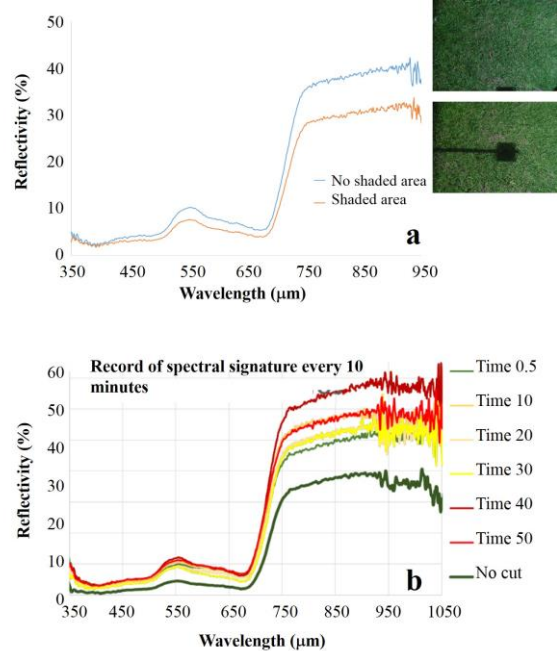


Fig. 5. Record of spectral signatures for: a) grass in shaded areas and areas without shadow and b) *Acacia farnesiana* after cutting it

C. Application of spectroradiometry on continental water bodies

This application was developed in the Chapala Lake, located in the Sub-basin of Chapala, mentioned at the beginning of this article (Figure 1). The work consisted in register spectral signatures in points scattered around the lake. For this article, the results of five points are reported (Figure 6).

At each point is record the spectral signature following the methodology explained in paragraph B of this section V. Sampling was conducted from March 30 to April 2, 2014. In addition to obtain the spectral signature, at each point, it was recorded hydrogeochemical *in situ* information and water samples were taken. These samples were sent to the laboratory for analysis of heavy elements such as arsenic (As), chromium (Cr), cadmium (Cd), lead (Pb), mercury (Hg) and others. To record spectral signatures, it was used a spectroradiometer Apogee PS300 UV-NIR and for the hydrogeochemical data *in situ* a multiparameter probe Hydrolab DS5 was used.

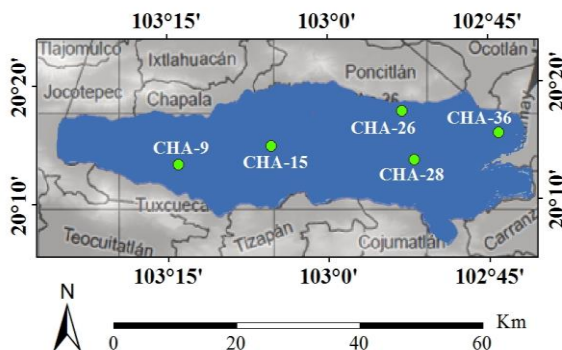


Fig. 6. Location of some points recorded on Chapala Lake.

The five samples recorded in Chapala Lake show a similar behavior between them (Figure 7). In the graph of the figure 7, reflectivity peaks were observed, between 900 and 1000 nm (infrared), 500 and 600 nm (Green), 680 and 760 nm (red) and 750 and 840 nm (red edge). The peaks generated in the regions of the green and red are caused by the presence of algae in the water, while the peak of 750 to 840 nm (red edge) is due to the presence of heavy metals and suspended sediment in the water.

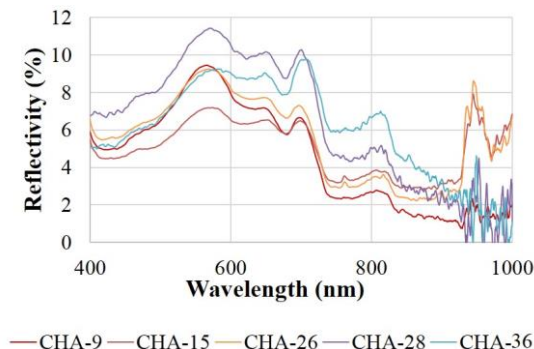


Fig. 7. Spectral signatures of the five points analyzed in Chapala Lake.

Geochemical results show values above the established standard for drinking water (NOM-201-SSA1-2002) in pH (9 to 9.3), chlorides (256-356 mg/l), turbidity (39-140 NTU) barium (0.22 to 0.27 mg/l) arsenic (0.029-0.032 mg/l) and iron (0.43 to 1.06 mg/l). Sample CHA-36, presented the highest values for aluminum (1805 mg/l), phosphorus (1,049 mg/l), iron (1.06 mg/l), and calcium (56.06 mg/l). The spectral signature of this point also presented the highest values of reflectivity in the region ranging from 750 to 840 nm (red edge - near infrared). These results are consistent with previous reports, where it is noted that the peak reflectivity in the region of 714 nm to 880 nm is most marked when there are minerals suspended in the water (Jensen, 2009).

VI. CONCLUSIONS

The remote sensing has demonstrated to be a useful science for the analysis and evaluation of the natural resources.

There is a wide range of satellites, therefore it is possible to develop diverse applications (vegetation, it waters down, mining, geomorphology, change of use of soil, etc) where the main input is a satellite image. The choice of the image and the techniques to extract information will depend on the theme is intended to address.

One of the major challenges of remote sensing is the continuous improvement of the satellite systems, with the purpose of obtaining more precise data to develop a modeling more accurate of the surface.

The diversity of materials that make up the Earth, make it necessary to go deeper into the study of spectral nature of each surface, in order to facilitate their characterization by remote sensing techniques. To achieve this purpose, it is required to generate more spectral libraries that include specimens of the different continents.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks all students who have participated in the projects mentioned in this work, especially to Jubal Lopez Amaya, Zuleima Blaidely Escandon Hernandez and Jose de Jesus Ramos Hernandez

REFERENCES

- [1] Agarwal, C.; Green, G. M.; Grove, J. M.; Evans, T. P. & Schweik, C. M. (2001). A review and assessment of land-use change models. Dynamics of Space, Time and Human Choice. Bloomington and South Burlington: Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change, Indiana University and USDA Forest Service. CIPEC Collaborative Report Series, 1.
- [2] Amer, R.; Kusky, T. & El Mezayen, A. (2012). Remote sensing detection of gold related alteration zones in Um Rus area, *Central Eastern Desert of Egypt. Advances in Space Research*, 49(1), 121-134.
- [3] Bossler, J. D.; Jensen, J. R.; McMaster, R. B. & Rizos, C. (Eds.). (2004). *Manual of geospatial science and technology*. CRC Press.
- [4] Govil, H. (2015). Spectral reflectance of the hydrothermal altered minerals in the visible and near infrared portion (400 – 2500 nm): A case study in and around Askot Basemetal mineralization of Kumaon Himalaya, India. *International Journal of Advancement in Earth and Environmental Sciences*, 3(1): 1-5.
- [5] Oishi, Y. & Matsunaga, T. (2014). "Support system for surveying moving wild animals in the snow using aerial remote-sensing images", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 35, no 4, p. 1374-1394, Feb. 2014.
- [6] Handcock, R. N.; Swain, D. L.; Bishop-Hurley, G. J.; Patison, K. P.; Wark, T.; Valencia, P., & O'Neill, C. J. (2009). Monitoring animal behaviour and environmental

- interactions using wireless sensor networks, GPS collars and satellite remote sensing. *Sensors*, 9(5), 3586-3603.
- [7] Hernández-García, A. & Sandoval-Moreno, A. (2015). Agua y tierra: Organización y reordenamiento de las tierras ganadas y actividades emergentes en el Lago de Chapala, México (1904-2014). *Agua y Territorio*, (5), 111-120.
- [8] Hofzumahaus, A. (2006). Measurement of photolysis frequencies in the atmosphere. *Analytical Techniques for Atmospheric Measurement*, edited by: Heard, DE, 406-500.
- [9] Hu, C.; Feng, L., & Lee, Z. (2013). Uncertainties of SeaWiFS and MODIS remote sensing reflectance: Implications from clear water measurements. *Remote Sensing of Environment*, 133, 168-182.
- [10] Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e*. Pearson Education India.
- [11] Juárez, J. M. D. & Rodríguez, A. T. (2015). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad*, 12(36).
- [12] Leh, M.; Bajwa, S. & Chaubey, I. (2013). Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. *Land Degradation & Development*, 24(5), 409-421.
- [13] Lillesand, T.; Kiefer, R. W. & Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- [14] Liu, G. L.; Zhang, L. C.; Li, G. Y.; Liu, J. & Yang, H. Z. (2013). Sparse desert vegetation extraction in extreme arid region based on remote sensing imagery. *J Arid Land Resour Environ*, 27, 37-40.
- [15] Mac Arthur, A.; Alonso, L.; Malthus, T. J. & Moreno, J. F. (2013). Field spectroscopy sampling strategies for improved measurement of Earth surface reflectance. In *AGU Fall Meeting Abstracts* (vol. 1, p. 01).
- [16] Milton, E. J. (1987). Review article principles of field spectroscopy. *Remote Sensing*, 8 (12), 1807-1827.
- [17] *Natural Resources Canada*. (2014) Tutorial: Fundamentals of remote sensing. [Online] Available: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>
- [18] Peña, S. A. & Abdelsalam, M. G. (2006). Orbital remote sensing for geological mapping in southern Tunisia: implication for oil and gas exploration. *Journal of African Earth Sciences*, 44(2), 203-219.
- [19] Poças, I.; Cunha, M. & Pereira, L. S. (2012). Dynamics of mountain semi-natural grassland meadows inferred from SPOT-VEGETATION and field spectroradiometer data. *International journal of remote sensing*, 33(14), 4334-4355.
- [20] Sabins, F. F. (2007). *Remote sensing: principles and applications*. Waveland Press.
- [21] Skole, D., & Tucker, C. (1993). Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon. Satellite data from 1978 to 1988. *Science* (Washington), 260 (5116), 1905-1910.
- [22] Thirumalai, P. & Murugesan, P. A. J. (2015). Changing land use pattern in nilgris hill environment using geospatial technology. *International Journal of Recent Scientific Research Research*, vol. 6, Issue, 4, pp. 3679-3683.
- [23] Weng, Q. (2014). *Scale Issues in Remote Sensing*. John Wiley & Sons.
- [24] Wu, J. L.; Ho, C. R.; Huang, C. C.; Srivastav, A. L.; Tzeng, J. H. & Lin, Y. T. (2014). Hyperspectral Sensing for Turbid Water Quality Monitoring in Freshwater Rivers: Empirical Relationship between Reflectance and Turbidity and Total Solids. *Sensors*, 14(12), 22670-22688.
- [25] Xiao, J.; Shen, Y.; Ge, J.; Tateishi, R.; Tang, C.; Liang, Y. & Huang, Z. (2006). Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. *Landscape and urban planning*, 75(1), 69-80.

Robots de servicio: aplicaciones y perspectivas de desarrollo

Service robots: applications and development perspectives

Área del conocimiento: Robótica

Castillo-Castañeda, Eduardo
Instituto Politécnico Nacional, CICATA Unidad Querétaro
Querétaro, México

ecastilloca@ipn.mx

Palabras clave: Robótica, diseño mecánico, rehabilitación.

I. INTRODUCCIÓN

La definición mundialmente aceptada del término “robot” es la propuesta en 1979 por el RIA (*Robot Institute of America*) [1]: “Un manipulador reprogramable, multifuncional; diseñado para mover material, partes, herramientas, o dispositivos especializados por medio de movimientos programados para la realización de una variedad de tareas”. El primer humanoide de la historia fue el desarrollado por Leonardo da Vinci (1452-1519), se trataba de un torso y dos brazos, provistos de un sistema ingenioso de bandas y poleas, que tocaban en un tambor la melodía grabada en un cilindro. En 1956, la empresa UNIMATE creó el primer robot industrial para realizar tareas de *pick-and-place* en una planta de General Electric. Más adelante, entre 1987 y 2015 la empresa japonesa HONDA desarrolló los primeros humanoides con capacidad de marcha.

Físicamente, los robots industriales actuales son una analogía del brazo humano, poseen un hombro, un codo, una muñeca y un elemento de prensión (pinza o ventosa). Ver Figura 1.



Fig. 1. Analogía entre un brazo y un robot industrial.

Los elementos de un robot son eslabones y articulaciones, cada articulación conecta dos eslabones. El eslabón inicial se llama “base” y el final se llama “efector”.

Tecnológicamente, las articulaciones del robot son motores a través de los cuales se genera el movimiento. Los motores necesitan una tarjeta de control de movimiento que se conecta generalmente a una computadora industrial. En el efector del robot se coloca la pinza, la herramienta o la pieza de trabajo.

II. APLICACIONES DE LA ROBÓTICA

Las aplicaciones de la robótica pueden ser de dos tipos: industrial o de servicios. En las aplicaciones de la robótica industrial como: soldadura, pintura, carga, fundición y empaquetado; el robot ha reemplazado al ser humano en tareas dentro de las fábricas que ponen en riesgo su salud al ser expuesto a gases tóxicos, altas temperaturas, carga de pesos excesivos o tareas repetitivas y extenuantes.

La Tabla de la Figura 2, muestra el número de robot industriales por sector entre 2011 y 2013 [2].

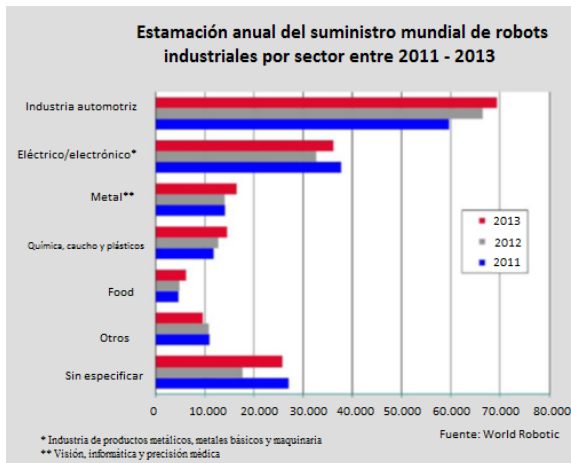


Fig. 2. Número de robots por sector industrial.

Sin embargo, en América Latina, el bajo costo de la mano de obra no ha permitido un crecimiento del número de robots en las industrias. Por lo anterior, un gran número de obreros continúan expuestos a accidentes graves o arriesgan su salud en situaciones extremas en sus lugares de trabajo.

Dentro de la robótica de servicios, se tiene una subdivisión: la robótica de servicios personales (de uso doméstico) y la robótica de servicios profesionales (de uso comercial). El mercado de la robótica de servicio ha tenido un gran crecimiento en la última década, el crecimiento se puede apreciar en la Tabla de la Figura 3 [3].

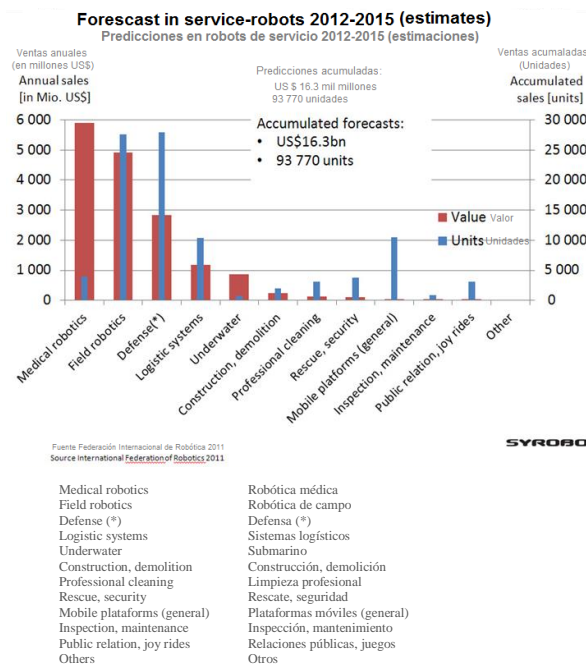


Fig. 3. Crecimiento de la robótica de servicios.

En la robótica de servicios personales, se tienen aplicaciones como: entretenimiento, asistencia de discapacitados, seguridad y vigilancia, educación y ayuda en tareas domésticas. En la robótica de servicios profesionales, ver Figura 4, se encuentran aplicaciones que actualmente no han sido resueltas por completo y, por tanto, se convierten en áreas de oportunidad.

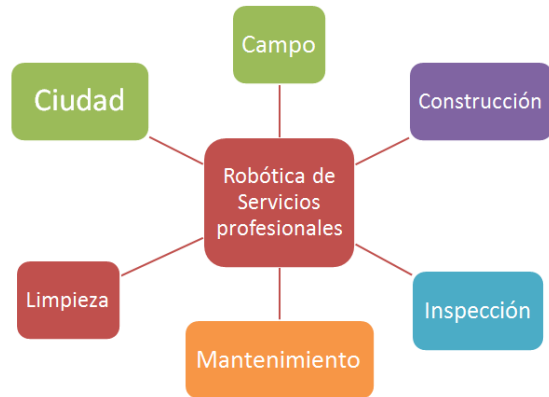


Fig. 4. Robótica de servicios profesionales.

A continuación se presente una lista no exhaustiva de las aplicaciones:

- Agricultura, en el apoyo a las tareas del campo, por lo general efectuadas bajo condiciones extremas de temperatura o en condiciones físicamente extenuantes.
- Minería, reduciendo el riesgo de accidentes o la exposición a gases tóxicos.
- Forestal, efectuadas en condiciones ambientales extremas (frío, calor, lluvia, nieve), y peligrosas (caídas de árboles, amputaciones).
- Construcción de caminos, apoyando a las cuadrillas de trabajadores en el acondicionamiento o mantenimiento de asfalto.
- Construcción de puentes y edificios, los técnicos y obreros laboran a grandes alturas y con poca o nula protección.
- Inspección, por lo general en lugares poco accesibles (en medio de tubería industrial, en el mar, en tubería subterránea).
- Limpieza profesional, bajo condiciones peligrosas y de higiene extrema (talleres, establos, ventanas de edificios, pisos de estaciones, monumentos históricos...).
- Rehabilitación y asistencia médica, apoyando a personas enfermas o con discapacidad.
- Vigilancia y rescate, en situaciones donde los seres humanos corren peligro (incendios, eventos multitudinarios).

III. ROBOTS PARA REHABILITACIÓN

En el CICATA (Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Querétaro) del IPN (Instituto Politécnico Nacional, México), se está trabajando en el campo de la rehabilitación médica, en particular en el diseño de robots para la asistencia en la rehabilitación de rodilla, brazo y dedos de la mano.

A. Dispositivo para la rehabilitación de rodilla

El prototipo desarrollado [4] es una contribución a la robótica de rehabilitación y comprende un mecanismo articulado actuado que se fija a la pierna del paciente y permite la reproducción de ejercicios de rehabilitación de la rodilla, permitiendo la flexión-extensión de rodilla y también la flexión-extensión de la cadera en diferentes posiciones y trayectorias. La Figura 5 muestra el diseño y el prototipo desarrollado.

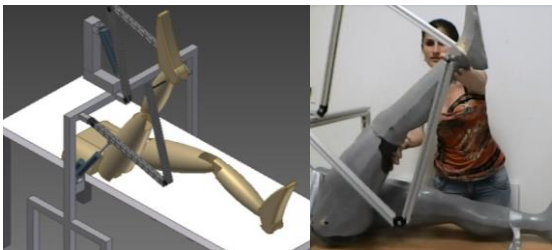


Fig. 5. Robot para rehabilitación de rodilla.

El dispositivo soporta diferentes tamaños de pierna y los ejercicios pueden hacer parte de cualquier etapa del proceso de rehabilitación. Los actuadores pueden ser operados automáticamente por medio de un controlador.

B. Dispositivo para la rehabilitación del brazo

Se trata de una herramienta automática para rehabilitación de hombro, codo, muñeca, de apoyo a los fisioterapeutas en la rehabilitación de pacientes con discapacidad motriz [5]. Se trata de un mecanismo paralelo en el cual se apoya el antebrazo o la mano del paciente para realizar ejercicios de flexo-extensión de muñeca, flexión de codo, flexión horizontal de hombro, la aducción de hombro y una trayectoria en forma, ver "Figura en 8". El mecanismo es capaz de adaptar las trayectorias de los ejercicios para trabajar con diferentes tamaños de brazo y en diferentes fases del proceso de rehabilitación, ver Figura 6.

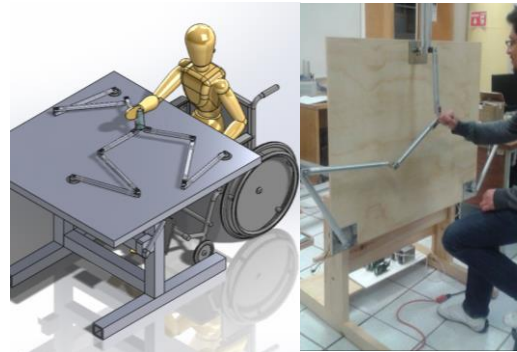


Fig. 6. Robot paralelo para rehabilitación del brazo.

C. Rehabilitación de los dedos de la mano

Este dispositivo propone el uso de mecanismos manivela-corredera para la movilización de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas distales y proximales de los dedos largos de la mano [6], ver Figura 7.

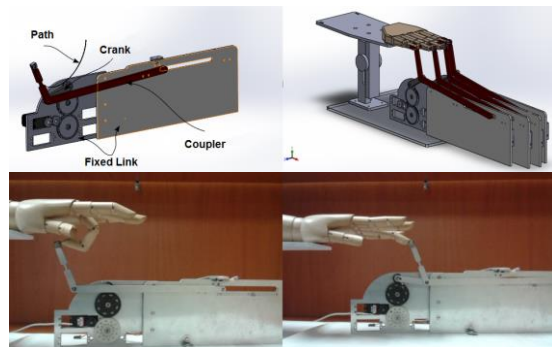


Fig. 7. Dispositivo para rehabilitación de los dedos de la mano.

El diseño provee a los dedos índice, medio, anular y meñique un movimiento natural de flexo-extensión controlado en amplitud y velocidad a partir de una posición inicial y permite tanto la rehabilitación pasiva como la activa. La flexo-extensión de los segmentos de la cadena digital se lleva a cabo por enrollamiento de las falanges, a manera de espiral logarítmica de acuerdo con la fisiología articular descrita en la literatura especializada.

IV. CONCLUSIONES

Las aplicaciones de la robótica plantean actualmente grandes retos y oportunidades. La meta no es desplazar a los seres humanos sino de asistirlos para eliminar los riesgos, dignificar su trabajo y mejorar sus condiciones de vida. Una visión ideal es el hombre conviviendo con la máquina, programando o tele-operando robots. En este sentido, la robótica

tiene aún grandes oportunidades para los países de América Latina.

REFERENCIAS

- [1] Robot Institute of America, <http://www.robotics.org/>
- [2] International Federation of Robotics, <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>
- [3] International Federation of Robotics, http://www.ifr.org/uploads/media/Executive_Summary_WR_2014.pdf
- [4] Chaparro-Rico, B. D. M. and Castillo-Castaneda, E. (2014). Position kinematics of a parallel robot based on a five-bar mechanism for knee rehabilitation. *Proceedings of 2014 Ifomm Asian Conference on Mechanism and Machine Science*, Tianjin, China.
- [5] Corona Acosta, I. P. and Castillo-Castaneda, E. (2014). Dimensional synthesis of a planar parallel manipulator applied to upper limb rehabilitation, *Multibody Mechatronic Systems*, ISBN: 978-3-319-09857-9, Springer International Publishing (Verlag).
- [6] Aguilar-Pereyra, F. and Castillo-Castaneda, E. (2015). Mechatronic device to assist therapies during hand fingers rehabilitation, 4TH *Ifomm International Symposium on Robotics and Mechatronics (ISRM)*, June 23-25, Poitiers, France.

Aplicaciones industriales de la visión artificial

Industrial applications of artificial vision

Área del conocimiento: Tratamiento de imágenes

Castillo-Castañeda, Eduardo
Instituto Politécnico Nacional, CICATA Unidad Querétaro
Querétaro, México

ecastilloca@ipn.mx

Palabras clave: Tratamiento de imágenes, aplicaciones industriales, estabilidad de espumas.

- Medición. Extracción de características de los objetos: tamaño, color, forma, textura, etc.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de visión por computadora y sus aplicaciones han tenido un rápido crecimiento debido principalmente a las siguientes razones:

- Incremento en la capacidad de cómputo.
- Reducción en el costo de las cámaras.
- Existencia de diversos dispositivos de generación de imágenes, por ejemplo: escáner, tomografías, radiografías, entre otros.
- Sistemas simples de adquisición de imágenes que no requieren de *hardware* especializado.

En este documento se presentarán algunos conceptos del procesamiento de imágenes y cómo pueden ser utilizados en aplicaciones industriales.

II. IMÁGENES DIGITALES

Una imagen digital puede ser representada por una matriz f de $N \times M$ elementos. N es el número de renglones (número de píxeles verticales) y M el de columnas (número de píxeles horizontales). El valor $f(i,j)$ tendrá asociada la intensidad del pixel ubicado en la posición i,j . En el caso de imágenes a color, se tendrán 3 matrices, una matriz por cada una de las componentes RGB (Red, Green, Blue). La intensidad del pixel utiliza por lo general 8 *bits*, es decir, puede tener 256 valores diferentes de intensidad.

Existen dos tipos de iluminación en un sistema de visión, iluminación frontal y posterior. El tratamiento de imágenes está compuesto de las siguientes etapas:

- Pre-procesamiento. Se trata fundamentalmente de filtrar la imagen para mejorar su nitidez.
- Segmentación. Se trata de separar el objeto del fondo, también se conoce como binarización.

III. PRE-PROCESAMIENTO Y SEGMENTACIÓN

El propósito es mejorar la calidad de la imagen antes del análisis a través de filtros que eliminan el ruido en la imagen o bien que aumentan el contraste [1]. Para filtrar una imagen se utiliza una “máscara”, una matriz de 3×3 que barre la imagen original para recalcular la intensidad de cada pixel. Los elementos de la máscara tienen un peso que multiplica al valor del pixel de la imagen original. Por ejemplo, en el filtro medio el peso de cada elemento de la máscara es $1/9$.

La segmentación es el proceso mediante el cual se genera una imagen binaria donde se separan: el objeto de interés (“1”) y el fondo (“0”). La Figura 1 muestra el resultado de binarizar una imagen utilizando su histograma; se observan las células separadas. El histograma es una gráfica que representa el número de píxeles de la imagen por cada valor de luminosidad, desde negro (0) a blanco (255).

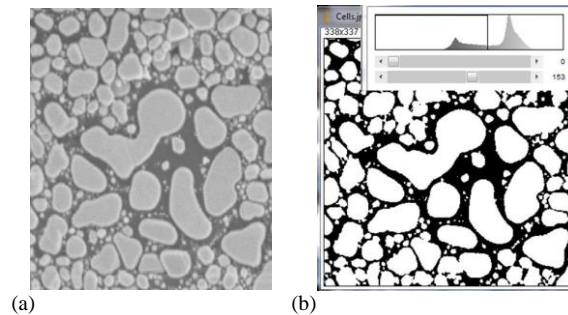


Fig. 1. a) Imagen original, b) Imagen binaria con histograma.

IV. MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Con los objetos separados del fondo, a través de una imagen binaria, es posible medir algunas características interesantes de los objetos, por ejemplo: las dimensiones (ancho, largo, área, perímetro), la forma, el color e incluso la textura. Lo anterior permite utilizar el procesamiento de imágenes en aplicaciones industriales como: control de calidad, inspección, caracterización, etc. Algunos ejemplos de estas aplicaciones se observan en las figuras 2, 3 y 4.

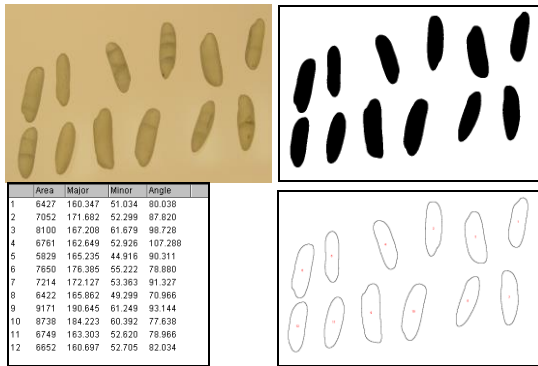


Fig. 2. Medición de granos de arroz.

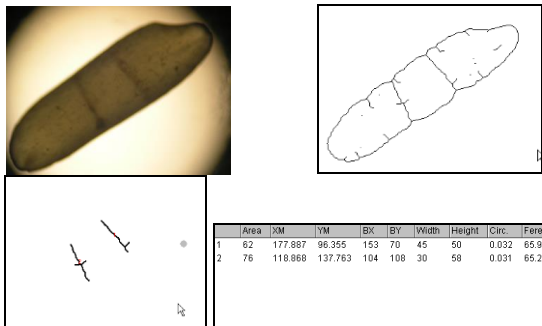


Fig. 3. Medición del número y tamaño de las fracturas en granos.

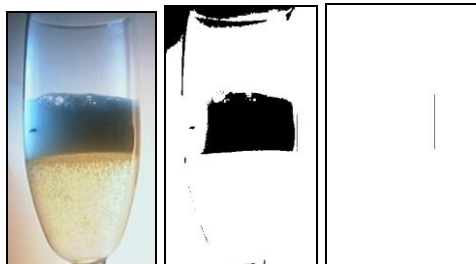


Fig. 4. Tamaño de la espuma en sidras durante el servicio.

Para la medición de la forma se utiliza la técnica de la firma del contorno del objeto [2]. La firma es una representación unidimensional de una imagen bidimensional; se obtiene encontrando la distancia (d) entre el centro de gravedad (CG) del objeto y

cada punto de su contorno. La firma es una gráfica θ vs $d(\theta)$; donde θ es el ángulo de la recta formada por el CG y el punto del contorno, ver Figura 5. Una forma de medir el color de un objeto es comparando su histograma con el conjunto de histogramas de los patrones de color, figura 6.

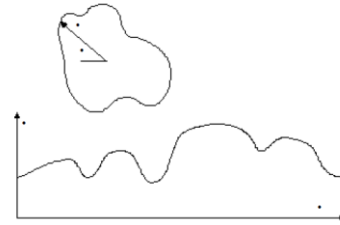


Fig. 5. Firma de un objeto a partir de su contorno.

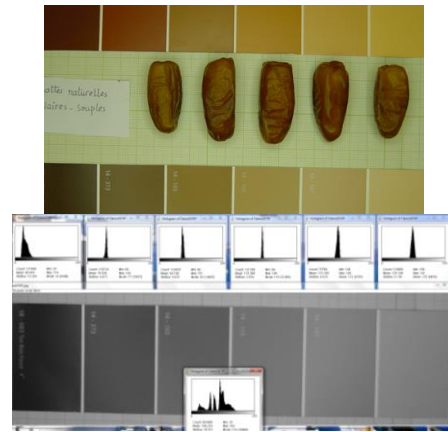


Fig. 6. Imágenes de dátiles e histogramas de los patrones de color.

Para medir la textura pueden utilizarse también histogramas, ver Figura 7.

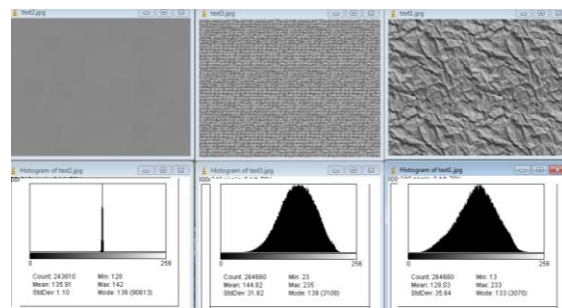


Fig. 7. Histograma para tres diferentes texturas.

V. APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA VISIÓN POR COMPUTADORA

El cuadro de la Figura 8 ilustra la diversa gama de aplicaciones actuales de la visión por computadora. Algunos ejemplos del área industrial son: Inspección de niveles de llenado de botellas, verificación de la cantidad y distribución de ingredientes en comidas

congeladas, inspección de circuitos integrados, calibración de carátulas de velocímetros de automóviles, inspección de anillos de pistones de motores, conteo de objetos, extracción de dimensiones, etc.

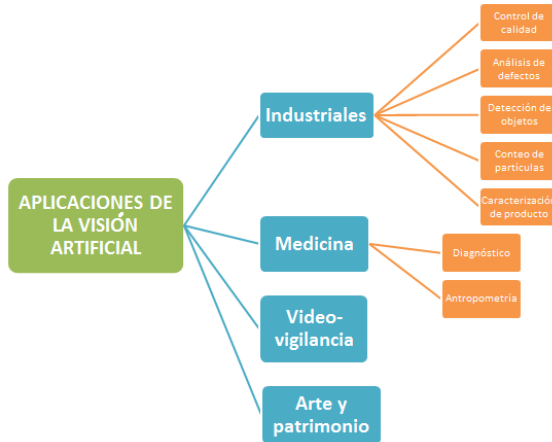


Fig. 8. Aplicaciones de la visión artificial.

VI. CASO DE ESTUDIO: ESTABILIDAD DE ESPUMAS

El objetivo de esta aplicación fue desarrollar un método basado en técnicas de adquisición y análisis de imágenes para el estudio de la formación de la espuma y de su estabilidad en el tiempo [3]. Las espumas se generaron utilizando una columna de espumado, Figura 9, que se llenaba con líquido y un agente espumante para posteriormente producir el espumado con aire comprimido inyectado por la parte inferior de la columna.

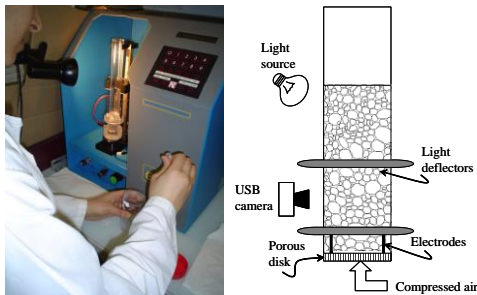


Fig. 9. Columna para la generación de espumas.

La columna se iluminó con la ayuda de deflectores de luz, Figura 10, y se tomaron imágenes en color con una cámara USB a partir del drenado de la espuma cada 10 segundos. La Figura 10 muestra también el resultado del procesamiento de imágenes donde es posible contar y medir las burbujas producidas.

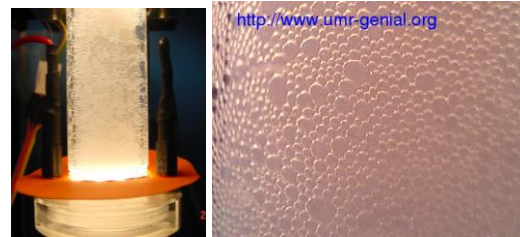


Fig. 10. Iluminación y drenado de la espuma.

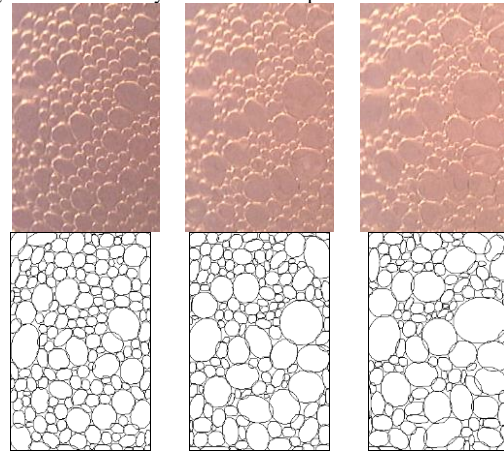


Fig. 11. Imágenes muestra y su procesamiento.

Con la ayuda de esas mediciones fue posible obtener las curvas mostradas en la Figura 12 para cuantificar la estabilidad de la espuma.

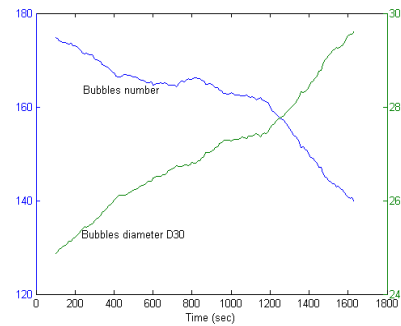


Fig. 12. Comportamiento dinámico de la espuma.

IV. CONCLUSIONES

Las aplicaciones de la visión artificial son innumerables y crecerán gracias al acceso a sistemas de cómputo y cámaras de gran capacidad y bajo costo. Los retos actuales de la visión por computadora industrial son: medir con exactitud y repetitividad, diseñar sistemas de iluminación que generen imágenes nítidas, integrar sistemas inteligentes para interpretar los resultados e integración con un sistema automatizado de toma de decisiones y actuación.

REFERENCIAS

- [1] Russ, J. (1995). *The Image Processing Handbook*, 2nd ed. USA: Ed. CRC Press.
- [2] González, R. C. and Woods, R. E. (1992). *Digital Image Processing*, USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- [3] Castillo-Castaneda, E.; Courtois, F. and Relkin, P. (2006). Cuantificación de la persistencia y homogeneidad de espumas mediante procesamiento de imágenes, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, vol. 5, No. 2, pp. 147-155 ISSN: 1135-8122.

Design of gas sensing systems for environmental monitoring

Diseño de sistemas de detección de gas para monitoreo ambiental

Knowledge domain: environmental monitoring

Sanz Pascual, María Teresa¹

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Electronics Department
Puebla, México

materesa@inaoep.mx

Keywords: Gas sensors, conditioning circuits, control circuits, analog CMOS design.

harmful gases to human health emitted by combustion are carbon monoxide, sulfur composites and hydrocarbons, among others.

I. INTRODUCTION

In this paper the design of gas sensing systems based on Metal Oxide (MOX) semiconductor gas sensors will be presented. First, the importance of gas sensing for environmental monitoring will be explained. Then the operation principle of MOX sensors will be introduced. One of the advantages of this kind of sensors is the possibility of co-integrating in the same CMOS substrate the conditioning circuit required to read the sensor output and the sensor itself. As will be explained, MOX sensors also require a temperature control circuit to accurately set the temperature of the sensing layer by means of a heater. The design of the readout and temperature control circuits will be introduced in this paper. Finally, some conclusions will be drawn.

II. ENVIRONMENTAL MONITORING

Air pollution is a big concern in the present day. Pollutant gases affect our health either directly, because of their toxicity, or indirectly through their role in changing environment conditions [1-3]. Acidity of the rain, for example, increases due to high concentrations in the air of nitric oxide and sulfur dioxide, which are acid-producing substances. These oxides are mainly produced by internal combustion in vehicles and fossil-fuel combustion in power stations. Ecosystems are seriously disturbed by acid rain, as it damages forests, agricultural land, lakes and rivers, and the life within. Global warming is another big concern as the increasing concentration of greenhouse gases, such as carbon dioxide, is causing an increase in the Earth's average surface temperature. Finally, some of the most

In this scenario, it is fundamental to monitor environmental pollution for control and prevention measures. Gas sensing systems have thus become an essential tool in any environmental monitoring station. There are a wide variety of gas sensors, but this paper will focus on MOX sensors due to their high sensitivity to a wide range of chemical compounds, among other advantages [4].

III. MOX GAS SENSORS

MOX semiconductor sensors are widely used in gas detection for environmental monitoring [5-6]. The sensing layer is a metal oxide-based thick film on a Si-micromachined substrate. Its electrical resistance changes as a consequence of gas adsorption, being the sensitivity and selectivity determined by the operating temperature. In particular, the device is sensitive to a specific set of gases when heated at high temperature, usually 200-400°C. Therefore, a micro-heater is needed to set a constant and uniform temperature [7].

The circuit representation of a metal oxide semiconductor gas sensor is shown in Fig. 1, where R_S represents the equivalent resistance of the sensor, which can vary several orders of magnitude depending on the gas concentration, and R_H represents the equivalent resistance of the heater, which is in the order of hundred ohms.

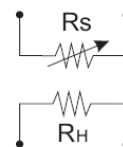


Fig. 1. Circuit representation of a MOX semiconductor gas sensor.

¹ Ph.D.; Assistant Teacher at the Department of Electronic Engineering and Communications, University of Zaragoza, Spain, from 2004 to 2007. Full Researcher at the Electronics Department of INAOE, Mexico, from 2008 to present.

IV. GAS SENSING SYSTEM

A gas sensing system based on MOX sensors may be divided in 3 blocks, as shown in Fig. 2: the sensing devices, the electronic interface and the data processing block. Pattern recognition algorithms are commonly used to identify the presence of several gases and their concentrations from the data extracted from arrays of sensors [8]. These algorithms have been widely studied in the literature, whereas the electronic interface, which consists of the readout and temperature control circuits, has been sometimes overlooked. However, the design of simple, low voltage and low power electronic interfaces is mandatory if portable and low cost gas sensing systems are looked for.

A. Readout Circuit

Circuits based on the Wheatstone bridge are widely used in the literature for resistive sensor signal conditioning. However, this kind of readout is only suitable when the relative variation in the resistance value is much lower than unity.

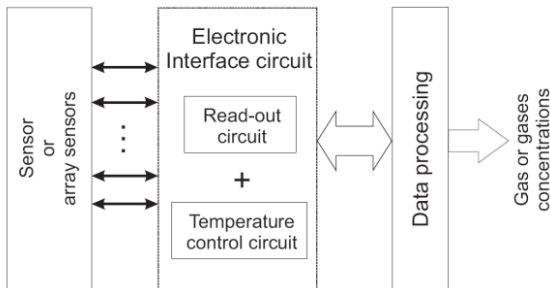


Fig. 2. Typical gas sensing system.

When handling wide range resistance variations, as is the case with MOX gas sensors, the conversion of the resistance value to a quasi-digital output has several advantages: wide dynamic range, higher immunity to noise than an analog approach, and the fact that the signal can be readily processed by a microcontroller without any additional interface circuit [9].

The resistance-to-period conversion idea is shown in Fig. 3. First a resistance-to-current conversion can be achieved by applying a reference voltage to the resistance, and then a current-to-period conversion can be carried out by a current-controlled oscillator (CCO). As will be shown, the period of the output signal is directly proportional to the resistance value of the sensor. Special care should be taken when designing the resistance-to-current converter in order to ensure linearity [10].

A practical implementation of a resistance-to-period converter is shown in Fig. 4. The resistor is biased with a constant voltage $V_R = V_{bias}$ and the current through it is copied to another branch by means of current mirrors. In this way, I_{out} is given by:

$$I_{out} = \frac{V_R}{R_S} \tag{1}$$

The current I_{out} charges and discharges the capacitor C , thus generating a triangular signal $V_C(t)$. This signal is compared to a reference voltage V_H when the capacitor is charged and to a reference V_L when it is discharged. Each time $V_C(t)$ reaches V_H or V_L , the direction of the current through the capacitor is reversed by an output-controlled switch.

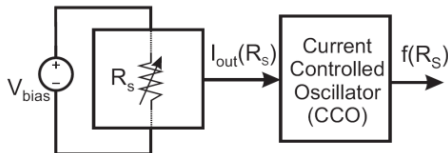


Fig. 3. Resistance-to-period conversion.

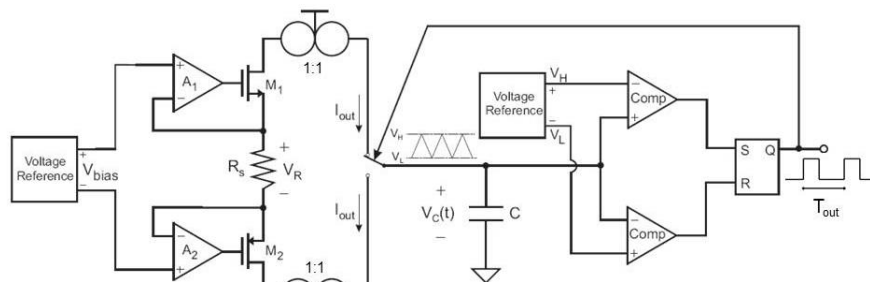


Fig. 4. Resistance-to-period converter at circuit level.

Taking into account the charge and discharge times, which depend on I_{out} , the period of the output signal is given by:

$$T_{out} = 2C \frac{V_H - V_L}{V_R} R_S \quad (2)$$

i.e., it is proportional to the equivalent resistance of the sensor and therefore can be used to monitor the concentration of the gases to which the sensing device is sensitive.

B. Temperature Control Circuit

The use of a temperature sensor to monitor the temperature of the sensitive layer is not possible when working with commercial MOX gas sensors. However, it has been demonstrated that the sensor operating temperature and therefore its response remain almost independent of the environment temperature variations if the heater resistance is kept constant [11]. Therefore, the heater resistance can be monitored to set the required temperature through a control circuit. In the literature both on/off [12, 13] and Proportional-Integral-Derivative (PID) [14] control circuits are used to control the temperature of MOX gas sensors. The PID approach requires higher supply voltage and shows higher power consumption than an on/off approach, in addition to the need for digital data processing. Therefore, an on/off approach is preferred. Figure 4 shows the heater temperature and how it achieves the required value each time the set point is changed in an on/off control. In this particular case the error in the heater resistance was kept below 0.2Ω , which corresponds to an error in the sensor temperature of approximately 1°C .

V. CONCLUSIONES

A gas sensing system for environmental monitoring requires one or more gas sensors to detect changes in gas concentrations. MOX sensors are preferred in portable applications because of their low cost and high sensitivity to a wide range of gases. A readout circuit is required to convert the equivalent resistance of the MOX sensor into a signal that can be processed by a microcontroller. In this paper a resistance-to-period converter is chosen because of its wide dynamic range and high immunity to noise. A special requirement of MOX sensors is the need to keep the temperature of the sensing layer at a certain value, independently of the environmental conditions. An on/off control circuit

provides a low cost solution and can achieve an accuracy in the order of 1°C .

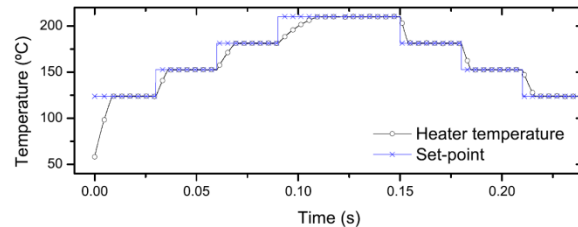


Fig. 5. Temperature response at several set points.

REFERENCES

- [1] Brunekreef, B. and Holgate, S.T. (2002). "Air pollution and health", *The Lancet*, vol. 360, No. 9341, pp. 1233-1242.
- [2] Schellnhuber, H.; Crutzen, P.; Clark, W.; Claussen, M. and H. Held (Ed.) (2004). *Earth System Analysis for Sustainability*, ser. Dahlem Workshop Reports, Ed. MIT Press.
- [3] Irfan, Z.B. (2010). Environmental pollution and public health: The socio-economic analysis of the global drivers of change, in *Proc. RSTSCC'10*, pp. 19-24.
- [4] Wang, C.; Yin, L.; Zhang, L.; Xiang, D. and Gao, R. (2010). Metal Oxide Gas Sensors: Sensitivity and Influencing Factors, *Sensors*, vol. 10, No. 3, pp. 2088-2106.
- [5] Kanan, S.M.; El-Kadri, O.M.; Abu-Yousef, I.A. and Kanan, M.C. (2009). Semiconducting metal oxide based sensors for selective gas pollutant detection, *Sensors*, vol. 9, No. 10, pp. 8158-8196.
- [6] Fine, G.F.; Cavanagh, L.M.; Afonja, A. and Binions, R. (2010). Metal oxide semiconductor gas sensors in environmental monitoring, *Sensors*, vol. 10, No. 6, pp. 5469-5502.
- [7] Hwang, W.J.; Shin, K.S.; Roh, J.H.; Lee, D.S. and Choa, S.H. (2011). Development of Micro-Heaters with Optimized Temperature Compensation Design for Gas Sensors, *Sensors*, vol. 11, No. 3, 2580-2591.
- [8] Kim, E. *et al.* (2012). Pattern recognition for selective odor detection with sensor arrays, *Sensors*, vol. 12, No. 11, pp. 16262-16273.
- [9] Kirianaki, N.V.; Yurish, S.Y.; Shpak, N.O. and Deynaga, V.P. (2001). *Data Acquisition and Signal Processing for Smart Sensors*, England: Ed. West-Sussex, John Wiley & Sons.
- [10] Alvarez-Simon, L.C. and M.T. Sanz-Pascual, M.T. (2012). A low-power low-voltage CMOS resistance-to-period converter, in *Proc. MWSCAS'12*, pp. 610-613.
- [11] Giberti, A. *et al.*, (2008). Heat exchange and temperature calculation in thick-film semiconductor, gas sensor systems, *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 130, No. 1, pp. 277-280.
- [12] Bota, S. *et al.* (2004). A monolithic interface circuit for gas sensor arrays: control and measurement, *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 40, no. 2, pp. 175-184.
- [13] Alvarez-Simon, L.C.; Sanz-Pascual, M.T. and Celma, S. (2014). Circuito de control para modular la temperatura de operación de sensores de gas MOX, in *Proc. XX Iberchip Workshop*, paper 43.
- [14] Casanova, R.; Merino, J.L. Dieguez, A.; Bota, S.A. and Samitier, J. (2004). A mixed-mode temperature control circuit for gas sensors, in *Proc. ISCAS'04*, pp. 896-899.

pH Measurement with Ion-Sensitive Field-Effect Transistors (ISFETs)

Medición de pH con transistores de efecto de campo sensibles a iones (ISFET)

Knowledge domain: environmental monitoring

Sanz Pascual, María Teresa¹

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Electronics Department
Puebla, México

materesa@inaoep.mx

Keywords: pH measurement, ISFETs, conditioning circuits, analog CMOS design.

I. INTRODUCTION

Ion-Sensitive Field-Effect Transistors (ISFETs) are intrinsically sensitive to pH due to the nature of their gate oxide, which consists of surface reactive sites for the analyte of interest. Their compatibility with CMOS processes makes it possible to integrate them together with the electronic interface and signal processing circuitry on a single chip. ISFETs are widely used in biomedical applications, analytical chemistry and environmental monitoring [1-4].

In this paper the applications of pH measurement for environmental monitoring will be commented. The operation principle of ISFETs will then be explained and some design principles for conditioning circuits presented. Finally, some conclusions will be drawn.

II. ENVIRONMENTAL MONITORING

The pH of a solution can be defined as $pH = -\log a_{H^+}$, where a_{H^+} is the hydrogen ion activity, which is proportional to the concentration of hydrogen ions in the solution. The pH scale ranges from 0 to 14. A pH of 7 is considered neutral because the concentration of hydrogen ions is exactly equal to the concentration of hydroxide (OH^-) ions produced by dissociation of water. If the concentration of hydrogen ions is higher, the pH is lower than 7 and the solution is acidic. In contrast, if the concentration of hydrogen ions is lower the pH is higher than 7 and the solution is alkaline or basic.

One of the main applications of pH measurement is water quality control, either for human consumption or to avoid pollution caused by waste water. Water quality must indeed be strictly controlled in industrial water collectors and in treatment plants. The pH of water must remain from 6.5 to 8.5 for human consumption, whereas the pH value of waste water is closely related to its pollution and its impact on aquatic life [4].

Measuring pH in soil and crops is important to increase production and to control the environmental impact of chemical fertilizers. Also the pH of a plant tissue indicates how prone to specific diseases the plant is. Among other examples, knowing the pH of culture solution is essential for tank farming, and the relationship between the pH of animals' blood with animal health and growth is being studied for livestock farming [5].

In summary, it is fundamental to monitor pH in many environmental applications. In-field pH monitoring is highly desirable, as it provides real time information without the need to take samples to a laboratory. ISFET-based microsystems make it possible, as they are small sized, robust and offer a fast response [6].

III. ISFETS OPERATION PRINCIPLE

ISFETs are MOSFET-based devices, as shown in Fig. 1. The polysilicon gate of a MOS transistor is replaced by a reference electrode, which is immersed in the aqueous solution (electrolyte) which in turn makes contact with the insulator (sensitive layer).

The potential generated at the oxide-electrolyte interface depends on the concentration of the ions to which the insulator is sensitive, i.e., H^+ ions in the case of a pH-ISFET [7].

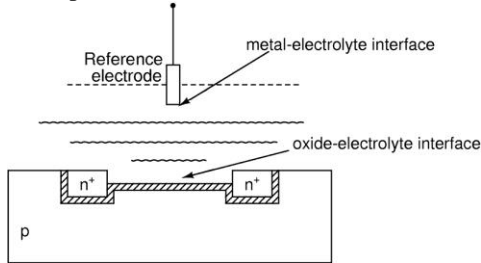


Fig. 1. Schematic representation of an ISFET device.

The ISFET symbol is shown in Fig. 2. Due to their structural similarity, the same drain current equation is valid for both MOSFETs and ISFETs. For a MOSFET, the gate voltage V_G is set through a potential applied to the gate contact. In contrast, the gate voltage of an ISFET is the voltage at the reference electrode.

The threshold voltage V_{TH} is a function of the flat-band voltage V_{FB} , the silicon depletion charge Q_B and the Fermi potential ϕ_F , as described by the following equation:

$$V_{TH} = V_{FB} - \frac{Q_B}{C_{ox}} + 2\phi_F \quad (1)$$

The threshold voltage of an ISFET contains terms which reflect the interfaces between the liquid and the gate oxide on the one side and the liquid and the reference electrode on the other. In fact, the flat-band voltage of an ISFET is given by [7]:

$$V_{FB} = E_{ref} - \Psi_0 + \chi_{sol} - \frac{\phi_{Si}}{q} - \frac{Q_{ss} - Q_{ox}}{C_{ox}} \quad (2)$$

where E_{ref} is the reference electrode potential relative to vacuum, ϕ_{Si}/q is the work function of silicon, Ψ_0 is the potential drop in the electrolyte at the oxide-electrolyte interface, Q_{ss} is the surface state density at the silicon surface, Q_{ox} is the oxide charge and χ_{sol} is the surface dipole potential of the solution. All the terms in this equation are constant except for Ψ_0 , which makes the ISFET sensitive to the pH of the electrolyte.

IV. SIGNAL CONDITIONING CIRCUITS

If the ISFET is biased in strong inversion and in the saturation region, the current I_{DS} flowing from drain to source is given by:

$$I_{DS} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 \quad (3)$$

where μ_n is the electron mobility, C_{ox} the oxide capacitance, W and L the width and length of the transistor, and V_{GS} the gate (i.e. reference electrode) to source voltage.

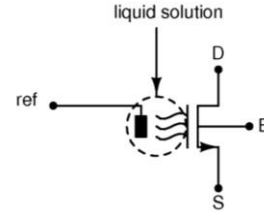


Fig. 2. ISFET symbol.

As explained in Section III, the threshold voltage V_{TH} of the ISFET is sensitive to the pH of the solution. In order to monitor changes in V_{TH} , the current through the device can be kept constant and the changes in V_{GS} , which will change in the same way as V_{TH} , monitored [8]. Another approach is to keep the bias voltages constant and monitor the changes in I_{DS} . In [9], for example, the conditioning circuit in Fig. 3 was proposed. It consists of an operational amplifier which supplies a feedback signal from the drain to the gate of a PMOS transistor, thus compensating the changes in current of the ISFET due to changes in pH of the solution. This readout is simple and insensitive to body effect, and provides an output voltage V_{sens} proportional to the change in pH.

A problem encountered when designing ISFET-based microsystems is process variability, which affects both the sensor and the readout circuit. Figure 4a shows the variations generated by process variability in both an ISFET and its readout circuit. Simulations correspond to the nominal and corner transistor parameter values (TT: typical transistors; SS: slow transistors; FF: fast transistors; FNSP: fast NMOS and slow PMOS; SNFP: slow NMOS and fast PMOS). According to these simulations, a maximum relative error in offset (output voltage at pH=4) of 24% and a maximum relative error in sensitivity (change in mV per pH) of 11% are to be expected. If reliable measurements of pH are intended, a calibration circuit able to standardize the output response of all fabricated devices is necessary. An offset and gain calibration circuit was proposed for this purpose in [10], reducing the maximum deviation due to process variations down to 4% in the whole pH range. The corresponding output voltage versus pH is shown in Fig. 4b.

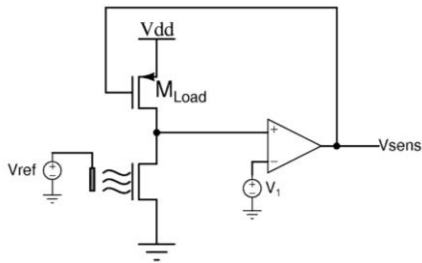


Fig. 3. Conditioning circuit measuring changes in I_{DS} .

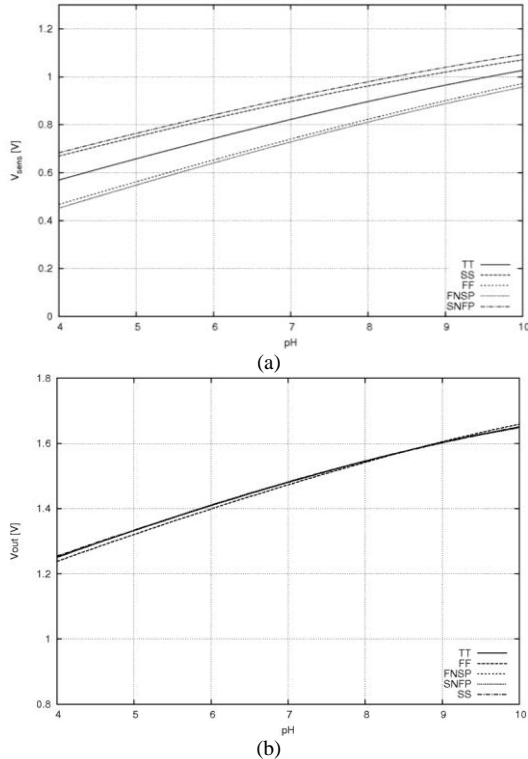


Fig. 4. Output response taking into account process variations for both the ISFET and readout circuit: a) before calibration and b) after calibration.

IV. CONCLUSIONS

The importance of pH measurement for environmental monitoring is undeniable: water quality control and the possibility to increase and improve agriculture production are only some examples. The ISFET offers a perfect solution for in-field monitoring, providing real time information when integrated in a small-sized and robust microsystem.

An ISFET can be viewed as a modified MOSFET structure, where the threshold voltage is affected by changes in pH of the solution in which the device is submerged. Readout circuits provide a means to monitor changes in pH by either detecting changes in the current or in the bias voltages of the ISFET.

Calibration circuits, in turn, are essential to improve accuracy when the system is sensitive to variations in the fabrication process.

REFERENCES

- [1] Bergveld, P. (1970). Development of an ion-sensitive solid-state device for neurophysiological measurements, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. BME-17, No. 1, pp. 70–71.
- [2] Bergveld, P. (2000). Bedside clinical chemistry: from catheter tip sensor chips towards micro total analysis systems, *Biomedical Microdevices*, vol. 2, No. 3, pp. 185–195.
- [3] Der Schoot, B.V.; Jeanneret, S.; Der Berg, A.V. and Rooij, N.D. (1993). Modular setup for a miniaturized chemical-analysis system, *Sensors and Actuators B*, vol. 5, No. 1-3, pp. 211–213.
- [4] Jimenez-Jorquera, C.; Orozco, J. and Baldi, A. (2010). ISFET based microsensors for environmental monitoring, *Sensors*, vol. 10, No. 1, pp. 61–83.
- [5] Measurement of pH in many fields. *Horiba Scientific*. [Online]. Available: <http://www.horiba.com/application/material-property-characterization/water-analysis/water-quality-electrochemistry-instrumentation/the-story-of-ph-and-water-quality/the-story-of-ph/measurement-of-ph-in-many-fields/>
- [6] Orozco, J.; Baldi, A.; Baena, R.; Cardoso, A.; Bratov, A. and Jimenez, C. (2007). Portable system based on microsensors for environmental monitoring applications, *Measurement Science and Technology*, vol. 18, No. 3, pp. 935-940.
- [7] Bergveld, P. (2003). ISFET, Theory and Practice, in *Proc. IEEE Sensors Conference*, pp. 1-26.
- [8] Casans, S.; Ramírez, D. and Navarro, A.E. (2000). Circuit provides constant current for ISFETs/MEMFETs, *EDN*, pp. 164-166.
- [9] Morgenshtein, A.; Sudakov-Boreysha, L.; Dinnar, U.; Jakobson, C.G. and Nemirovsky, Y. (2004). CMOS readout circuit for ISFET microsystems, *Sensors and Actuators B*, vol. 97, No. 1, pp. 122–131.
- [10] Guerrero, E.; Carrillo-Martínez, L.A.; Sanz-Pascual, M.T.; Molina, J.; Medrano, N. and Calvo, B. (2013). Offset and gain calibration circuit for MIM-ISFET devices, *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 76, No. 3, pp. 321-333.

Desarrollo rural y sostenibilidad

Rural Development and Sustainability

Área temática: Desarrollo rural sostenible

Rojas-Pinilla, Humberto¹

Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Maestría en Desarrollo Rural
Bogotá, Colombia

humberto.rojas@javeriana.edu.co

Palabras clave: *Desarrollo Rural, Estudios Culturales, Sostenibilidad.*

Keywords: Cultural Studies, Rural Development, Sustainability.

Para finalizar se abordan algunas implicaciones del reto de lograr una real sostenibilidad en el “desarrollo rural” con el fin de responder a la pregunta ¿Es posible lograr un desarrollo rural sostenible?

I. INTRODUCCIÓN

La presente ponencia está estructurada en torno a un abordaje crítico a los conceptos de desarrollo y sostenibilidad. Por lo cual la primera parte aborda la perspectiva clásica ortodoxa y la forma como se fue transformando.

Las principales críticas a los conceptos de desarrollo y sostenibilidad se centran en las relaciones de poder desde la perspectiva cultural, algunos autores como Escobar (1998) se ocupan en explorar la naturaleza y origen eurocéntrico de las iniciativas de desarrollo y los saberes que privilegian. Desde la sociología, Bourdieu (2000) construyó el concepto de “poder simbólico”, para referirse a las formas como se construye el sentido *doxa*, los paradigmas imperantes y discursos hegemónicos.

Desde la perspectiva económica autores como So, (1990) y Prudham & McCarthy (2004) han ligado la emergencia del neoliberalismo y el discurso de “sostenibilidad” con la gestión de los recursos naturales como una “mercancía”.

Entretanto, específicamente en torno al concepto de desarrollo sostenible Shiva, Escobar (1997), Sneddon & Norgaard (2006) y Redclift (1987), lo perciben como una estrategia de expansión del sistema capitalista con terribles consecuencias para la naturaleza, saberes y medios de vida de las sociedades tradicionales (afro, indígenas y campesinas) de los países del sur.

II. LA TEORÍA DE LA MODERNIZACIÓN

La teoría de la modernización emergió en el seno de la economía, luego de la segunda guerra mundial, una vez se derrumbaron los últimos imperios coloniales de las potencias europeas en las Antillas, Asia y África.

El desarrollo como nueva doctrina prometía civilización y prosperidad. De acuerdo con Rostow (1953) eran cinco las etapas mediante las cuales una sociedad pasaba de un estado de economía “tradicional” o atrasada hasta convertirse en una economía moderna. Estas etapas eran; 1. Sociedad tradicional, 2. Precondición para el despegue. 3. Proceso de despegue. 4. El camino hacia la madurez y 5. Consumo masivo.

A. *El desarrollo rural*

Como es apenas natural, la fuente de la acumulación y la riqueza es la tierra, o “lo rural”, visto como *sector primario*. La economía considera como sector primario a la minería, la extracción de recursos naturales y la producción agropecuaria. Por lo tanto, con el fin de lograr la ansiada modernización es fundamental hacer crecer este sector para que produzca los excedentes de capital y desplace la mano de obra necesaria para dar el salto estructural y desarrollar el *sector secundario*, en dirección al logro de la última etapa de “consumo masivo”, donde la fuente de riqueza se concentra en

¹ Profesor asociado, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.

el *sector terciario* o de servicios.

De modo que el objetivo del desarrollo es lograr el crecimiento sostenido de la productividad de los sectores económicos, favorecer encadenamientos progresivos, elevar y democratizar el consumo para mejorar el bienestar y calidad de vida de la población.

En este sentido, el desarrollo rural se entendió y se sigue entendiendo como el aumento de las áreas en producción y el incremento de la productividad de los recursos productivos presentes en los ámbitos rurales (tierra, capital, trabajo y tecnología). Bajo este enfoque simple y lineal, el desarrollo rural se sectorizó y se enfocó en aumentar la productividad de las actividades agropecuarias y extractivas de forma que permitieran trasladar mano de obra del sector rural al urbano y acumular el capital necesario para la industrialización.

Los programas de desarrollo rural en los países del sur, se concentraron en modernizar la agricultura mediante la “Transferencia de tecnologías” hoy extensión rural, y la promoción de la adopción de paquetes tecnológicos para transformar el agro y elevar la productividad (revolución verde). Los programas buscaban, en diferentes proporciones y de acuerdo con el contexto económico y político de cada país, elevar el acceso a recursos como capital, tecnología y tierra.

Desde la perspectiva cultural, el papel de la educación ha sido promover e interiorizar ciertos saberes, ideales y formas de alcanzar la transferencia de tecnología moderna (RV) con la ayuda de las escuelas de desarrollo y la financiación de la Cooperación Internacional.

B. La teoría de la dependencia y la revolución verde

En los países del sur a comienzos de los años setenta surgieron las primeras críticas a los modelos de desarrollo adoptados y en particular a la denominada “revolución verde” por sus enormes impactos negativos en las dimensiones económica, social y ecológica.

La revolución verde fundamentalmente promovía la producción de exportables, debilitando en alguna medida la soberanía alimentaria. El modelo de sustitución de importaciones, dominante hasta la década del ochenta tenía un claro sesgo urbano y funcionalizaba múltiples formas de extracción de

recursos (humanos, capital, trabajo, utilidades, etc.) del sector rural al urbano.

Desde la perspectiva cultural promovía una fuerte sujeción de lo rural a lo urbano y buscaba generar cambios en las subjetividades de sus pobladores (pasar de campesino a empresario agrícola). Durante este periodo se presentó una rápida urbanización y homogenización cultural así como una fuerte dependencia de saberes, capital, tecnología y mercados foráneos, todos con graves impactos sociales y ecológicos

En Latinoamérica Gunder Frank (1966), adscrito a la teoría de la dependencia, acuñó el concepto de “desarrollo del subdesarrollo” para referirse a las condiciones estructurales que permiten la reproducción de condiciones de “subdesarrollo” y lo que denominó “acumulación dependiente”. Por esta misma época Alain De Janvry de forma similar creó el concepto de “dualismo funcional y capitalismo periférico”.

El subdesarrollo no es una etapa del desarrollo, sino una condición que se mantiene en el marco del sistema mundial capitalista, no entre naciones sino entre grupos de poder del centro, semi periferia y periferia. Bajo este orden, se modifican, transforman y adaptan relaciones y mecanismos de extracción de recursos, de apropiación de plusvalía a escala mundial que van más allá de la simple transformación de la estructura productiva primaria a la secundaria y terciaria e implica el aparato cultural (Negri, & Hardt, 2001).

C. La emergencia del neoliberalismo y el desarrollo sostenible

A finales de los años setenta el modelo de sustitución de importaciones, mostraba todos los signos de agotamiento frente a la galopante inflación, el déficit económico y la crisis de la deuda reforzada por la crisis petrolera.

El Banco Mundial impuso el denominado “ajuste estructural” con sus ingredientes fundamentales; la reestructuración del Estado, el estricto control del déficit y la inflación, la apertura de los mercados, entre otros. Dentro de sus pilares se encuentran, la participación y cogestión, la gobernanza y la rendición de cuentas. Simultáneamente surgió y resignificó el discurso del ambientalismo heredero de las teorías del desarrollo local y endógeno por el paradigma del “desarrollo sostenible” alineado al paradigma neoliberal generando una nueva

oportunidad de expansión para el capital, cosificando la naturaleza a través de la “economía ambiental”. El Estado cedió su papel al mercado como garante del desarrollo, el bienestar, la lucha contra la pobreza y la protección y uso de los recursos naturales.

Los resultados apuntan hacia la reprimarización de las economías del sur, y en especial el recrudescimiento del deterioro ambiental como efecto de las locomotoras mineras, el aumento de la pobreza, el despojo de comunidades tradicionales por el gran capital y el conflicto por recursos naturales como el agua.

III. CONCLUSIONES

Para lograr un desarrollo rural sostenible se requiere desde lo cultural reconocer mediante el diálogo de saberes, a otros saberes y culturas no hegemónicas; potenciar el conocimiento tradicional y consolidar una nueva cultura y epistemología hegemónica del sur y para el sur que propenda por la construcción y generación de tecnología apropiada, donde la innovación esté dirigida no al crecimiento exponencial y los mercados foráneos, sino a consolidar territorios, centrada en la calidad e inocuidad, así como teniendo en cuenta sus efectos sobre la creación de la pobreza y el deterioro de la naturaleza. Desde lo político, es fundamental rescatar nuestra identidad, fomentar la pertenencia y valoración de saberes propios, propender por la autodeterminación, auto conocimiento, crear subjetividades propias, sistemas propios de gobierno, conocimiento y educación, para generar capacidades para la toma de decisiones fundamentadas.

Desde la perspectiva económica y de lo rural, un poblador rural sobreviviría o incluso saldría de la pobreza dependiendo desde lo económico de 1) la cantidad y calidad de bienes y recursos con los que esté dotado (tierra, capital humano, capital social, etc.), 2) la capacidad de beneficiarse de los programas de protección social (seguridad social, transferencias), 3) el grado de representación, organización y empoderamiento de sus organizaciones sociales, 4) las características particulares de contexto: acceso a mercados para conformar apuestas de desarrollo local y territorial,

5) acceso a tecnología, infraestructura productiva, social e institucional, y reconfigurar el papel de Estado (basado en De Janvry & Kassam, 2004).

REFERENCIAS

- [1]. Bourdieu, P. (2000). *Poder, derecho y clases sociales*. Desclee de Brouwer.
- [2]. Escobar, A. (1998). *La invención del tercer mundo: construcción y deconstrucción del desarrollo*. Bogotá: Norma.
- [3]. De Janvry, A. & Kassam, A. (2004). Towards a Regional Approach to Research for the CGIAR and its Partners, *Experimental Agriculture*, 40: 159-78.
- [4]. Frank, G. (1966). The Development of Underdevelopment, *Monthly Review*, vol. 18, No. 4, pp. 17-31.
- [5]. Negri, A. & Hardt, M. (2001). *Imperio*. Bogotá: Ediciones Desde Abajo.
- [6]. Prudham, S. & McCarthy, J. (2004). Neoliberal nature and the nature of neoliberalism. *Geoforum*, 35 (3), pp. 275-284.
- [7]. Redclift, M. (1987). *Sustainable Development: Exploring the Contradictions*. London: Routledge.
- [8]. Rojas, H. (1999). La participación y la gestión ambiental vistas desde la perspectiva del contexto institucional del país. En Cárdenas, M.; Mesa, C. y Rojas, M. (Comp.). *La participación ambiental*. Santa Fe de Bogotá: Fundación Friedrich Ebert de Colombia; Departamento Nacional de Planeación; DNP; FESCOL.
- [9]. Rojas, H. (2007). Reflexiones sobre los enfoques y modelos de desarrollo rural a partir de los años cincuenta en Colombia, en *El desarrollo ¿progreso o ilusión? Aportes para el debate desde el ámbito rural*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- [10]. Rostow, W. (1953). *The Process of Economic Growth*, Cap. IV. UK: Oxford.
- [11]. Shiva, V. (1997). Resources, Sachs, W. (ed.). *The Development Dictionary. A Guide to Knowledge as Power*, pp. 206-218.
- [12]. So, A. (1991). *Social Change and Development*. Newbury Park, California: SAGE.
- [13]. Sneddon, C.; Howarth, R. B. & Norgaard, R. B. (2006). Sustainable Development in a post-Brundtland world. *Ecological Economics*, 57 (2), 253-268.

Role of mathematical modeling in water resources management and planning

Papel de la modelización matemática en la gestión y planificación de los recursos hídricos

Knowledge domain: Hydrology, Mathematical Modeling, Water Resources

Domínguez, Efraín¹.

Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Departamento de Ecología y Territorio
Bogotá, Colombia

edoc@mathmodelling.org, e.dominguez@javeriana.edu.co

Keywords: Mathematical modeling, hydrology, water resources, water planning

Abstract

The role of mathematical modeling in water resources management and planning is presented in this paper. Basic notions from general system theory [1] and mathematical modeling are introduced. Some examples of the use of modeling of hydrological processes for water resources management and planning are shown. Examples of hydrological risk management in semi-arid regions and sensibility assessment of hydrological variability due to human activity are presented. Both cases use hydrological variability as a central concept leading to a Fokker-Planck-Kolmogorov equation [2] as the central stochastic rainfall-runoff model. A deterministic model is used to assess flood risk. The ANUGA model for the 2D hydraulic modeling [3] is used. In this case model discretization is derived from the use of geomorphometrical index for flood plains delineation [4].

I. INTRODUCTION

Mathematical modeling is a mandatory tool for the implementation of the Wiener control diagram [5]. This diagram formulates the necessary modules in order to setup a control system over a complex hydrological system such as basins (Figure 1). Hydrological basins are considered complex systems in the sense of effective algorithmic complexity [6]. Basins exhibit structural and random behavior that require a stochastic simulated modeling approach. Such approach allows handling the issue of modeling hydrological variability evolution. The evolution of probability density curves that describe the

variability of monthly discharges are simulated. A direct application of this development is the assessment of climate change consequences in hydrology. How will floods change in intensity, duration and frequency? How droughts will evolve? Are some of the questions that can be solved using the Wiener control diagram as the preferred tool for integration of mathematical modeling in water management and planning. Principal notions of mathematical modeling of hydrological processes will be presented, in addition to two cases of implementation of the model.

II. WATER MANAGEMENT AND MODELING

The main goal of water management and planning is to reduce the risk emerging from hydrological and climatological variability. This variability, commonly called hydroclimatological variability, is the main source of uncertainty in the water management process. Thus, modeling of variability becomes a mandatory task. Variability leads to extremes that define flood extension, duration and frequency, in addition to the characteristics of droughts. More over, there is an implicit task in the evolution of the variability itself. Highlighted issues can be solved using deterministic and stochastic models. In the case of defining flood extension, a deterministic model fed with probabilistic inputs allows to define the flooded areas and to detect areas with low risk of flooding for human occupation, their socio-economic activities and conservation purposes. On the contrary, the task of assessing variability evolution can be done only through a stochastic approach. Both approaches, deterministic and stochastic are not opposite faces of the modeling coin. Stochastic modeling should be

¹ Eng. Hydrologist PhD; work experience first author.

understood as a dialectic denial of deterministic modeling. Both approaches give support to water management allowing the generation of different water scenarios to be considered by decision makers. Water scenarios developed beforehand, bring to the present possible issues that water related decisions could lead to. The Wiener control scheme requires a simulation module where mathematical modeling plays the central role. In the two additional modules a mathematical model can have a role also.

In order to handle the stated role, a mathematical model solves inverse problems of different kinds. From the most simple –a parametrization problem, to the most complex– operator identification. The above mentioned problems can be set for deterministic and stochastic models without restrictions. When these inverse problems are solved, scenarios for different perturbations can be obtained, allowing decision makers the possibility of assessing the consequences of possible perturbations over the system.

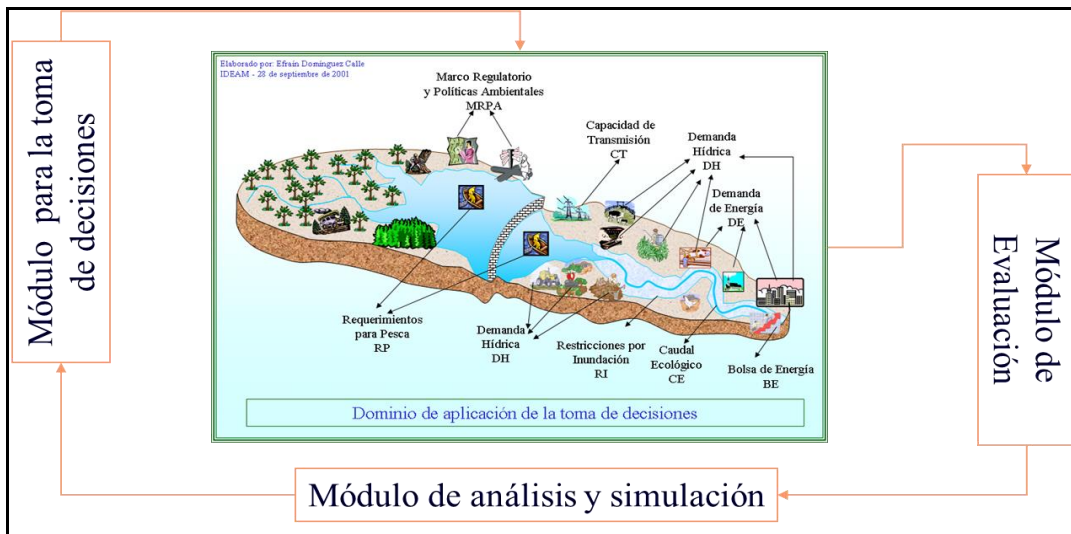


Fig. 1. Wiener control diagram

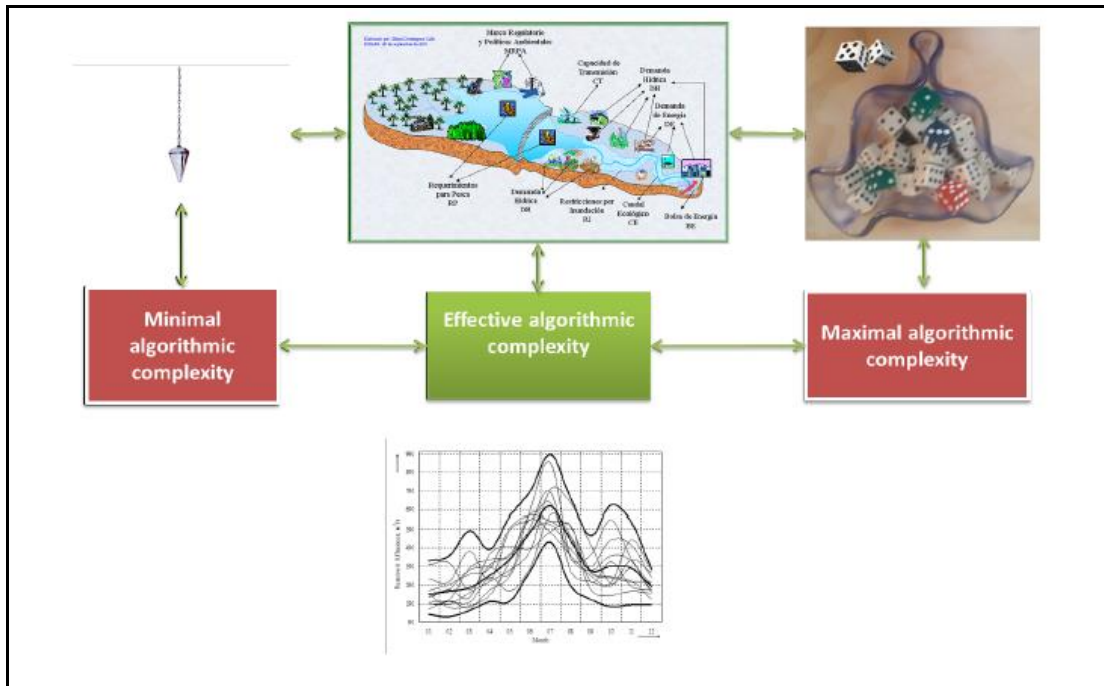


Fig. 2. Algorithmic complexity

III CASE STUDIES:

1. Hydrological risk (floods): This case shows the use of a deterministic model applying probabilistic input to build scenarios of different probability.

For the semi arid region of La Guajira Department it was necessary to establish flood areas for rainfall of different return periods. In order to reach this goal, a rainfall model was implemented. The hydrolic ANUGA model implements a finite volume numeric solution of 2D Saint Venant equation [7], [8]. Following, input requirements for an ANUGA setup are listed:

- Digital elevation model;
- Hydrography;
- Land cover maps;
- Political division of studied region;
- Hydrometeorological Information.

From primary information the following data and parameters were derived:

- Morphometric characteristics;
- Rainfall Value-Duration-Frequency curves;
- Triangular grid for Anuga model;
- Manning coefficient distribution over the basins.

To determine spatial discretization of ANUGA model a multiresolution index of valley bottom flatness [9] was applied. This index establishes macro flood plains where the model discretization should be the finest (areas in blue), while the rest of the area can be discretized in a coarse grid (Figure 3).

The results of 2D hydraulic modeling flood areas were determined for rainfall storms of different return periods (Figure 4).

This modeling required probabilistic input in the form of value-duration-frequency curves of daily rainfall [10].

2. Modeling sensibility of hydrological variability: This case study investigates the sensibility of hydrological variability to human activity. This activity is formulated as the possible increasing or decreasing of precipitation inputs that generate runoffs over the Colombian Llanos and also to water addition/diversion and changes in land cover.

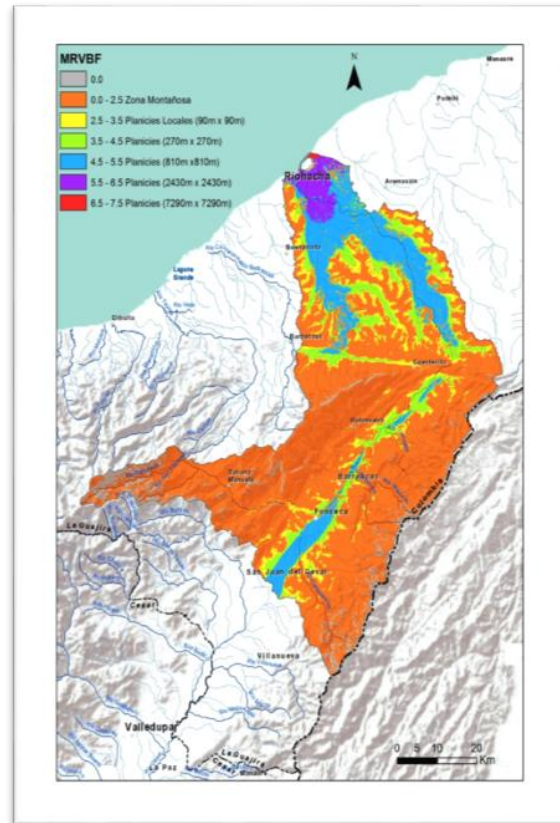


Fig. 3. Flood plains delineation for hydraulic model discretization.

To solve this problem, a Fokker-Planck-Kolmogorov (FPK) modeling approach was implemented [10], [11]. The FPK equation is able to simulate the evolution of hydrological variability as the change of monthly marginal probability density curves (PDC) due to changes in precipitation inputs and internal system parameters.

The inputs for this FPK model were:

1. Characterization of hydrological variability through a stochastic approach;
2. Precipitation times series;
3. Water requirement characterization.

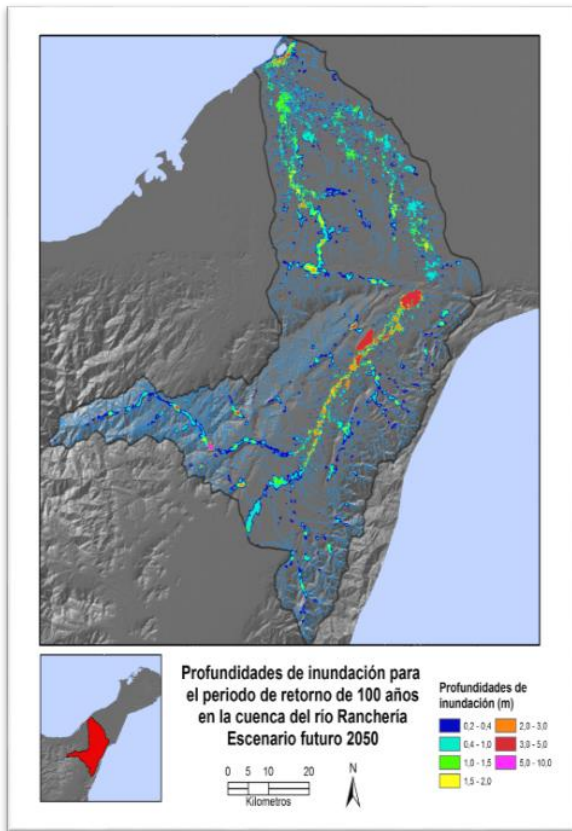


Fig. 4. Flood areas for 100 year return period

The coefficients of drift and diffusion for the FPK equation were established as functions of rainfall, runoff, and noise intensities of the system. System parameters were allowed to change from -30% to 30% to perform sensitivity analysis. Sobol sensitivity analysis [12], [13] was implemented to determine which factor was most influential in the runoff variability evolutions. The input and the system parameters were considered. The output was established as a map showing which basins experienced most changes in runoff extreme values as a consequence of changes in rainfall input and in internal system parameters. The change in runoff variability was expressed also in terms of Kullback-Leibler distance [14] between original monthly PDCs and evolved PDCs (Figure 5).

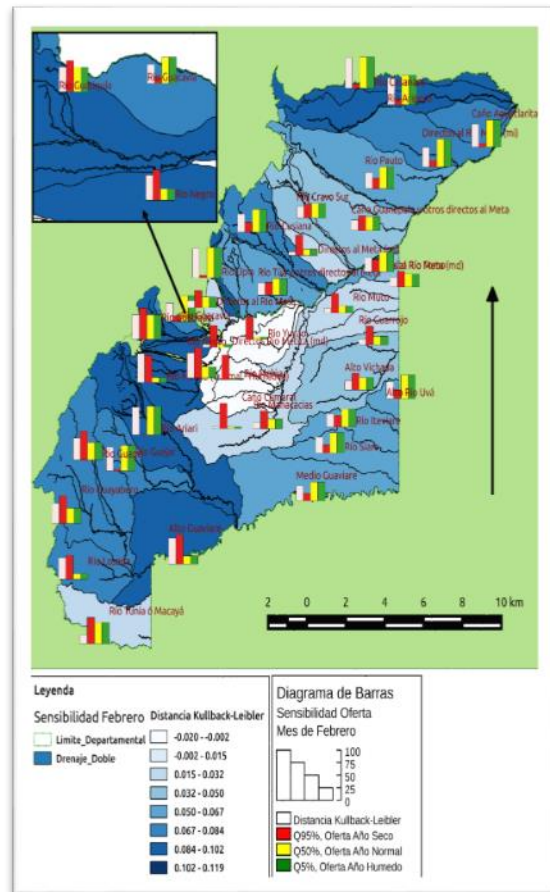


Fig. 5. Output of modeling sensitivity of runoff variability

The method presented enables decision makers to understand or not their decision and actions over the basin will lead to changes in extremes. Such changes are a perturbation to the natural variability of surface runoff. Its change not only increases the hydrological risk, but also perturbs the niche offer for aquatic and other ecosystems. It was found that addition and subtraction of water from rivers influences runoff variability, at least, in the same magnitude as changes in rainfall input does. The changes in internal basin parameters (land use and land cover) as an additional perturbation of runoff variability introduces non-linear runoff variability perturbation patterns. The output of the FPK model can be used to determine what economic activities leads to more changes in variability patterns. Such knowledge can be used to determine what activities are closer to the sustainable use of the territory.

IV. CONCLUSIONS

Mathematical modeling of hydrological processes should be a mandatory task in water management and planning processes. Through modeling it is possible to obtain well structured and understood hydrological information. There is a large variety of modeling techniques and it is recommended to use the most suitable to solve a specific research question. Frequently, the modeling process is the process of solving an inverse mathematical problem. Inverse mathematical problems can lead to several answers for a given question. To obtain a unique solution, it is encouraged to accompany the mathematical modeling with a sensitivity analysis. Today, there is a greater demand to solve the problem of assessing the changes of runoff variability. For that management issue, a stochastic approach is recommended. Using the solution of the FPK equation for such goal is becoming widespread and it looks as one of the most suitable and flexible solutions.

REFERENCES

- [1] Bertalanfy Von, L. (1968). *Teoría general de sistemas*. Nueva York: Fondo de Cultura Económica.
- [2] Sveshnikov, A.A. (2007). *Applied methods for the theory of Markov processes*. Sant Petersburg: Lan.
- [3] Roberts, S. (s.f.). ANUGA Open Source Hydrodynamic / Hydraulic Modelling Project.
- [4] Pike, R.J. and Evans, I.S. (2009). Geomorphometry: A Brief Guide, *Dev. Soil Sci.*, vol. 33, no. 1944, pp. 1–9.
- [5] Wiener, N. (1949). Cybernetics (or control and communication in the animal and the machine), *Psychol. Bull.*, vol. 46, No. 3, pp. 236–237.
- [6] Gell-man, M. (1994). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*. St. Martin's Press.
- [7] Mungkasi, S. and Roberts, S.G. (2013). Validation of ANUGA hydraulic model using exact solutions to shallow water wave problems, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 423, p. 012029.
- [8] Baldock, T.E.; Barnes, M.P.; Morrison, N.; Shimamoto, T.; Gray, D. and Nielsen, O. (2007). Application and testing of the ANUGA tsunami model for overtopping and coastal sediment transport, in *18th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference 2007 and the 11th Australasian Port and Harbour Conference 2007, COASTS and PORTS 2007*, pp. 803–808.
- [9] Gallant, J.C. (2003). A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas, *Water Resour. Res.*, vol. 39, No. 12.
- [10] Kozhevnikova, I.; Shveikina, V.; Domínguez, E.; Kozhevnikova, E.; Shveikina, I. and Domínguez, V. (2011). Modelling fluctuations of caspian sea levels using a mixed probability, *J. Flood Risk Manag.*, vol. 4, No. 3, p. In press.
- [11] Domínguez, E. and Rivera, H. (2010). A Fokker–Planck–Kolmogorov equation approach for the monthly affluence forecast of Betania hydropower reservoir, *J. Hydroinformatics*, vol. 12, No. 4, p. 486.
- [12] Saltelli, A.; Tarantola, S. and Chan, K. (1999). A quantitative model-independent method for global sensitivity analysis of model output, *Technometrics*, vol. 41, pp. 39–56.
- [13] Nossent, J.; Elsen, P. and Bauwens, W. (2011). Sobol sensitivity analysis of a complex environmental model, *Environ. Model. Softw.*, vol. 26, No. 12, pp. 1515–1525.
- [14] Kullback, S. and Leibler, R.A. (1951). On Information and Sufficiency, *Ann. Math. Stat.*, vol. 22, No. 1, pp. 79–86.

Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial

Maintenance Engineering in the dynamics of competitiveness and industrial development

Área temática: Ingeniería de la Confiabilidad

González, Fernando¹

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Ingeniería de Mantenimiento
Riobamba, Ecuador

ferna_gp@yahoo.com

Palabras clave: Evolución empresarial, Gestión, Mantenimiento, TPM, RCM.

Keywords: Business development, management, maintenance, TPM, RCM.

El presente artículo se sitúa hacia el logro de una gestión que integre herramientas como el mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad y competitividad de la organización teniendo en cuenta el estado real de los equipos y su historial de fallas.

I. INTRODUCCIÓN

El presente artículo hace un recorrido por la evolución de la ingeniería de mantenimiento y su gestión, en relación con el desarrollo de la actividad industrial, caracterizando algunas técnicas organizativas como el mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), con la finalidad de determinar el nivel de operatividad y mantenimiento requeridos para asegurar a la empresa su integridad y continuidad operacional.

En los modelos tradicionales las estrategias para cumplir las metas de la empresa son formuladas por directivos, quienes identifican oportunidades, asignan recursos, determinan metas y toman decisiones, mientras que su implementación es ejecutada por el personal que labora en la empresa. Sin embargo, existen empresas exitosas cuyos objetivos son compartidos por todos los miembros de la organización en donde todas las personas que trabajan en ellas asumen el protagonismo de la cultura organizacional, a través del compromiso y aprendizaje conjunto.

Por lo antes expuesto es necesaria la aplicación de nuevos enfoques que sistematicen y coordinen las actividades de mantenimiento. En tal sentido, el

II. LA CLAVE PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL COMPETITIVO ES EL MANTENIMIENTO

A. Acerca de la competitividad

“La competitividad está determinada por la productividad, definida como el valor del producto generado por una unidad de trabajo o de capital. La productividad es función de la calidad de los productos y de la eficiencia productiva”.

La competitividad es parte importante en la toma de decisiones gerenciales en la medida en que se relaciona con la eficiencia y la eficacia. Como lo expresa Michael Porter, “la competitividad está determinada por la productividad”. Es esta última la que sustenta realmente la capacidad de crecimiento de la empresa, pues hace referencia a la facultad que tienen las empresas de producir más con los recursos que poseen.

B. Competitividad y cambio organizacional

Como menciona Tripier, B. (2002), el cambio organizacional se concibe como “el proceso de transición, desde una situación actual a una futura, deseada por visualizarse como una mejora”. En él,

¹ Msc. en gestión del mantenimiento industrial, ESPOCH, Ecuador. Msc. en gestión de educación, Universidad Regional de los Andes, Ecuador. Esp. en diseño curricular, U. Regional de los Andes, Ecuador. Ingeniero de mantenimiento, ESPOCH, Ecuador. Director de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, ESPOCH, Ecuador.

las áreas involucradas incluyen desde valores, visión, aspectos estructurales, reajustes de roles, tecnología de la información y máquinas en general, reposicionamiento del mercado y, finalmente, la cultura.

Sin duda, esta última es la de mayor complejidad, por cuanto los cambios solo se producen a través de las personas que integran la organización, las cuales deben asumir una nueva visión, valores, rituales y maneras de hacer las cosas. Dicha cultura constituye un paradigma o patrón de conducta que se evidencia como la principal fuente de resistencia al cambio.

C. El mantenimiento y su evolución en el desarrollo de la actividad empresarial

Las estrategias y conceptos de mantenimiento han evolucionado radicalmente desde principio del siglo XX, cuando la palabra mantenimiento se relacionaba directamente como un gasto, de ahí que su tendencia fuera a la reducción de la función del mantenimiento sin valorar el impacto negativo que causaba a la mejora continua de los procesos productivos.

El mantenimiento inicia su evolución a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, durante la revolución industrial. En esta época se dio inicio a los trabajos de reparación de equipos y se aplicaron los conceptos de competitividad de costos, además en las grandes empresas se empezaron a preocupar por las fallas de las máquinas y las paradas que se producían en la producción.

Luego, en 1920 surgieron las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación. A partir de los años 60 apareció el mantenimiento predictivo, con el uso de herramientas y técnicas de verificación mecánica, a través del análisis de vibraciones y ruidos. En 1970, nació en Japón el mantenimiento productivo total (TPM), como un sistema de organización donde la responsabilidad recae sobre todos los miembros de la empresa para el buen funcionamiento de las instalaciones o maquinarias. En la misma década se desarrolló una técnica basada en el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM - Reliability Centered Maintenance) con el objetivo de servir como herramienta de carácter estratégico para el control de la gestión de los activos físicos y así reducir costos, mejorar la producción y aumentar la capacidad de la empresa (González, 2005).

Actualmente la gestión del mantenimiento está orientada no solo a los resultados técnicos sino a la

satisfacción de los clientes, al análisis de los riesgos consecuencia de las fallas de los equipos, a la seguridad y protección del medio ambiente.

Tomando en consideración el proceso evolutivo antes enunciado y las experiencias obtenidas a nivel internacional en la utilización de diferentes técnicas de gestión del mantenimiento, y dadas las condiciones del entorno en el que se desarrollan las empresas en la actualidad, se considera al mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como sistemas integrales que incluyen todos los aspectos relacionados con el mantenimiento y que tienen vital importancia para la inclusión en el sistema de gestión de mantenimiento.

D. Mantenimiento productivo total (TPM)

Mantenimiento productivo total: más que una técnica se concibe como una filosofía que trata de inculcar en todos los trabajadores de una organización, que las labores de mantenimiento de productos y máquinas no son exclusivas del personal de mantenimiento (Acuña, 2003).

El TPM es un sistema de gestión de mantenimiento que se basa en implantar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica la corresponsabilidad de todos los empleados sobre todo los técnicos y operarios de la planta.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Implicación de toda la organización en las tareas de mantenimiento.
- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control en precisión de herramientas y equipos.
- Conservación de los recursos naturales.
- Formación y entrenamiento del personal.

Partiendo de lo anterior, se puede considerar que la aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal, transformación del puesto de trabajo entre otros.

Los ocho pilares del TPM: los procesos fundamentales en los que se basa el TPM son también llamados "pilares" que sirven de apoyo para

la construcción de un sistema de producción ordenado, y se implantan siguiendo una metodología disciplinada y efectiva. Por tanto, se puede afirmar que en la aplicación de estos pilares se basa la filosofía del mantenimiento productivo total (Zambrano & Leal, 2005).

- *Mantenimiento programado:* planificación, programación y control del mantenimiento.
- *Mejoras individuales en los equipos:* eliminar pérdidas en los dispositivos y procesos.
- *Proyectos MP/LCC:* disponibilidad de los sistemas, a través de análisis de costos.
- *Educación y capacitación:* capacitación permanente, operador-mantenedor.
- *Mantenimiento de la calidad:* establecer parámetros en las condiciones del proceso que prevengan futuros defectos.
- *Control administrativo:* cinco S, tormenta de ideas, entre otras.
- *Medio ambiente, seguridad e higiene:* optimización.
- *Mantenimiento autónomo:* análisis de problemas que presente el equipo y cualquier acción de mejora para mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

E. *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*

Se define como un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente. Para aplicarlo se deben analizar los siguientes aspectos: definición del contexto operacional, funciones y estándares de desempeño, fallas funcionales, modos de fallas, efectos de la falla y consecuencia de fallas (Moubray, 1991).

Como autor con base en experiencias se concluye que el RCM es una metodología que permite identificar políticas o estrategias de mantenimiento óptimas, tomando en consideración la evaluación de los riesgos que implican las fallas de los equipos, garantizando el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

Según Moubray, y de acuerdo con la norma SAE JA1011 editada en agosto de 1999, un programa de RCM debe asegurarse que las siete preguntas básicas sean contestadas satisfactoriamente en la secuencia mostrada (Moubray, 1991).

- ¿Cuáles son las funciones del activo en contexto operacional?
- ¿Cuáles son las fallas funcionales?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Cuáles son los efectos de la falla?
- ¿Cuáles son las consecuencias de la falla?
- ¿Qué tareas preventivas se deben tomar?
- ¿Cuáles son las acciones prestablecidas?

1) *Elementos básicos de la confiabilidad:* La confiabilidad está conformada por elementos, herramientas y filosofías que suministran información necesaria para la toma de decisiones en cuanto a los planes de mantenimiento.

Los elementos de confiabilidad específicos en el comportamiento de los procesos y las instalaciones son los siguientes:

- Funciones y estándares de funcionamiento.
- Fallas funcionales.

En este artículo se considera a la confiabilidad como método de análisis para determinar el nivel de operación y mantenimiento adecuado, que debe realizarse basado en herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los equipos y componentes de una forma ordenada a fin de asegurar a la empresa su integridad y continuidad operacional.

III. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación realizado para este artículo utilizó el estudio de casos como herramienta metodológica, teniendo en cuenta lo siguiente:

La metodología de casos es muy utilizada en la literatura de estudio de la organización. Se utilizó la metodología de múltiples casos explicativos.

A. *Método de recogida de la evidencia*

- Literatura existente sobre el tema de investigación y conocimiento de casos exitosos en el tema de investigación.
- Investigación exploratoria.
- Revisión de documentos.
- Realización de encuesta estructurada.
- Realización de entrevistas semiestructuradas presencial.
- Observación directa en visita a las empresas.
- Participación en reuniones de trabajo con empresas del sector.

B. Fuentes de información

- Internas: documentación (memorias, informes y estudios internos), páginas web, archivos de presentaciones.
- Externas: publicaciones especializadas, congresos

C. Enfoque científico

Inducción analítica a través de la lógica de la réplica (generalización analítica). Procesos deductivos en la medida que se parte de proposiciones de estudio de la revisión de la teoría

IV. CONCLUSIONES

La búsqueda de una más eficaz y eficiente utilización de las máquinas y equipos hace menester tanto su planificación, como la capacitación del personal, pero para ello es fundamental que los directivos tomen conciencia de lo que significa la aplicación de un eficiente sistema de mantenimiento.

La notable importancia que tienen las nuevas tendencias del RCM y TPM en el mejoramiento del mantenimiento de los equipos, el cambio rápido de herramientas, la reducción de los tiempos de preparación, la mejora del *layout* en la planta y oficinas, el mejoramiento en los niveles de calidad, el control y reducción en el consumo de energía, la mayor participación de los empleados vía círculos de control de calidad y círculos de incremento de productividad, hacen de estas herramientas, poderosas armas de las cuales pueden disponer las pequeñas y medianas empresas.

Un mejor mantenimiento implica no solo reducir los costes de reparaciones y los costes por improproductividades debidos a tiempos ociosos, sino también la reducción del coste de obtención de nuevos clientes, facilitando las ventas de bienes y servicios con carácter repetitivo. El mejor funcionamiento de las máquinas no solo evita la generación de productos con fallas, también evita la polución ambiental, elimina los riesgos de accidentes y reduce o elimina los niveles de contaminación y las consecuentes multas. Todos estos son motivos más que suficientes para considerar muy seriamente su implantación.

Cabría hacerse la pregunta de ¿por qué existiendo instrumentos o metodologías tan significativas para mejorar los rendimientos de las empresas, las mismas no son utilizadas? Las razones son numerosas y exponerlas lleva a la necesidad de otras investigaciones y exposiciones, pero entre las principales se tiene: una visión a corto plazo en la cual se privilegia la obtención de utilidades inmediatas en oposición a la generación sostenida de beneficios a mediano y largo plazo, un segundo factor tiene que ver con la supervivencia de paradigmas propios de otra era del proceso económico productivo. Y un tercer y último factor por mencionar como importante; la tradicional resistencia al cambio.

REFERENCIAS

- [1] Acuña, J. (2003). *Ingeniería de confiabilidad*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- [2] Bustamante, S. et al. (1994). *La competitividad: desafío para la industria en América Latina*.
- [3] González, F. J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. Madrid: Fundación Confemetal.
- [4] Moubray, J. (1991). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. México.
- [5] Porter, M. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*, 1ª. ed., Buenos Aires: Javier Vergara Editor S.A.
- [6] Tripier, B. (18/08/2002). Resistencia al cambio un peligro manejable. *El Nacional*, p. E/5.
- [7] Zambrano, S. & Leal, S. (2005). *Proceso de implantación de las nuevas tendencias del mantenimiento en procesos productivos*. Venezuela: UNET.

Ética y valores en el ejercicio de la ingeniería

Ethics and values in the exercise of Engineering

Área temática: Medio Ambiente e Ingeniería

González, Fernando¹

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Ingeniería de Mantenimiento
Riobamba, Ecuador

ferna_gp@yahoo.com

Palabras clave: Ética, honestidad, responsabilidad, respeto, valores profesionales.

Keywords: Ethics, honesty, professional values, responsibility, respect.

I. INTRODUCCIÓN

La ética de la ingeniería representa los esfuerzos de los ingenieros profesionales para definir los cursos apropiados de acción en sus relaciones recíprocas, con sus clientes y con los empleados, así como con el público en general.

El problema de la ética de la ingeniería, al igual que en otras profesiones, comienza con el hecho de que el profesional posee un conocimiento especializado que es superior al que poseen los clientes, los empleadores o el público en general. Con este conocimiento, un ingeniero irresponsable o corrupto puede debilitar la confianza del público en la profesión de ingeniería e incluso convertirse en un miembro peligroso de la sociedad.

Los principios éticos aplicados a la ingeniería determinan un nivel posible de comportamiento básico. Es esencial que nuestra profesión establezca valores y niveles bases que puedan ser alcanzados por todos. Es obligación de todos, que las pautas de responsabilidad ambiental, la salud y la seguridad de las personas y la integridad sean prioridad. Se debe promover y mantener la equidad social, la prosperidad económica para todos y la integridad ambiental. Los principios descritos en este Código deben formar parte cultural de la ingeniería.

La ciencia y la tecnología brindan conocimientos, pero es la ética la que juzga la licitud o no de lo que con ellos se haga. Este artículo solo aporta

fundamentos conceptuales que responden a los dilemas éticos que se presentan.

II. ÉTICA EN LA INGENIERÍA

A. Principios generales

Generalmente se comprende a la ética como un campo de estudio acerca de los deberes y obligaciones morales. Lo que normalmente da origen a una serie de principios y valores usados para convenir favorablemente conductas o comportamientos particulares.

Las ingenierías forman parte de las profesiones a las que se les ha concedido el privilegio y la responsabilidad de autorregularse, adoptando conjuntos de principios fundamentales como códigos de ética profesional que determinan la base y la estructura de la práctica profesional responsable. En este contexto, los códigos éticos profesionales son mal entendidos como mínimo estándar de conducta; cuando más bien son un conjunto de principios que deben guiar a los profesionales en su trabajo diario.

B. La ética de la ingeniería

“Los ingenieros son profesionales que buscan resolver problemas, pero usualmente no han sido entrenados para resolver problemas éticos” (Harris, 1995).

La ingeniería ha jugado el papel central y ha sido responsable directa en la mayoría de los problemas éticos de ciencia y tecnología en los que se ha implicado a los profesionales técnicos, de tal manera que la ética de la ingeniería es el resultado del desarrollo de la misma como profesión.

¹ Msc. en gestión del mantenimiento industrial, ESPOCH, Ecuador. Msc. en gestión de educación, Universidad Regional de los Andes, Ecuador. Esp. en diseño curricular, U. Regional de los Andes, Ecuador. Ingeniero de mantenimiento, ESPOCH, Ecuador. Director de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, ESPOCH, Ecuador.

La práctica de la ingeniería desde sus inicios como disciplina profesional ha buscado formular ideales que definen el comportamiento de los ingenieros como tal. Los científicos como científicos persiguen la verdad, los abogados persiguen la justicia, y los médicos persiguen la salud, los ingenieros en tanto como ingenieros perseguirán la eficacia.

La ética de la ingeniería vista desde la responsabilidad social ha estado sujeta a diversas interpretaciones un ejemplo de ello son los textos de ética en la ingeniería desarrollados durante los años 80 y 90. El libro *Ethics in engineering* de Mike W. Martin y Roland Schinzinger (1989), por ejemplo, define la ética de ingenieros como "el estudio de los problemas y decisiones morales a los que se enfrentan los individuos y organizaciones involucradas en la ingeniería". Otra definición de los mismos autores dice que la ética es "el estudio de las cuestiones relacionadas con la conducta moral, el carácter, los ideales y las relaciones de las personas y las organizaciones involucradas en el desarrollo tecnológico".

Se puede decir que la primera definición limita a la ingeniería a preocupaciones profesionales mientras que la segunda incluye preocupaciones tecnológicas modernas, por lo que se debería llamar más bien "ética de la tecnología".

Dentro de las definiciones de ética en la ingeniería es válido mencionar a Deborah Johnson en *Ethical issues in engineering* (1991). Enfatiza que la ética de la ingeniería incluye las responsabilidades sociales de los ingenieros, así como problemas prácticos, es decir, ingenieros comportándose de formas socialmente responsables.

Esto lleva a considerar a la ética como una preocupación del experimentador ingeniería-sociedad por la seguridad, seguida de consideraciones sobre las relaciones entre los ingenieros profesionales y aquellos que los emplean. Estas cuestiones incluyen la autonomía profesional, la lealtad a los empleadores, los conflictos de intereses, la confidencialidad, las "llamadas de alerta", y otros asuntos relacionados con estos.

De acuerdo con lo anterior se tiene un consenso sobre la auto-comprensión de la ingeniería como una profesión de responsabilidad social implicando que la auto-comprensión profesional adecuada también depende de una teoría ética general acerca del lugar de la tecnología en la sociedad y los asuntos humanos.

C. *Los códigos de la ética de la ingeniería*

La ingeniería no escapa a la ética. Como antes se mencionó los ingenieros como profesionales no solo se relacionan con instrumentos tecnológicos, sino que su trabajo se orienta a la búsqueda incansable del beneficio de la sociedad. Si se considera que un ingeniero es, por excelencia, el ejecutor de las prácticas transformadoras del mundo, es evidente que el ejercicio de su profesión posee una carga moral.

La ingeniería es una profesión importante a la que se llega por aprendizaje. Como miembros de esta profesión, se espera que los ingenieros presenten las más elevadas normas de honestidad e integridad. La ingeniería tiene un impacto directo y vital sobre la calidad de vida de todas las personas.

En consecuencia, los servicios suministrados por los ingenieros requieren honestidad, imparcialidad, honradez y equidad y deben dedicarse a la protección de la salud, la seguridad y el bienestar públicos. Los ingenieros deben desempeñarse siguiendo una norma de comportamiento profesional que requiere la adhesión a los principios más elevados de la conducta ética

D. *Dilemas éticos recurrentes*

A pesar del evidente beneficio que la ingeniería aporta a la sociedad también produce efectos negativos cuya magnitud muchas veces depende del poder tecnológico. Estos problemas en su mayoría encuentran sus respuestas y soluciones en la aplicación de las normas éticas. Los mismos mayoritariamente se derivan de la relación con el cliente, empresa y medio profesional, evidenciando como problemas comúnmente del ámbito ético:

1) *Relación con el cliente:* Como en toda profesión, el tema del precio justo se presta a veces para situaciones problemáticas, en especial en el área de la ingeniería ya que el cliente rara vez entiende la terminología en que el profesional le habla. Se puede atentar contra el cobro del precio justo, por varios motivos, entre ellos: agrandar diagnósticos, tiempo, apropiación de piezas pagadas por el cliente, repuestos alternativos por originales.

Todos estos problemas se relacionan directamente con la ética, ya que se trata de situaciones en las que la honestidad y la responsabilidad se ven menoscabadas en perjuicio del cliente, por parte de los profesionales de la ingeniería. Por tanto, para que

sea posible hablar de un trabajo realmente profesional, el ingeniero lo debe llevar a cabo con lealtad, responsabilidad y honestidad.

2) *Relación con la empresa:* Todo aquello que perjudique a la empresa, perjudica a quienes trabajan en ella. Después de todo, el trabajo que se verá afectado directamente será el del ingeniero que realiza sus labores con dichos recursos. De nuevo, se trata de un problema de compromiso con la empresa, con la profesión y consigo mismo.

3) *Relación con la sociedad:* La ingeniería posee, en este sentido, una gran responsabilidad social. Después de todo, contribuye en forma directa a la seguridad pública, al cuidado del medio ambiente y a la tranquilidad social.

E. *Los valores y la ingeniería*

Los ingenieros al finalizar su formación universitaria se encuentran listos en aspectos de ciencia y tecnología. ¿Pero están capacitados en lo que se refiere al ámbito de las actitudes y valores? Definitivamente muy poco, por ello es importante recalcar sobre la importancia de las obligaciones morales que posee un ingeniero frente a la sociedad, el entorno y el mismo ser humano (Valiente, 2000).

¿Cómo tratar con la corrupción, la deshonestidad, la avaricia y la injusticia social? ¿Cómo tomar las decisiones correctas sobre la conveniencia o no de un experimento científico, de la conveniencia o no de una tecnología o de una decisión ambientalista? La ética es la parte del conocimiento humano que da o trata de dar respuesta a estas y muchas más preguntas sobre el hombre, la vida, el bien, el mal y el sentido último de la existencia. Sin el estudio de ella las respuestas se convierten en simples recetas amorales.

El motor del desarrollo tecnológico ha sido claramente económico y de poder. La sociedad tecnológica ha borrado al hombre, al otro de su intencionalidad. Es necesario un regreso a la persona humana.

Todas las profesiones se ejercen socialmente. Los conocimientos poseídos tienen escasa utilidad si no sirven al ser humano. La finalidad de una profesión es el bien común. Sin este horizonte, una profesión se convierte en un medio para lucrar o para obtener honores y poder.

IV. CONCLUSIONES

Es incuestionable la importancia que tiene la ética para cualquier profesional, en ella se encuentran los principios que llevan a actuar acorde con la dignidad humana como verdaderamente tiene que ser.

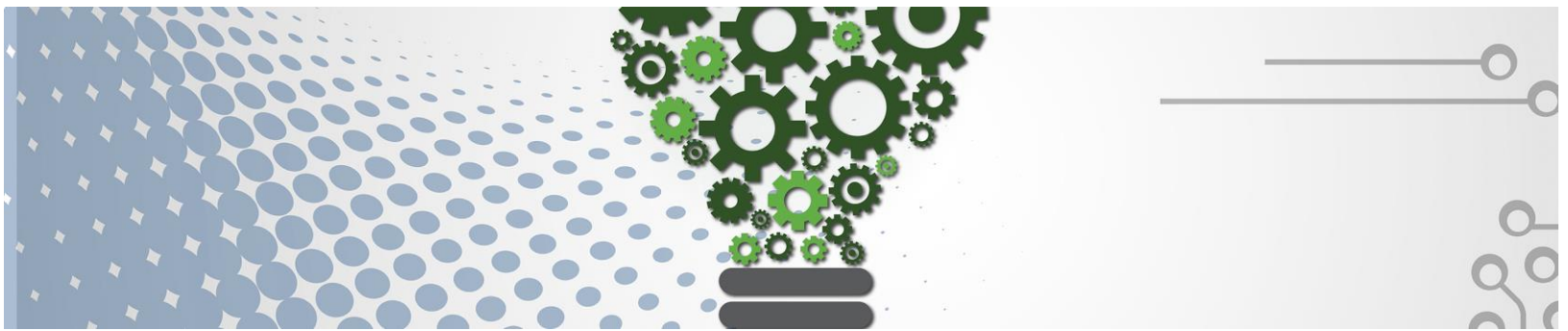
En la medida en que se desarrollen buenos y mejores profesionales la sociedad va a ir evolucionando y adaptándose a las nuevas corrientes de esos profesionales que se van a integrar a ella.

La ética ayuda a dar cuenta de la importancia que tienen la moral y los valores, siendo una parte relevante en la vida.

El profesional del siglo XXI deberá tener una formación tanto científico-técnica como humanística para terminar con el hombre partido en dos o disminuido. Con la ciencia dominará la naturaleza, pero con la formación humanística sabrá cuáles son sus límites (Valiente, 2000). Deberán prepararse profesionales para un trabajo creativo, lleno de responsabilidades con otros hombres, con la sociedad y con el entorno ecológico. Por ello, son indispensables en estos tiempos las materias humanísticas para dar una mejor formación al ingeniero.

REFERENCIAS

- [1] Harris, C.E.; Pritchard, M.S. and Rabins, M.J. (1995). *Engineering Ethics: Concepts and Cases*, Wadsworth: Publishing Company.
- [2] Covey, S.R. (1997). *Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva*, Paidós.
- [3] Herkert, J.R. (2000). *Social, Ethical, and Policy Implications of Engineering*, IEEE Press.
- [4] Johnson, D.G. (ed.) (1991). *Ethical Issues in Engineering*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [5] Mike W., M. and Roland Schinzinger, R. (1989), *Ethics in Engineering*, 2ª ed., Nueva York: McGraw-Hill.
- [6] Valiente, A. (2000). Las materias humanísticas en los nuevos planes de estudio. *Revista del IMIQ*, 41(5-6), 34.



REGISTROS FOTOGRÁFICOS



Bienvenida por parte de los directivos de UNISANGIL: Rector, vicerrectores y director de internacionalización, a los docentes visitantes internacionales doctores María Cristina Noyola, Ivonne Santiago, Eduardo Castillo Castañeda, María Teresa Sanz.



El doctor Luis Gustavo Álvarez Rueda, rector de UNISANGIL, durante la instalación oficial del evento.



Apertura evento, en la mesa principal docentes visitantes internacionales y directivas de UNISANGIL.



En la sede San Gil, maestros de ceremonia del evento, María Cristina Ayala Triana e ingeniero Milton Javier Muñoz Neira.



Asistentes IES UNISANGIL 2015, Sede San Gil.



Asistentes IES UNISANGIL 2015, Sede San Gil.



Conferencia “Diseño de sistemas de sensado de gas para monitoreo medioambiental”, orientada por PhD. María Teresa Sanz, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), México.



PhD. Eduardo Castillo Castañeda, CICATA (Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada), Unidad Querétaro, del IPN (Instituto Politécnico Nacional) en la conferencia, “Aplicaciones industriales de la visión artificial”, sede San Gil.



Sede San Gil, Panel “Engineering for sustainability”, PhD. Eduardo Castillo Castañeda, PhD. María Teresa Sanz. Moderador: Msc. Frank Carlos Vargas Tangua, PhD. María Cristina Noyola y PhD. Ivonne Santiago.



Sede San Gil, Panel “Ingeniería para el postconflicto”. PhD. Humberto Rojas Pinilla, Msc. Manuel Fernando González Puente. Moderador: doctor Miguel Arturo Fajardo Rojas, Msc. Jorge Felizzola.



Grupo de estudiantes y docentes del Programa Ingeniería Mantenimiento sede San Gil con Msc. Manuel Fernando González Puente de la Escuela Politécnica Chimborazo, ESPOCH, Ecuador.



Estudiantes apoyo logístico con conferenciantes internacionales y docentes programas Ingeniería de Mantenimiento e Ingeniería Electrónica.



Grupo de estudiantes apoyo logístico con el ingeniero Milton Javier Muñoz Neira, sede San Gil



Apertura Seminario Internacional de Ingeniería IES UNISANGIL 2015, sede Yopal. En la mesa principal directivas sede Yopal UNISANGIL y de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería.



En la sede Yopal, ingeniero Wilson Arturo Gómez Becerra, director del Programa Ingeniería Electrónica y Coordinador IES sede Yopal.



Acto de apertura IES 2015, Auditorio la Triada Yopal, participación de estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería.



Participación de estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Auditorio la Triada Yopal.



Conferencia “Uso de zeolitas para remover contaminantes”, PhD. Ivonne Santiago. Participación de estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Auditorio la Triada Yopal.



Conferencia “Aplicaciones de la visión artificial”, PhD. Eduardo Castillo Castañeda, Auditorio la Triada Yopal.



Reunión con docentes, investigadores, conferenciantes, sede Yopal.



Sede Yopal, Panel “Ingeniería para el posconflicto”. PhD. Humberto Rojas Pinilla, Msc. Manuel Fernando González Puente. Moderador: doctor Alberto Becerra.



Sede Yopal, Panel “Ingeniería para la sustentabilidad / Engineering for sustainability”. PhD. Ivonne Santiago, PhD. María Cristina Noyola, PhD. Eduardo Castillo Castañeda, PhD. María Teresa Sanz, ingeniero Sergio Andrés Peña Perea. Moderador: ingeniero Álvaro Moyantes.



Conferenciantes y parte del equipo UNISANGIL, Auditorio La Triada Yopal.



Visita de los conferenciantes a la Subasta Ganadera de Casanare.



Visita de los conferenciantes a la finca Santuario de los Micos Yopal Casanare.



Reunión con extensión y visita al Campus UNISANGIL, sede Yopal.

A MODO DE SÍNTESIS

El International Engineering Seminar, IES UNISANGIL 2015, organizado por la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería FCNI, logró crear espacios académicos para el análisis de temas de ingeniería de clase mundial, pertinentes y estratégicos para el fortalecimiento y desarrollo regional, por medio de 16 conferencias, 12 internacionales y 4 nacionales. Los temas presentados (robótica móvil, procesamiento digital de imágenes, geo informática, confiabilidad, eficiencia energética, desarrollo rural, sensores micro electrónicos para medición de condiciones medio ambientales, entre otros), evidenciaron pertinencia, interdisciplinariedad, transversalidad y, desde luego, una gran actualidad. De este modo, el IES UNISANGIL 2015, se constituyó en una valiosa oportunidad para comparar y contrastar la realidad regional de las zonas de influencia de UNISANGIL, con las oportunidades que brindan los avances globales de la ingeniería.

Así mismo, el IES UNISANGIL 2015 fortaleció el acercamiento entre la academia, las empresas, el Estado y la sociedad civil, por medio del desarrollo de paneles orientados al debate sobre los cruciales temas de la ingeniería para el posconflicto y la ingeniería para la sostenibilidad. Estos espacios permitieron poner sobre la mesa del evento, las consideraciones de los investigadores invitados, sobre el papel que debe jugar el desarrollo en ciencia e innovación, en el marco de una nueva realidad del país sin conflicto armado, y los retos que debe asumir la investigación en ingeniería, para garantizar la sostenibilidad de sus aplicaciones.

El seminario propició, de igual manera, un mayor afianzamiento de los vínculos con el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, INAOE de México, el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, CICATA, del Instituto Politécnico Nacional, IPN, de México, la Universidad Autónoma San Luis Potosí, de México, y la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, ESPOCH, del Ecuador, abriendo opciones para intercambio de docentes, pasantías de estudiantes y desarrollo conjunto de proyectos de investigación.

CONCLUSIONES

Los objetivos planteados para IES UNISANGIL 2015, centrados en la apertura de espacios para la presentación y discusión de temas innovadores de la ingeniería de clase mundial, así como en el fortalecimiento de las relaciones universidad, empresa, Estado, sociedad civil, fueron cumplidos con éxito y lograron acrecentar la red de investigadores e instituciones dispuestas a colaborar con UNISANGIL, en sus proyectos de innovación para el desarrollo regional.

Del evento pudo evidenciarse que, tal como lo cuestiona el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) sobre la ingeniería en el mundo, presentado en el 2010, la mayoría de las realidades socio económicas y culturales que requieren de la injerencia directa de desarrollos en ingeniería, no han sido aún abordados, en gran parte, porque las aplicaciones en ingeniería están prioritariamente dirigidas a solucionar los problemas de grandes sectores industriales, los cuales son sin duda relevantes, pero no garantiza de que los sectores más deprimidos de la sociedad, en especial los relacionados con realidades de tipo regional, puedan tener un camino cierto hacia la sostenibilidad.

Es por esto, que para la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de UNISANGIL, la difusión regular de espacios como el *International Engineering Seminar*, son fundamentales para sentar las bases de una nueva generación de ingenieros, que, conscientes de las grandes posibilidades de la tecnología actual, centren su mirada en las necesidades fundamentales de la sociedad, y desde las regiones susciten las transformaciones necesarias que puedan, en el futuro, garantizar la sostenibilidad de sus entornos humanos y medio ambientales.

En este sentido, UNISANGIL ratifica su compromiso de seguir propiciando la continuidad del IES, y su proyección hacia la presentación de temáticas innovadoras que contribuyan a la solución de problemas regionales.



UNISANGIL
FACULTAD DE CIENCIAS
NATURALES E INGENIERÍA

International Engineering Seminar

Seminario Internacional de Ingeniería

IES 2015

<http://eventos.unisangil.edu.co/presentacion-ies-2015>

Septiembre 7 – 10 2015

UNISANGIL

San Gil (Santander)

Sede Yopal (Casanare)

Colombia

