

Revista Científica Ra Ximhai

Ciencias Sociales

Vol. 13 Número 3 Edición Especial julio-diciembre de 2017

Publicación de la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

Revista Científica Ra Ximhai

Editor General

Dr. Pedro Cázares Aboytes

ISSN-1665-0441

D.R. © Ra Ximhai

Hecho en México

Printed in Mexico

Ra Ximhai

El Nombre

La identificación de esta revista con el nombre de Ra Ximhai (escrito en lengua hñahñú), que traducido al español significa “el mundo, el Universo o la vida”, hace referencia a la naturaleza desde un punto de vista cosmológico signado por los indígenas otomíes. La revista lleva este título como un homenaje a las culturas indígenas del país que forman parte importante de la riqueza cultural de México.

Diseño de portada: Ing. Aminne Armenta Armenta

Foto: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel Henríquez Unidad Académica Arandas.

La publicación de esta revista se financió con recursos del PFCE 2019

Todos los artículos publicados son sometidos a arbitraje por especialistas. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. Se aceptan colaboraciones de acuerdo con las políticas de la revista. Enviar colaboraciones a raximhai@uaim.edu.mx

RA XIMHAI

COMITÉ CIENTÍFICO EXTERNO

DRA. CHANTAL CRAMAUSSEL VALLET

Colegio de Michoacán

DR. MARIO MAGAÑA MANCILLAS

Universidad Autónoma de Baja California

DRA. ZULEMA TREJO CONTRERAS

Colegio de Sonora

DRA. RAQUEL PADILLA RAMOS

Instituto Nacional de Antropología e Historia/Sonora

DR. JOSÉ LUIS MOCTEZUMA ZAMARRÓN

Instituto Nacional de Antropología e Historia/Sonora

DR. SAMUEL OJEDA GASTELUM

Universidad Autónoma de Sinaloa

DR. EDUARDO ANDRÉS SANDOVAL FORERO

Universidad Autónoma del Estado de México

DR. BRUNO BARONETT

Universidad Veracruzana

DR. OSCAR VIRAMONTES OLIVAS

Universidad Autónoma de Chihuahua

DR. JOSÉ MANUEL JUÁREZ NÚÑEZ

UAM-Xochimilco

DRA. SONIA SALINAS COMBONI

UAM-Xochimilco

DR. GUNTHER DIETZ

Universidad Veracruzana

DR. JOSÉ VARGAS

Universidad de Guadalajara

DR. RAÚL ZIBECHI

Multidiversidad Franciscana de América Latina,
Montevideo

DR. ROBINSON SALAZAR PÉREZ

Director de la Red de Investigadores por la
Democracia y la Paz, Buenos Aires, Argentina

DR. DANIEL MATO

Universidad Nacional Tres de Febrero, Argentina

DR. JOHN MASON HART

University of Houston

DR. JUAN PABLO DABOVE

University of Colorado Boulder

**DR. VÍCTOR ANTONIO CORRALES
BURGUEÑO**

Universidad Autónoma de Sinaloa

**DRA. BEATRIZ EUGENIA RODRÍGUEZ
PÉREZ**

Universidad Autónoma de Sinaloa

COMITÉ EDITORIAL INTERNO

DR. ERNESTO GUERRA GARCÍA

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DR. FRANCISCO ANTONIO ROMERO LEYVA

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DRA. LIZBETH FÉLIX MIRANDA

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DR. CELSO ORTIZ MARÍN

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DR. ESTUARDO LARA PONCE

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

**DRA. MILAGROS DE LA CARIDAD CONG
HERMIDA**

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DRA. LUZ BERTILA VALDEZ ROMÁN

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DR. RAFAEL SANTOS CENOBIO

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DR. JOSÉ EMILIO SÁNCHEZ GARCÍA

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DR. IVÁN NOEL ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DRA. GABRIELA LÓPEZ FÉLIX

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

DRA. MARÍA GUADALUPE IBARRA CECEÑA

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

Dr. Pedro Cázares Aboytes

Editor General

Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa

Ra Ximhai

Ciencias Sociales

Volumen 13, Número 3 Edición Especial

julio - diciembre 2017

ISSN-1665-0441

Ra Ximhai está indexada en: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico **REDIB**, desarrollado en el seno del Portal Tecnociencia, bajo el patrocinio y financiamiento de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (**FECYT**), Sistema de Información Bibliográfica sobre las publicaciones científicas seriadas y periódicas, producidas en América Latina, el Caribe, España y Portugal (**LATINDEX**), Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades (**CLASE**), Electronic Journals Service (**EBSCO**), Red de Revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (**Red ALyC**), Servicios de Alertas y Hemeroteca Virtual de la Universidad de la Rioja, España (**DIALNET**), Social Science Information Gateway (**SOSIG**) de la Universidad de Bristol (**Inglaterra**), Directory of Open Access Journals (**DOAJ**) de la Universidad de Lund (**Suecia**), Red de Revistas de la Asociación Latinoamericana de Sociología (**RevistALAS**), el Catálogo Bized (**Inglaterra**), *Hispanic American Periodicals Index* (**HAPI**), *Academic Journals Database* (**USA**), e-journal (**UNAM**), en *SCOPUS*, red de bibliotecas virtuales de Ciencias Sociales de América Latina y El Caribe de la red (**CLACSO**) y en el Instituto de Apoyo a la Investigación e Innovación (**INAPI**), Portal de revistas científicas y arbitradas de la **UNAM**, Digitalización y Divulgación de Revistas Académicas Latinoamericanas (**Cengage Learning**). Puede consultarse a través de la biblioteca de revistas electrónicas de: Ciencia y Tecnología de la Organización de Estados Americanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (**OEI**), Göteborg University Library (**Alemania**), Braunschweig University Library (**Alemania**), Uppsala University Library (**Alemania**), Kassel University Library (**Alemania**), Biblioteca Virtual de Biotecnología para las Américas del Instituto de Biotecnología de la UNAM (**México**), Universidad de Caen Basse-Normandie (**Francia**), Institución Universitaria Centro de Estudios Superiores María Goretti (**Colombia**), Librería del Ministerio de Ciencia y Tecnología (**Brasil**), Centre Population et Developpement, CIRAD (**Francia**), Revistas de Ciencia y Tecnología de la Universidad Centroamericana (**Nicaragua**), Oxford Brookes University (**Inglaterra**), Electronic Journal Library (**China**), University of Leicester (**Inglaterra**), E-journals de la Universidad de Nancy (**Francia**), University of Georgia Libraries (**USA**), Elektroniset Lehdet de la Universidad de Tampere (**Finlandia**), Revistas On-Line de la Universidad de Torino (**Italia**), Revistas Electrónicas de la Universidad de Joseph Fourier (**Francia**), Recurso-e de la Universidad de Sevilla (**España**), Revistas electrónicas de la Universidad de Franche-Comté (**Francia**), Thomas Library de la Universidad de Wittenberg (**USA**), Ohio Library and Information Network de State Library of Ohio (**USA**), Periodiques Electroniques de la Universidad Joseph Fourier et del' Institut National Polytechnique de Grenoble (**Francia**), Library of Teikyo University of Science and Technology (**Japón**), University of Tsukuba Library (**Japón**), Albertons Library of Boise State University (**USA**), Oxford University Libraries (**Inglaterra**), Magazines and Journals List de Milton Briggs Library (**USA**), Library de Southern Cross University, (**Australia**), Agence Bibliograph de l'er Seignement Supérieur (ABES) (**Francia**), University of Tennessee Libraries (**USA**), Walter E. Helmke Library of Indiana University (**USA**), Trinity University Library Catalog (**USA**), Columbia University Libraries (**USA**), Centre National de la Recherche Scientifique (**Francia**), Electronic Journals of Texas Tech University (**USA**), Bibliothèque de l'Institut Universitaire d'Hématologie (**Francia**), University Library of University of Sheffield (**Inglaterra**), Binghamton University Libraries (**Inglaterra**), Library of University of Liverpool (**Inglaterra**), University of Illinois at Urbana-Champaign Library Gateway (**USA**), Cornell University Library (**USA**), Binghamton University Libraries (**USA**), Digital Library de la Università Di Roma Torvergata (**Italia**), Main Library and Scientific Information Centre of the Wroclaw University of Technology (**Polonia**), Biblioteca Digital de Ciencia y Tecnología Administrativa (**Argentina**), USF Libraries de la University of South Florida (**USA**), Sistema Bibliotecario di Ateneo di Politécnico di Milano (**Italia**), Washington Research Library Consortium (WRLC) (**USA**), Biblioteca Digitale della Sapienza di Università degli studi di Roma "La Sapienza" (**Italia**) Biblioteca Universitaria di Lugano de la Università Della Svizzera (**Italia**), Bibliothèques Universitaires de Université Jean Monnet Saint-Etienne (**Francia**) y en in4ciencia.

Ra Ximhai

Ciencias Sociales

Volumen 13, Número 3 Edición Especial julio - diciembre 2017

ISSN-1665-0441



La presente coedición de la revista Ra Ximhai realizada con el Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel Henríquez Unidad Académica Arandas fue coordinada por su Director el Mtro. Juan Antonio González Arèchiga Ramírez Wiella y los docentes de dicha unidad: Dr. David Ávalos Cueva, Mtra. Fabiola Guadalupe Arriaga López, Mtro. Edgardo Martínez Orozco y la Dra. Zenia Isabel Castro Borunda docente del Instituto Tecnológico de Los Mochis.

Todos los artículos publicados son sometidos a arbitraje por especialistas en el tema mediante el sistema de “pares ciegos”. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

Ra Ximhai

**El mundo,
El universo o
La vida**

ISSN-1665-0441

VOLUMEN **13** NÚMERO **3** EDICIÓN ESPECIAL
JULIO-DICIEMBRE **2017**

COEDICIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA INTERCULTURAL DE SINALOA

Y EL

INSTITUTO TECNOLÓGICO JOSÉ MARIO MOLINA PASQUEL HENRÍQUEZ UNIDAD
ACADÉMICA ARANDAS

CONTENIDO

VOLUMEN 13 NÚMERO 3

EDICIÓN ESPECIAL JULIO-DICIEMBRE 2017
CIENCIAS SOCIALES
ISSN-1665-0441**ARTÍCULO CIENTÍFICO**

- 15** **Evaluación de proyectos de inversión para pequeñas y medianas empresas con una estrategia de proyección financiera**
Zenía Isabel Castro Borunda
- 41** **El desarrollo profesional docente como elemento fundamental para el desarrollo académico de una escuela normal como institución de educación superior: una mirada desde la planeación estratégica en el PROFEN**
Lina Xóchitl García Sánchez
- 51** **Aplicación de LEDs en el servicio de transporte urbano de pasajeros de la ciudad de Uruapan Michoacán**
Carlos Castillo Arevalo; Salvador Loa Cazares y José Luis Hurtado Rizo
- 65** **Sistema de georeferenciado de imágenes con drones**
Héctor A. Pérez Sánchez; Edward U. Benítez Rendón y Miriam Díaz Rodríguez
- 79** **Federalismo fiscal en los Estados Unidos Mexicanos**
María Guadalupe Naranjo Cantabrana
- 93** **Plataforma para transmisión en tiempo real de datos y video con UAVs**
Claudio Guadalupe Gino Sosa; Edward Ulises Benítez Rendón y Miriam Díaz Rodríguez
- 107** **Sistema distribuido para la interacción hombre máquina en ambientes virtuales**
Abraham Obed Chan Canche y Miriam Díaz Rodríguez
- 123** **Traductor de español a metalenguaje semántico natural**
León Enrique Verdín Armenta y Miriam Díaz Rodríguez
- 133** **Metodología para estimación de parámetros dinámicos y estacionarios de relicuefacción de gas licuado de petróleo (LPG) en esferas de almacenamiento**
Alexander Mendoza Acosta; Claudia Rodríguez Silva e Hildeberto Hernández Frías
- 153** **Hidrografía superficial de la región norte del golfo de california medida por un termosalinómetro**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Rodrigo Gamboa Goñi y David Ávalos Cueva

- 179** **Análisis de la infraestructura urbana y educativa en zonas marginadas de la ciudad turística de playa, con la implementación de energía fotovoltaica; estudio de caso Puerto Vallarta, México**
Alberto Reyes González; Jimena Odetti y Andrés Enrique Reyes González
- 199** **Análisis de datos meteorológicos a lo largo de la costa del océano pacifico mexicano (climatología: parte I)**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Iryna Tereshchenko; Alma Delia Ortiz Bañuelos y David Ávalos Cueva
- 223** **Análisis de datos meteorológicos a lo largo de la costa del océano pacifico mexicano (anomalías: parte II)**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Iryna Tereshchenko; Alma Delia Ortiz Bañuelos y David Ávalos Cueva
- 243** **Variabilidad espacio temporal de la temperatura superficial del mar, en el mar caribe**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Salvador Iván Meza Romero y David Ávalos Cueva
- 267** **Utilización de herramientas numéricas para entender la dinámica en bahías, caso de estudio bahía Chetumal, Quintana Roo**
David Avalos Cueva; Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo y Luis A. González Vivanco
- 291** **Optimización de tiempos de proceso en desestibadora y en llenadora**
Jesús Iván Ruíz Ibarra; Alberto Ramírez Leyva; Karina Luna Soto; José Alberto Estrada Beltrán y Oscar Javier Soto Rivera
- 299** **Propuesta de rediseño ergonómico en el área de limpieza manual de semilla y área de recepción y deshojado de mazorca**
Karina Luna Soto; Jesús Iván Ruiz Ibarra; Alberto Ramírez Leyva; Zenia Isabel Castro Borunda y Laura Patricia Jiménez Montiel
- 319** **Análisis de los peces de acompañamiento del camarón (PAC) capturados con churupa, en el sistema lagunar de Topolobampo, Sinaloa, México**
Pedro Estrella Inzunza y Jesús Manuel Díaz Gaxiola
- 339** **Cultura organizacional del Instituto Tecnológico de Los Mochis**
María Guadalupe Naranjo Cantabrana; Zenia Isabel Castro Borunda y Estrella Evelyn Armenta Verdugo
- 351** **Innovación en el sector acuícola**
María Candelaria Beltrán Meza
- 365** **Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente**
Angel Issac Moreno Bustillos; Viridiana Humarán Sarmiento; Emma Paulina Báez Valdez; Grace Erandy Báez Hernández y Andrés León Villanueva

- 383** **Diagnóstico de las TIC's en las PYMES de la ciudad de San Luis Potosí en el sector de alimentos y bebidas para la difusión de sus servicios**
Dubelza B. Oliva Garza; Martín Guerrero Posadas; Beatriz O. Ríos Velázquez¹ y Edmundo Cerda-Rodríguez¹
- 393** **Disminución de sólidos de aguas grises mediante un proceso de aireación**
Gerardo Alonso Torres Avalos y Edith Ariadna Lozano González
- 405** **Modelo práctico de plan estratégico de mercadotecnia para micro y pequeñas empresas de transformación en Lagos de Moreno, Jalisco**
Edith Ariadna Lozano González y Gerardo Alonso Torres Avalos
- 417** **Propuesta de estrategias de mejora basadas en análisis FODA en las pequeñas empresas de Arandas, Jalisco, México**
Fabiola Guadalupe Arriaga López; David Ávalos Cueva y Edgardo Martínez Orozco
- 425** **Estudio del nivel de concientización para la implementación de programa de separación de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Arandas, Jalisco**
Norberto Santiago Olivares; Ruben Padilla Arriaga y Edgardo Martínez Orozco
- 439** **“Los enfermos”: la configuración de un discurso gráfico radical en Sinaloa, México, 1970-1973**
Rafael Santos Cenobio; Luis García Valenzuela y José Alberto Ortega Campos
- 461** **Efecto de las remesas en el gasto familiar de alquiler y predial en México: 2012 y 2014**
Jorge Eugenio de Jesús Mora Tordecillas; Ricardo Rodolfo Retamoza Yocupicio; José Alberto Ortega Campos y Luis García Valenzuela
- 475** **Los factores de la desigualdad en México y sus regiones: 2000-2010**
Francisco Guillermo Salcido Vega

CONTENTS

VOLUME 13 NUMBER 3 SPECIAL EDITION JULY-DECEMBER 2017
SOCIAL SCIENCES
ISSN-1665-0441

SCIENTIFIC ARTICLE

- 15** **Project investment evaluation for small business with a financial projection strategy**
Zenía Isabel Castro Borunda
- 41** **Professional teacher development as a fundamental element for the academic development of a teacher-training school (escuela normal) as an institution of higher education: a look from the strategic planning in PROFEN**
Lina Xóchitl García Sánchez
- 51** **LEDs application in the service of urban passenger transport in the city of Uruapan Michoacán**
Carlos Castillo Arevalo; Salvador Loa Cazares y José Luis Hurtado Rizo
- 65** **Georeferenced image system with drones**
Héctor A. Pérez Sánchez; Edward U. Benítez Rendón y Miriam Díaz Rodríguez
- 79** **Fiscal federalism in United Mexican States**
María Guadalupe Naranjo Cantabrana
- 93** **Real-time transmission platform for data and video with UAVs**
Claudio Guadalupe Gino Sosa; Edward Ulises Benítez Rendón y Miriam Díaz Rodríguez
- 107** **Distributed system for human machine interaction in virtual environments**
Abraham Obed Chan Canche y Miriam Díaz Rodríguez
- 123** **Converter from spanish to natural semantic metalanguage**
León Enrique Verdín Armenta y Miriam Díaz Rodríguez
- 133** **Methodology for estimation of stationary and dynamic parameters for liquefied petroleum gas (LPG) re-liquefaction in spherical storage systems**
Alexander Mendoza Acosta; Claudia Rodríguez Silva e Hildeberto Hernández Frías
- 153** **Surface hydrography in the northern gulf of california taken by a thermosalinometer**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Rodrigo Gamboa Goñi y David Ávalos Cueva

- 179** **Analysis of urban and educational infrastructure in disadvantaged areas of beach town with the implementation of photovoltaic energy; study case Puerto Vallarta, Mexico**
Alberto Reyes González; Jimena Odetti y Andrés Enrique Reyes González
- 199** **Meteorological data analysis throughout the ocean pacific mexican coast (climatology: part I)**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Iryna Tereshchenko; Alma Delia Ortiz Bañuelos y David Ávalos Cueva
- 223** **Meteorological data analysis through the mexican ocean pacific coast (anomalies: part II)**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Iryna Tereshchenko; Alma Delia Ortiz Bañuelos y David Ávalos Cueva
- 243** **Time-space sea surface temperature variability, in the caribbean sea**
Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo; Salvador Iván Meza Romero y David Ávalos Cueva
- 267** **Numerical models as tools to understand the dynamics in bays: case of study Chetumal bay, Quintana Roo**
David Avalos Cueva; Emilio Palacios Hernández; Laura Carrillo y Luis A. González Vivanco
- 291** **Process time optimization in depositor and filler**
Jesús Iván Ruíz Ibarra; Alberto Ramírez Leyva; Karina Luna Soto; José Alberto Estrada Beltrán y Oscar Javier Soto Rivera
- 299** **Proposal for ergonomic redesign in the seed manual cleaning area and corn reception and missing area**
Karina Luna Soto; Jesús Iván Ruíz Ibarra; Alberto Ramírez Leyva; Zenia Isabel Castro Borunda y Laura Patricia Jiménez Montiel
- 319** **Analysis of the fish accompanying of shrimp (FAS) caught with churupa net in the lagoon system Topolobampo, Sinaloa, Mexico**
Pedro Estrella Inzunza y Jesús Manuel Díaz Gaxiola
- 339** **Organizational culture of the Instituto Tecnológico de Los Mochis**
María Guadalupe Naranjo Cantabrana; Zenia Isabel Castro Borunda y Estrella Evelyn Armenta Verdugo
- 351** **Innovation in the aquaculture sector**
María Candelaria Beltrán Meza
- 365** **Transformation of potato starch, nopal mucylaga and bioplast labels as aggregate value products friendly with the environment**
Angel Issac Moreno Bustillos; Viridiana Humarán Sarmiento; Emma Paulina Báez Valdez; Grace Erandy Báez Hernández y Andrés León Villanueva

- 383** **Diagnosis of TICs in the smalls of the city of San Luis Potosí in the food and beverage sector for the dissemination of its services**
Dubelza B. Oliva Garza; Martín Guerrero Posadas; Beatriz O. Ríos Velázquez¹ y Edmundo Cerda-Rodríguez¹
- 393** **Decrease of solids in gray water by aeration process**
Gerardo Alonso Torres Avalos y Edith Ariadna Lozano González
- 405** **Practical model of strategic marketing plan for micro and small transformation companies in Lagos de Moreno, Jalisco**
Edith Ariadna Lozano González y Gerardo Alonso Torres Avalos
- 417** **Improvement strategies proposal based on swot analysis in the small business of Arandas, Jalisco, Mexico**
Fabiola Guadalupe Arriaga López; David Ávalos Cueva y Edgardo Martínez Orozco
- 425** **Awareness level study for implementing separation of municipal solid waste program in the municipality of Arandas, Jalisco**
Norberto Santiago Olivares; Ruben Padilla Arriaga y Edgardo Martínez Orozco
- 439** **"The sick": the configuration of a radical graphic discourse in Sinaloa, Mexico, 1970-1973**
Rafael Santos Cenobio; Luis García Valenzuela y José Alberto Ortega Campos
- 451** **Effect of remittances on family rental and predial expenditure in Mexico: 2012 and 2014**
Jorge Eugenio de Jesús Mora Tordecillas; Ricardo Rodolfo Retamoza Yocupicio; José Alberto Ortega Campos y Luis García Valenzuela
- 475** **Factors of inequality in Mexico and regions: 2000-2010**
Francisco Guillermo Salcido Vega



EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS CON UNA ESTRATEGIA DE PROYECCIÓN FINANCIERA

PROJECT INVESTMENT EVALUATION FOR SMALL BUSINESS WITH A FINANCIAL PROJECTION STRATEGY

Zenia Isabel Castro-Borunda

Profesora en el Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Los Mochis. Boulevard Juan de Dios Bátiz y 20 de noviembre s/n. Código Postal 81200. Los Mochis, Sinaloa. Teléfono 01(668)815 03 26. Correo electrónico: zenia.castro@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue conocer la viabilidad en la evaluación de proyectos de inversión, utilizando una estrategia de simulación de proyección financiera, en el que se le incorporan datos primarios cuantitativos para pasar por el proceso de evaluación y poder extraer indicadores financieros para la toma de decisiones y poder emitir un dictamen, mismo que sirve para la obtención de un crédito; la presente investigación se aplicó a los estudiantes del Tecnológico Nacional de México (TecNM), específicamente en el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM), en Los Mochis, Sinaloa en la materia de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión de la Carrera de Licenciatura en Administración.

Para tal efecto es importante retroalimentar que en la actualidad cualquier empresa que requiera utilizar una fuente de financiamiento bancaria y no bancaria requiere de un proyecto de inversión; de ahí la importancia de este tema, por su pertinencia y oportunidad; las instituciones crediticias exigen formalidad y presentación de dicho proyecto para que sea factible la obtención de un crédito, combinado con lo innovador o importante de la idea del negocio; esto resulta un binomio altamente positivo, permitiendo que las pequeñas y medianas empresas (PyMES) participen en la obtención de una fuente de financiamiento para su negocio; las empresas podrán estar en la etapa de crecimiento o en la etapa de madurez según sea el caso; pero las necesidades serán las mismas: requieren flujo de efectivo para subsanar alguna necesidad específica y sólo podrá ser posible mediante la obtención de un crédito bancario o de una Institución de gobierno, tal como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura (FIRA), Secretaría de Economía, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), entre otras; dichas instituciones orientan en sus variados programas a estas empresas en vías de consolidación o crecimiento, pero exigen que para que su participación sea tomada en cuenta elaboren y evalúen un de inversión para conocer su viabilidad.

Palabras clave: Simulación financiera, toma de decisiones, plan de negocios.

SUMMARY

The objective of this research was to know the viability of project investment evaluation using a simulation strategy for financial projection, which incorporates quantitative primary data to go through the evaluation process and extract financial indicators for decision making and give an opinion which serves for obtaining a credit; the recent investigation was applied to students of Mexico National Technological Institute (TecNM), specifically at the campus (ITLM), in Los Mochis, Sinaloa in the course of Formulation and Evaluation of Investment Projects which belongs to the bachelor's Degree in Business Administration.

For this effect it's important to give feedback that at present any company that needs to use a bank and not bank source of financing requires an investment project; this is the importance of this topic, for its relevance and opportunity; the loan institutions demand formality and presentation in the project for obtaining a credit, combined with the innovative or important of the business idea, this turns out to be a highly positive binomial, allowing that the small and medium enterprises (SMEs) participate for getting a financial source for their business; depending the case, the companies could be in the stage of growth or in the stage of maturity, but the needs will be the same: they require cash flow to correct some specific needs and it only will be able by obtaining a credit from a bank or a government institution, such as the "Fideicomiso de Riesgo Compartido FIRCO" (Shared Risk Trust), "Fideicomiso instituido en Relación a la Agricultura FIRA" (Institutional Trust Regarding Agriculture), "Secretaría de Economía SE" (Ministry of Economy), "Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA" (Ministry of Agriculture and Livestock, Rural Development, Fishing and Feeding), among others; these institutions guide in their varied programs to these companies in the process of consolidation or growth, but they require that their participation can be taken to develop and evaluate an investment to know their viability.

Key words: Financial simulation, decision making, business plan.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad cualquier empresa que requiera utilizar una fuente de financiamiento bancaria y no bancaria requiere de un proyecto de inversión; de ahí la importancia de este tema, por su pertinencia y oportunidad; las instituciones crediticias exigen formalidad y presentación de dicho proyecto para que sea factible obtener un crédito, combinado con lo innovador o importante de la idea del negocio; esto resulta un binomio altamente positivo, permitiendo que las micro, pequeñas y medianas empresas participen en la obtención de una fuente de financiamiento para su negocio, ya sea una empresa en crecimiento o madura y que sea posible la obtención de un crédito bancario o de una Institución de gobierno tal como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura, Secretaría de Economía, etc.; dichas instituciones orientan en sus variados programas a estas empresas en vías de consolidación o crecimiento, pero exigen que para que su participación sea tomada en cuenta elaboren y evalúen un proyecto de inversión.

En el presente se realizan proyectos de inversión de varios tipos, mismos que las empresas desarrollan para poder implementarlos en un cambio: la adquisición de un activo fijo, puesta en marcha de un nuevo producto, instauración de una campaña de publicidad o inclusive una nueva planta productiva, etc. por lo que para poder llevar a cabo dicho proyecto es necesario la obtención de recursos financieros en una institución de primer o segundo piso según se trate. Los alumnos de educación superior tienen en sus materias el desarrollo de esta competencia y en la vida real dentro de las empresas que requieren la realización de un proyecto contratan a un consultor en evaluación de proyectos de inversión, mismos que utilizan dentro de la practicidad información cuantitativa en Excel para la generación de indicadores para la toma de decisiones

El propósito de este trabajo es conocer la viabilidad, la perspectiva de la evaluación de proyectos de inversión pero utilizando una estrategia de simulación de proyección financiera, misma que se desarrolló en Excel, al cual se le incorporan datos primarios para la obtención de indicadores financieros básicos para un dictamen de un proyecto de una PyME que servirá para la obtención de un crédito o un apoyo financiero y se aplicará a los estudiantes del Tecnológico Nacional de México en Los Mochis, Sinaloa en la materia de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión.

Los beneficiados serán de manera directa las pequeñas y medianas empresas y los alumnos ya que los estudiantes aplicarán esas competencias en la elaboración y evaluación de proyectos tendientes a llevarse en la práctica. Se pretende obtener beneficios donde los alumnos y docentes manejen los medios adecuados para su instauración, en donde ambas partes tendrán que tener un conocimiento del uso del Excel, y obviamente tener un acercamiento a una computadora en forma constante, pero con la salvedad de que existirá un acompañamiento con clases presenciales durante los semestres lectivos para tratar los conocimientos inherentes a la elaboración y evaluación de proyectos de inversión acorde a lo requerido por las micro, pequeñas y medianas empresas para el logro de un crédito financiero. Se realizó dentro de las paredes de una materia denominada Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión derivado de la importancia en la obtención de dicha competencia: Elaborar y evaluar proyectos de inversión en una carrera.

El Objetivo General es “Implementar una propuesta para la evaluación de Proyectos de Inversión para PyMES a través de la estrategia de simulación de proyección financiera en alumnos de la materia de “Elaboración y Evaluación de Proyectos de Inversión” de la Licenciatura en Administración del Tecnológico Nacional de México. Período 2015” y como objetivos específicos:

- Identificar los métodos y técnicas necesarias para la evaluación de proyectos de inversión-plan de negocios en una pequeña y mediana empresa.
- Comprender los lineamientos financieros para la presentación de un proyecto de inversión en con entidades bancarias y no bancarias.
- Analizar cómo se desarrolla la elaboración y evaluación de Proyectos de Inversión para micros, pequeñas y medianas empresas con los lineamientos, métodos y técnicas de evaluación de proyectos desde la perspectiva financiera.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se ha definido en el paradigma cuantitativo de tipo cuasi experimental ya que el término “cuasi” significa “casi”, por lo que este diseño casi alcanza el nivel de experimental, el criterio que le falta para llegar a este nivel es que no existe ningún tipo de aleatorización, ya que los grupos de las materias ya están conformadas con los alumnos que la cursarán, mismas que son el motivo de estudio y tal como dice Hernández (2006) son grupos “intactos”. Es muy importante que al realizar cualquier investigación sea en base a una metodología, es decir una serie de pasos a seguir para la resolución de un problema encontrado, en este caso en particular es la enseñanza de Evaluación de proyectos de inversión para PyMES con una estrategia de simulación de Proyección Financiera.

Por su alcance se ha definido esta investigación en el paradigma cuantitativo de tipo correlacional ya que según Hernández (2006) pretenden responder a preguntas de investigación, además miden las dos variables que se pretenden ver si están o no relacionadas con el sujeto y después se analiza la correlación. La utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales son saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas. Por su método la investigación podrá ser deductiva-inductiva. Se utilizaron las técnicas de encuesta con el correspondiente instrumento: cuestionario, el cual se realizará en forma oportuna para la obtención de información. Se utilizará esta técnica porque se deberá reunir la mayoría de información posible, esto derivado del tipo de investigación.

Las unidades de análisis son el universo, población y muestra que corresponden a los objetos o sujetos de estudio que indican la realidad sobre la cual se valida o no la hipótesis de investigación. El Universo está compuesto por los alumnos del Instituto Tecnológico de Los Mochis los cuales son 5200 repartidos en las 14 carreras en dos campus ubicados en Los Mochis, Sinaloa y la Villa de Ahome respectivamente, dato extraído por el Departamento de Servicios Escolares del (TecNM - ITLM, 2015).

- Licenciatura en Administración
- Contador Público
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Informática
- Licenciatura en Biología
- Ingeniería Bioquímica
- Ingeniería Química
- Ingeniería en Industrias Alimentarias
- Arquitectura
- Ingeniería Electromecánica
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Mecatrónica

- Ingeniería en Gestión Empresarial

La Población está conformada por la Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas compuesta por 265 estudiantes de todos los semestres del período Enero-Junio 2015. En la Licenciatura en Administración del 8º semestre está el grupo L81 con 38 alumnos y alumnas inscritas se da la materia de Elaboración y Evaluación de Proyectos de Inversión, dato proporcionado por el (TecNM - ITLM, 2015) donde se aplicará la presente metodología y otro grupo el L80 en el cual se haga en forma tradicional con 30 alumnos y alumnas, el cual será del 100% es decir de los 68 alumnos en total. Una vez obtenida la muestra misma que esta será Censal, que según Tamayo y Tamayo (2009) descansa en el principio de que las partes representan el todo y por tanto refleja las características que definen la población de la cual fue extraída, lo cual nos indica que es representativa, se le aplicará el cuestionario para obtener información, corroborarlo con la hipótesis y extraer datos valiosos para presente investigación.

Se utilizaron las herramientas de la estadística descriptiva e inferencial para analizar e interpretar los datos obtenidos de los cuestionarios y determinar si se acepta o rechaza la hipótesis de la investigación. Con la ayuda del software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) y de Excel, se logró lo anterior y poder cumplir con el el objetivo del presente trabajo realizar el procesamiento y el análisis estadístico de la información primaria colectada para su discusión. El análisis de confiabilidad se llevó a cabo empleando el Alfa de Cronbach normal y estandarizado en cada una de las variables del instrumento, obteniendo el .866 el cual es altamente positivo dicho resultado, aplicándose a 18 ítems y a 10 estudiantes obteniendo el .866 y como el parámetro ideal es superior al .8 este se cumple de manera positiva, es decir el instrumento es fiable.

Desarrollo

En la sección de resultados se utilizó la estadística descriptiva y la estadística inferencial, básicas para que con el ingreso de datos se egrese información válida y confiable, que permita conocer y comprobar la hipótesis.

Cuadro 1. Pregunta 1

		1. Realiza un análisis sobre lineamientos financieros de las entidades bancarias y no bancarias para la evaluación de proyectos de inversión			
		Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A	0	12	26	38
	Grupo B	27	3	0	30
Total		27	15	26	68

Fuente: Elaboración propia.

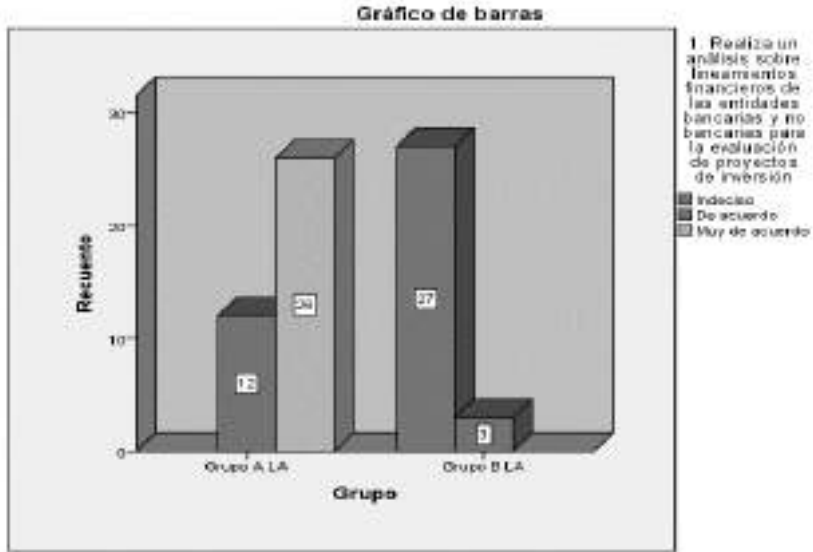


Figura 1. Pregunta 1 (Elaboración propia).

En el Grupo A, 26 de los 38 estudiantes encuestados contestaron estar “Muy de acuerdo” y 12 “De acuerdo” con el análisis sobre los lineamientos financieros bancarios y no bancarios en los proyectos y en el Grupo B, 27 estudiantes de los 30 encuestados manifestaron estar “indecisos” y 3 “de acuerdo” lo cual expresa una diferencia contrastante.

Cuadro 2. Pregunta 2

2. Conoce la elaboración e interpretación de los siguientes métodos: TIR y VPN en la evaluación de proyectos de inversión					
		Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A	0	12	26	38
	Grupo B	27	3	0	30
Total		27	15	26	68

Fuente: Elaboración propia.

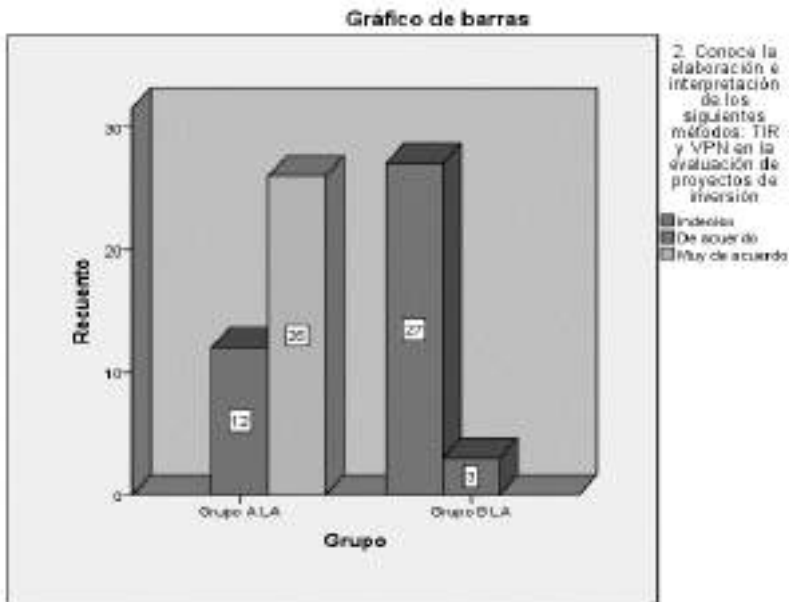


Figura 2. Pregunta 2 (Elaboración propia).

Se puede observar un gran contraste entre el Grupo A ya que 26 manifestaron estar “Muy de acuerdo” y 12 “De acuerdo” en cuanto al conocimiento e interpretación de los métodos: TIR y VPN. En cambio, en el Grupo B 27 están “Indecisos” y 3 “De acuerdo”, lo que manifiesta una gran diferencia entre ambos.

Cuadro 3. Pregunta 3

3. Conoce la elaboración e interpretación de los siguientes métodos: Punto de equilibrio y utilidad costo beneficio en la evaluación de proyectos de inversión						
Grupo		En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo A	Grupo A	0	0	12	26	38
Grupo B	Grupo B	2	24	4	0	30
Total		2	24	16	26	68

Fuente: Elaboración propia.

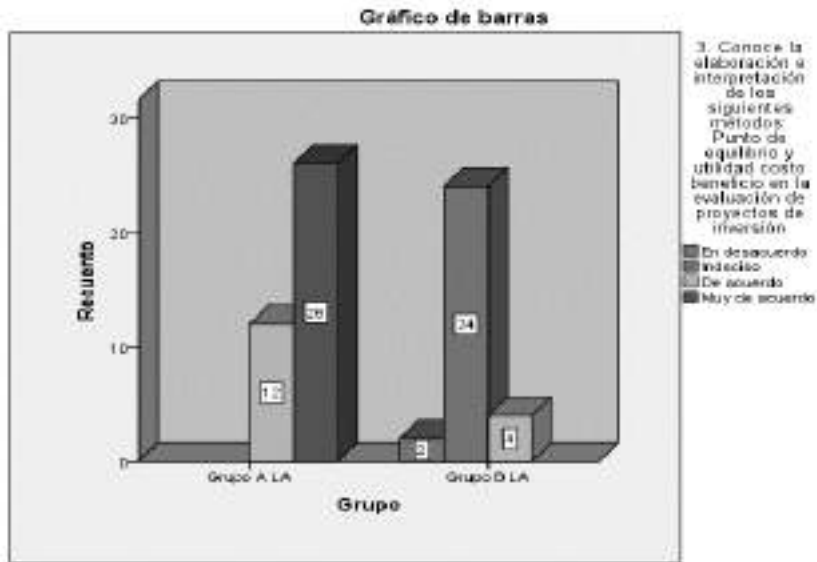


Figura 3. Pregunta 3 (Elaboración Propia).

En cuanto al conocimiento sobre la elaboración e interpretación del punto de equilibrio y la utilidad costo beneficio el Grupo A está “Muy de acuerdo” con 26 afirmaciones y 12 “De acuerdo”, lo que indica el dominio de tal tema y en el Grupo B 24 están “indecisos” y solamente 15 estudiantes están “De acuerdo”.

Cuadro 4. Pregunta 4

4. Conoce la elaboración e interpretación de los presupuestos, programa de inversiones y financiamientos en un proyecto de inversión

Grupo		En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo A	Grupo A	0	0	12	26	38
Grupo B	Grupo B	4	25	1	0	30
Total		4	25	13	26	68

Fuente: Elaboración propia.

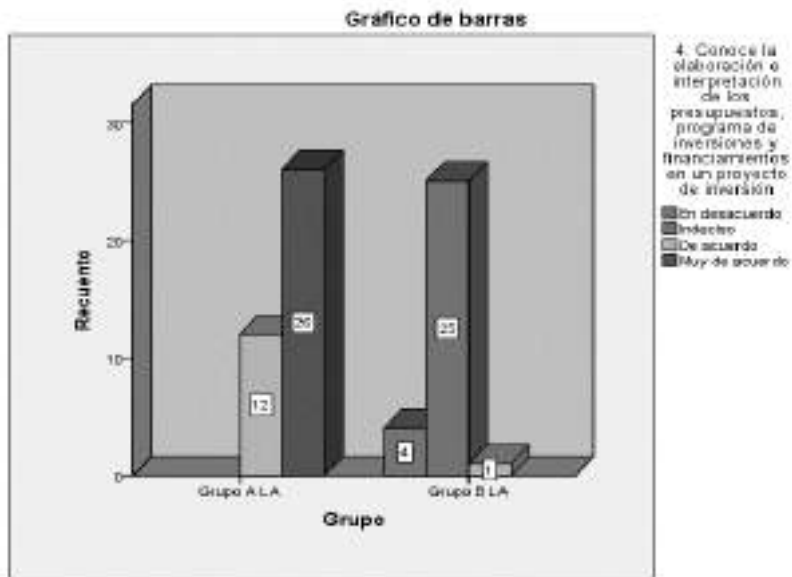


Figura 4. Pregunta 4 (Elaboración propia).

Los presupuestos, programas de inversiones y financiamientos el Grupo A lleva la delantera con 26 afirmaciones contra los 38 encuestados y en el Grupo B 25 de 30 manifiestan estar “indecisos”.

Cuadro 5. Pregunta 5

5. Realiza de manera correcta la proyección financiera con los costos totales y flujo de efectivo					
Grupo		En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo
Grupo A		0	0	12	26
Grupo B		1	27	2	0
Total		1	27	14	26

Fuente: Elaboración propia.

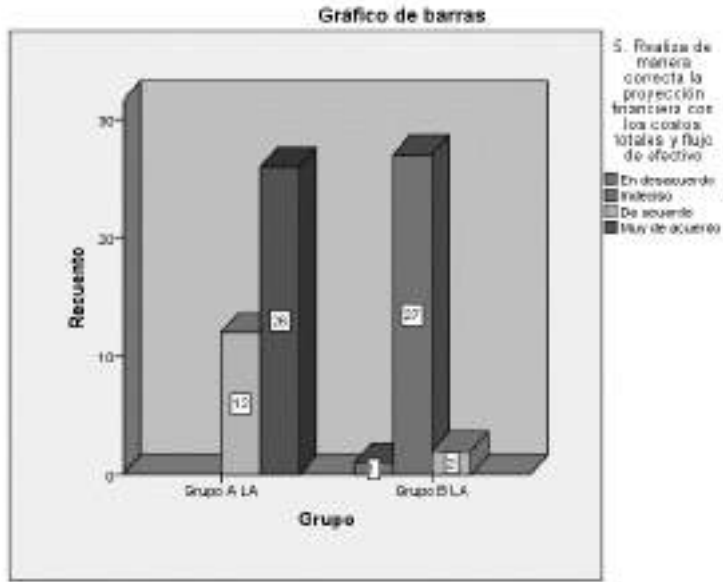


Figura 5. Pregunta 5 (Elaboración propia).

La proyección financiera con los costos fijos y flujos de efectivo son dominados por el Grupo A, puesto que de 38 encuestados 26 manifestaron estar “Muy de acuerdo”. No así el Grupo B, que, al ser encuestados 30 estudiantes, 27 manifestaron estar “Indecisos”.

Cuadro. Pregunta 6

		6. Realiza de manera apropiada la inversión inicial, activos circulantes y fijos requeridos para el proyecto de inversión y las razones financieras más importantes				
		En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A	0	0	6	32	38
	Grupo B	1	28	1	0	30
Total		1	28	7	32	68

Fuente: Elaboración propia.

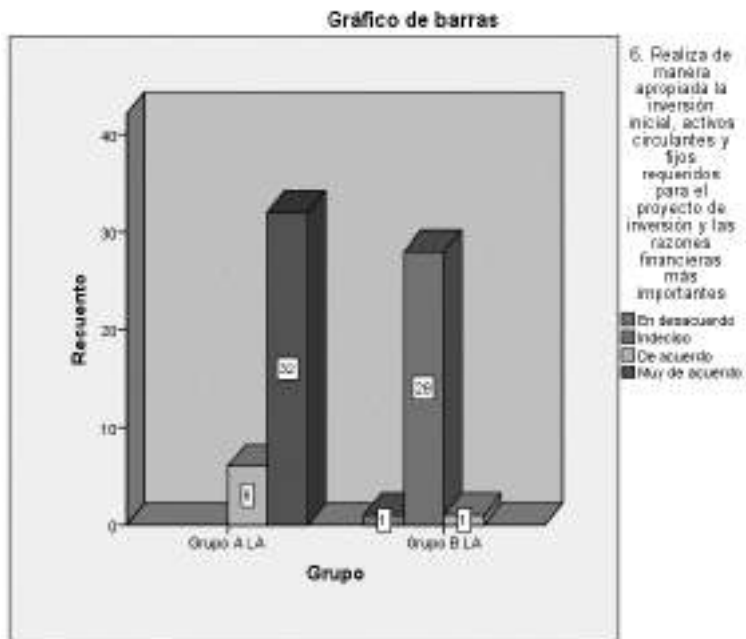


Figura 6. Pregunta 6 (Elaboración propia).

Es claro que la inversión inicial, los activos circulantes y fijos para un proyecto, así como las razones financieras son realizados por el grupo A pues 32 estudiantes de los 38 encuestados manifestaron estar “Muy de acuerdo”. En el grupo B 28 afirmaron estar “indecisos”.

Cuadro 7. Pregunta 7

7. Considera necesario el uso de la tecnología informática (Excel) en la evaluación de proyectos de inversión de empresas PYMES			
		Muy de acuerdo	Total
Grupo	Grupo A LA	38	38
	Grupo B LA	30	30
Total		68	68

Fuente: Elaboración propia.

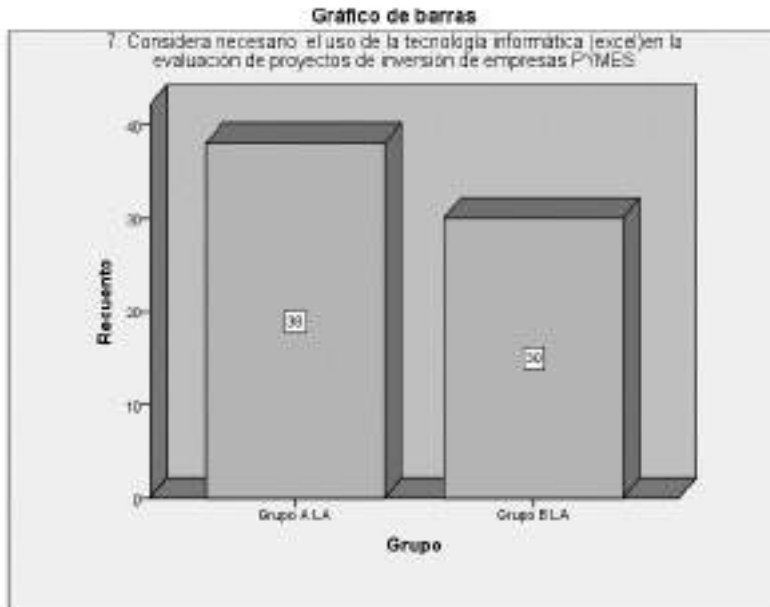


Figura 7. Pregunta 7 (Elaboración propia).

Tanto el estudiante del Grupo A como el del Grupo B consideran necesario el uso de la tecnología informática para la evaluación de proyectos de inversión en un 100%.

Cuadro 8. Pregunta 8

8. El usar tecnología informática (Excel) proporciona una visión integral del proyecto de inversión y ayuda a la toma de decisiones mediante la implementación de los indicadores financieros y factibilidad financiera en la evaluación de proyectos de inversión

		Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A	38	38
	Grupo B	30	30
Total		68	68

Fuente: Elaboración propia.

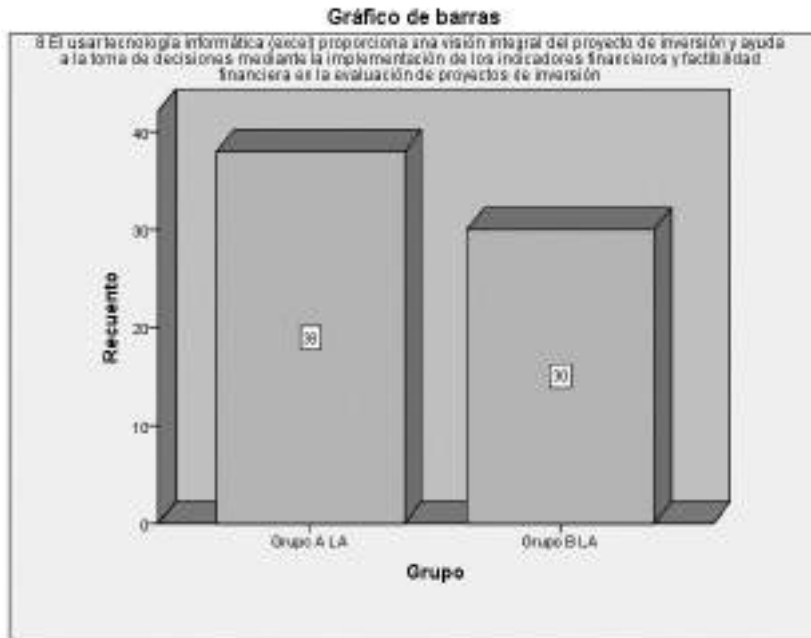


Figura 8. Pregunta 8 (Elaboración propia).

Para los estudiantes de ambos grupos es primordial el usar tecnología informática ya que proporciona una visión más general de lo que conlleva un proyecto de inversión, de manera específica en la evaluación.

Cuadro 9. Pregunta 9

9. Considera que un simulador financiero para proyección financiera sería una opción viable para la toma de decisiones financieras de las PYMES

		Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo	38	38
	Grupo B	30	30
Total		68	68

Fuente: Elaboración propia.

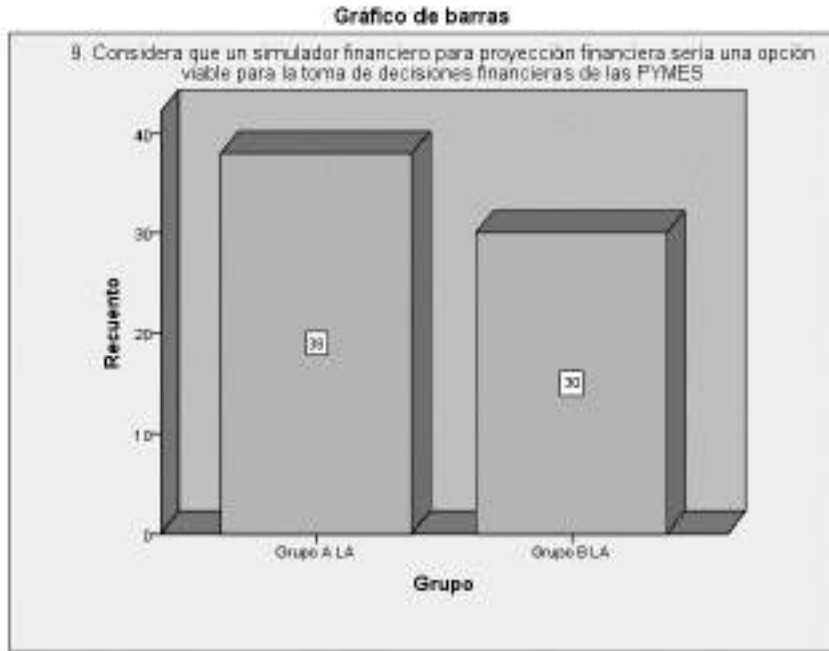


Figura 9. Pregunta 9 (Elaboración propia).

Un simulador financiero y de manera específica para la evaluación de proyectos de inversión es una opción viable para los alumnos encuestados del Grupo A y B ya que el 100% manifestó estar “Muy de acuerdo”.

Cuadro 10. Pregunta 10

10. Utiliza un simulador (tecnología informática en Excel) en la evaluación de proyectos de inversión y en el desarrollo de indicadores financieros

		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A	0	2	36	38
	Grupo B	30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

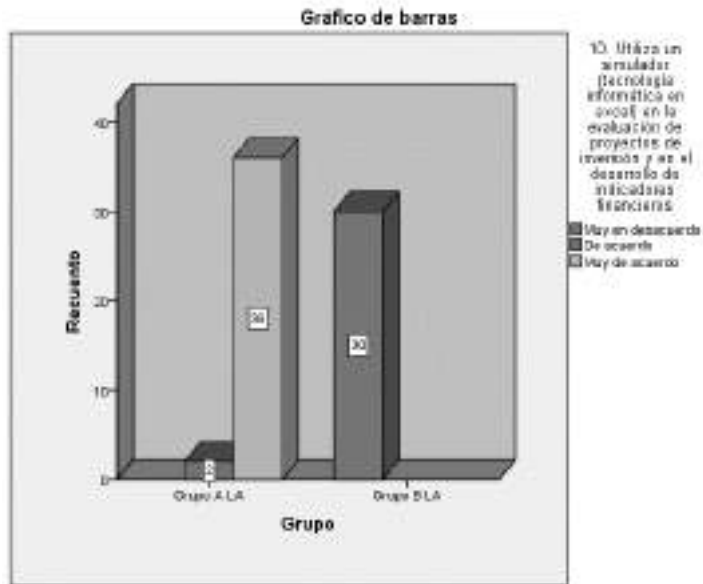


Figura 10. Pregunta 10 (Elaboración propia).

En cuanto a la utilización de un simulador en la evaluación de proyectos de inversión el Grupo A fue confirmado por 36 alumnos de los 38 encuestados. En cambio, en el Grupo B los 30 alumnos manifestaron estar “Muy en desacuerdo” lo que muestra que la clase se llevó a cabo solo con el pizarrón, esto es con medios tradicionales.

Cuadro 11. Pregunta 11

11. Conoce la viabilidad financiera del proyecto, con el cálculo de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) por medio del simulador en Excel					
		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	2	36	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

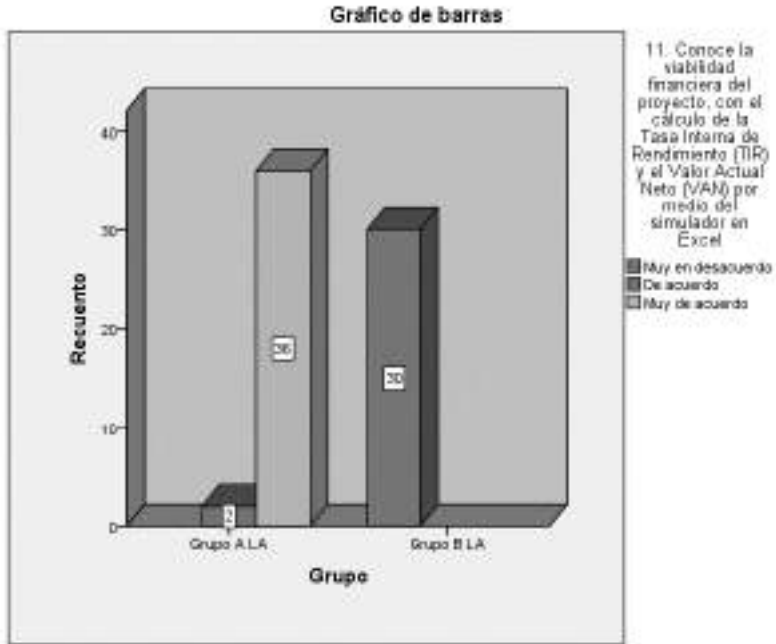


Figura 11. Pregunta 11 (Elaboración Propia).

Cuadro 12. Pregunta 12

12. Pudo Usted obtener y valorar el Punto de equilibrio y utilidad costo beneficio en la evaluación de proyectos de inversión por medio del simulador en Excel

		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	2	36	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

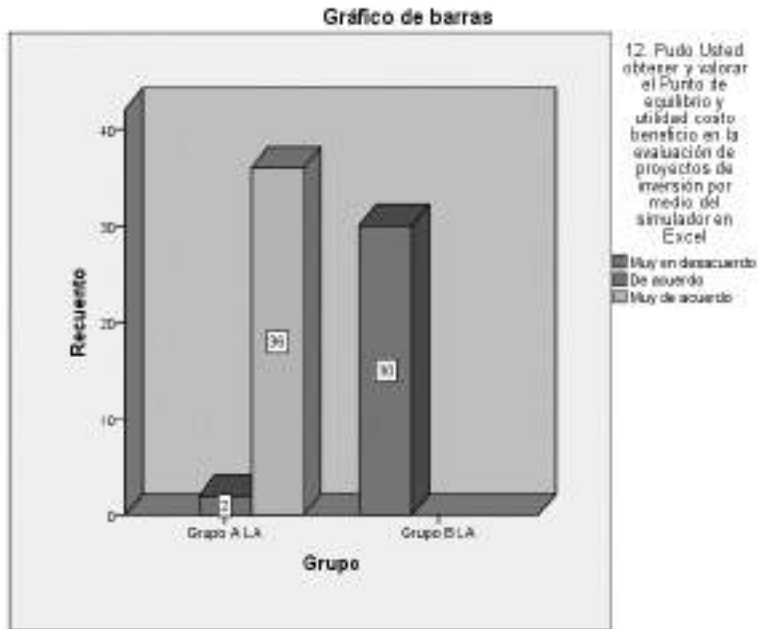


Figura 12. Pregunta 12 (Elaboración propia).

Los estudiantes del Grupo A sí pudieron obtener y valorar el Punto de equilibrio ya que 36 estudiantes de 38 lo afirmaron al utilizar el simulador financiero; en cambio ningún estudiante del Grupo B puede obtener el punto de equilibrio por medios tecnológicos (Excel).

Cuadro 13. Pregunta 13

		13. Por medio del simulador en Excel pudo obtener y valorar los presupuestos, programa de inversiones y financiamientos en un proyecto de inversión			
		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	2	36	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

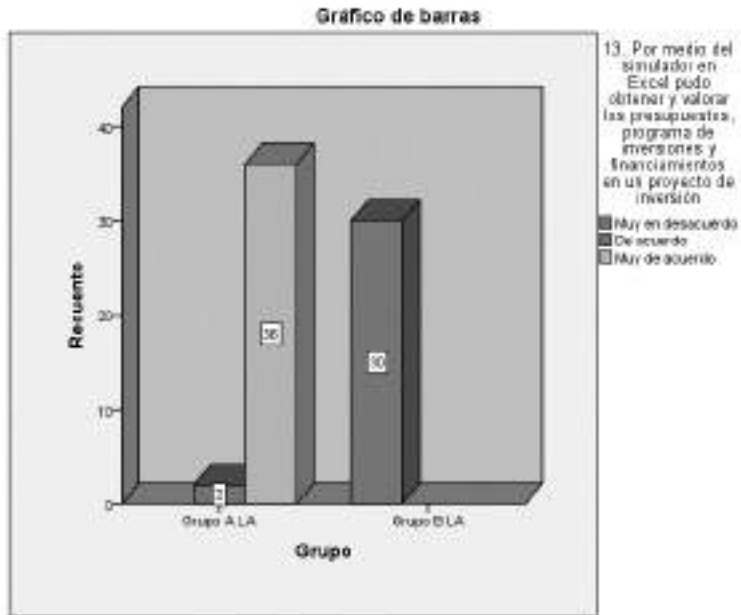


Figura 13. Pregunta 13 (Elaboración propia).

Se denota que el simulador es utilizado en un 100% del Grupo A y nadie lo usó en el Grupo B.

Cuadro 14. Pregunta 14

14. Por medio del simulador en Excel pudo obtener la proyección financiera con los costos totales y flujo de efectivo

Grupo		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo A LA		0	2	36	38
Grupo B LA		30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

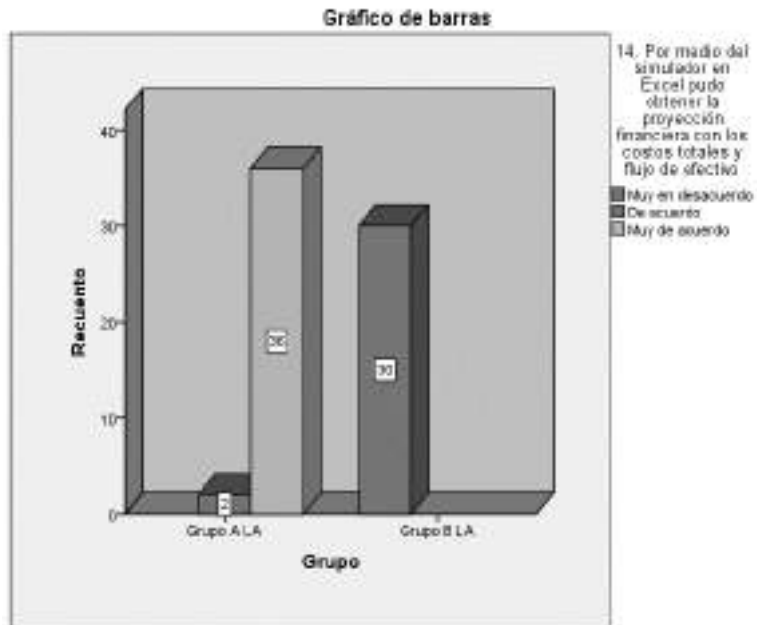


Figura 14. Pregunta 14 (Elaboración propia).

Los Costos totales y flujo de efectivo se realizan con el Excel (simulador) un 100% y un 0% en el Grupo B.

Cuadro 15. Pregunta 15

15. Obtuvo la proyección financiera actual y proyectada de ingresos y egresos del proyecto por medio del simulador en Excel					
Grupo		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	1	37	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	1	37	68

Fuente: Elaboración propia.

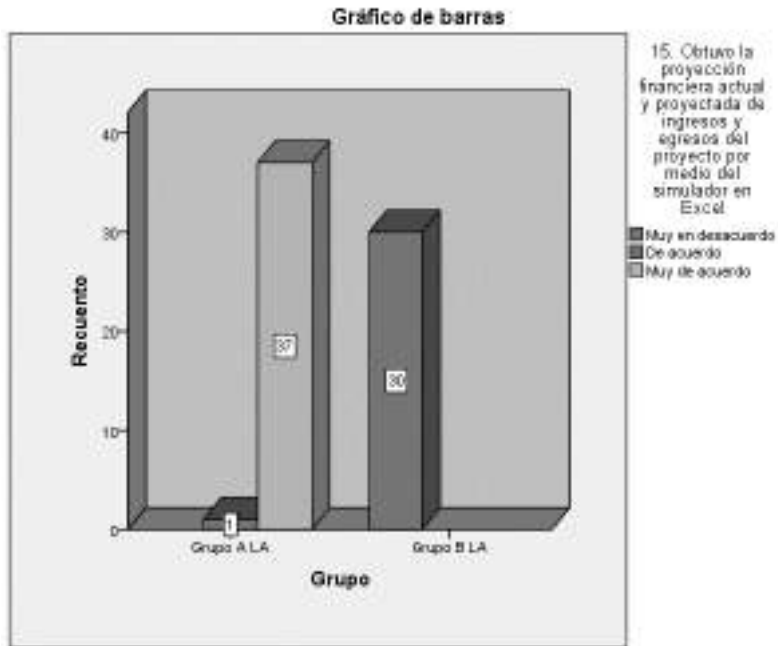


Figura 15. Pregunta 15 (Elaboración propia).

La proyección financiera, así como los ingresos y egresos lo realizan 37 de 38 estudiantes del grupo A. Y en el Grupo B solo una persona manifestó estar de acuerdo.

Cuadro 16. Pregunta 16

16. Fue factible la elaboración de los la inversión inicial, activos circulantes y fijos requeridos para el proyecto de inversión y las razones financieras más importantes por medio del simulador financiero

Grupo		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	1	37	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	1	37	68

Fuente: Elaboración propia.

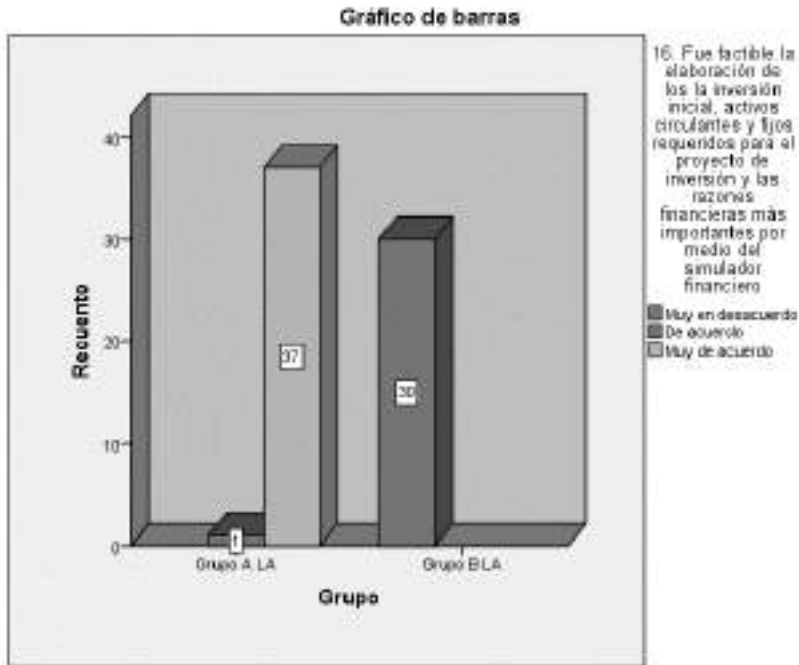


Figura 16. Pregunta 16 (Elaboración propia).

Es indudable que el simulador financiero coadyuvó a la elaboración de conceptos como la inversión inicial, activos circulantes y fijos de un proyecto de inversión, ya que de los 38 alumnos del Grupo A manifestaron estar “muy de acuerdo” y ninguno en el grupo B.

Cuadro 17. Pregunta 17

17. Por medio del simulador en Excel pudo realizar el flujo de efectivo anual del proyecto					
		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	2	36	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

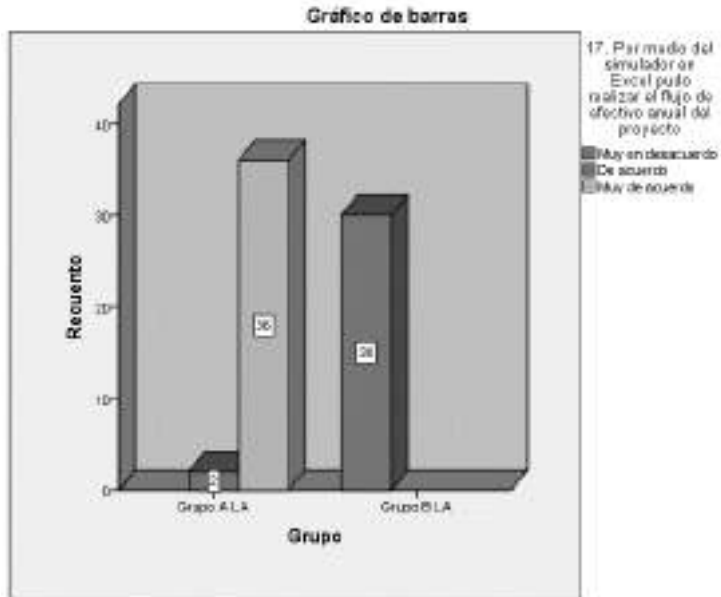


Figura 17. Pregunta 17 (Elaboración propia).

El flujo de efectivo fue realizado por 36 alumnos del Grupo A, que manifestaron estar “muy de acuerdo” y en el grupo B 30 no lo usaron.

Cuadro 18. Pregunta 18

18. Fue amigable la forma en que pudo insertar datos y manejar el simulador financiero para la evaluación de proyectos

		Muy en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo	
Grupo	Grupo A LA	0	2	36	38
	Grupo B LA	30	0	0	30
Total		30	2	36	68

Fuente: Elaboración propia.

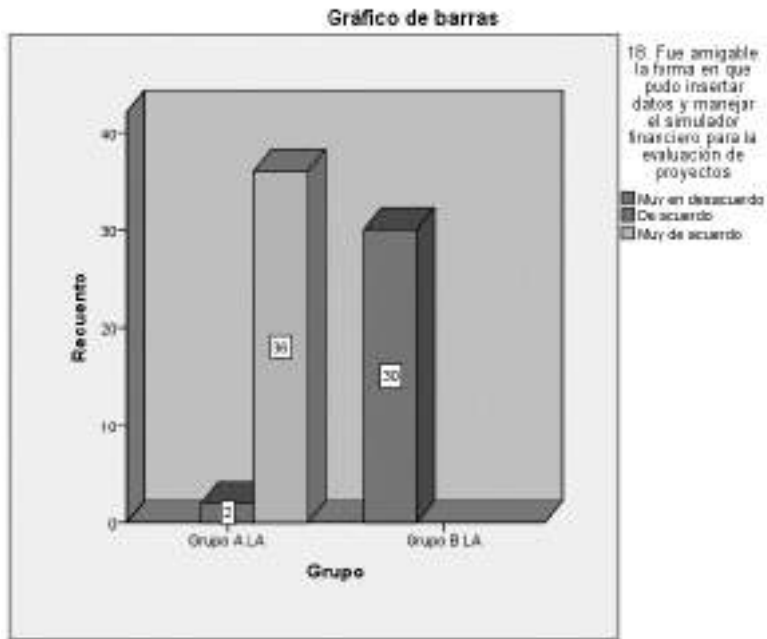


Figura 18. Pregunta 18 (Elaboración propia).

Como punto muy importante el simulador fue amigable en su manejo, ratificándolo 38 de los 38 alumnos encuestados del Grupo A, en el grupo B no se aplicó por lo que 30 están “muy en desacuerdo”.

Comprobación de la hipótesis

En lo que corresponde a la Estadística Inferencial según (INEGI, s.f.) el objetivo de la estadística es hacer inferencia con respecto a la población basándose en la información contenida en una muestra y lo comenta también (Vargas, A., 1995) refiriéndose a la estadística inferencial, que utiliza técnicas especiales para conocer elementos de un conjunto a partir de los datos de un subconjunto del mismo, intenta tomar decisiones basadas en la aceptación o el rechazo de ciertas relaciones que se toman como hipótesis. Esta toma de decisiones va acompañada de un margen de error, cuya probabilidad está determinada.

Cuadro 19. Prueba de Mann Whitney. Rangos y Suma de Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
1	Grupo A LA	38	49.03	1863.00
	Grupo B LA	30	16.10	483.00
	Total	68		
2	Grupo A LA	38	49.03	1863.00
	Grupo B LA	30	16.10	483.00

	Total	68		
	Grupo A LA	38	48.87	1857.00
3	Grupo B LA	30	16.30	489.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.34	1875.00
4	Grupo B LA	30	15.70	471.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.18	1869.00
5	Grupo B LA	30	15.90	477.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.42	1878.00
6	Grupo B LA	30	15.60	468.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	34.50	1311.00
7	Grupo B LA	30	34.50	1035.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	34.50	1311.00
8	Grupo B LA	30	34.50	1035.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	34.50	1311.00
9	Grupo B LA	30	34.50	1035.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
10	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
11	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
12	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
13	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
14	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
15	Grupo B LA	30	15.50	465.00

	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
16	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
17	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		
	Grupo A LA	38	49.50	1881.00
18	Grupo B LA	30	15.50	465.00
	Total	68		

a. Variable de agrupación: Grupo.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20. Prueba de Mann Whitney y W de Wilcoxon

Ítems	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. asintótica (bilateral)
1	18	483	-7.306	.000
2	18	483	-7.306	.000
3	24	489	-7.159	.000
4	6	471	-7.395	.000
5	12	477	-7.376	.000
6	3	467	-7.710	.000
7	570	1035	0	1.000
8	570	1035	0	1.000
9	570	1035	0	1.000
10	0	465	-8.045	.000
11	0	465	-8.045	.000
12	0	465	-8.045	.000
13	0	465	-8.045	.000
14	0	465	-8.045	.000
15	0	465	-8.112	.000
16	0	465	-8.112	.000
17	0	465	-8.045	.000
18	0	465	-8.045	.000

a. Variable de agrupación: Grupo

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, el rasgo medio correspondiente a las observaciones procedentes de las muestras (Grupos) es igual en las preguntas 7, 8 y 9 lo cual es un indicio de que ninguna de las dos muestras está sistemáticamente asociada a valores grandes (pequeños) de los rangos, en cambio en las preguntas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 las muestras tienen diferencias significativas entre las puntuaciones asignadas por estos dos grupos (Grupo A y Grupo B).

El valor del estadístico U es de: 18,000 hasta 570,000 de la pregunta 1 hasta la pregunta 9.

U Pregunta 1=18,000
 U Pregunta 2=18,000
 U Pregunta 3=24,000
 U Pregunta 4= 6,000
 U Pregunta 5=12,000
 U Pregunta 6= 3,000
 U Pregunta 7=570,000
 U Pregunta 8=570,000
 U Pregunta 9 =570,000

Cuadro 21. Prueba de Kolmogorov-Sminorv de dos muestras

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Máximas diferencias extremas																		
Absoluta	.900	.900	.867	.967	.933	.967	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Positivo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Negativo	-.900	-.900	-.867	-.967	-.933	-.967	0.000	0.000	0.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000
Z de Kolmogorov-Sminorv	3.685	3.685	3.549	3.958	3.822	3.958	0.000	0.000	0.000	4.094	4.094	4.094	4.094	4.094	4.094	4.094	4.094	4.094
Sig. asintótica (bilateral)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Y para mayor información sobre la contrastación está según (UB, s.f.) en donde el contraste de Kolmogorov-Sminorv proporciona los siguientes resultados que ponen de manifiesto que si existen diferencias significativas entre las puntuaciones asignadas, ya que el nivel de significación correspondiente al valor del estadístico de prueba es 0 en los ítems 1, 2, 3, 4, 5 y 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18; y en los ítems 7, 8 y 9 no existen diferencias significativas entre las puntuaciones asignadas. Se concluye que se *rechaza* la hipótesis nula para los niveles de significación habituales.

CONCLUSIONES

Un proyecto de inversión es un camino para que una persona física o una persona moral pueda lograr obtener un recurso en un banco de primer piso, también llamadas instituciones de banca múltiple las cuales son instituciones de crédito privadas para captar recursos financieros del público y otorgar créditos destinados a mantener en operación las actividades económicas: y las de segundo piso, también llamados bancos de desarrollo. Un proyecto de inversión supone la realización de varias etapas: mercadológica, técnica, organizacional, ambiental, legal y financiera y aunque todas son básicas, la financiera conlleva

una importancia especial puesto que muestra la factibilidad financiera del proyecto, el motivo por el cual una institución pueda otorgar un capital o no, esto es porque se realizan métodos financieros e información cuantitativa que conlleva a obtener indicadores financieros que ayudarán a un dictamen: aprobado o rechazado.

En la materia de Elaboración y Evaluación de Proyectos de Inversión se observa desde una perspectiva teórica, pero lo importante es ir hacia la practicidad, traer los conocimientos que se observan en evaluación de un proyecto real en cualquier banco o entidad de gobierno, claro desde una perspectiva financiera ¿se logra la Evaluación de Proyectos de Inversión con el uso de Tecnología informática (Excel) por medio de un simulador financiero, para el logro de indicadores financieros y factibilidad financiera en empresas PYMES? y la respuesta es sí.

Una recomendación muy importante es que sea un trabajo institucional, esto es que los docentes de las materias de Elaboración de proyectos de inversión lo lleven a sus aulas, para que el alumno adquiera esta competencia y pueda realizar proyectos de inversión en la vida profesional, ya que hoy en día no hay muchas personas que reúnan dichos conocimientos, básicamente son evaluadores certificados y su número no es muy grande.

LITERATURA CITADA

- Hernández, S. R. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- INEGI. (s.f.). *Estadística inferencial*. Obtenido de: <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/19-%20Curso%20estad%C3%ADstica%20Inferencial.pdf>
- Tamayo y Tamayo, M. (2009). El proceso de la investigación. En *El proyecto de investigación* (págs. 180-194). México: Limusa.
- TecNM - ITLM. (2010). *Programa académico "Plan de Negocios"*. Aguascalientes, Aguascalientes. Aguascalientes: ITLM.
- TecNM - ITLM. (2015). Información sobre la matrícula Febrero - Junio 2015. Los Mochis, Sinaloa.
- TecNM - ITLM. (2015). *Información sobre matrícula en carrera Licenciatura en Administración*. Los Mochis, Sinaloa: ITLM.
- TecNM. (2011). *Programa Materia Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*. Obtenido de <http://www.ita.mx/reticulas/administracion-2010-234/Programas/8voSemestre/FormulacionyEvaluaciondeProyectos.pdf>
- TecNM. (2010). *Programa académico "Plan de Negocios"*. Aguascalientes: ITLM.
- Vargas, A. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. España: Ciencia y técnica.

SÍNTESIS CURRICULAR

Zenia Isabel Castro Borunda

Estudió el Doctorado en Ciencias Administrativas, Maestría en Ciencias de la Educación y Licenciatura en Administración de Empresas. Docente del Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Los Mochis en materias de Investigación, Finanzas, Evaluación de Proyectos de Inversión y Plan de Negocios. Es asesora y jurado en concursos locales, regionales y nacionales relacionados con la innovación y el emprendedurismo a nivel local, regional y nacional; ha dictado cursos a docentes y empresas, conferencias y ponencias en Congresos y Universidades; también, realizado investigaciones y publicado artículos científicos indexados.



**EL DESARROLLO PROFESIONAL DOCENTE COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA EL
DESARROLLO ACADÉMICO DE UNA ESCUELA NORMAL COMO INSTITUCIÓN DE
EDUCACIÓN SUPERIOR: UNA MIRADA DESDE LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA EN EL PROFEN**

**PROFESSIONAL TEACHER DEVELOPMENT AS A FUNDAMENTAL ELEMENT FOR THE ACADEMIC
DEVELOPMENT OF A TEACHER-TRAINING SCHOOL (ESCUELA NORMAL) AS AN INSTITUTION OF HIGHER
EDUCATION: A LOOK FROM THE STRATEGIC PLANNING IN PROFEN**

Lina Xóchitl **García-Sánchez**

Programa de Doctorado en el Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México y Profesor de Tiempo Completo, Escuela Normal de Temácac.

RESUMEN

En el artículo se presenta un estudio de interrelaciones entre el desarrollo profesional docente y el desarrollo académico en una Escuela Normal del Subsistema Educativo Estatal en el Estado de México a partir de la planeación estratégica en dos dimensiones: la primera de carácter externo y la segunda de carácter interno. La dimensión de carácter externo dio cuenta del perfil académico de las Instituciones de Educación Superior respecto a las demandas de desarrollo profesional docente que los organismos internacionales y nacionales, tales como la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) han recomendado y establecido en los diferentes documentos oficiales del sistema educativo mexicano, expresados en la vinculación con el orden social establecido de las sociedades del conocimiento. La segunda dimensión establece los esfuerzos que una escuela normal hace a través de la planeación estratégica para relacionarse con el perfil de desarrollo profesional enmarcado en el desarrollo académico que el contexto global demanda a las instituciones de educación superior a partir de las acciones que institucionalmente se realizan. En este sentido es que se cuestiona ¿Cuáles de las acciones estratégicas que se planearon en el ProfEN institucional del periodo 2009 a 2011 respecto al desarrollo profesional de sus docentes han posibilitado el tránsito de la escuela normal al perfil académico de una institución de educación superior?

Palabras clave: Desarrollo profesional, desarrollo académico, escuela normal, planeación estratégica.

SUMMARY

This article presents a study of the interrelationships between teacher professional development and academic development in a Teacher Training School (Escuela Normal) in the State of Mexico. It is based on strategic planning in two dimensions: both internal and external characters. The external dimension provides an account of the academic profile of the Institutions of Higher Education regarding the demands of professional teacher development that international and national organizations, such as the Secretariat of Public Education (SEP), the National Association of Universities and Higher Education Institutions (ANUIES), the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) and the Organization for Cooperation and Development (OECD) have recommended and established in the different official documents of the Mexican educational system. The second dimension establishes the efforts that a Teacher-Training School (Escuela Normal) makes through the strategic planning so that it could be related to the profile of professional development framed in the academic development that is demanded to the institutions of higher education. In this sense, it is questioned: which of the strategic actions that were planned in the institutional ProfEN of the period 2009 to 2011 regarding the professional development of their teachers have made a suitable transition from a teacher-training school (Escuela normal) to the academic profile of an institution of higher education?

Key words: Professional development, academic development, teacher-training school, strategic planning.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo académico de la escuela normal como parte de las Instituciones de Educación Superior (IES) en la actualidad ha sido orientado en función de los medios de producción dentro de la dinámica mundial. En esta idea, el desarrollo académico es un estado de perfeccionamiento constante, orientado hacia un perfil de institución de educación superior definido en las políticas educativas, que responden a las demandas de carácter económico, político, social y cultural plasmado en las recomendaciones de los organismos involucrados en la educación a nivel internacional, con las especificidades y particularidades del contexto nacional y estatal donde se ubica la escuela normal.

En México, en función de estas demandas económicas, políticas y sociales, es que se establecen los perfiles de desarrollo académico de la escuela normal, así como de las demás Instituciones de Educación Superior, de acuerdo a sus diversos tipos y modalidades (Públicas federales y estatales, así como, las escuelas de carácter privado). Para responder a estas demandas y proyectar su desarrollo académico, las escuelas normales y las otras IES tienen como base fundamental su proceso de planeación con un enfoque estratégico y prospectivo, identificado principalmente en el PIFI y el PEFEN como estrategias del Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE).

El PEFEN hace uso del Programa de Fortalecimiento de la Gestión Estatal de la Educación Normal (ProGEN) y del Programa de Fortalecimiento de la Escuela Normal (ProFEN). El primero proporciona orientaciones de política para el conjunto del sistema estatal de educación normal, y contribuye con la implementación de proyectos integrales a dar respuesta a problemáticas comunes de las escuelas normales. El segundo lo formula cada escuela normal con la finalidad de proteger sus fortalezas institucionales y, mediante un proyecto integral articulado, mejorar el desarrollo de las licenciaturas, la formación profesional y el desempeño de sus maestros, así como la organización y el funcionamiento del centro educativo (SEP, 2016).

Por lo antes mencionado, se entiende que el ProFEN es un documento clave de la planeación estratégica que relaciona la dimensión externa de la política educativa que orienta el desarrollo académico de la escuela normal con su dimensión interna y por ello es posible vislumbrar en él las acciones que institucionalmente se plantean con respecto al estado de desarrollo académico en el que ésta se encuentra relacionada con el perfil de las IES.

La investigación tuvo como objetivo identificar las acciones institucionales de desarrollo profesional que relacionan a la escuela normal con el perfil demandado a las Instituciones de Educación Superior.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para aclarar las relaciones que la escuela normal guarda con el desarrollo académico en sus dimensiones externa e interna, se realizó un estudio de la interrelación entre variables sociales inspirado en la metodología de Hyman (1984). Para ello fue necesario identificar el perfil académico de las IES desde el marco de las sociedades del conocimiento. Se analizaron por tanto los documentos orientadores de la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización para el Desarrollo Económico (OCDE) como referentes fundamentales de la Educación en México.

Del análisis anterior se obtuvieron rasgos consensuados respecto a las demandas que cada organismo demanda como perfil de las IES y estos fueron: desarrollo profesional, investigación educativa, producción editorial y flexibilidad académica, curricular y administrativa. Para efectos de este artículo se presentan los resultados obtenidos únicamente sobre el primer rasgo de desarrollo profesional en la escuela normal.

El desarrollo profesional es entendido como toda acción que mejore la práctica educativa del docente en las dimensiones personal, profesional y ciudadana coincidiendo con los planteamientos hechos por Francisco Imbernon en su texto sobre *La formación y el desarrollo profesional del profesorado: hacia una nueva cultura profesional*. Desde esta mirada el desarrollo profesional depende de diferentes factores como el salario, el tipo de contratación, el clima organizacional de la institución en donde el profesional preste sus servicios, depende también de los sistemas de profesionalización para promoverse a otros cargos o funciones y de las estructuras jerárquicas existentes; por tanto el desarrollo profesional se define como es un conjunto de factores que facilitan o posibilitan la mejora de los profesores en su vida profesional.

El desarrollo profesional como elemento fundamental del desarrollo académico de una escuela normal: alcances y límites desde la planeación estratégica

El desarrollo profesional docente en la escuela normal

La escuela normal requiere como un elemento fundamental el desarrollo profesional de sus docentes para desarrollarse académicamente, como institución de educación superior. Cualquier intento sistemático que se planea en la escuela normal para mejorar la práctica laboral, las creencias y los conocimientos profesionales de los docentes, mejora su calidad académica. La manera en que la escuela normal ha atendido a las demandas de desarrollo profesional plasmadas en las políticas educativas, ha sido desde la planeación estratégica y prospectiva, a partir del establecimiento de objetivos, metas y acciones institucionales en el Programa de Fortalecimiento de las Escuelas Normales (ProFEN).

Para identificar las necesidades de desarrollo profesional que existen en la institución, se realizó un diagnóstico como lo sugiere la guía para la elaboración del ProFEN 2009 donde se enuncia lo siguiente sobre el desarrollo profesional:

El desarrollo profesional incluye el diagnóstico procesual y no de carencias de las necesidades actuales y futuras del profesorado como miembros de un colectivo profesional, y el desarrollo de políticas, programas y actividades para la satisfacción de estas necesidades profesionales.

Existe también una política institucional al respecto, la política número 8 de la escuela normal expresa: “la profesionalización docente atenderá de manera prioritaria la habilitación, actualización y capacitación académicas en el marco del programa educativo y la diversificación de las funciones propias de las instituciones de educación superior” (ENT, 2011).

Desde la postura de la política institucional, se entiende que el desarrollo profesional está orientado básicamente a dos objetivos: por un lado, la habilitación, actualización y capacitación académica para el ejercicio del programa educativo y otro con respecto a la función que desempeñe. Es importante mencionar que no se manifiesta ninguna opción para ascenso.

Desde el perfil demandado a las IES, lo que se solicita es un perfil de contratación a fin con la licenciatura que brinda la escuela normal, mecanismos de formación, capacitación, actualización y uso de Tecnologías

de la Información y la comunicación (Competentes para utilizar tecnologías de la información; buscadores, analizadores y evaluadores de información; solucionadores de problemas y tomadores de decisiones; usuarios creativos y eficaces de herramientas de productividad; comunicadores, colaboradores, publicadores y productores; y ciudadanos informados, responsables y capaces de contribuir a la sociedad.

En las quince recomendaciones emitidas por la Organización para el Desarrollo Económico (OCDE) hacia México, se hace hincapié en poner en marcha una estrategia fundamental para elevar el status de alto nivel a la profesión docente. Esta se ubica con el número siete: Construir un sistema sobresaliente de desarrollo profesional integral que combine las opciones de desarrollo basado en la escuela con los cursos que se ofrecen en el Catálogo Nacional de Formación Continua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No existe un perfil de contratación de los docentes como elemento fundamental de ingreso a la escuela normal, se carece de un concurso de oposición normado y dado a conocer mediante una convocatoria pública como sucede en otras IES. Por ejemplo: la Universidad Pedagógica Nacional emite una convocatoria para concurso de oposición de sus plazas, donde se observan los siguientes datos: las plazas disponibles por área académica con su folio de identificación, la categoría de contratación, el sueldo mensual correspondiente, las funciones a desarrollar de manera específica y los requisitos de formación académica y experiencia solicitados (Gaceta UPN, 2013).

En el caso de la Escuela Normal no existe un sistema de reclutamiento o de contratación. “El Departamento de Educación Normal y el Sindicato de Maestros al Servicio del Estado de México son actualmente los responsables de la contratación de los maestros como parte de una negociación corporativa, y no como debiera ser, parte de un proceso de reclutamiento” (ARAUJO, 2013: 191).

Al realizar un análisis de la formación inicial de los docentes de la escuela normal en el ciclo escolar 2008-2009 es interesante observar que el 20% de los docentes tiene una licenciatura correspondiente al programa educativo que se oferta en la escuela normal, otro 40% con un área a fin en Pedagogía y 20% en psicología, lo que desde los procesos de planeación se mira como una fortaleza que expresan en el diagnóstico institucional para el ProFEN en el rubro de capacidad “contamos con un personal académico con perfil de formación en el ámbito educativo y experiencia que va desde los tres años hasta los treinta años de servicio” (ProFEN 2009-2010: 6).

Los datos antes mencionados podrían hacer pensar en la idea de tener una planta competente, sin embargo, el desarrollo profesional desde la mirada de Imbernón (2011) esto no es suficiente, el establecimiento de mecanismos de formación, actualización y capacitación son elementos tanto o más importantes para el desarrollo profesional. En este sentido las acciones que se manifiestan en la escuela normal se establecen en función de las demandas externas y en muy pocas ocasiones desde las necesidades institucionales, aquí es importante mencionar que no existe un seguimiento sistemático de acciones continuas que favorezcan el desarrollo profesional de los docentes, pues un año se realizan por ejemplo diplomados con una temática y para el siguiente con otra, sin establecer una relación de continuidad, un año se asigna una cierta cantidad de presupuesto y para el otro otra cantidad, que incluso puede ser menor; no hay un mínimo mientras que en la Universidad de referencia existen programas fijos para el desarrollo profesional de los docentes, con un financiamiento fijo a corto, mediano y largo plazo.

La capacidad académica y perfil profesional docente en la escuela normal es un punto interesante en la escuela normal y es que a partir de 2007 se ha ido experimentando una modificación en cuanto al personal

por tiempo de dedicación, se ha pasado de tener un 32% en 2006 a 37% en 2009 de personal de tiempo completo según datos del diagnóstico del ProfEN; y en el mismo periodo de 67% a 63% en personal que se desempeña por horas.

Los cambios en el tiempo de dedicación de los profesores no ha sido por cuestiones de ascenso de los horas clase a tiempo completo, ha sido más bien por la llegada de profesores de otras instituciones que por diversos motivos deciden incorporarse al equipo de trabajo de la normal, este hecho permitió la diversificación de la planta docente, el poder cubrir las funciones del departamento al que se asignen y descentrar así actividades (por limitaciones de personal) de un profesor que cubría hasta dos funciones departamentales. Las necesidades que genera ser considerada como institución de educación superior ha ido en aumento, por tal motivo se requiere ir cerrando la brecha entre profesores que trabajan por horas y los de tiempo completo; sin embargo, esta decisión no depende de la institución, sino que está determinada por cuestiones de política educativa estatal en su condición heterónoma.

Para el caso de la Universidad la situación del personal es distinta, su carácter de autonomía permite un margen de acción más amplio en términos de contratación de personal. En relación al tipo de nombramiento, el personal académico de la institución se ha modificado en los profesores de base y en el personal con nombramiento de interino. Esta situación se debe a que algunos profesores de base se encuentran realizando comisiones sindicales, en permiso o en trámites pre jubilatorios; y por ende, sus plazas son cubiertas con personal interino. Estos movimientos generan una serie de desajustes en la organización y funcionamiento de la institución, y se refleja en la integración de la plantilla del personal. Un ejemplo de ello se descubre el área de docencia al no contar con el personal necesario durante el ciclo escolar 2009-2010.

Otra situación en que se ve reflejada esta problemática, es en el área pedagógico-curricular, debido a que los profesores de acuerdo a su tipo de contratación, no siempre hacen sus movimientos al final de los ciclos escolares, lo realizan en ocasiones en el desarrollo de los semestres, y por cuestiones de resolución a sus peticiones de permiso o ausencia, genera que los profesores interinos que se incorporan tengan dificultades para incorporarse sin un proceso de inducción, situación que se complejiza a un más en el caso de los profesores interinos que se incorporan por primera vez a la formación de docentes.

Con base en lo anterior, llama la atención el comentario escrito en el rubro de capacidad del ProfEN 2009-2010 "En la escuela estamos conscientes de que esta situación ni es nueva, ni va a modificarse de un momento para otro" (pp 8).

Continuando con la capacidad y en relación con las funciones académicas (extensión, difusión e investigación), el Personal de Tiempo Completo (PTC) de la institución se comporta de la siguiente manera: el 100% realiza docencia; el 100% difusión; y sólo el 36% investigación. Del total de PTC que realiza funciones de docencia en el transcurso de un año el 46% imparte más de tres asignaturas, 36% dos asignaturas y el 18% sólo dos. En las funciones de difusión, el 57% participa en foros, paneles, coloquios y simposios; además de esto, el 32% imparte conferencias y el 18% realiza publicaciones. Es importante señalar que además de las funciones mencionadas, el PTC realiza actividades inherentes a sus departamentos: Promoción y Divulgación Cultural, Formación Inicial, Formación Complementaria, Desarrollo Docente, Investigación e Innovación Educativa y de Gestión. Para culminar en la descripción de este aspecto, el 64% de los PTC no realiza funciones de investigación, y el 36% realiza investigación relacionada con el programa de seguimiento a egresados y no sobre su propia práctica, intereses y/o necesidades.

En cuanto a la habilitación, entendida como la obtención de un grado académico, el escenario es poco alentador, hablar de desarrollo en éste rubro es complicado, pues el último docente que obtuvo grado es con anterioridad al año 2002. Del personal académico con el que se contaba hasta 2009 en la escuela normal, la mayoría de los profesores tiene licenciatura, representando el 77.7% y 22.3% con maestría. En relación al personal por horas únicamente tres tienen grado académico de maestría, los restantes trece tienen licenciatura, de los cuales cinco han realizado cursos de maestría en Ciencias de la Educación, Pedagogía y Psicología Educativa.

El desarrollo profesional en la planeación institucional

En este sentido se trabajó en un segundo momento con la idea de saber ¿Cuáles de las acciones estratégicas que se planearon en el ProFEN institucional del periodo 2009 a 2011 respecto al desarrollo profesional de sus docentes han posibilitado el tránsito de la escuela normal al perfil académico de una institución de educación superior? En términos teóricos los intentos sistemáticos deberían de aumentar la calidad docente, investigadora y de gestión tendientes al desarrollo académico institucional; sin embargo, el avance ha sido muy poco y además lento.

Las acciones orientadas hacia el desarrollo profesional de los docentes, se encuentran plasmadas en el apartado correspondiente a la capacidad académica del ProFEN y se obtienen mediante un ejercicio de reconocimiento de las fortalezas y debilidades con referencia a dos cuestiones: la función que se desempeña y la capacitación, actualización y habilitación del personal docente.

Se realiza un cuadro de alineación entre lo solicitado por los organismos certificadores como Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) y el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) con la intención de atender las necesidades de desarrollo profesional que cruzan ambos documentos. De esta manera se generan los objetivos, metas y acciones a atender a corto, mediano y largo plazo.

En los siguientes *Cuadros* se muestra un comparativo entre lo que fue planeado en cuanto a desarrollo profesional y los resultados obtenidos hasta el momento del desarrollo de esta investigación; sin embargo, no hay que olvidar mirar la condición de movimiento de personal de una institución a otra por cambios de adscripción o bien por jubilaciones.

Cuadro 1. Metas compromiso que asume la institución del PROFEN

Las metas compromiso responden a las prioridades que se planteen y a las condiciones que se tengan para que sea factible lograrlas.

Las precedidas por (*) se plantean en números absolutos y porcentaje a 2013 y no necesariamente en cada ciclo escolar.

Las precedidas por (o) son resultados que anualmente se logran y se expresan en cada ciclo escolar y en 2013 en porcentaje

Metas-compromiso de la entidad	Datos SIBEN		2009/2010		2010/2011		2011/2012		2012/2013		2013	
	oct. 08		Núm	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm	%
	#	%										
CAPACIDAD ACADÉMICA												
*Docentes de escuelas normales que obtendrán título o grado de:												
✓ Licenciatura	21	77.8										
✓ Especialidad												
✓ Maestría	6	22.2	4	25	4	25	4	25	4	25	16	100
✓ Doctorado							1	50	1	50	2	100
*Docentes de escuelas normales que obtendrán la certificación de otra lengua:												
✓ Inglés			5	25	5	25	5	25	5	25	20	100
✓ Francés												
✓ Indígena (Especificar)												
✓ Otros.												
*Docentes que contarán con el perfil académico deseable:												
✓ PTC con Doctorado									1	100	1	100
✓ PTC con Maestría												
✓ P3/4T con Doctorado	3	27.2	2	25	2	25	2	25	2	25	8	100
✓ P3/4T con Maestría												
✓ PMT con Doctorado												
✓ PMT con Maestría												
✓ Otros con Doctorado									1	100	1	100
✓ Otros con Maestría	3	18.7	2	25	2	25	2	25	2	25	8	100
*Docentes que ingresarán al PROMEP					1	25	2	50	1	25	4	100
*Docentes que participarán en: (especificar temática y modalidad)												
✓ Programas de tutoría			11	84.6	2	15.4	0	0	0	0	13	100
✓ Asesoría académica de 7° y 8° semestres			4	33.3	2	16.7	4	33.3	2	16.7	12	100
✓ Programas de capacitación												
✓ Programas de actualización (DIPLOMADO: COMPETENCIAS PROFESIONALES PARA LA FORMACIÓN INICIAL)			1	50	0	0	1	50	0	0	2	100
✓ Programas de intercambio académico			1	25	1	25	1	25	1	25	4	100
*Cuerpos académicos que se desarrollarán :												
✓ En formación			1	50	0	0	0	0	1	50	2	100
✓ En consolidación									1	100	1	100
✓ Consolidados												
* Cuerpos Académicos que desarrollarán proyectos de investigación. Especificar, objeto de estudio y Líneas de Generación o Aplicación Innovadora del Conocimiento (LGAC). (SEGUIMIENTO A EGRESADOS)			1	50	0	0	0	0	1	50	2	100
* Cuerpos Académicos que publicarán productos de investigación. Especificar temática. (SEGUIMIENTO A EGRESADOS)									1	100	1	100
*Programas de estudio de las asignaturas regionales y/u optativas que serán reformulados (ASIGNATURA REGIONAL I)							1	100	0	0	1	100
*Directivos de la escuela normal que obtendrán el título o grado de:												
✓ Licenciatura												
✓ Especialidad												
✓ Maestría			3	100	0	0	0	0	0	0	3	100
✓ Doctorado									1	100	1	100
*Directivos de escuela normal que obtendrán la certificación de otra lengua.												
✓ Inglés			1	33.3	1	33.3	1	33.3			3	100
✓ Francés												
✓ Indígena (Especificar)												
✓ Otros												

Fuente: Elaboración propia.

De lo planeado como metas compromiso del ProFEN desde 2009 hasta 2015 así se encuentra la escuela normal. En licenciatura de educación inicial del personal docente de la escuela normal.

Cuadro 2. Preparación profesional del personal académico en programas de Licenciatura 2014-2015

Preparación profesional del personal académico en programas de Licenciatura 2014- 2015		
Programa educativo de origen	Licenciatura	%
Licenciatura en Educación Preescolar	6	20%
Licenciatura en Educación Primaria	1	3%
Licenciatura en educación secundaria	3	10%
Licenciatura en Pedagogía	6	20%
Licenciatura en psicología	1	3%
Licenciatura en contaduría	1	3%
Licenciatura en medicina	1	3%
Licenciatura en derecho	1	3%
Ingeniería	2	7%
Profesional técnico en educación musical (estudiante de derecho en la UNAM)	1	3%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Preparación profesional del personal académico en programas de posgrado 2014-2015

Preparación profesional del personal académico en programas de posgrado 2014-2015		
Programa educativo de posgrado	Maestría	Porcentaje
Comunicación y tecnologías educativas	1	3%
Ciencias de la educación	2	7%
Docencia	1	3%
Competencias educativas	1	3%
Psicología educativa	1	3%
Educación	1	3%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar el 20% de la formación profesional de los docentes de la institución se encuentra en la Licenciatura en educación preescolar que es correspondiente al programa educativo que se oferta en la escuela normal y otro 20% corresponde a la licenciatura en pedagogía que es a fin con el programa educativo. Con respecto a segundas lenguas, no se encontraron registros ni evidencias en los documentos revisados, solo se enuncian como acciones planeadas.

CONCLUSIONES

En conclusión, a pesar de los esfuerzos que la escuela normal realiza para apoyar el desarrollo profesional de sus docentes, mediante acciones estratégicas, ésta mantiene una deficiente relación entre las acciones que institucionalmente se planean en el ProFEN y el perfil solicitado por las políticas educativas para tal fin. La no existencia de un perfil de contratación y la carencia de un sistema de profesionalización, son atenuantes importantes del desarrollo académico como institución de educación superior; más aún, bajo la consideración específica de heteronomía que determina a la escuela normal como institución de educación superior.

Los docentes no participan con propuestas de desarrollo profesional desde los cursos que imparten, y es mínima la participación cuando se está a cargo de una función o departamento, no tienen injerencia en la asignación y distribución de los recursos económicos, solo en la operatividad de las acciones.

Como el personal no es contratado con un perfil específico, la asignación de las funciones y los cursos se hace en función de la experiencia, bajo un registro semestral donde se da seguimiento para controlar los cursos de la malla curricular que cada docente imparte.

A pesar de los esfuerzos que en la escuela normal se hacen por trabajar de manera colegiada, los docentes trabajan individualmente y difícilmente se llega a proyectos colectivos dentro de las academias de grado. Los espacios destinados institucionalmente para atender aspectos del desarrollo profesional, son fácilmente convertidos en espacios de información general, no son espacios de discusión, análisis y retroalimentación profesional. En las acciones que institucionalmente se planean para el desarrollo profesional docente no se encuentra la voz de los docentes, solo se responde a las políticas dadas.

LITERATURA CITADA

- Araujo, G. A. 2014. Orientaciones y Prácticas en la Formación de Profesores. Toluca, Estado de México: ISCEEM 2014.
- Imbernon, F. La formación y el desarrollo profesional de profesorado. Consultado el 12 de febrero de 2016, disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=oFBJP5FnXUOC&printsec=frontcover&hl=es&source=gs_bse_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Hyman, H., 1984. Diseño y análisis de las Encuestas Sociales. Amorrortu Editores.
- OCDE. Acuerdo de cooperación México-OCDE para mejorar la calidad de la educación de las escuelas mexicanas consultado el 25 de febrero de 2016, disponible en: <https://www.oecd.org/edu/school/46216786.pdf>
- PDI. Escuela Normal de Tecámac. 2014
- PROFEN. Escuela Normal de Tecámac, 2009-2011
- SEP. Plan de Apoyo a la Calidad Educativa y la Transformación de Escuelas Normales (PACTEN) consultado el 22 de agosto de 2016, disponible en: <http://guiapacten.weebly.com/introduccionacuten.html>
- SEP. Plan Estatal de Fortalecimiento a la Educación Normal. Consultado el 26 de junio de 2016, disponible en: http://sen.edomex.gob.mx/planeacion_pefen
- SEP. Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) Consultado el 24 de junio de 2016, disponible en: <http://copladi.udg.mx/desarrollo-institucional/pifi>
- UNESCO. Estándares de competencia en TIC para docentes. Consultado el 26 de agosto de 2016, disponible en: <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/UNESCOEstandaresDocentes.pdf>

UNESCO. Hacia las sociedades del conocimiento. Consultado el 12 de marzo de 2016, disponible en:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración para el desarrollo de la investigación al Comité Tutoral asignado durante el curso del Doctorado en Ciencias de la Educación del Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México (ISCEEM), así como a la Subdirectora de Educación Normal por brindar las facilidades para el trabajo de campo en una escuela normal del Estado de México.

SÍNTESIS CURRICULAR

Lina Xóchitl García Sánchez

Tesista del Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación del Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México (ISCEEM), Mtra. En Ciencias de la Educación con Especialidad en Administración e Investigación de la Educación Superior por la Universidad del Valle de México. Ponente en congresos de educación. Pedagogo A en la Escuela Normal de Tecámac. La línea de investigación que se ha estado trabajando es Desarrollo Académico en Instituciones de Educación Superior. Miembro del cuerpo académico en consolidación de la Escuela Normal de Tecámac. Correo electrónico: linaxochitlg23@gmail.com



APLICACIÓN DE LEDs EN EL SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS DE LA CIUDAD DE URUAPAN MICHOACÁN

LEDs APPLICATION IN THE SERVICE OF URBAN PASSENGER TRANSPORT IN THE CITY OF URUAPAN MICHOACÁN

Carlos Castillo-Arevalo¹; Salvador Loa-Cazares² y José Luis Hurtado-Rizo³

^{1,2,3} Docentes del departamento de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.

RESUMEN

El uso de transporte urbano en la ciudad de Uruapan Michoacán, como en el resto del país, es indispensable. Las rutas de los camiones se señalan con números rotulados, pero en la oscuridad de la madrugada, noche o en día lluvioso, resulta difícil su identificación por el material utilizado, que generalmente es grasa para zapato blanca. Por medio de LEDs de alta brillantez, se pueden construir pantallas con base a dígitos de siete segmentos que desplieguen el número de ruta. Sin necesidad de utilizar dispositivos programables se puede encender/apagar cada segmento en forma básica y con ello obtener cualquier número del 0 al 9, pudiendo abaratar los costos de material y lograr circuitos con menor fragilidad.

Palabras clave: Dígito, Display, LED, Segmentos, Transporte urbano, Ultra brillante.

SUMMARY

The use of urban transport in the city of Uruapan Michoacán and the rest of the country is essential. The bus routes are identified by labeled numbers, however in the darkness of early morning, evening or rainy day, they is difficult to identify, because of the material used (white shoes paint). Through high-brightness LEDs, displays can be built based on seven-segment digits that display the route number. Without using programmable devices it is possible to turn on/off each segment and easily get any number from 0 to 9, also it is possible to the cost of equipment and get less fragile circuits.

Key words: Digit, Display, LED, Segment, Urban transport, Ultra bright.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Uruapan, el servicio de transporte público es utilizado por el 89% de la población, de la cual, el 54% de las personas lo utilizan diariamente (MBW, 2015). La importancia de este transporte tan común, radica en que es el medio básico para el desarrollo de las actividades cotidianas: acudir a la escuela, a laborar, de compras etc.

Por lo general, se ofrece este servicio alrededor de 15 horas en un día, lo que implica que sus horarios abarquen oscuridad ya que inicia antes del amanecer y termina por la noche, ya sean días lluviosos o no. Por lo general, para la rápida identificación de las rutas, se marcan con números rotulados con un tipo de plumón fosforescente o blanco, pero en oscuridad su identificación resulta difícil, sobre todo para personas con vista deteriorada, como las personas que usan lentes o de la tercera edad.

En los últimos años, se han desarrollado LEDs de alta luminosidad, y de precios muy accesibles, lo que permite que esta tecnología se haya popularizado y se pueda aplicar, por ejemplo, para la fabricación de

pantallas de LEDs, las que pueden ser visibles con poca luz ambiental y a una distancia suficiente para su identificación.

Al año del 2010 la ciudad de Uruapan Michoacán contaba con aproximadamente 315,000 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012). De éstos, más de 46,000 tienen actividad productiva, alrededor de 4,290 estudian bachillerato o licenciatura. Si consideramos que el índice de personas que utilizan el servicio urbano es del 50%, tenemos que más de 25,000 personas requieren identificar la ruta que toman diario, por lo menos 2 veces al día, solo para acudir a estudiar. Tomando en cuenta que a nivel estatal, la población económicamente activa es de cerca de 43% y considerando el mismo criterio de uso de servicio de transporte público, se debe agregar 67,800 personas más, como usuarios. Con base en lo anterior, podemos suponer que más de 92,800 personas, pudieran utilizar este transporte al día para realizar sus actividades cotidianas.

Con las aplicaciones de los LEDs, en los últimos años se han desarrollado pantallas en las cuales se puede leer una pequeña leyenda o un destino cuando son usadas por el servicio de transporte, éstas vienen a corregir parcialmente el problema de visibilidad. Pero de acuerdo a la AMFFECO (Asociación Mexicana de Facultades, Escuelas, Colegios y Consejos de Optometría, A. C.) el 43% de la población requiere de servicios optométricos. En la edad escolar el 20% presenta problemas visuales, en los mayores de 45 años es el 100%. (Asociación Mexicana de Facultades, Consejos y Colegios de Oftalmología, 2010). Es sabido que por situaciones económicas el porcentaje de personas que no se atienden correctamente ante esta situación es importante. Además, aproximadamente el 5% de la población mayor de 15 años en el país es analfabeta (UNAM, 2008). Lo que indica que las mencionadas pantallas de LEDs no las alcanzan a leer apropiada y rápidamente por buena parte de los usuarios.

Por otro lado, el costo de esas pantallas programables hace que en la mayoría de los casos sea poco atractivo para los permisionarios del servicio de transporte urbano utilizarlas.

En el presente trabajo se tiene como objetivo general:

Diseñar e implementar el prototipo de un display para la rápida identificación de ruta, del sistema de transporte urbano de la ciudad de Uruapan Michoacán.

Y como objetivos específicos:

- Económicamente factible, para ser implementado en cada camión de transporte urbano de la ciudad de Uruapan, Michoacán.
- Fácil y rápida programación por parte del chofer.
- Reducir el uso de software para la programación, o eliminarlo de ser posible.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se usaron los siguientes principios eléctricos para el diseño de los displays: Los Diodos Emisores de Luz (LEDs), *Figura 1*, son dispositivos de estado sólido, que se han empleado durante décadas en equipos electrónicos, como indicadores o dispositivos alfanuméricos de manera bastante generalizada. Individualmente son muy baratos, consumen muy poca corriente y poseen una eficiencia de más del 90%.

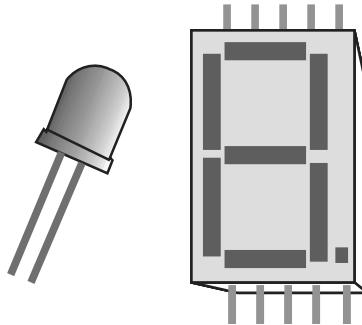


Figura 1. LED y dispositivo alfanumérico.

De inicio cuando sólo se les utilizaba como indicadores, se les conseguía en colores como el rojo, verde, y amarillo. Con el paso del tiempo y el uso de diferentes materiales en su fabricación, se consiguió el color azul y la luz blanca, sumando a esto aparecen los LEDs de alta luminosidad y desarrollo de diferentes técnicas de encapsulado, lo que mejoró su eficiencia. En la *Figura 2* se presenta su símbolo y encapsulado común.

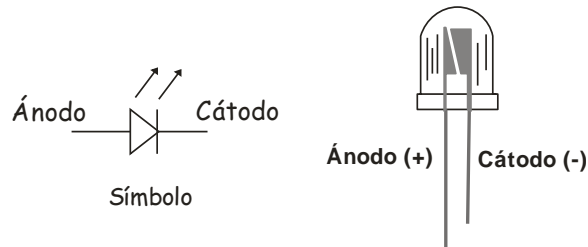


Figura 2. Símbolo y encapsulado de un LED.

Esta innovación en la luminiscencia, permite el uso de LEDs para la construcción de lámparas de uso doméstico e industrial o para pantallas luminosas las cuales pueden ser vistas a una importante distancia. Los LEDs son relativamente baratos y no corren el riesgo de quebrarse ni dañarse por vibraciones, soportan golpes importantes y caídas, sin que se vea afectado su funcionamiento.

Para encender un LED solo es necesario hacerle pasar una corriente eléctrica, con una diferencia de potencial en sus terminales, cuyas cantidades deben de permanecer dentro de las especificaciones técnicas del fabricante. Las características eléctricas para el encendido de un LED, se simbolizan como siguen:

- *Forward Voltage (VF)* = Voltaje Directo máximo que se le puede aplicar a las terminales del LED.
- *Continuous Forward Current (IF)* = Corriente directa máxima que puede pasar por el LED.
- *Reverse Voltage (VR)* = Voltaje inverso máximo que se puede aplicar al LED.

Para mantener estos parámetros se puede conectar una fuente de voltaje de CD y una resistencia limitadora para activar "n" LEDs, como muestra el diagrama de la *Figura 3*.

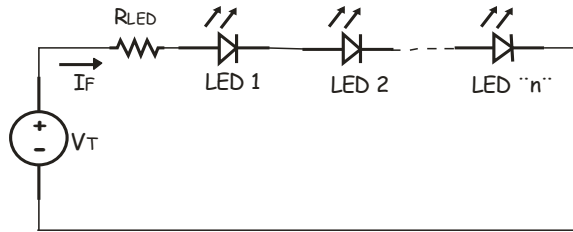


Figura 3. "n" LEDs en serie con una fuente de voltaje.

El cálculo de la resistencia limitadora se obtiene por medio de la ecuación 1.

$$R_{LED} = \frac{V_T - (\#LEDs)V_{LED}}{I_F} \quad \text{Ec. (1)}$$

Con este circuito el uso de la batería tiene una mejor eficiencia, pero la cantidad de LEDs que se pueden activar depende del voltaje disponible en ella. Sin embargo, se puede realizar una combinación entre la conexión serie y paralelo para encender una cantidad considerable de LEDs y tener una buena eficiencia.

Los display de siete segmentos, *Figura 4*, son dispositivos en los cuales se puede encender cualquier número del 0 al 9, a partir de la activación de los segmentos que lo forman, (*Figura 5*).

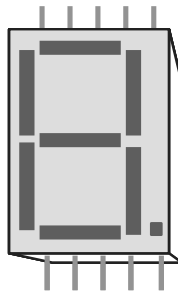


Figura 4. Display de 7 segmentos común.

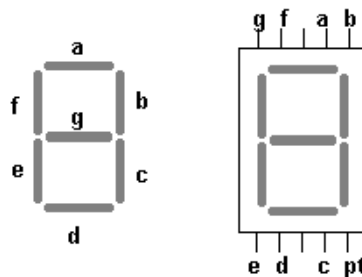


Figura 5. Segmentos del display.

Cada segmento está formado por un LED, los cátodos o los ánodos pueden estar conectados en común, lo que forma dos categorías: Display de cátodo común y Display de ánodo común.

En este trabajo es usado como referencia el display de cátodo común, del cual se representa su circuito interno en la *Figura 6*.

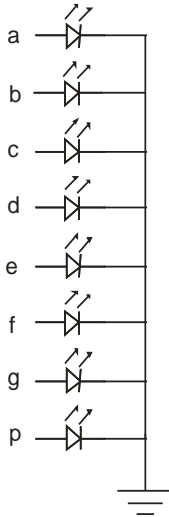


Figura 6. Conexión interna de un display de 7 segmentos, de cátodo común.

Usando como modelo un display ordinario de siete segmentos como el mostrado en la *Figura 4* en donde cada segmento está formado por un solo LED. Se colocan más LEDs en cada segmento, y con esto se tiene segmentos más grandes, y por tanto un display de mayor tamaño, como el que muestra la *Figura 7*.

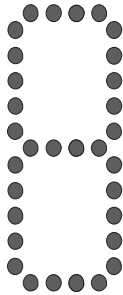


Figura 7. Segmentos de un display formados por LEDs.

Esta topología permite encender cada segmento colocando únicamente un interruptor y una resistencia, ajustada de acuerdo con la ecuación 1, usando LEDs ultra brillantes con un $V_{LED}=3V$ e $I_F=20mA$, además de un voltaje aplicado (V_T) de 12V, que es el voltaje común de una batería de auto, la *Figura 8* muestra el circuito usado.

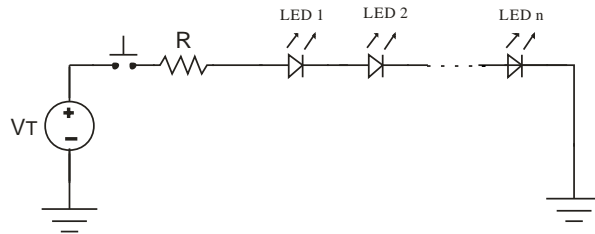


Figura 8. LEDs controlados con un interruptor.

Colocando interruptores tipo push, con enclavamiento y un manejo de corriente de al menos 100mA a cada segmento según lo muestra la *Figura 9*, se puede obtener cualquier número del 0 al 9, encendiendo y apagando los segmentos apropiados, y sin necesidad de usar algún dispositivo programable, evitando con esto el uso de software.

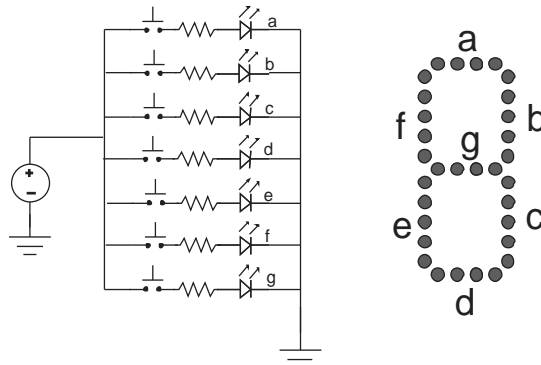


Figura 9. Segmentos controlados con interruptores.

Se toma como base esta conexión de LEDs y para evitar que si un LED falla se apague todo el segmento, se colocan varias ramas de LEDs en serie para formar uno solo, como lo indica la *Figura 10*; los 9 LEDs que se muestran forman un solo segmento, si uno se daña solo afecta a 1/3 del segmento, lo que hace por un principio de organización perceptual (Bravo, 2010), los sujetos tienden a percibir las imágenes que se ajustan a la buena continuación de las formas, en este caso, es más sencillo que se perciba el número completo que incompleto.

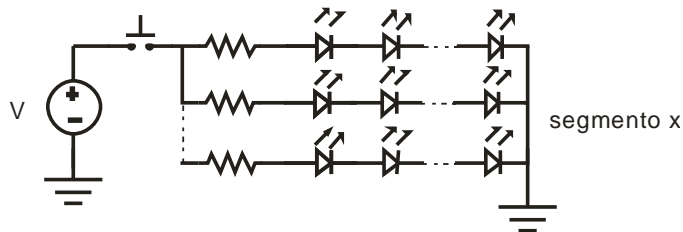


Figura 10. Varios circuitos serie, formando un segmento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se implementaron, algunos displays prueba, con diferente cantidad y tipos de LEDs. La *Figura 11* muestra un display con dígitos de 32 LEDs de 10 mm rojo ultra brillante. En este, cada segmento tiene los LEDs conectados en serie. Este display con un ángulo de emisión de luz de los LEDs de 30°, tuvo un buen desempeño, pero limitado a un reducido ángulo de vista para el usuario.



Figura 11. Display con dígitos de 32 LEDs de 10mm.

Una vez que se observó que el ángulo de emisión de luz juega un papel importante, se implementó otro display, colocando ahora colocando LEDs difusos, también de 10mm, estos presentan un ángulo de emisión de al menos 150°, para tratar de compensar la luminosidad se le agregaron más LEDs respecto al anterior, en este caso fueron 39 LEDs por cada dígito. La *Figura 12* muestra este prototipo.

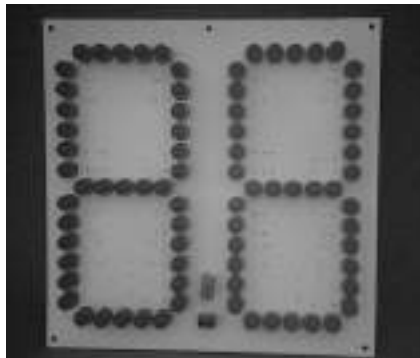


Figura 12. Display con dígitos de 39 LEDs de 10mm.

Con el display anterior los resultados fueron buenos de noche, pero poco favorables en horas con buena iluminación natural.

Se diseñó y construyó otro prototipo. Los segmentos de cada dígito fueron construidos con dos líneas de LEDs y estos a su vez activados con circuitos múltiples, además se usaron LEDs ultra brillantes tipo piranha, estos con características del ángulo de luz de aproximadamente 90° y cada dígito con 61 LEDs. La *Figura 13* muestra el prototipo.

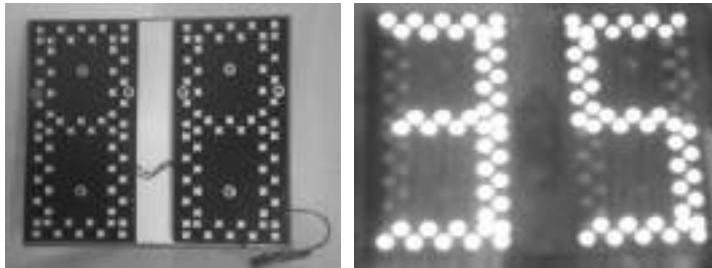


Figura 13. Display con dígitos de 61 LEDs.

El display anterior mostro un excelente desempeño, el ángulo de visión de los dígitos por parte del usuario es excelente.

Una vez que se revisó que los resultados son mejores cuando se tienen segmentos formados por dos líneas de LEDs, se implementaron dos prototipos más. Uno con igual cantidad de LEDs que el anterior pero con LEDs difusos ultra brillantes.

La *Figura 14* muestra dos displays, uno con dígitos de 102 LEDs y el otro con dígitos de 61 LEDs, aunque ambos presentaron un excelente desempeño, es obvio que a mayor cantidad de LEDs, se tiene una mejor resolución de los dígitos.



Figura 14. Displays con dígitos de 102 y 61 LEDs.

Los prototipos de las *Figuras 13* y *14* que mostraron excelente desempeño, fueron instalados por los camiones de servicio de transporte urbano que conforman las dos agrupaciones en la ciudad de Uruapan Michoacán.

Una agrupación instaló los displays con LEDs tipo piranha de dígitos de 61 LEDs. En las *Figuras 15* y *16*, se puede observar algunos instalados.



Figura 15. Vista de display de LEDs blancos, instalado.



Figura 16. Vista de display de LEDs blancos, instalado.

Los displays instalados por la otra agrupación fueron los que están conformados con dígitos de 102 LEDs verdes difusos ultrabrillantes. En las *Figuras 17, 18 y 19* se puede observar algunos displays instalados.



Figura 17. Vista de display de LEDs verdes, instalado.



Figura 18. Vista de display de LEDs verdes, instalado.



Figura 19. Vista de display de LEDs verdes, instalado.

La totalidad de camiones del servicio de transporte urbano de la ciudad de Uruapan, instaló los displays de LEDs en sus unidades, una agrupación los de dígitos de 61 LEDs blancos tipo piranha y la otra la de dígitos de 102 LEDs verdes difusos ultra brillantes, *Figura 20*.



Figura 20. Camiones con las dos versiones de displays.

Lo descrito anteriormente, se resume en el *Cuadro 1*:

Cuadro 1. Modelos de Display instalados

MODELO	CANTIDAD LEDS POR DÍGITO	CARACTERÍSTICAS DEL LED	ÁNGULO EMISIÓN	PERCEPCIÓN DE BRILLANTEZ EN SOL
1	32	Rojos ultrabrillantes de 10 mm.	30°	Buena
2	39	Rojos y Amarillos ultrabrillantes difusos de 10 mm	150°	Buena
3	61	Ultrabrillantes tipo piranha	90°	Muy buena
4	61	Verde ultrabrillante difuso y ovalado de 5 mm	40°/70°	Excelente
5	102	Verde ultrabrillante difuso y ovalado de 5 mm	40°/70°	Excelente

Todos los modelos se les dieron a conocer a las dos compañías que existen en la ciudad, y con base en los modelos 3, 4 y 5 se realizaron las pruebas que consistieron en instalarlos durante un mes para abarcar el rango y variación de clima y sol, así como opinión de usuarias y usuarios.

Con base en las opiniones de choferes, dueños y usuarias y usuarios, se instalaron los displays para cada agrupación de camiones, como se muestra en el *Cuadro 2*.

Cuadro 2. Displays instalados por agrupación

MODELO	AGRUPACIÓN	CANTIDAD DE CAMIONES
3	Colectivos	160
5	Tata Lázaro	220

Cabe mencionar que cada agrupación eligió el color para su distintivo particular.

La razón que tomaron como referencia para la decisión de adquisición de los displays propuestos con respecto a los comerciales, se pudo observar en el *Cuadro 3*, donde se destaca la diferencia de precios en pesos mexicanos.

Cuadro 3. Comparativa de displays comerciales y propuestos

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS	ALIMENTACIÓN	PRECIO MXP
Letrero para TAXIS	42 cm x 10 cm	12 V	800
Letrero VISION LED	20 cm x 70 cm	120 V	1,950
Letrero VISION LED RGB	20 cm x 70 cm	12 - 24 V	3,850
Display Led Programable RGB	100 cm x 20cm	12 V	4,850
Modelo 3 ITSU	30 cm x 35 cm	12 V	600
Modelo 4 ITSU	30 cm x 40 cm	12 V	1,200

En la *Figura 21*, se muestran los datos del cuadro anterior destacando la relación costo – beneficio.

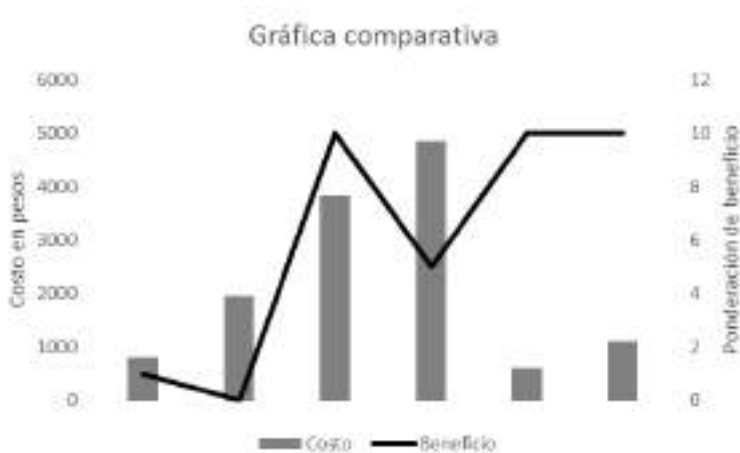


Figura 21. Comparativa de Costo – beneficio.

CONCLUSIONES

Al año del 2016 la totalidad de camiones del servicio de transporte urbano de pasajeros de la ciudad de Uruapan Michoacán (380 camiones aprox.), se les instaló un display identificador de ruta por medio de LEDs. Los usuarios, ahora logran visualizar el número de ruta con baja o nula luz del día, y las personas que no saben leer logran también su identificación apropiadamente, ya que es más fácil la memorización de un par de símbolos respecto a una o varias palabras.

Los display de LED's instalados, no usan dispositivos programables para la activación de los números. Esto, trae como beneficio que los circuitos sean menos complejos en su diseño y con esto se logra abaratar los costos de producción y manufactura.

La apropiada selección de LEDs es muy importante de acuerdo a cada aplicación. En los display instalados se buscaron LEDs con un buen desempeño, pero además, que el costo de éstos pudiera permitir obtener un equipo con una inversión atractiva para los permisionarios.

Es común que no se busque realizar proyectos de este tipo, pues como se sabe, en China se produce este tipo de equipos a un precio que rara vez puede ser mejorado por empresas de nuestro país. Pero cuando existen voluntades por parte de las instituciones y el sector privado, para permitir el desarrollo interno de los equipos tecnológicos, con los que se pueda mejorar la productividad, investigación, atención al cliente, etc. se está dando un paso adelante hacia el camino de la autosuficiencia tecnológica, que podría permitir a nuestro país alejarse del grupo de los países en vías de desarrollo, al cual pertenecemos.

Con la realización de este proyecto los principales beneficiados han sido la población, pues son ellos quienes realmente le dan uso a los display diseñados, y se contribuye con un pequeño grano de arena en la construcción de un mejor país.

LITERATURA CITADA

- Asociación Mexicana de Facultades, Consejos y Colegios de Oftalmología. (2010). *AMFECCO*. [En línea] Available at: http://www.amfecco.org/article_estadisticas.php [Último acceso: 2014].
- Bravo, P. T. (2010). *Organización perceptual; recopilación de Tomás Bravo*. [En línea] [Último acceso: 2015].
- Castillo Arévalo, C. (2015). *Electrónica para no electrónicos*. 1 ed. Guadalajara: GroppeLibros.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). *INEGI, México en cifras*. [En línea] Available at: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/?e=16&mun=102> [Último acceso: 2015].
- Malvino, A. & Bates, D. J. (2007). *Principios de electrónica*. 7ª ed. Madrid: Mc. Graw-Hill.
- MBW. (2015). *www.mexicanbusinessweb.mx*. [En línea] [Último acceso: enero 2015].
- UNAM. (2008). *Boletín UNAM-DGCS-550*. [En línea] Available at: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2008_550.html [Último acceso: 2014].

SÍNTESIS CURRICULAR

Carlos Castillo Arevalo

Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Morelia, postgrado en la Especialidad de Sistemas Micro Electro Mecánicos por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Irapuato, actualmente alumno de la Maestría en Ciencias de Ingeniería en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Morelia. Docente de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico superior de Uruapan.

Salvador Loa Cázares

Ingeniero en Electrónica por la Universidad Autónoma de Guadalajara, posgrado en la Especialidad en Sistemas Micro Electro Mecánicos por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Irapuato, Maestría en Educación Superior por el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tampico, actualmente alumno de la Maestría en Ciencias de Ingeniería en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Morelia. Docente de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico superior de Uruapan.

José Luis Hurtado Rizo

Ingeniero Industrial en Electricidad por el Instituto Tecnológico de Morelia, posgrado en la Especialidad en Sistemas Micro Electro Mecánicos por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Irapuato, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Tecnológico de Morelia. Docente de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.



SISTEMA DE GEOREFERENCIADO DE IMÁGENES CON DRONES

GEOREFERENCED IMAGE SYSTEM WITH DRONES

Héctor A. Pérez-Sánchez¹; Edward U. Benítez-Rendón¹ y Miriam Díaz-Rodríguez²

¹Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan Camino Arenero 1101, El Bajío, 45019 Zapopan, Jalisco, México. ²Profesor de tiempo completo Titular A. Departamento de Investigación y posgrados Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan Camino Arenero 1101, El Bajío, 45019 Zapopan, Jalisco, México.

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como propósito general el desarrollo de un sistema que permita la generación de rutas de vuelo para un dron, la adquisición de información geolocalizada (GPS) durante el recorrido y la toma de fotografía de puntos de interés para la creación de imágenes georreferenciadas, mismas que serán utilizadas para la generación de los archivos KML (del inglés, Keyhole Markup Language) para la representación de datos geográficos en tres dimensiones para ser visualizadas sobre la herramienta de Google Earth.

Palabras clave: Drone; Georreferenciación; KML; Google Earth.

SUMMARY

This paper has as general purpose develop and implementation of a system that allows the generation of flight routes for a drone, the acquisition of geographic location information (GPS) during the flight and taking photographs of points of interest for creating georeferenced images, same that will be used to generate KML files (Keyhole Markup Language) for the representation of geographical data in three dimensions to be displayed on the Google Earth tool.

Key words: Drone; georeferenced; KML; Google Earth.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados (UAVs, del inglés Unmanned Aerial Vehicle) conocidos, también como drones, han logrado en un par de años tomar gran popularidad en el mercado, en particular los vehículos multirrotores. Estos vehículos están caracterizados por poseer varios rotores, tienen la capacidad de realizar despegues y aterrizajes de manera vertical al igual que los helicópteros. Las característica que los posiciona en el mercado de los UAVs, son las capacidades superiores de maniobrabilidad y estabilidad que poseen frente a los aviones y helicópteros.

Uno de los multirrotores más populares en la actualidad es el cuadricóptero o quadrotor, denominado así porque cuenta con cuatro motores de propulsión. El quadrotor es un sistema no lineal, subactuado, sujeto a perturbaciones externas y a incertidumbre de parámetros (Villanueva G., 2015).

Entre las aplicaciones con drones se encuentran las siguientes:

- Vigilancia: algunos gobiernos de México realizan vigilancia con elementos de la policía apoyados por drones (Agencias | El Universal, 2013) (Agencias | El Universal, 2014a).

- Supervisión y monitoreo de terrenos: en los terrenos de difícil acceso o irregular, los UAV se desplazan con gran facilidad, como los son en campos de agricultura, barracas, etc. (Agencias | El Universal, 2014b) (Inteligencia DYNAMICS S.L., 2012).
- Inspección de infraestructura: inspección de obras desde el aire, estimación de impacto visual de grandes obras y supervisión de redes eléctricas (Inteligencia DYNAMICS S.L., 2012) (Hemav, 2013).
- Búsqueda y rescate: el reducido tamaño de estos UAV, permiten tenerlos siempre disponibles en estaciones de montaña, reduciendo considerablemente el tiempo de búsqueda (Arellano M., 2014).
- Detección de incendios: el vehículo no tripulado puede supervisar una amplia zona boscosa desde el aire, sin riesgo de vidas humanas y reduciendo los costes comparado con los activos humanos necesarios para desarrollar la misma tarea.
- Filmación: actualmente la industria del entretenimiento aprovecha estas ventajas en la etapa de filmación, para esto equipa a los vehículos multirrotores con cámaras de altas resoluciones para obtener fotografías y videos aéreos de alta calidad, materiales que han despertado interés en diferentes áreas de investigación debido a las diversas aplicaciones de monitoreo que se pueden desarrollar.

En resumen, los UAV son idóneos para aplicaciones donde sea necesario el sensado de parámetros y adquisición de datos, especialmente en lugares de difícil acceso y sin poner en peligro ninguna vida humana. Las diferentes problemáticas y aplicaciones como lo son contaminación, deforestación y situaciones de alto riesgo (incendios, inundaciones, desastres naturales) para las personas en diferentes sectores de la sociedad, motiva a utilizar las ventajas que proporcionan los vehículos multirrotores, para utilizarlos como una solución tecnológica que se integren a otros sistemas que permitan mejorar la logística de un proceso, tiempos, costos e inclusive evitar la pérdida de vidas humanas.

Los UAVs de tipo multirotor son sistemas versátiles para monitoreo e inspección, razón por la cual se ha decidido elegir a este tipo de vehículo para el desarrollo de aplicaciones como soluciones tecnológicas complementarias de sistemas que ayuden a solución de problemas complejos de la sociedad.

Este trabajo presenta la investigación aplicada de UAVs, debido a las ventajas que presenta el prototipo es una aeronave de despegue vertical dadas sus ventajas de maniobrabilidad, control de movimiento y costo (Bouabdallah *et al.*, 2004). El multirotor en conjunto con sensores y diferentes tipos de cámaras (imágenes RGB, IR, térmicas, multispectrales e hiperspectrales) permiten realizar sistemas aéreos que se puedan adecuar para resolver problemas específicos. El multirotor presenta un sistema aéreo autónomo que en base a una ruta de vuelo y la especificación de la toma de fotografías, permite el registro de los datos geográficos de tomas para su posterior análisis y procesamiento.

Vehículos aéreos no tripulados y fotografía aérea

La fotografía aérea proporciona otra perspectiva de análisis para diferentes campos de investigación como la cartografía, arqueología, agricultura, silvicultura, acuicultura, ganadería, entre otros. Integrar diferentes tipos de cámaras permite obtener información para crear sistemas que ayuden en las diferentes áreas. Una de las tendencias de las fotografías aéreas es que se utilizan como medio de información, las cuales son procesadas para obtener información útil para diversos análisis. Una parte fundamental es tener la información referente a las capturas para facilitar su análisis.

El interés en vehículos inteligentes está creciendo como resultado de su gran campo de aplicaciones. Los UAV son cada vez más plataformas populares, debido a sus numerosas aplicaciones en supervivencia,

inspección, búsqueda y rescate, entre otras tareas. Estas aplicaciones pueden ser implementadas en el sector privado tanto como en el sector público. Debido al crecimiento exponencial de dichos vehículos, han sido clasificadas, dentro de las cuales podemos resaltar 4 tipos de ellos de acuerdo al tema de estudio.

- Aeroplanos: la principal ventaja es la facilidad de control y guiado, así como su alta fiabilidad ante condiciones extremas o difíciles. Su desventaja radica en su falta de maniobrabilidad en espacios reducidos, *Figura 1-a*.
- Dirigibles: destacan por su estabilidad en el aire y su gran autonomía. En contra tienen una reducida capacidad de carga en relación con su volumen. Su principal problema es la poca maniobrabilidad. Son adecuados para tareas de interiores, siempre que sean interiores de dimensiones grandes como por ejemplo un estadio o salas de conciertos, *Figura 1-b*.
- Helicópteros: tienen ventajas distintas sobre aeroplanos como el despegue y aterrizaje vertical en espacios limitados, tienen también la habilidad de mejorar su maniobrabilidad, y ofrecen una gran controlabilidad y agilidad. Sin embargo, la dinámica de estos rotores es significativamente más complejas que un avión de ala fija (Luque V., 2010), *Figura 1-c*. Los vehículos más utilizados en condiciones de poco alcance (menos de diez kilómetros) son los helicópteros, ya que mantienen una relación entre su capacidad de carga y volumen excelente, su desventaja se presenta en la dificultad de control.
- Multirrotores: las características que destacan sobre los otros vehículos son: tanto su dinámica como capacidad de vuelo lo hacen el mejor en maniobrabilidad con respecto a los 3 vehículos anteriores. La capacidad de vuelo en interiores lo diferencia del resto, consiguiendo así una de las características más importantes a la hora de elegir un UAV u otro, *Figura 1-d*.



Figura 1. UAVs: a) Arriba-Izquierda: Aeroplano, b) Arriba-Derecha: Dirigible, c) Abajo-Izquierda: Helicóptero, d) Abajo-Derecha: Multirrotor.

Sistema de posicionamiento global (GPS) y sistema de información geográfica (GIS)

El sistema de posicionamiento global (GPS, del inglés Global Positioning System) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles

en todo el mundo. A cualquier usuario con un receptor GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta sin importar las condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite almero de usuarios simultáneos (Luque V., 2010).

Un sistema de información geográfica (GIS, del inglés Geographic Information System) es un Sistema informático para captura, almacenamiento, consulta, análisis y visualización de datos geoespaciales (Chang, 2015). De acuerdo con la Online ESRI GIS Dictionary, el proceso de georreferenciación convierte las coordenadas de un ráster (conjunto de píxeles, en las cuales cada una contiene un valor que representa cierta información) a un sistema de coordenadas conocido en orden para ser vista, analizada con otros conjuntos de datos espaciales que quizá posea (Docan, 2015).

Desde sus comienzos el sistema GIS ha sido importante para la planeación de uso de tierra, evaluación de peligros naturales, análisis de hábitat de vida silvestre, vigilancia de la zona de ribera, la administración de bosques y planeación urbana (Chang, 2015).

La lista de campos de aplicación que han beneficiado el uso de GIS se ha expandido significativamente por los pasadas dos décadas, una rápida búsqueda sobre estas aplicaciones son: fuentes naturales, peligros naturales, hidrología superficial y subterránea, meteorología, análisis y monitoreo ambiental, riesgo de inundaciones, suelo, administración del ecosistema, hábitat de vida silvestre, agricultura, silvicultura, administración y análisis de paisajes, arqueología, transportación, salud, turismo, planeación de respuesta emergente, evaluación de contaminación, servicios públicos y operaciones militares (Chang, 2015).

En resumen por la ArcGIS Resources, la georreferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en el Sistema GIS.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El sistema GIS comprende de 3 partes principales:

- Prototipo Multitrotor.
- Sistema Embebido para la adquisición de fotografías aéreas y posicionamiento global.
- Software para la generación de imágenes georreferenciadas y archivos KML.

El prototipo GIS es un hexacóptero, el cual fue adaptado de acuerdo a las necesidades para su implementación.

El sistema Multitrotor de la *Figura 2* tiene las características siguientes mostradas en el *Cuadro 1*. Las características plasmadas fueron hechas mediante pruebas realizadas a 2 metros de altura.

Los componentes necesarios que se integraron a la estructura del hexacóptero se muestran en el diagrama a bloques de la *Figura 3*.

Cuadro 1.- Características del hexacóptero

Características	
Configuración de vuelo	“X”
Diagonal de motor a motor	0.55 m
Diámetro del estator del motor	0.22 x 0.12 m
KV	920 rpm/Volt
Número de polos del motor	14
Tamaño de hélices	9 x 4.5 in
Alimentación	LiPo 4s 6200 mAh
Peso	2.3Kg
Autonomía de vuelo en sustentación	720

*Revolución constante de un motor por Volt

La comunicación del hexacóptero durante el vuelo se realiza por medio de 2 módulos de transmisión por radio frecuencia, un módulo Tx – Rx de telemetría (915MHz) permitiendo conocer en todo momento el estado del prototipo y el envío de instrucciones desde la estación central de vuelo, y un módulo Tx de video (5.8MHz) el cual permite visualizar desde la estación central de vuelo (ECV) la trayectoria del vuelo durante la adquisición de las imágenes.



Figura 2. Estructura del hexacóptero.

El sistema diseñado realiza todo el proceso de adquisición de imágenes y seguimiento de trayectorias de manera autónoma. Debido a que el sistema es autónomo, se consideran todas las medidas de seguridad necesarias, las pruebas deben realizarse en espacio abierto y libre de personas, control remoto adicional para la toma inmediata del control de vuelo del hexacóptero, además de control total del hexacóptero por medio de la estación central de vuelo.

El funcionamiento interno del hexacóptero manera autónoma durante el recorrido para la adquisición de imágenes se muestra diagrama de flujo de la *Figura 4*.



Figura 3. Diagrama a bloques de hardware integrado a hexacóptero.

La primera fase del algoritmo es la verificación del sistema inalámbrico, la comunicación embebido-cámara, el cual permite la interacción del programa con la cámara, la inicialización del programa SIG, permite el contacto de las 3 partes que conforman el sistema: el multirrotor, el embebido y la cámara, permite conocer si todas las partes están listas para realizar los procesos, se desarrolla un archivo log el cual proveerá la información necesaria en todo momento del vuelo, durante el vuelo, el algoritmo verifica los parámetros que le fueron asignados para la toma de fotos, si estos se cumplen el programa almacenará la información en el archivo log el cual corre en todo momento, se realiza la captura necesaria, debido a las especificaciones de la cámara es necesario generar una latencia de 2 segundos entre foto.

Para el procesamiento de las tomas aéreas realizadas durante el vuelo, se realizan en tierra, es decir en la estación central de vuelo. Después de finalizar el recorrido realizado por el hexacóptero, se procede al procesamiento de la información adquirida por el sistema para la generación de los archivos. La Figura 5 muestra la estación central de vuelo donde durante el vuelo se monitorea todos los movimientos y acciones que realiza el hexacóptero durante y después del vuelo para el procesamiento de la información obtenida durante el recorrido.

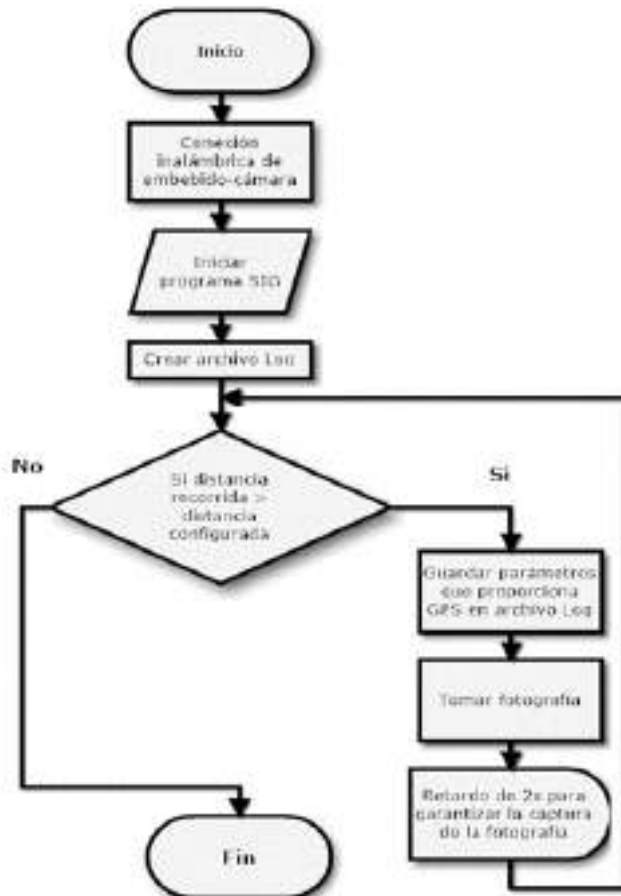


Figura 4. Diagrama de flujo de algoritmo para toma de fotos.



Figura 5. Adquisición y procesamiento de los datos generados por el sistema en la ECV.

Una vez adquirido los datos necesarios procedemos a abrir el software diseñado para implementar las funciones de georeferenciación y la generación de los archivos KML, las cuales fueron diseñadas para este proyecto, como se muestra en la *Figura 6*.



Figura 6. Programa para la generación de imágenes georeferenciadas y archivos KML.

Como resultado de las pruebas obtendremos imágenes las cuales contienen los datos del vuelo y los archivos KML mismos que pueden ser abiertos por la herramienta de Google Earth.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para probar el sistema se realizaron diversos vuelos de manera autónoma en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan, donde se recabaron los datos necesarios para la generación de las imágenes y archivos de la ruta especificada. La *Figura 7* muestra el desarrollo de las pruebas de campo.

Las medidas de seguridad durante las pruebas, son:

- La prueba se realizó en un espacio abierto.
- No se encontraban personas cercanas durante las pruebas.
- Vigilancia de los parámetros del hexacóptero por medio de telemetría.
- Vigilancia del sistema para la adquisición de datos y fotografía.



Figura 7. Vuelo autonomo y adquisicion de datos.

El resultado de un vuelo se encuentra registrado en la bitácora escrita el día 06 de febrero del 2016 que se muestra en el *Cuadro 2*.

Cuadro 2. Bitácora de vuelo

Bitácora de vuelo	
Hora	Sábado 6 de febrero del 2016, a las 10:32:46
Ubicación	Instalaciones del Intituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan (Edificio de investigación y posgrados).
Ruta de vuelo	GPS Lat: 20.7024716 Long: -103.4748616 Se abarca una zona con dimensiones de 30 x 20 m dejando 100 m lineales, contemplando los puntos 3,4,5,6 y 7 para la obtencion de las imagenes teniendo una distancia lineal aproximada de 80 m y una foto por cada 7 m.

La ruta trazada de vuelo para la prueba es mostrada en la imagen de la *Figura 8*. Para la generación del plan de vuelo se utiliza la herramienta Mission Planner el cual posee una arquitectura para el diseño y generación de misiones.



Figura 8. Ruta de vuelo.

Los resultados de la prueba se demuestran en las imágenes de la *Figura 9* y la *Figura 10* representando respectivamente, la imagen con los datos georeferenciados y los archivos KML los cuales pueden visualizarse en la herramienta Google Earth.



Figura 9. Imagen georeferenciada.

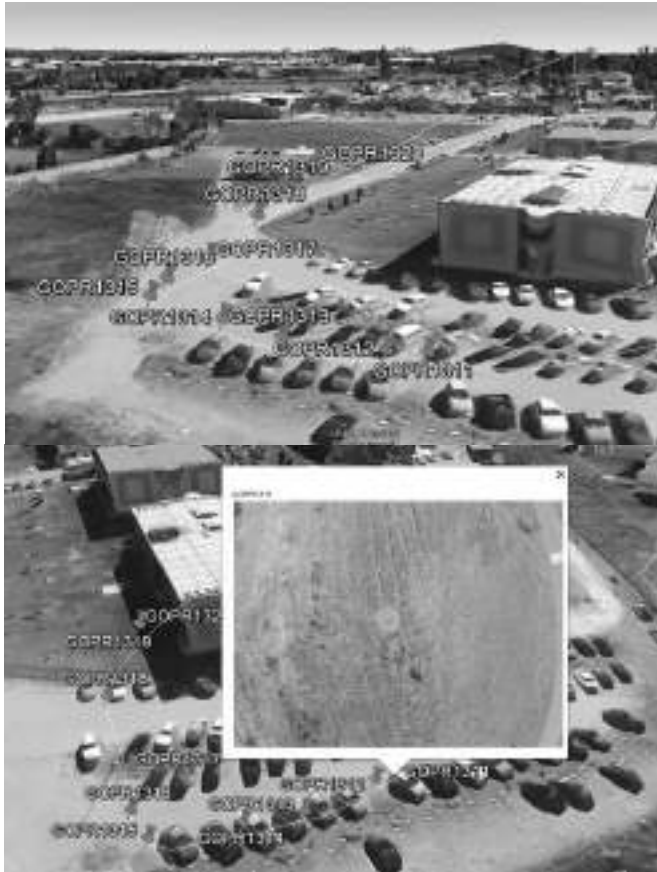


Figura 10. Imágenes georreferenciadas vistas desde la herramienta Google Earth.

La prueba realizada valida la funcionalidad del sistema, los datos obtenidos en las pruebas es información básica para realizar el sistema de georeferencia, algunas otras variables a considerar en un futuro son las posiciones angulares en las cuales fueron adquiridas en cada toma (ϕ, θ, ψ) roll, pitch, yaw respectivamente. El sistema actual está diseñado en módulos pero en un futuro se pretende realizar la integración total de las partes en un solo software. Debido a la seguridad tanto del sistema como prevenir daños a terceros en el desarrollo de las pruebas, el vehículo no tripulado realizó la trayectoria a una velocidad promedio de 5 m/s, pero para futuras pruebas se pretenderá aumentar esa velocidad conforme los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

En este trabajo se demostró que los UAVs en conjunto con nuevos avances tecnológicos son herramientas potenciales que permiten desarrollar aplicaciones impactantes en diferentes sectores de la sociedad. El sistema de georeferenciado de imágenes se desarrolló con el fin de ser una herramienta adaptable a diferentes tipos de vehículos aéreos (aviones, helicópteros, dirigibles) e incluso a vehículos terrestres, que

permita junto a otras herramientas realizar una solución a problemáticas más complejas de la sociedad que puede abarcar desde aplicaciones para medir índices de deforestación, estadísticas de contaminación de áreas naturales, medición de impactos provocados por incendios forestales, entre otros.

Con los resultados satisfactorios obtenidos del funcionamiento del sistema de georreferenciado de imágenes, se propone realizar un sistema completo que contemple una herramienta para generar mapas ortogonales con las imágenes obtenidas y además se agregue un módulo de procesamiento de imágenes de acuerdo a los requerimientos de la problemática que se pretenda atacar.

LITERATURA CITADA

- Agencias | El Universal. (2013). *El Universal - Computación - Drones encargados de la seguridad en Puebla*. Available at: <http://archivo.eluniversal.com.mx/computacion-tecno/2013/drones-seguridad-puebla-80614.html> (Accessed: 8 July 2015).
- Agencias | El Universal. (2014a). *El Universal - DF - Piden utilizar 'drones' para reforzar vigilancia en el DF*. Available at: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/piden-utilizar-39drones-39-para-reforzar-vigilancia-en-el-df-1003545.html> (Accessed: 10 November 2015).
- Agencias | El Universal. (2014b). *El Universal - DF - Vigilarán barrancas y áreas verdes con drones*. Available at: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/impreso/vigilaran-barrancas-y-areas-verdes-con-drones-122247.html> (Accessed: 9 December 2015).
- Arellano M., C. A. (2014). *Navegación 3D de un sistema de vuelo autónomo de tipo quadrotor*. Tesis de Maestría. CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara.
- Bouabdallah, S., Murrieri, P., & Siegwart, R. (2004). Design and control of an indoor micro quadrotor. In *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA'04. 2004 IEEE International Conference on (Vol. 5, pp. 4393-4398)*. IEEE.
- Chang, K. (2015). *Introduction to geographic information systems*. 8th edn. Edited by McGraw-Hill Education. New York.
- Docan, D. C. (2015). *ArcGIS for Desktop Cookbook*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Hemav. (2013). *Endesa usará drones para supervisar la red eléctrica | Hemav*. Available at: <http://blog.hemav.com/endsa-usara-drones-para-supervisar-la-red-electrica/> (Accessed: 7 June 2015).
- Inteligencia DYNAMICS S.L. (2012). *Aplicaciones y usos :: inteligencia DYNAMICS*. Available at: http://www.iuavs.com/pages/aplicaciones_y_usos (Accessed: 2 March 2015).
- Luque V., L. Fernando. (2010). *Design, Construction and Control of a Quadrotor Helicopter*. Tesis de maestría. CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara.
- Villanueva G., O. A. (2015). *Control de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para reconocimiento en interiores*. Tesis de maestría. CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan por haber brindado el equipo y las instalaciones para realizar el artículo.

SÍNTESIS CURRICULAR

Héctor A. Pérez Sánchez

Recibió el grado de Ingeniero Electrónico en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Trabajó en el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Guadalajara, México como Ingeniero de desarrollo en el área de Control Automático. Trabajó en Intel Corporation en el área de desarrollo para dispositivos móviles. Su principal interés está enfocado en el desarrollo de software para aplicaciones con UAV's. Actualmente es estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan. Correo Institucional: hector.perez.msc@itszapopan.edu.mx.

Edward U. Benítez Rendón

Recibido de ingeniero Electrónico en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Actualmente trabaja en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Guadalajara, México, como ingeniero de desarrollo en proyectos de investigación relacionados sistemas aéreos no tripulados con vehículos autónomos. Sus intereses incluyen desarrollo de aplicaciones y control de navegación para UAVs. Actualmente es estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan. Correo Institucional: edward.benitez.msc@itszapopan.edu.mx.

Miriam Díaz Rodríguez

Ingeniera en computación por el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) en 2007, obtuvo su grado de maestra en Ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Unidad Guadalajara en 2010, donde realiza actualmente su doctorado. Es profesora titular en el Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan, entre sus áreas de interés se encuentran sistemas de eventos discretos y teoría computacional. Correo Institucional: mdiaz@itszapopan.edu.mx.



FEDERALISMO FISCAL EN LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

FISCAL FEDERALISM IN UNITED MEXICAN STATES

María Guadalupe Naranjo-Cantabrana

Docente de Educación Superior, Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Los Mochis.

RESUMEN

El propósito de este trabajo es analizar la razón de ser del Estado, sus elementos, características de los Estados Federales, principales diferencias entre Estados Federales y Estados Unitarios; el marco constitucional y legal del federalismo fiscal respecto a las Entidades Federativas, particularmente Sinaloa. Se analizan las bases de coordinación fiscal, considerando las reformas de la Ley de coordinación fiscal, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 18 de julio de 2016. Las preguntas que guían este trabajo son: ¿Qué es el federalismo fiscal? y ¿Existe federalismo fiscal en los Estados Unidos Mexicanos?

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y las Constituciones políticas de las Entidades Federativas, las leyes y demás normas jurídicas que regulan la coordinación fiscal entre la Federación y las Entidades federativas son precisas; sin embargo, es innegable la subordinación de las Entidades Federativas a la Federación, el fortalecimiento del Ejecutivo federal en la definición de políticas públicas que impactan a las Entidades Federativas y Municipios. Las fuentes más importantes de ingresos públicos son federales. Las contribuciones más importantes del país, entre ellas los impuestos, particularmente el Impuesto sobre la renta y el impuesto al valor agregado son federales. De igual manera, contribuyen de manera importante en los ingresos federales los derechos por el uso, goce, aprovechamiento o explotación de bienes de dominio público. Lo anterior hace vulnerables a las Entidades Federativas ya que dependen sus ingresos de manera importante de las participaciones federales que se les asignen.

Palabras clave: Estado Federal, Coordinación Fiscal, Ingresos Públicos, Gasto Público.

SUMMARY

The purpose of this is to analyze the reason to be of the State, its elements, characteristics of Federal State, main differences between Federal States and Unit States; the constitutional framework and legality of fiscal federalism with respect to the federative entities, particularly Sinaloa. The bases of fiscal coordination are analyzed, considering the reforms of the fiscal coordination Law, published in the Official Diary of the Federation on July 18, 2016. The questions of this are: What is fiscal federalism? And, is there fiscal federalism in the United Mexican States?

The Political Constitution of the United Mexican States and the Political Constitutions of the Federative Entities, the laws and other juridical norms that regulate the fiscal coordination between the Federation and the Federative Entities are precise. However, the subordination of the Federative Entities to the Federation is undeniable, the strengthening of the Federal Executive in the definition of public policies that impact the Federative Entities and Municipalities. The most important sources of public revenue are federal. The most important contribution of the country, between them the taxes, particularly income tax and value added tax are federal. Likewise, the rights for the use, enjoyment, use or exploitation of public domain assets contribute significantly in federal income. This makes them vulnerable to the Federative Entities since they depend their income of important way of the federal participations that are assigned to them.

Key words: Federal state, fiscal coordination, public revenue, public.

INTRODUCCIÓN

El ser humano es un ser social por lo que requiere vivir con los demás para satisfacer sus necesidades. Esto implica crear normas para regular la conducta en sociedad. En todas las épocas de la humanidad ha sido necesaria regular la vida social; quien ostenta el poder otorga las reglas. El propósito de este trabajo es analizar la razón de ser del Estado, sus elementos, características de los Estados Federales, principales

diferencias entre Estados Federales y Estados Unitarios; el marco constitucional y legal del federalismo fiscal respecto a las Entidades Federativas, particularmente Sinaloa. El tránsito del comunismo primitivo al capitalismo ha sido muy prolongado, doloroso y sangriento para la humanidad; a excepción del comunismo primitivo en las demás épocas: esclavismo, feudalismo y capitalismo siempre han existido clases sociales derivadas de quienes son los dueños y quienes no son dueños de los medios de producción.

Esto es importante porque ambos grupos han defendido sus intereses y los movimientos sociales que la humanidad ha vivido; han permitido la creación de Estados, con distintas formas de ser y de hacer gobierno; en los que fundamentalmente se reconozcan los derechos humanos a las personas, sin importar raza, credo religioso, condición económica, política o social. El camino para garantizar el respeto a los derechos humanos se sigue haciendo. Es ésta una responsabilidad del Estado en sus diferentes niveles de gobierno.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El objeto de análisis es el federalismo, por tal motivo será una investigación documental con enfoque cualitativo, de alcance descriptivo y utilizando los métodos deductivo e inductivo, la recolección de datos se hizo en fuentes secundarias y se acudió a las fuentes de datos en libros e internet con fuentes validadas del derecho, etc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde las épocas más antiguas existe la palabra Estado, lo que puede apreciarse en el siguiente texto:

La asociación de muchos pueblos forma un Estado completo, que llega, si puede decirse así, a bastarse absolutamente a sí mismo, teniendo por origen las necesidades de la vida, y debiendo su subsistencia al hecho de ser éstas satisfechas. (Aristóteles, 2006, pág. 10)

El propósito del Estado siempre ha sido el bien común:

Una persona de cuyos actos una gran multitud, por pactos mutuos realizados entre sí, ha sido instituida por cada uno como autor, al objeto de que pueda utilizar la fortaleza y medios de todos como lo juzgue oportuno para asegurar la paz y defensa común. (Hobbes, 2013, pág. 193)

También se ha escrito:

Ahora bien, como los hombres no pueden engendrar nuevas fuerzas, sino solamente unir y dirigir las que existen, no tienen otro medio de conservación que el de formar una agregación una suma de fuerzas capaz, de sobrepujar la resistencia, de ponerlas en juego con un solo fin y de hacerlas obrar unidas y de conformidad (Rousseau, 1998, pág. 19)

En la obra de Juan Jacobo Rousseau, se expresa el origen y la razón de ser del Estado: “*La persona pública que se constituye así, por la unión de todas las demás, tomaba en otro tiempo el nombre de ciudad y hoy*

el de república o cuerpo político, el cual es denominado Estado” (Rousseau, 1998, pág. 20). Años más tarde Federico Engels, expresó la importancia del Estado para dar orden a la sociedad:

Es más bien un producto de la sociedad cuando llega a un grado de desarrollo determinado; es la confesión de que esa sociedad se pone en una irremediable contradicción consigo misma, y está dividida por antagonismos irreconciliables, que es impotente para conjurar. Pero a fin de que las clases antagonistas, de opuestos intereses económicos, no se consuman a sí mismas y a la sociedad con luchas estériles, hácese necesario un poder que domine ostensiblemente a la sociedad y se encargue de dirimir el conflicto o mantenerlo dentro de los límites del “orden”. Y ese poder, nacido de la sociedad, pero que se pone por encima de ella, y se le hace cada vez más extraño, es el Estado (Engels, s/a, pág. 197).

Para que exista el Estado se requiere una población, un territorio y un gobierno. Cada Estado en el texto de su Constitución expresa estos elementos.

En el texto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se indica respecto a la población: “*Artículo 30.* La nacionalidad mexicana se adquiere por nacimiento o por naturalización” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 40).

También forman parte de la población de nuestro país, los extranjeros; quienes son considerados en el texto de la Constitución Federal: “*Artículo 33.* Son personas extranjeras las que no posean las calidades determinadas en el artículo 30 constitucional y gozarán de los derechos humanos y garantías que reconoce esta Constitución” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 41).

Respecto al territorio, en el texto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se indica:

Artículo 42. El territorio nacional comprende:

- I. El de las partes integrantes de la Federación;
- II. El de las islas, incluyendo los arrecifes y cayos en los mares adyacentes;
- III. El de las islas de Guadalupe y las de Revillagigedo situadas en el Océano Pacífico;
- IV. La plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas, cayos y arrecifes;
- V. Las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el Derecho Internacional y las marítimas interiores;
- VI. El espacio situado sobre el territorio nacional, con la extensión y modalidades que establezca el propio Derecho Internacional. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 54).

Es el Artículo 43 el que señala cuales son las partes integrantes de la Federación:

Las partes integrantes de la Federación son los Estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila de Zaragoza, Colima, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas; así como la Ciudad de México. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 54).

Otro elemento del Estado es el gobierno, del cual se ha escrito:

Conjunto de órganos del Estado que ejercen las funciones en que se desarrolla el poder público que a la entidad estatal pertenece, y en su acepción dinámica se revela en las propias funciones que se traducen en múltiples y diversos actos de autoridad (Burgoa, 1991, pág. 401).

El artículo 40 expresa la forma de gobierno de nuestro país: Es voluntad del pueblo mexicano constituirse en una República representativa, democrática, laica y federal, compuesta por Estados libres y soberanos en todo lo concerniente a su régimen interior, y por la Ciudad de México, unidos en una federación establecida según los principios de esta ley fundamental. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 45).

Por lo anterior, se ha definido y fundamentado lo que es el Estado y sus elementos. Debe destacarse para los efectos de este trabajo; que nuestro país es una República representativa, democrática, laica y federal. A continuación, se expresa opiniones sobre lo que es el Estado Federal y sus características. La palabra federación, proviene del vocablo latino *foedus*, *foederare* que significa unir, ligar o componer, implica hacer alianza o crear un pacto de unión. El Estado Federal, “es una entidad que se crea a través de la composición de entidades o Estados que antes estaban separados, sin ninguna vinculación de dependencia entre ellos” (Burgoa, 1991, pág. 407).

Ante la complejidad de un sistema federal, se ha escrito que Federalismo es “un sistema de reglas para la división de responsabilidades de política pública entre un número de agencias gubernamentales autónomas”, expresión de Thomas Anton, (Soto Reyes Garmendía, 2016, pág. 34); de la definición antes mencionada se destaca que para que exista un sistema federal se requieren gobiernos autónomos.

En opinión de Ignacio Burgoa, el proceso formativo de un Estado Federal, debe desarrollarse en tres etapas sucesivas: la existencia de Estados autónomos, el pacto para unirse y el nacimiento de un nuevo Estado. Un ejemplo de la creación de un Estado Federal fue la formación de los Estados Unidos de Norteamérica y al respecto se ha escrito:

Tres cosas parecen concurrir más que todas las demás al mantenimiento de la república democrática en el Nuevo Mundo:

La primera es la forma federal que los norteamericanos han adoptado, y que permite a la Unión disfrutar del poder de una gran república y de la seguridad de una pequeña. Encuentro la segunda en las instituciones comunales que, moderando el despotismo de la mayoría, dan al mismo tiempo al pueblo el gusto de la libertad y el arte de ser libre. La tercera se encuentra en la constitución del poder judicial. He mostrado como los tribunales sirven para corregir los extravíos de la democracia y cómo sin poder detener jamás los movimientos de la mayoría, logran hacerlos más lentos así como dirigirlos (Tocqueville, 1957, pág. 286).

De lo anterior se observan tres características: la autonomía de gobiernos subnacionales, la división del poder público y las instituciones. La característica de la autonomía se ha expresado también de la siguiente manera: “En un sistema federal, el gobierno de ciertas unidades territoriales más pequeñas – estados, provincias, regiones-tiene garantizada su permanencia y un significativo ámbito de autoridad” (Dahl, 2006, pág. 140).

Al respecto se ha escrito:

Formalmente México es una federación en la que los tres ámbitos de gobierno poseen algún grado de autonomía, tanto en su capacidad para recaudar ingresos como en sus decisiones de gasto. Sin embargo, en la práctica tal autonomía ha estado tradicionalmente muy limitada por la concentración excesiva de funciones en el gobierno federal (Sempere & Sobarzo, 1999, pág. 432).

La conformación de un Estado, depende mucho de las condiciones históricas, políticas, sociales y culturales; por lo que existen diferencias entre un Estado federal y un Estado central o unitario; algunas de las más importantes son las siguientes:

Son características de un sistema federal:

La existencia de un gobierno nacional y de gobiernos subnacionales, a los que en nuestro país se les llama Entidades Federativas. Existe un sistema jurídico nacional y sistemas jurídicos de cada uno de los gobiernos subnacionales. Es decir, existe una Constitución General de los Estados Unidos Mexicanos y Constitución en cada una de las Entidades Federativas y actualmente se trabaja en el proyecto para la Ciudad de México.

La facultad de los gobiernos subnacionales para participar en el proceso de adiciones y reformas constitucionales. En nuestro país, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, dispone:

Artículo 135. *La presente Constitución puede ser adicionada o reformada. Para que las adiciones o reformas lleguen a ser parte de la misma, se requiere que el Congreso de la Unión, por el voto de las dos terceras partes de los individuos presentes, acuerden las reformas o adiciones, y que éstas sean aprobadas por la mayoría de las legislaturas de los Estados y de la Ciudad de México (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 140).*

Los representantes de los órganos legislativo y ejecutivo de los gobiernos subnacionales son electos por la ciudadanía. En el texto de la Constitución Política del Estado de Sinaloa, al respecto se indica:

Art. 14. Las elecciones de Gobernador, Diputados al Congreso del Estado, Presidentes Municipales, Síndicos Procuradores y Regidores de los Ayuntamientos, se realizarán mediante sufragio universal, libre, secreto y directo. Se resolverán a mayoría de sufragios y conforme al principio de representación proporcional, con sujeción a las disposiciones de la Ley Reglamentaria correspondiente. (Constitución Política del Estado de Sinaloa, pág. 13).

En Sinaloa para la designación de los representantes del órgano de mayor jerarquía judicial, la Constitución Política en el Estado de Sinaloa, en el artículo 94 dispone lo siguiente:

“Los Magistrados del Supremo Tribunal de Justicia serán electos por el Congreso del Estado, de una terna que le presente el Consejo de la Judicatura. La elección se hará en escrutinio secreto” (Constitución Política del Estado de Sinaloa, pág. 53); otra característica que se concede a los Estados federales es la descentralización administrativa, entendida como la facultad de los gobiernos subnacionales para tener personalidad jurídica propia y patrimonio propio. Lo anterior está fundamentado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, al indicarse:

Artículo 115. *Los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre* (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 108).

Por tanto, el federalismo considera también al Municipio como forma de gobierno más cercana a la ciudadanía, el cual también tiene su propio patrimonio: *“Los municipios estarán investidos de personalidad jurídica y manejarán su patrimonio conforme a la ley”* (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 109).

Para el propósito de este trabajo es importante destacar que en nuestro país las Entidades Federativas tienen patrimonio propio, es decir tienen capacidad para determinar, administrar y recaudar sus propios ingresos provenientes de contribuciones, de las participaciones que reciben del gobierno federal.

Respecto al Estado de Sinaloa, en el texto de su Constitución se señala:

Art. 80. *La Hacienda Pública del Estado estará constituida por los bienes muebles e inmuebles comprendidos en su patrimonio; por los impuestos, derechos, productos y aprovechamientos que en su favor establezcan las leyes del Estado; y por las participaciones que en impuestos Federales otorguen al Estado las Leyes Federales* (Constitución Política del Estado de Sinaloa, pág. 49).

También es importante mencionar que en el texto de la Constitución del Estado de Sinaloa, se advierte: *“Art. 85. Ningún impuesto podrá establecerse si no se destina a los gastos públicos y ningún pago podrá hacerse por las oficinas fiscales sin estar expresamente autorizado por el Presupuesto de Egresos del Estado”* (Constitución Política del Estado de Sinaloa, pág. 50).

En relación a los Municipios, la Constitución Política del Estado de Sinaloa, señala:

Art. 123. Los Municipios administrarán libremente su hacienda, la cual se formará de:

- I. Los bienes muebles e inmuebles que les pertenezcan y los rendimientos de éstos;
- II. Las contribuciones u otros ingresos, cualquiera que sea su denominación, que el Congreso del Estado establezca a su favor;
- III. Las participaciones federales, que serán cubiertas a los Municipios por la Federación, con arreglo a las bases de distribución equitativa, montos y plazos que anualmente determine el Congreso del Estado;
- IV. Los ingresos derivados de la prestación de servicios públicos a su cargo; y,
- V. Las contribuciones y tasas adicionales que se establezcan en el Estado sobre la propiedad inmobiliaria, su fraccionamiento, división, consolidación, traslación y mejora, así como las que tengan como base el cambio de valor de los inmuebles. Los Municipios podrán celebrar convenios con el Estado para que éste se haga cargo de algunas de las funciones relacionadas con la administración de esas contribuciones. (Constitución Política del Estado de Sinaloa, pág. 67).

Por lo anterior, la intención de nuestros constituyentes ha sido que tengamos un gobierno federal, con entidades y municipios autónomos, capaces de atender las funciones y servicios que tienen encomendados y para las cuales requieren de presupuesto. Una norma jurídica suprema considerada en

el texto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es la relativa a la superioridad de la Constitución, leyes y tratados. Considerando la reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de enero de 2016, queda con el siguiente texto:

Artículo 133. Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. Los jueces de cada entidad federativa se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de las entidades federativas. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 139).

De igual manera merece destacarse la disposición constitucional que es relativa a la distribución de competencias entre la Federación y las Entidades Federativas: “Art. 124. *Las facultades que no están expresamente concedidas por esta Constitución a los funcionarios federales, se entienden reservadas a los Estados o a la Ciudad de México, en los ámbitos de sus respectivas competencias*” (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 136).

En el presente trabajo, se reflexiona sobre ¿Qué es el federalismo fiscal? y en nuestro país ¿Existe Federalismo fiscal? Muchos esfuerzos se han hecho para definir que es el federalismo fiscal. A continuación, se presentan algunos de ellos:

La naturaleza del federalismo fiscal implica una definición de competencias entre los diferentes niveles de la administración federal para llevar a cabo la recaudación de impuestos y el gasto público. El federalismo fiscal, por tanto, es un conjunto de normas utilizado por los países –federalistas o centralistas- que intentan descentralizar la labor fiscal. Esta dicotomía conceptual y administrativa ha provocado mucha confusión, además del hecho de que en naciones de corte centralista, como Francia, se discuta el planteamiento de la descentralización fiscal como parte del concepto de federalismo fiscal referido (Pliego Moreno, 2010, pág. 2).

El mismo autor, considera: “*El proceso histórico del establecimiento del federalismo como sistema de organización jurídico-administrativa de la República Mexicana, ha significado en los hechos una centralización del poder político y del desarrollo económico en un entorno federal*” (Pliego Moreno, 2010, pág. 21).

También se ha escrito:

...el tema del federalismo fiscal, al final del día, versa sobre el sistema de asignación de competencias, tanto en los ingresos como en los egresos de los diferentes órdenes de Gobierno, y sobre todo consiste en analizar las interrelaciones que se presentan en el Estado en cuanto a los recursos públicos. Desde una perspectiva puramente económica, el federalismo estudia la manera en que se asignan y distribuyen los recursos de un sistema económico. Estas funciones del sector público juegan un papel muy importante en los Estados federales, pues la discusión en torno a ellas radica en qué orden de Gobierno debe controlarlas (García Sepúlveda, 2016, pág. 40).

Lo anterior puede observarse por:

En primer lugar, el fortalecimiento del Ejecutivo Federal; de quien se espera resuelva la problemática federal, estatal y municipal; a través de los recursos federales; por lo que se ha favorecido la subordinación de las Entidades Federativas y los Municipios del País al gobierno federal.

Si bien es cierto la participación del Congreso para la aprobación de los recursos que año con año reciben las Entidades Federativas y los Municipios del país, resulta interesante observar la pasarela que realizan titulares de los gobiernos de los Estados y los Municipios para solicitar apoyo ante los legisladores y las legisladoras, así como los titulares de las Secretarías de Estado e incluso las personas que dirigen los partidos políticos de nuestro país.

Lo anterior propicia que: “se vuelve más compleja la definición de políticas y la planeación, por la incertidumbre acerca de las acciones que tomarán los distintos órdenes de gobierno” (Merino, pág. 148); además: “Si los gobiernos locales dependen de manera excesiva de las transferencias del gobierno nacional se pueden generar una serie de distorsiones como el uso ineficiente de los recursos públicos al no enfrentar las autoridades locales los costos de generar ingresos” (Merino, pág. 148); otro aspecto muy importante a comentar es respecto a que los impuestos que más proporcionan ingresos al Estado Mexicano: Impuesto sobre la renta, impuesto al valor agregado, impuesto especial sobre producción y servicios, impuestos al comercio exterior (importaciones); son impuestos federales y las Entidades Federativas y los Municipios, recaudan ingresos por impuestos cuyo objeto es limitado a actos o actividades que no realizan un importante número de contribuyentes. Por ejemplo, en las Entidades Federativas, el impuesto sobre nóminas que está obligado a pagar quien tenga trabajadores a su servicio, el impuesto sobre hospedaje, quien haga uso de hoteles, moteles, etc.; impuesto por la adquisición de vehículos de motor usado, quien adquiera un carro usado. Tratándose de los municipios, sus ingresos vía contribuciones provienen del impuesto predial y el pago de derechos.

Mención importante en este trabajo merece el Sistema Nacional de Coordinación Fiscal, el cual está regulado por la Ley de Coordinación Fiscal, la que en su artículo 1, señala su objeto:

Esta Ley tiene por objeto coordinar el sistema fiscal de la Federación con las entidades federativas, así como con los municipios y demarcaciones territoriales, para establecer la participación que corresponda a sus haciendas públicas en los ingresos federales; distribuir entre ellos dichas participaciones; fijar reglas de colaboración administrativa entre las diversas autoridades fiscales; constituir los organismos en materia de coordinación fiscal y dar las bases de su organización y funcionamiento (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 1).

Considerando que las Entidades Federativas son autónomas, cada una de ellas solicita adherirse al Sistema Nacional de Coordinación Fiscal y celebrar convenios de colaboración administrativas con la Federación. Así lo dispone el citado artículo 1 de la Ley de coordinación fiscal. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público celebrará convenio con las entidades que soliciten adherirse al Sistema Nacional de Coordinación Fiscal que establece esta Ley. Dichas entidades participarán en el total de los impuestos federales y en los otros ingresos que señale esta Ley mediante la distribución de los fondos que en la misma se establecen.

La información financiera que generen las entidades federativas y los municipios, relativa a la coordinación fiscal, se deberá regir por los principios de transparencia y de contabilidad gubernamental, en los términos de la Ley General de Contabilidad Gubernamental (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 1).

Los convenios de colaboración administrativa deberán ser aprobados por la Legislatura de la Entidad Federativa correspondiente. De igual manera deberán ser publicados en el Diario Oficial de la Federación y en el Periódico oficial de la Entidad. Es importante señalar que los convenios de colaboración administrativa pueden tener reformas y adiciones, las que igualmente deben ser publicadas en los periódicos oficiales ya mencionados en el párrafo anterior.

Constitucionalmente se dispone que: *“Art. 134. Los recursos económicos de que dispongan la Federación, entidades federativas, los Municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados”* (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, pág. 139).

En materia de coordinación fiscal, existen procesos y procedimientos para la asignación de recursos federales a las Entidades Federativas. Principalmente los recursos económicos se han llevado a Fondos con un propósito determinado. La Ley de coordinación fiscal, prevé los siguientes fondos:

“Art. 2]. El fondo General de Participaciones se constituirá con el 20% de la recaudación federal participable que obtenga la federación en un ejercicio” (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 1); lo interesante es distinguir que forma parte y que no se considera en la constitución de este fondo. Lo anterior está dispuesto de la siguiente manera:

La recaudación federal participable será la que obtenga la Federación por todos sus impuestos, así como por los derechos de minería, disminuidos con el total de las devoluciones por dichas contribuciones y excluyendo los conceptos que a continuación se relacionan:

- I. El impuesto sobre la renta derivado de los contratos y asignaciones para la exploración y extracción de hidrocarburos a que se refiere la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos;
- II. El impuesto sobre la renta por concepto de salarios y, en general, por la prestación de un servicio personal subordinado causado por los servidores públicos de la Federación, de las entidades federativas, de los municipios y las demarcaciones territoriales del Distrito Federal, así como de sus organismos autónomos y entidades paraestatales y paramunicipales;
- III. La recaudación total que se obtenga de los derechos a que se refieren los artículos 268, 269 y 270 de la Ley Federal de Derechos;
- IV. Los incentivos que se establezcan en los convenios de colaboración administrativa en materia fiscal federal;
- V. El impuesto sobre automóviles nuevos;
- VI. La parte de la recaudación correspondiente al impuesto especial sobre producción y servicios en que participen las entidades en los términos del artículo 3o.-A de esta Ley;
- VII. La recaudación obtenida en términos de lo previsto en los artículos 2o., fracción II, inciso B) y 2o.-A, fracción II, de la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios;
- VIII. Las cantidades que se distribuyan a las entidades federativas de acuerdo con lo previsto en los artículos 4o.-A y 4o.-B de esta Ley;
- IX. El excedente de los ingresos que obtenga la Federación por aplicar una tasa superior al 1% a los ingresos por la obtención de premios a que se refieren los artículos 138 y 169 de la Ley del Impuesto sobre la Renta, y
- X. El impuesto por la actividad de exploración y extracción de hidrocarburos previsto en el Título Cuarto de la Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos. Adicionalmente, la recaudación federal participable estará integrada por el 80.29% de los ingresos petroleros del Gobierno Federal a que se refiere el artículo 2, fracción XXX Bis, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad

Hacendaria, así como de los ingresos excedentes a que se refiere el tercer párrafo del artículo 93 de la misma ley. (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 1).

El fondo general de participaciones es el más importante para la distribución de ingresos a las Entidades Federativas, mismo que se compartirá con los municipios, a través del Fondo de Fomento Municipal. También existe el Fondo de fiscalización y recaudación: “Art. 4. El Fondo de Fiscalización y Recaudación estará conformado por un monto equivalente al 1.25% de la recaudación federal participable de cada ejercicio” (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 8).

Otro fondo es:

Art. 4º-B. El Fondo de Extracción de Hidrocarburos estará conformado por los recursos que le transfiera el Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, en términos del artículo 91 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

El Fondo a que se refiere este artículo será distribuido entre aquellas entidades que formen parte de la clasificación de extracción de petróleo y gas definida en el último censo económico realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 11).

También está contemplado en la Ley de coordinación fiscal, el Fondo de Estabilización de Extracción de Hidrocarburos.

El Fondo de Estabilización de Extracción de Hidrocarburos tendrá por finalidad compensar la disminución en la ministración de los recursos obtenidos por el Fondo de Extracción de Hidrocarburos, respecto a lo estimado y calendarizado para el ejercicio fiscal en cuestión.

El Fondo de Estabilización de Extracción de Hidrocarburos se sujetará a las reglas de operación que al efecto emita la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, previa opinión de las entidades que reciban ingresos por concepto del Fondo de Extracción de Hidrocarburos. (Ley de coordinación fiscal, 1978, pág. 12).

De lo anterior, puede observarse la complejidad de fondos y disposiciones normativas para constituirlos, distribuirlos, aplicarlos, informarlos y fiscalizarlos. No obstante lo anterior, nuestro país siendo parte de organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, es el país con la relación más baja entre impuestos y el Producto interno Bruto (PIB), así ha quedado expresado: “México (17.4% en 2015) y Chile (20.7%) tienen las relaciones impuestos- PIB más bajas entre los países de la OCDE. Les sigue Irlanda, con la tercera menor relación entre los países de la OCDE (23.6%) y Corea con 25.3%” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2016).

CONCLUSIONES

Lo que es evidente es que los países están gravando más el trabajo y el consumo. Esta afirmación tiene fundamento en lo expresado por la OCDE: “Según recientes estudios de la OCDE, los ingresos fiscales recaudados en las economías avanzadas han seguido aumentando a partir del alza sin precedentes registrada el año anterior, y los impuestos sobre el producto del trabajo y al consumo representan un

porcentaje creciente del total de estos ingresos” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2016)

México es participe de lo anterior y los logros obtenidos en nuestro país, se deben principalmente al régimen de incorporación fiscal, el cual ha permitido inscribir personas físicas que trabajaban y obtenían ingresos sin un registro federal de contribuyentes. Alguna de las medidas que están considerando los países miembros de la OCDE, es la siguiente: “La mayoría de los países de la OCDE han puesto en marcha o anunciado medidas para recaudar IVA sobre el creciente volumen de ventas en línea por vendedores del extranjero” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2016).

Respecto a la situación y los retos de los países de América Latina y el Caribe, ha expresado la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL):

Los países de América Latina y el Caribe atraviesan por un período de lento crecimiento y acrecentada incertidumbre sobre el futuro que obliga a los gobiernos a priorizar la gestión de corto plazo para minimizar el impacto en el empleo y también perseverar en la reducción de pobreza y la desigualdad que, en los últimos cinco años, prácticamente no muestran mejoría. Pero además no debe perderse la mirada larga, pues se corre el riesgo de repetir la experiencia del pasado auge de crecimiento liderado por las exportaciones de materias primas, que olvidó realizar transformaciones estructurales para sentar las bases de un desarrollo sostenible. Ante la encrucijada que enfrenta la región, hoy el riesgo de posponer el cambio estructural es aún mayor, por lo que se impone insistir en elevar la mirada al largo plazo y enfrentar el reto de construir el futuro que todos queremos. Todo un desafío para la planificación y la política pública (Bitar, 2016, pág. 9).

De igual manera, el Centro Interamericano de Administraciones Tributarias (CIAT), ha realizado diferentes estudios comparativos entre países miembros y ha expresado: “Históricamente los ingresos tributarios de los países de América Latina han sido insuficiente para financiar adecuadamente la provisión de servicios públicos a los ciudadanos” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013, pág. 15).

No puede negarse el esfuerzo que realizan la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en nuestro país y el Servicio de Administración Tributaria; para allegarse ingresos que permitan cubrir el gasto público, buscar estrategias para hacer eficiente el mismo, realizar campañas de fiscalización y de incorporación de nuevos contribuyentes. Sin embargo, es oportuno recordar lo expresado respecto a los países de América Latina y el Caribe: “...el bajo nivel de recaudación de los impuestos sobre la renta personal –prácticamente concentrado en los trabajadores dependientes- limita su capacidad redistributiva” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013, pág. 16).

Lo anterior puede confirmarse de acuerdo a información proporcionada por el Servicio de Administración Tributaria, a octubre de 2016. El padrón de contribuyentes es el siguiente: “Personas físicas 20 825930, grandes contribuyentes (personas físicas) 16979, asalariados 32 502636; personas morales 1 829 778, grandes contribuyentes (personas morales) 8684, total: 55 184,007 contribuyentes” (Secretaría de Hacienda y Crédito Público - Servicio de Administración Tributaria, 2016).

En consecuencia, en nuestro país contribuyen 53 345 545 personas físicas y 1 838 462 personas morales, para conformar una base de 55 184 007 contribuyentes a octubre de 2016. Es indudable que quienes sostienen el país son las personas físicas y principalmente quienes están sujetos a una relación de trabajo y son además el grupo de contribuyentes que sus impuestos son retenidos por la parte patronal, en su

gran mayoría no presenta declaración anual, por lo tanto, no hace deducciones, ni pide devoluciones o compensaciones de impuestos.

Además, los trabajadores y las trabajadoras de este país, son los contribuyentes más importantes del Impuesto sobre la renta, por el número que representan y por las circunstancias antes mencionadas. De igual manera son los principales consumidores, por lo que contribuyen de manera significativa en el Impuesto al valor agregado y del Impuesto especial sobre producción y servicios. Por lo anterior, el Impuesto sobre la renta, Impuesto al valor agregado y el Impuesto especial sobre producción y servicios; son los que más ingresos dejan al gobierno federal.

Las Entidades Federativas en nuestro país, dependen en gran medida de las participaciones federales, tienen pobre eficiencia recaudatoria de los impuestos estatales que tienen la facultad de cobrar, dejando en entredicho el federalismo fiscal de nuestro país.

LITERATURA CITADA

- Aristóteles. (2006). *La política*. (A. C. Basterrechea, Trad.) México: Ediciones Gernika.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Estado de la Administración Tributaria en América Latina*. Recuperado el 30 de 11 de 2016, de Centro Interamericano de Administraciones Tributarias: http://ciat.org-public.sharepoint.com/biblioteca/Estudios/2012-estado_administracion_2006_2010.pdf
- Bitar, S. (2016). *Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina, Edición 2016*. Obtenido de CEPAL Publicaciones. Serie Gestión Pública: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40788/1/S1600740_es.pdf
- Burgoa, I. (1991). *Derecho constitucional mexicano* (octava ed.). México: Porrúa.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (s.f.). *Cámara de Diputados*. Recuperado el 06 de 11 de 2016, de Leyes Federales: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>
- Constitución Política del Estado de Sinaloa. (s.f.). *Congreso del Estado de Sinaloa*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2016, de Leyes Estatales: <http://www.congresosinaloa.gob.mx/leyes-estatales/>
- Dahl, R. (2006). *La democracia. Una guía para los ciudadanos* (primera ed.). (F. Vallespín, Trad.) México: Taurus.
- Engels, F. (s/a). *El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado*. México: Colofón.
- García Sepúlveda, S. (2016). *Federalismo fiscal en México*. Ciudad de México: Porrúa.
- Hobbes, T. (2013). *Antología de textos políticos del ciudadano y Leviathan*. (A. Catrysse, & M. Sánchez Sarto, Trad.) Madrid: Tecnos.
- Ley de coordinación fiscal. (1978). *Cámara de Diputados*. Recuperado el 30 de 11 de 2016, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>
- Merino, G. (s.f.). *Instituto Tecnológico Autónomo de México*. Obtenido de Una agenda para las finanzas públicas: <ftp://ftp.itam.mx/pub/academico/inves/CEA/Capitulo4.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2016). *OCDE mejores políticas para una vida mejor*. Obtenido de <http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/los-ingresos-fiscales-alcanzan-nuevas-altas-a-medida-que-la-mezcla-fiscal-cambia-hacia-impuestos-sobre-el-producto-del-trabajo-y-al-consumo-ocde.htm>
- Pliengo Moreno, I. H. (2010). *Cámara de Diputados*. Recuperado el 09 de 11 de 2016, de Centro de estudios sociales y de opinión pública: file:///C:/Users/usuario/Downloads/Federalismo_Fiscal_Mexico_docto84.pdf
- Rousseau, J. (1998). *El contrato social o principios de derecho político*. México: Época.

- Secretaría de Hacienda y Crédito Público - Servicio de Administración Tributaria. (2016). *Datos abiertos del SAT*. Obtenido de Padrón por tipo de contribuyente: http://www.sat.gob.mx/cifras_sat/Paginas/datos/vinculo.html?page=giipTipCon.html
- Sempere, J., & Sobarzo, H. (1999). *Comercio Exterior*. Obtenido de Reflexiones sobre el federalismo fiscal en México: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/282/2/RCE2.pdf>
- Soto Reyes Garmendía, E. (2016). *Federalismo, sociedad y globalidad: los retos del porvenir*. Obtenido de www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n25/n25a03.pdf
- Tocqueville, A. d. (1957). *La democracia en América* (primera en el Fondo de Cultura Económica ed.). (L. R. Cuéllar, Trad.) México: Fondo de Cultura Económica.

SÍNTESIS CURRICULAR

María Guadalupe Naranjo Cantabrana

Doctorante en Ciencias de lo Fiscal, Maestría en Derecho Constitucional y Licenciatura en Derecho. Maestra de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM) del Tecnológico Nacional de México (TecNM), tutora de alumnos y alumnas, dictado cursos a docentes, conferencias y ponencias en Congresos.



PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN EN TIEMPO REAL DE DATOS Y VIDEO CON UAVs

REAL-TIME TRANSMISION PLATFORM FOR DATA AND VIDEO WITH UAVs

Claudio Guadalupe **Gino-Sosa**¹; Edward Ulises **Benítez-Rendón**¹ y Miriam **Díaz-Rodríguez**²

¹ Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan. ² Profesora de tiempo completo Titular A. Departamento de Investigación y Posgrados. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan.

RESUMEN

Actualmente se están desarrollando aplicaciones interesantes en el área de los vehículos aéreos no tripulados (UAVs), aplicaciones que tienen relevancia en el área de vigilancia e inspección. En este trabajo se desarrolló una plataforma web para vigilancia en tiempo real con capacidad de alojar información de telemetría para su posterior análisis.

Palabras clave: Vehículos aéreos no tripulados, telemetría, transmisión de video.

SUMMARY

Currently there are being developed interesting applications in the area of unmanned aerial vehicles (UAVs), applications that have relevance in the area of monitoring and inspection. This paper presents a web platform developed for real-time monitoring with the ability to host telemetry information for further analysis.

Key words: Unmanned Aerial Vehicle, telemetry, video transmission.

INTRODUCCIÓN

Los Vehículos aéreos no tripulados (UAVs por sus siglas en inglés) son herramientas tecnológicas potenciales para vigilancia e inspección, donde su función principal es recabar información de lugares de difícil acceso, remotos y donde la vida humana corra el riesgo de ser puesta en peligro.

De acuerdo con un informe de un proveedor de información de negocio independiente para la industria de defensa, el gasto mundial en 2009 en UAVs fue de 5100 millones de dólares (Ping *et al.*, 2012). Se pronostica que durante el periodo 2010-2020, el mercado de los UAVs acumulará cerca de 7100 millones de dólares (Visiongain, 2011). Por lo que se puede ver una tendencia positiva de la utilización de los UAVs en diferentes aplicaciones, gracias a la gran cantidad de información que se puede recolectar de los diferentes sensores que están abordo.

Actualmente los UAVs son usados para la toma de videos aéreos de vigilancia de lugares remotos en áreas rurales (ej. presas, campos, granjas, etc.), para prevención de desastres naturales (ej. Incendios forestales, etc.) (Qazi, Siddiqui and Wagan, 2015). Del mismo modo, se requiere en áreas densamente urbanizadas para vigilar masas, tráfico vehicular (Chen, Dong and Oh, 2007), patrullaje (Seng *et al.*, no date), para combates de incendios (Qin *et al.*, 2016), accidentes vehiculares entre otros.

Este artículo presenta un sistema de vigilancia en tiempo real, que permite la transmisión de video por internet a una plataforma web. El objetivo es difundir información visual, de geolocalización y de sensores a bordo del vehículo a los usuarios del sistema con el fin de ayudar a mejorar la logística y toma de decisiones en situaciones de accidentes carreteros, incendios, desastres naturales, entre otras.

Actualmente existen diversas aplicaciones para emitir videos en tiempo real desde el celular como lo son Periscope (*Periscope*, 2016), Facebook Live (*Live | Facebook*, 2016), entre otras. Dentro del área de transmisión se encuentran los seminarios en línea, donde se tiene una conferencia con posible interacción de los usuarios, entre las herramientas que proporcionan este servicio están Hangouts On Air (*Google Hangouts – Videoconferencias para su Negocio*, 2016), Webex (*Cisco WebEx: Videoconferencias y reuniones en línea*, 2016), Anymeeting (*AnyMeeting - Video, Web Conferencing and Webinar Software*, 2016), etc.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se presentan las principales áreas en las que se enfocará la investigación, a continuación, se presentan los vehículos aéreos no tripulados, este análisis es necesario para decidir el tipo de vehículo a implementar en el caso de estudio. En (Wang, Ding and Lu, 2012) definen UAV como vehículos aéreos que no tienen piloto o que son remotamente controlados.

Estos vehículos son capaces de volar siendo soportados por el aire, o en general por la atmósfera del planeta. Por lo tanto, se pueden clasificar de acuerdo a su método de ascenso y propulsión. La clasificación se subdivide en dos grandes grupos: ala fija y ala rotatoria, donde los vehículos de ala fija presentan las ventajas de autonomía de vuelo, capacidad de carga, velocidad de desplazamiento y techo de vuelo superiores a los vehículos de ala rotatoria. Los vehículos de ala rotatoria por otro lado presentan ventajas de capacidad de vuelo en sustentación, maniobrabilidad, capacidad de despegue y aterrizaje vertical frente a los vehículos de ala fija (Arellano M., 2014). En este trabajo para nuestro caso de estudio se utilizó un vehículo de ala rotatoria de tipo multirrotores. Los multirrotores son aeronaves con más de dos rotores, donde el control de su movimiento es mediante variación de velocidad de los rotores.

Algunas aplicaciones que se pueden desarrollar con los UAVs se encuentran: Fotografía aérea, FPV (First Person View) (Pérez-Sánchez *et al.*, 2015); búsqueda y rescate (Naidoo, Stopforth and Bright, 2011); cartografía (Samad *et al.*, 2013); fumigación, inspecciones (Luque-Vega *et al.*, 2014); (líneas eléctricas, generadores eólicos, construcciones, puentes, celdas fotovoltaicas, entre otros), agricultura de precisión (Lee *et al.*, 2010); análisis con imágenes térmicas (Leira, Johansen and Fossen, 2015) y vigilancia (Jeong, Ha and Choi, 2014).

Uno de los aspectos a considerar cuando se trabaja con UAVs es la telemetría, la cual es la información relacionada con el estado del vehículo (Tristancho *et al.*, 2009). La telemetría además de proporcionar información de los sensores del vehículo para su supervisión, tiene aplicaciones en los UAVs para la detección e objetos en movimiento (Tzanidou *et al.*, 2015), visualización y análisis de datos en estaciones de control (Mykhatsky, Kuzmenko and Savchenko, 2013), entre otros.

El enfoque de utilizar los datos de telemetría es para brindar información periódica que puede consultarse a lo largo de la visualización del video. Los datos de GPS que se almacenan son: Estado del GPS, número de satélites, latitud, longitud, altura relativa y altura. Estas variables permitirán geolocalizar en caso de ser requerido algún evento relevante para los usuarios de la plataforma web. Por otro lado, las variables del estado del vehículo que son: roll, pitch y yaw que son almacenados con el fin de proporcionar información de la orientación espacial del vehículo en cualquier instante del video.

WebRTC (*WebRTC Home | WebRTC*, 2016) es una plataforma abierta para la web que permite comunicaciones en tiempo real en el navegador. Incluye los bloques de construcción fundamentales para las comunicaciones de alta calidad en la web, tales como componentes de la red, de audio y de video.

Estos componentes, cuando se implementan en un navegador, se puede acceder a través de una API de JavaScript (*JavaScript.com*, 2016). En este trabajo se utiliza esta herramienta para la implementación de nuestra propuesta. Se utilizó WebRTC porque permite la comunicación con el navegador como una solución completa, libre y de alta calidad. Los códec soportados con WebRTC son G.711, G.722, iLBC, e iSAC para audio, y VP8 para vídeo.

Socket.io es una librería en JavaScript para Node.js que permite una comunicación bidireccional en tiempo real entre cliente y servidor. Para ello se basa principalmente en WebSocket el cual permite a las aplicaciones web mantener una comunicación bidireccional con procesos en el lado del servidor.

Es importante resaltar que las aplicaciones hechas en Socket.io tienen una desventaja y es que no soportan interacciones con otros clientes que usen WebSocket estándar. Esto se debe a que Socket.io no es una implementación del protocolo WebSocket sino una librería de comunicación web en tiempo real que utiliza varios protocolos. Sin embargo, para su implementación se debe considerar la limitante de que cliente y el servidor usen la misma librería.

Combinando las herramientas de programación actual se presenta una plataforma que permite transmitir vídeo en vivo utilizando HTML5 y WebRTC, con lo cual se tiene acceso a la cámara y el micrófono de la computadora para el navegador a través de sus librerías. En la *Figura 1* se muestra de manera general la estructura de la arquitectura del sistema.

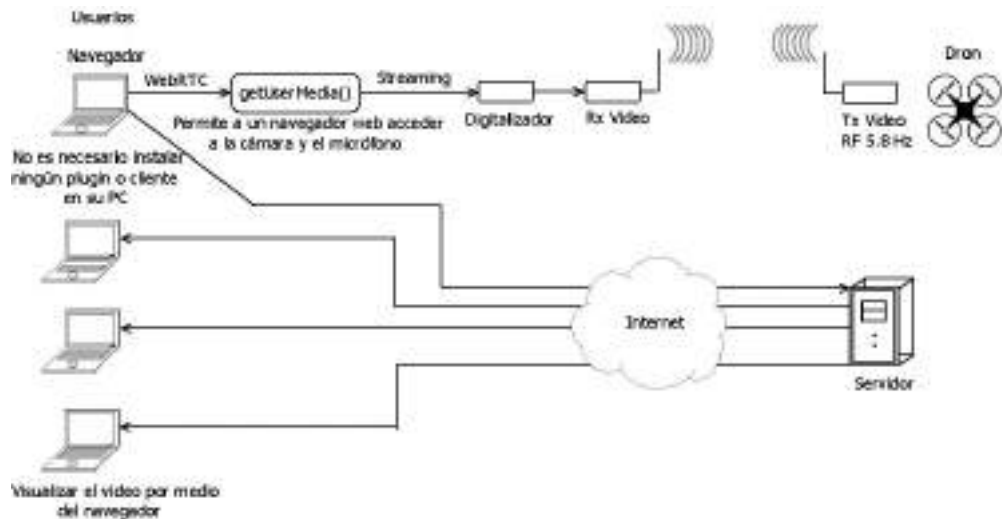


Figura 1. Diagrama general del sistema.

Proceso para la transmisión en tiempo real

El proceso para la transmisión del vídeo en tiempo real se resume en los siguientes puntos:

1. Se accede al digitalizador o cámara y se envía la información de la cámara a una etiqueta de vídeo.

2. Se dibuja cada cuadro del video dentro del Canvas.
3. Se obtiene la información de Canvas en una imagen.
4. Las imágenes se envían a un servidor con Node.js
5. En el servidor server se manda la imagen a los web sockets conectados.
6. Los sockets colocan la imagen en el atributo src de una imagen.

Funcionamiento del sistema

Se presenta el funcionamiento del software en una laptop, que tiene conectado el digitalizador, esta realiza la transmisión de video a la plataforma en tiempo real. Para mejor entendimiento del funcionamiento se divide el sistema en los siguientes módulos: emisor y visualizador

Emisor

La transmisión del video comienza desde que ejecuta la aplicación, ya que inicia un servidor y escucha conexiones.

El navegador solicita permiso al usuario para utilizar un dispositivo multimedia como una cámara, el digitalizador y un micrófono, éste último no se considera en este trabajo. Al usar la opción del digitalizar, el video se visualiza en pantalla como se muestra en la *Figura 2*.



En Vivo



Figura 2. Emisor de video abordo del hexacóptero.

La *Figura 3* muestra la interfaz con el video en vivo junto a unos controles que poseen las opciones para guardar el video y tomar fotografías de la reproducción en vivo.



Figura 3. Interfaz del emisor de video.

Las fotografías también se pueden guardar y son utilizadas como fotos miniaturas del video en el portal web. A partir de los controles se puede dar inicio a una grabación de video con la opción de que se puede detener en cualquier momento y descargar el archivo con el video en formato .webm. (Figura 4).



Figura 4. Almacenamiento de segmentos del video.

Visualizador

La interfaz para visualizar el video en tiempo real, está alojada en un servidor donde se crean usuarios para el acceso a la plataforma (Figura 5).

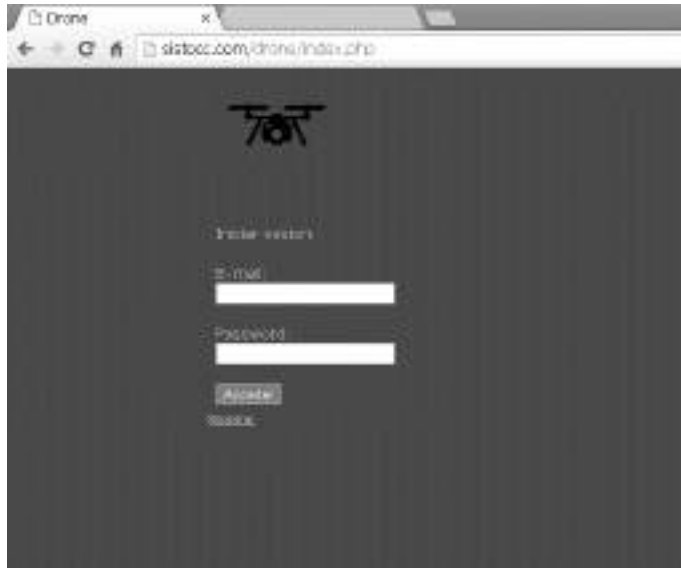


Figura 5. Pantalla para registro de usuario.

Dentro del portal, se pueden observar si existen videos en vivo para visualizar. (Figura 6).



Figura 6. Visualizador en vivo.

En esta interfaz también se muestra un título, número de comentarios, número de reproducción y reacciones que tenga el video. Los comentarios son actualizados mientras sigue el video esta en vivo, esto se puede observar en la *Figura 7*.



Figura 7. Pantalla para comentar el video.

Abajo del video para reproducir se puede acceder a los videos recomendados que se encuentran en el historial de videos, *Figura 8*.

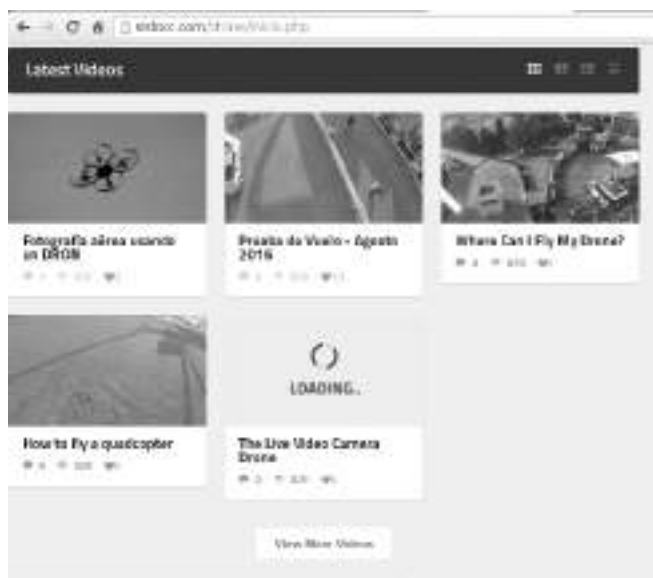


Figura 8. Publicaciones almacenadas.

En las publicaciones almacenadas en el portal también se puede añadir, leer comentarios y controlar la reproducción del video. Desde la cuenta de administrador del portal se pueden controlar los títulos, descripción e imagen de cada publicación, *Figura 9*.



Figura 9. Interfaz de administrador.

El sistema fue probado con un hexacóptero de dimensiones de 55 cm en diagonal de motor a motor, un peso de 2.3 Kg y un tiempo de vuelo aproximado de 12 min. A bordo del UAV se colocó un embebido que se encargó de solicitar información de la tarjeta de vuelo y el GPS, tal y como se muestra en la *Figura 10*. El embebido utilizado fue una Raspberry Pi 2, que tiene la función de juntar los datos y almacenarlos en un archivo con extensión txt, con una periodicidad de un segundo, una vez que el vuelo ha iniciado. Otra funcionalidad agregada al embebido fue la del control de grabación del video, la cual está configurada para que el embebido inicie la grabación en la cámara cuando el UAV despegue y finalice cuando aterrice. Para la adquisición de video se utilizó la cámara GoPro HERO4 Black, la cual fue montada en un estabilizador para minimizar el efecto de las vibraciones de los motores en el video.

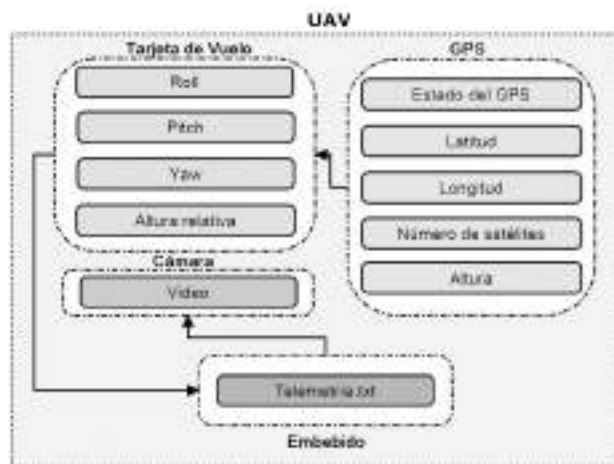


Figura 10. Diagrama a bloques del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas realizadas en las instalaciones del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan, consistieron en una ruta de vuelo programada al UAV para que el vehículo realizará el vuelo de manera autónoma. En la *Figura 11* se muestra un ejemplo de una ruta de vuelo.



Figura 11. Ruta de vuelo programada al UAV.

En las pruebas se logró obtener la transmisión de video con una resolución de 640x480 píxeles como se muestra en la *Figura 12*.



Figura 12. Resolución del video en tiempo real de 640x480 píxeles.

Durante la transmisión del video existieron problemas de recepción de la señal de video que ocurrían cuando el receptor de video comenzaba a perder línea de vista hacia al drone, esto afectó la calidad del video transmitido como se muestra en la *Figura 13*.



Figura 13. Calidad de video afectada al perder línea de vista con el transmisor de video.

Otro inconveniente que se observó fue el retraso del video que se obtenía al transmitirse por internet, retraso que iba desde 1 a 2 segundos. Los datos de telemetría se almacenaron exitosamente en todos los vuelos realizados, donde el requerimiento fue iniciar a guardar los datos cuando despegara el vehículo y terminar cuando el vehículo hubiera aterrizado. En la *Figura 14* se muestran gráficas de roll, pitch y yaw correspondiente a un vuelo.

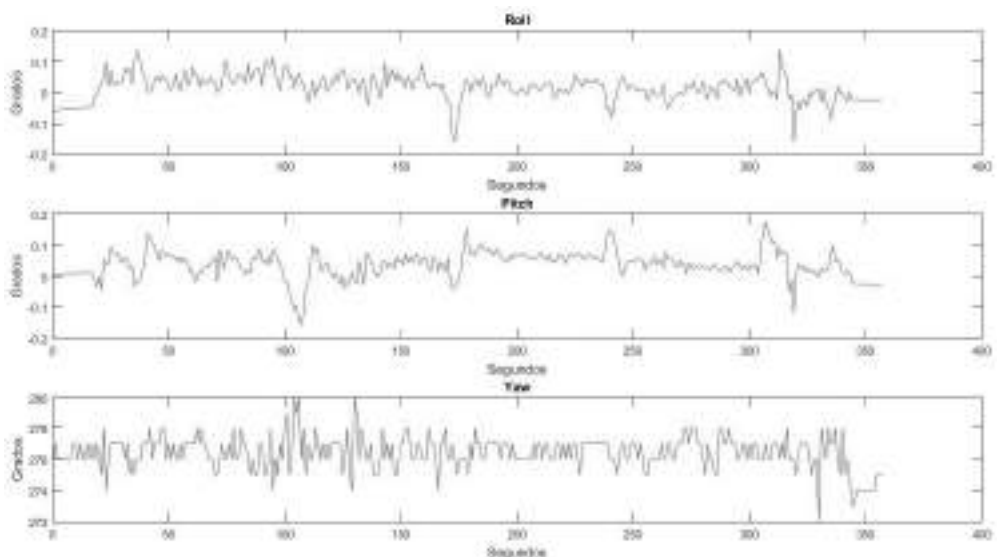


Figura 14. Gráficas de roll, pitch y yaw de un vuelo almacenado.

CONCLUSIONES

Es evidente que entre mayor es la cantidad de información que se proporcione sobre un evento, mayor facilidad habrá para la toma de acciones en situaciones de emergencia. La plataforma permite proporcionar información visual, geolocalización y datos del estado del vehículo, información útil para cualquier situación de emergencia. Como primer acercamiento con esta plataforma, se logró una herramienta de código libre que puede ser utilizada por los bomberos, protección civil, seguridad pública y otros, donde la información visual juegue un papel importante para la solución de alguna problemática. Otra meta alcanzada fue la accesibilidad lograda al realizar que la plataforma sea compatible con cualquier tipo de UAV, desde ala fija a ala rotatoria, ventaja que permite que la plataforma pueda abarcar desde cortas a largas distancias y en zonas de difícil acceso. Como trabajo a futuro se pretende desarrollar los algoritmos para detección de objetos en vuelo, enfocándolo como primera etapa a identificación de vehículos.

LITERATURA CITADA

- AnyMeeting - Video, Web Conferencing and Webinar Software* (2016). Available at: <http://www.anymeeting.com/en/> (Accessed: 2 February 2016).
- Arellano M., C. A. (2014). *Navegación 3D de un sistema de vuelo autónomo de tipo quadrotor*. CINVESTAV del IPN Unidad Guadalajara.
- Chen, Y. M., Dong, L. and Oh, J. S. (2007). 'Real-time video relay for UAV traffic surveillance systems through available communication networks', *IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC*, pp. 2610–2614. doi: 10.1109/WCNC.2007.485.
- Cisco WebEx: Videoconferencias y reuniones en línea* (2016). Available at: <https://www.webex.com.mx/> (Accessed: 2 February 2016).
- Google Hangouts - Videoconferencias para su Negocio* (2016). Available at: https://apps.google.com/intx/es-419_mx/products/hangouts/?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=latam-mx-es-hangouts-bkws-all-trial-e-sc&utm_term=hangouts&KWID=%5B*TrackerID*%5D (Accessed: 2 February 2016).
- JavaScript.com* (2016). Available at: <https://www.javascript.com/> (Accessed: 10 February 2016).
- Jeong, B. M., Ha, J. S. and Choi, H. L. (2014). 'MDP-based mission planning for multi-UAV persistent surveillance', in *International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 831–834. doi: 10.1109/ICCAS.2014.6987894.
- Lee, W. S., Alchanatis, V., Yang, C., Hirafuji, M., Moshou, D. and Li, C. (2010) 'Sensing technologies for precision specialty crop production', *Computers and Electronics in Agriculture*, 74(1), pp. 2–33. doi: 10.1016/j.compag.2010.08.005.
- Leira, F. S., Johansen, T. A. and Fossen, T. I. (2015) 'Automatic detection, classification and tracking of objects in the ocean surface from UAVs using a thermal camera', in *IEEE Aerospace Conference Proceedings*. doi: 10.1109/AERO.2015.7119238.
- Live | Facebook* (2016). Available at: <https://live.fb.com/> (Accessed: 10 February 2016).
- Luque-Vega, L. F., Castillo-Toledo, B., Loukianov, A. and Gonzalez-Jimenez, L. E. (2014) 'Power line inspection via an unmanned aerial system based on the quadrotor helicopter', in *Proceedings of the Mediterranean Electrotechnical Conference - MELECON*, pp. 393–397. doi: 10.1109/MELCON.2014.6820566.
- Mykhatsky, O. Y., Kuzmenko, N. S. and Savchenko, O. V. (2013) 'Experimental UAV flight data structuring, transmission and visualization by narrowband telemetry transmission', in *2013 IEEE 2nd International Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments, APUAVD*

- 2013 - *Proceedings*, pp. 118–121. doi: 10.1109/APUAVD.2013.6705301.
- Naidoo, Y., Stopforth, R. and Bright, G. (2011) 'Development of an UAV for search & rescue applications: Mechatronic integration for a quadrotor helicopter', in *IEEE AFRICON Conference*. doi: 10.1109/AFRCON.2011.6072032.
- Pérez-Sánchez, H. A., Benítez-Rendón, E. U., Castillo-Toledo, B., Loukianov, A. G., Luque-Vega, L. F. and Saad, M. (2015) 'Cockpit design for first person view flight for a remotely operated quadrotor helicopter', *Computacion y Sistemas*, 19(3), pp. 501–511. doi: 10.13053/CyS-19-3-2014.
- Periscope* (2016). Available at: <https://www.periscope.tv> (Accessed: 2 February 2016).
- Ping, J. T. K., Dat, C. Y., Quan, T. J. and Ling, A. E. (2012) 'Design of a easy to fly, low-cost generic unmanned aerial vehicle (UAV) for civilian aerial-imaging application', *2012 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology, STUDENT 2012 - Conference Booklet*, (October), pp. 283–288. doi: 10.1109/STUDENT.2012.6408420.
- Qazi, S., Siddiqui, A. S. and Wagan, A. I. (2015) 'UAV based real time video surveillance over 4G LTE', *ICOSST 2015 - 2015 International Conference on Open Source Systems and Technologies, Proceedings*, pp. 141–145. doi: 10.1109/ICOSST.2015.7396417.
- Qin, H., Cui, J. Q., Li, J., Bi, Y., Lan, M., Shan, M., Liu, W., Wang, K., Lin, F., Zhang, Y. F. and Chen, B. M. (2016) 'Design and implementation of an unmanned aerial vehicle for autonomous firefighting missions', in *IEEE International Conference on Control and Automation, ICCA*, pp. 62–67. doi: 10.1109/ICCA.2016.7505253.
- Samad, A. M., Kamarulzaman, N., Hamdani, M. A., Mastor, T. A. and Hashim, K. A. (2013) 'The potential of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for civilian and mapping application', *2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology*, pp. 313–318. doi: 10.1109/ICSEngT.2013.6650191.
- Seng, L. K., Ovinis, M., Nagarajan, T., Seulin, R. and Morel, O. (no date) 'Autonomous Patrol and Surveillance System using Unmanned Aerial Vehicles'.
- Tristancho, J., Barrado, C., Mansilla, S. P. and Pastor, E. (2009) 'A telemetry modeling for intelligent UAV monitoring', in *AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings*. doi: 10.1109/DASC.2009.5347421.
- Tzanidou, G., Climent-Pérez, P., Hummel, G., Schmitt, M., Stütz, P., Monekosso, D. N. and Remagnino, P. (2015) 'Telemetry assisted frame registration and background subtraction in low-altitude UAV videos', in *AVSS 2015 - 12th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*. doi: 10.1109/AVSS.2015.7301779.
- Visiongain (2011) *The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market 2011- 2021 : Technologies for ISR and Counter-Insurgency*.
- Wang, J., Ding, W. and Lu, A. (2012) 'Design of UAV ground auxiliary warning system based on data mining', in *Proceedings of IEEE 2012 Prognostics and System Health Management Conference, PHM-2012*. doi: 10.1109/PHM.2012.6228828.
- WebRTC Home | WebRTC* (2016). Available at: <https://webrtc.org/> (Accessed: 10 February 2016).

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de Zapopan por haber brindado el equipo y las instalaciones para realizar el artículo.

SÍNTESIS CURRICULAR

Claudio Guadalupe Gino Sosa

Estudiante de la maestría en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan. Actualmente trabaja en Fanosa, una empresa de manufactura como Jefe de Sistemas. Sus intereses incluyen desarrollo de aplicaciones en sistema embebidos. Correo electrónico: claudio.gino@itszapopan.edu.mx.

Edward Ulises Benítez Rendón

Recibido de ingeniero Electrónico en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Actualmente trabaja en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Guadalajara, México, como ingeniero de desarrollo en proyectos de investigación relacionados sistemas aéreos no tripulados con vehículos autónomos. Sus intereses incluyen desarrollo de aplicaciones y control de navegación para UAVs. Correo electrónico: edward.benitez.msc@itszapopan.edu.mx.

Miriam Díaz Rodríguez

Ingeniera en computación por el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) en 2007, obtuvo su grado de maestra en Ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Unidad Guadalajara en 2010, donde realiza actualmente su doctorado. Es profesora titular en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, entre sus áreas de interés se encuentran sistemas de eventos discretos y teoría computacional. Correo electrónico: mdiaz@itszapopan.edu.mx



DISTRIBUTED SYSTEM FOR HUMAN MACHINE INTERACTION IN VIRTUAL ENVIRONMENTS

Abraham Obed Chan-Canche¹ y Miriam Díaz-Rodríguez²

¹Egresado de Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan.

²Profesora de tiempo completo Titular A. Departamento de Investigación y Posgrados. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan.

RESUMEN

La existencia de redes de comunicación conformadas por múltiples dispositivos y sensores se está volviendo cada vez más frecuente. Estas redes de dispositivos interconectados entre sí, permiten desarrollar una interacción hombre máquina la cual procura mejorar el desempeño de la persona generando un entorno adaptativo en respuesta a la información que el mismo entorno emite. La problemática de este trabajo es la integración ágil de una red de dispositivos que permita desarrollar un entorno inmersivo flexible a distintos casos de uso.

Palabras claves: red de dispositivos, gestor de comandos, sockets de red, disparadores.

SUMMARY

The communication networks built by multiple devices and sensors are becoming more frequent. These device networks allow human-machine interaction development which aims to improve the human performance generating an adaptive environment in response to the information provided by it. The problem of this work is the quick integration of a device network that allows the development of a flexible immersive environment for different uses.

Key words: network devices, manager command, network sockets, triggers.

INTRODUCCIÓN

La interconexión de múltiples dispositivos es algo común hoy en día; la existencia de redes de comunicación conformadas por múltiples sistemas y protocolos se están volviendo cada vez más frecuentes. El Internet crece de manera exponencial y la cantidad de dispositivos personales interconectados también (Zhang *et al.* 2008); tal es el ejemplo de los teléfonos inteligentes y las tabletas, los cuales han presentado tal crecimiento que desde 2010 el número de dispositivos conectados es superior a los habitantes del planeta (Evans, 2011).

Dado a que muchos dispositivos cuentan con la capacidad de interconectarse entre sí, se puede establecer un sistema de comunicación entre ellos, a tal grado de que el conjunto de dispositivos en una misma red definen un concepto actual llamado Internet de las cosas (en inglés, Internet of things, IoT). El IoT aprovecha cada una de las características de comunicación de los distintos dispositivos, lo cual permite la interacción entre ellos, alcanzando distintos objetivos en base a la información que comparten entre sí.

Gracias al conjunto de información que se comparte en una red se puede desarrollar un entorno en donde brinde una interacción entre el usuario y los dispositivos por medio de la sincronización de las acciones de los dispositivos que se encuentran conectados, este resultado nos lleva al concepto de entornos inteligentes (smart environments).

Para aprovechar toda la estructura de un entorno inteligente, se integra un proceso de minería de datos en donde, por medio de cálculos estadísticos y proyección futura, se pueda entender el ambiente que rodea al usuario y predecir ciertas situaciones y acciones en base al estado actual del entorno leído por los sensores y la proyección del trabajo de minería.

Este trabajo tiene como objetivo el integrar una metodología de implementación que permita la construcción rápida y funcional de un entorno inmersivo por medio de la capacidad de comunicación que tienen ciertos dispositivos y la gestión de la información que estos pueden compartir dentro de la red.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para la integración del trabajo, se investigaron varias referencias de trabajos relacionados, entre los cuales destaca, en el área de IoT y entornos inteligentes, el MavHome (Cook D. J., *et al.*, 2004), que es un proyecto que desarrolla un agente inteligente y lo integra a la estructura arquitectónica de una casa. Este trabajo busca maximizar la comunidad y la productividad de los habitantes de la casa disminuyendo el costo de operación.

Otros trabajos relacionados, dentro del conjunto de redes de sensores, se encuentran los proyectos de agricultura de precisión, en donde se implementan nodos sensores del ambiente y un nodo central de gestión y almacenamiento, permitiendo la toma de decisiones en base a la información recabada y analizada (López J. A., *et al.*, 2011).

Tomando en cuenta el desarrollo y las problemáticas de estos trabajos relacionados, se definieron los elementos de hardware y de software necesarios para el desarrollo de este proyecto; algunos de estos elementos son los siguientes:

- *Dispositivo Intel® Galileo*
El dispositivo Intel® Galileo es una placa de desarrollo, pertenecientes a la familia de Arduino, que cuentan con el conjunto de puertos GPIO (General Purpose Input/Output [Entrada/Salida de Propósito General]) compatibles con Arduino, con un procesador Intel R Quark™ SoC X1000 y una tarjeta de red integrada, entre otras cosas. Este dispositivo es usado como un nodo sensor y actuador al mismo tiempo, dado a la capacidad de integrar sensores por medio de los puertos análogos y emitir salidas digitales por los puertos correspondientes.
- *Entorno de desarrollo Unity*
Unity se define a sí mismo como una solución ya preparada cuyo uso también es intuitivo y altamente personalizable. Con el poder de renderizado, y shading de base física altamente optimizado, se pueden crear juegos con suma rapidez. Este entorno de desarrollo de videojuegos permite realizar una integración rápida de un entorno virtual entregando así la creación rápida de una aplicación simple pero con una presentación de calidad la cual se integra en el proyecto.
- *Socket de red*
En TCP/IP, antes de poder realizar cualquier tipo de comunicación es necesario habilitar un socket y después realizar las demás tareas de comunicación. Cuando se crea un socket se debe especificar primero una familia de protocolos, así como el tipo de servicio requerido, si se trata de un servicio orientado a conexión o no. Finalmente se debe especificar qué protocolo se utilizará para dar este servicio. En TCP/IP para servicios orientados a conexión se utiliza el TCP y para servicios no orientados a conexión se utiliza el UDP. El desarrollo de los sockets de red dentro del proyecto establece la parte

del trabajo de comunicación con los dispositivos, para generar la capacidad de envío de datos entre todos.

Tomando en cuenta los trabajos relacionados y aclarada información de ciertos elementos ocupados para la construcción de una red de dispositivos y la integración en un ambiente virtual, se procede a detallar la integración realizada de los dispositivos para conformar una red de sensores acorde al objetivo del proyecto.

Para lograr la integración de la red, se seleccionó un conjunto de dispositivos capaces de comunicarse entre sí, a los cuales se les configuró un lenguaje de instrucciones simples y un sistema de mensajes de respuesta a dichas instrucciones. Además de esto, tales dispositivos fueron asignados en dos tipos de actividades diferentes, dependiendo de su configuración interna

- *Los dispositivos actuadores (nodo esclavo)*, que cuentan con un conjunto de instrucciones de entrada, un conjunto de acciones en base a las instrucciones y ciertos mensajes de respuesta.
- *El dispositivo gestor de comandos (nodo central)* el cual se encarga de administrar las instrucciones del usuario e invocar los comandos de los dispositivos, almacenar la información de lectura y entregar un estado de la red de dispositivos al usuario.

Integración del dispositivo actuador (nodo esclavo)

Como se ha mencionado antes, es necesario que el nodo esclavo cuente con un conjunto de instrucciones y tenga la capacidad de emitir una respuesta a dichas instrucciones, ya sea una actividad de lectura o una actividad de salida, por lo que dentro del nodo esclavo se integra un intérprete de instrucciones en base a la definición de ciertos comando básicos que se establecieron por parte del desarrollador del nodo. En la *Figura 1* podemos observar un diagrama simple de un nodo esclavo.

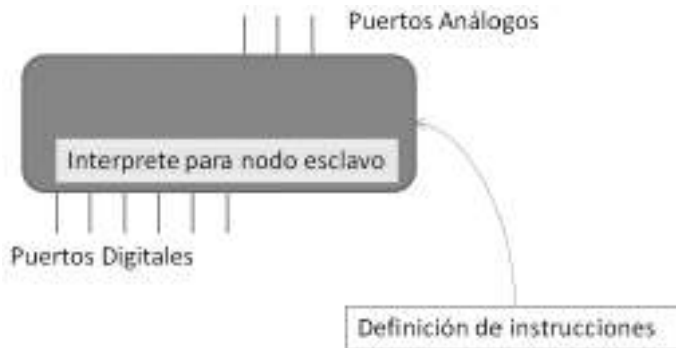


Figura 1. Nodo esclavo.

Para el desarrollo e integración del nodo esclavo, se seleccionó la tarjeta de desarrollo Intel® Galileo ya que cuenta con una interfaz de red que puede establecer comunicación por medio de los protocolos de red comunes, como TCP/IP. Así también debido al conjunto de puertos GPIO compatible con Arduino se puede integrar un desarrollo de dispositivos de manera rápida, bajo las herramientas que Intel® y Arduino proveen.

Configuración de Interfaz Arduino

En este trabajo se optó por el uso de la interfaz Arduino de la tarjeta, por lo que para la integración y uso del dispositivo Intel® Galileo como una interfaz Arduino se realizó una actualización de firmware. Dicha actualización se llevó a cabo con la herramienta de desarrollo de Sketchs Arduino que Intel® provee. Después de esta actualización, la tarjeta verifica si cuenta con una unidad de almacenamiento (tarjeta micro SD) y habilita todas las funciones que provee la interfaz Arduino.

Configuración de interfaz de red

Una vez configurada la interfaz Arduino, es necesario establecer las configuraciones de conectividad en el dispositivo. Una de las ventajas que nos proporciona el dispositivo Intel® Galileo es que no requiere la interfaz SPI (Serial Peripheral Interface) como el común de los Shields de Arduino, esto nos permite realizar una configuración directa de la tarjeta de red, ligando la dirección física del dispositivo con la dirección IP de la red. En el Cuadro 1 se describen los parámetros de uno de los dispositivos que integran a la red.

Cuadro 1. Parámetros de configuración de red

Propiedad	Valor
Dirección Física	0x98 0x4F 0xEE 0x00 0xE5 0x1D
Dirección IP	192.168.1.30
Máscara de Red	255.255.255.0
Puerta de Enlace	192.168.1.1

Para poder habilitar la configuración de red en el dispositivo Intel® Galileo se utiliza la biblioteca <Ethernet.h> la cual permite establecer la definición de un servidor de red por medio de la asignación de un puerto de entrada. En este caso se define el servidor de red con puerto 1056 para la entrada de datos, dado a que este puerto se encuentra libre. Esta configuración es necesaria para que, en base al estado del servidor en la red, se habilite un cliente de red en cada dispositivo permitiendo recibir las entradas y enviar las salidas dentro de la red.

Configuración de los GPIO con interfaz Arduino

Puesto que previamente se configuró el dispositivo Intel® Galileo como una interfaz Arduino, los puertos GPIO toman las mismas características de Arduino, por lo que se cuenta con un conjunto de 14 pines de entrada y salida digital y otros 6 más de entrada analógica. Como se observa en el Cuadro 2, se definieron los pines para la salida digital y otros para la lectura analógica.

Cuadro 2. Configuración de puertos del dispositivo Intel® Galileo

Puerto	Tipo	Configuración
9	Digital	Output
10	Digital	Output
1	Análogo	Input

Definición de conjunto de instrucciones

En base a la configuración del comportamiento de los pines se estableció un algoritmo de interpretación de instrucciones para la habilitación de la salida del pin digital o para la lectura del pin análogo en base a instrucciones simples. El *Cuadro 3* contiene la definición de dos comandos, uno de lectura del pin análogo y otro de salida alta o baja del pin digital. En el *Cuadro 4* se pueden apreciar algunos ejemplos de los comandos completamente definidos y la salida esperada del dispositivo Intel® Galileo.

Cuadro 3. Comandos simples

Tipo	Palabra Clave	Parámetros	Salida
Lectura	LEC		Valor de Lectura Análoga Mensaje: Error de Lectura
Salida	PIN	[H L],N	Salida digital del pin N, en base al parámetro H L

Cuadro 4. Ejemplo de instrucciones básicas

Comando	Salida
LEC	Lectura análoga del pin 1
PINH13	Salida de encendido del pin 13
PINH9	Salida de encendido del pin 9
PINL12	Salida de apagado del pin 12
PINL13	Salida de apagado del pin 13

Dicho algoritmo de interpretación establece un ciclo de lectura en base a la disponibilidad del cliente en red y la secuencia de los paquetes entrantes para que cuando la entrada contenga una instrucción bien definida, se interprete y ejecute la acción de dicha instrucción. El Algoritmo 1 muestra el proceso de interpretación en donde se observa el ciclo de lectura de paquetes, la verificación del comando válido y la ejecución de la salida en base a los parámetros.

Cuadro 5. Algoritmo 1**Algoritmo 1: Ciclo de lectura**

Entrada: Cadena = "", C = cliente de red

Salida:

```

1:      Mientras C está conectado hacer
2:          Si C está disponible entonces
3:              S = Lee cadena del cliente
4:              CAD += S
5:              Si CAD inicia con "PIN" entonces
6:                  ACCIÓN = cuarto carácter de CAD
7:                  Si ACCIÓN = "H" entonces
8:                      Si longitud de CAD >= 4 entonces
9:                          LED = Subcadena a partir del 4 símbolo de CAD
10:                         Salida digital Alta en LED
11:                     Fin Si
12:                 Fin Si
13:             Si ACCIÓN = "L" entonces

```

14:		Si longitud de CAD \geq 4 entonces
15:		LED = Subcadena a partir del 4 símbolo de CAD
16:		Salida digital Baja en LED
17:		Fin Si
18:	Fin Si	
19:	Fin Si	
20:	Si CAD inicia con "LEC" entonces	
21:		$V = 25 * \text{lectura análoga del pin 1} / 1023$
22:		Si $V > 2.5$ O $V < 0.25$ entonces
23:		Mensaje al servidor "Error"
24:		Sí no
25:		Mensaje al servidor V
26:		Fin Si
27:	Fin Si	
28:	Fin Si	
29:	Fin Mientras	

Con la definición e interpretación de estas dos instrucciones simples en el nodo esclavo, se realizó una replicación de varios dispositivos Intel Galileo, conformando así la red de sensores, sin embargo dichos sensores son gestionados por un nodo central el cual configuramos de la siguiente manera.

Integración del dispositivo gestor de comandos (nodo central)

El nodo central funciona como gestor de comunicación entre los comandos del usuario y los dispositivos en la red, además de que se encarga de leer y almacenar los datos recolectados por los sensores y depositarlos en un repositorio a fin de aprovecharlos para cálculos estadísticos y predicción de estados futuros del entorno. Este nodo cuenta con un intérprete de instrucciones enfocadas a entregárselas al usuario a fin de que por medio de ellas pueda hacer uso de los nodos esclavos que conforman la red. En la *Figura 2* podemos observar la correlación entre el usuario y los dispositivos a través del nodo central.

El nodo central cuenta con dos procesos que se ejecutan de manera simultánea:

- *El proceso de comunicación* con el usuario y los dispositivos el cual toma los parámetros de conexión del dispositivo y habilita un puerto de entrada para la recepción de los datos que envía tanto el usuario como el dispositivo sensor.
- *El proceso de lecturas y almacenamiento* de los datos censados. El cual proporciona modularidad a la red, la cual de manera autónoma se encuentra almacenando una imagen del entorno de implementación y entrega de manera automática una base de datos completamente consumible para aplicaciones externas.

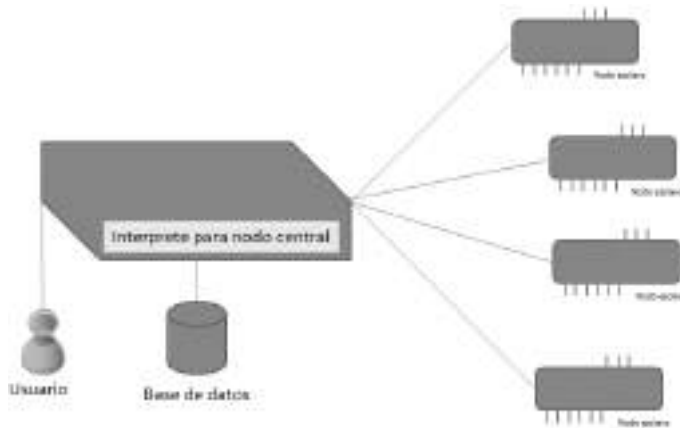


Figura 2. Nodo central en la red de dispositivos.

Proceso de comunicación

Al igual que el nodo esclavo, en el nodo central se estableció un algoritmo de interpretación de instrucciones simples enfocadas al usuario, esto es para facilitar la comunicación entre el usuario y los dispositivos sin que el usuario tenga la necesidad de reaprender las instrucciones de cada uno de los dispositivos esclavos. Estas instrucciones simples se aprecia en el *Cuadro 6*, en donde se observan, tres comandos básicos: la obtención de la lista de dispositivos que se encuentran en la red, el envío de comando a un solo dispositivo y el envío de comando a todos los dispositivos. Cada instrucción se define por una palabra de control y un conjunto de parámetros.

Cuadro 6. Instrucciones para el usuario

Nombre	Comando	Parámetros
Discover devices	DD	
Send instruction	SI	-d IP del dispositivo -p pin a utilizar -o [H L] salida del pin para Alto voltaje: H o para bajo voltaje L
Send All	SA	-p pin a utilizar -o [H L] salida del pin para Alto voltaje: H o para bajo voltaje L

Como se muestra en el Algoritmo 2, el proceso de interpretación es una capa intermedia entre que gestiona el envío de comando del usuario y lo transforma al comando del dispositivo.

Cuadro7. Algoritmo 2

Algoritmo 2: Proceso de comunicación

Entrada: ENTRADA, SALIDA, CONTADOR

Salida:

```

1:      Crea el conjunto de COMANDOS
2:      Mientras Entrada != Nulo hacer
3:      CONTADOR++
4:      ENTRADA = ENTRADA reemplaza espacio por carácter vacío
5:      COMARR = ENTRADA transforma a arreglo por separador "-"
6:      Si COMARR[0] = "SI" entonces
7:          Si Tamaño de COMARR = 4 entonces
8:              Si COMMARR[1] = "d" Y COMMARR[2] = "p" Y COMMARR[3] = "o" entonces
9:                  COMANDOS.SI(COMMARR[1], "PIN"+COMMARR[2]+COMMARR[3])
10:             Si no
11:                 SALIDA imprime "Error en estructura"
12:             Fin Si
13:         Si no
14:             SALIDA imprime "Parámetros insuficientes"
15:         Fin Si
16:         Si no Si COMARR[0] = "DD" entonces
17:             DISPOSTIVOS = COMANDOS.DD
18:             Para i hasta DISPOSTIVOS Tamaño Siguiente
19:                 SALIDA imprime "Dispositivo disponible:" + DISPOSITIVOS[i]
20:             Fin Para
21:         Si no Si COMARR[0] = "SA" entonces
22:             Si tamaño de COMARR = 3 entonces
23:                 Si COMMARR[1] = "p" Y COMMARR[2] = "o" entonces
24:                     Para i hasta Tamaño de DISPOSTIVOS Siguiente
25:                         COMANDOS.SI(DISPOSITIVOS[i], "PIN"+ COMMARR[1]+COMMARR[2])
26:                         SALIDA imprime "Envío global"
27:                     Si no
28:                         SALIDA imprime "Error en estructura"
29:                     Fin Si
30:                 Si no
31:                     SALIDA imprime "parámetros insuficientes"
32:                 Fin Si
33:             Fin Si
34:         Si ENTRADA = "exit" entonces
35:             SALIDA = true
36:         Forzar Salida de Mientras
37:         Fin Si
38:         Fin Mientras

```

Los Algoritmos 3 y 4 definen la estructura del conjunto de comandos utilizados en COMANDO del Algoritmo 3

Cuadro 8. Algoritmo 3

Algoritmo 3: Comando SI**Entrada:** IP, ACCIÓN**Salida:** MENSAJE

```

1:     MENSAJE = ""
2:     Intenta
3:     CONEXIÓN = IP, 1056
4:     SALIDA = Controlador de salida de CONEXIÓN
5:     ENTRADA = Controlador de lectura de entrada de CONEXIÓN
6:         SALIDA envía ACCION
7:         MENSAJE = ENTRADA realiza lectura
8:     Atrapa Excepción de anfitrión remoto desconocido
9:     MENSAJE = "No sabemos acerca del anfitrión" + IP
10:    Atrapa Excepción de entrada y salida
11:    MENSAJE = "No podemos establecer conexión de entrada y salida de " + IP
12:    Fin Intenta
13:    Devuelve MENSAJE

```

Cuadro 9. Algoritmo 4

Algoritmo 4: Comando DD**Entrada:****Salida:** DISPOSITIVOS

```

1:     DISPOSITIVOS = Lista vacía de cadenas
2:     Para i de 1 hasta 254 siguiente
3:         ANFITRION = "192.168.1." + i
4:         DIRECCION
5:             Intenta
6:                 DIRECCION = Obtiene dirección por nombre (ANFITRION)
7:                 Si DIRECCION es accesible entonces
8:                     Agrega dirección a DISPOSITIVOS
9:                 Fin Si
10:            Atrapa Excepción de anfitrión remoto desconocido
11:            Imprime trazado de pila
12:            Atrapa Excepción de entrada y salida
13:            Imprime trazado de pila
14:            Fin Intenta
16:    Fin Para
17:    Devuelve DISPOSITIVOS

```

Proceso de Lectura y almacenamiento

Junto con el proceso de comunicación se ejecuta el proceso de lectura y almacenamiento el cual establece la comunicación con los dispositivos por medio del puerto de comunicación configurado previamente.

Los algoritmos 5, 6 y 7 muestran, en conjunto, la forma en la que funciona el proceso de lectura y almacenamiento. Cabe mencionar que en esta implementación se define una base de datos MYSQL la cual cuenta con una tabla que identifica el dispositivo, la fecha y hora de lectura y el valor leído.

Cuadro 10. Algoritmo 5

Algoritmo 5: Proceso de Lectura y Almacenamiento

Entrada: IP, ACCION, BANDERA

Salida:

- 1: **Mientras** BANDERA hacer
 - 2: **Intenta**
 - 3: Lectura de sensor (IP, ACCION)
 - 4: Espera 500 milisegundos
 - 5: **Atrapa** Excepción de entrada y salida
 - 6: Imprime pila de instrucciones
 - 7: **Fin Intenta**
-

El Algoritmo 5 es la definición del hilo el cual realiza una lectura cada medio segundo, el proceso de lectura (Algoritmo 6) genera la comunicación con el dispositivo e invoca al proceso de almacenamiento (Algoritmo 7).

Cuadro 11. Algoritmo 6

Algoritmo 6: Lectura de sensor

Entrada: IP; ACCION

Salida:

- 1: Lanza excepción en base a Error en formato de Número
 - 2: Crea el conjunto de COMANDOS
 - 3: DATA = COMANDOS.SI(IP, ACCIÓN)
 - 4: Almacenamiento(DATA)
-

Cuadro 12. Algoritmo 7

Algoritmo 7: Almacenamiento

Entrada: DATA

Salida:

- 1: Lanza excepción en base a Error en formato de Número
 - 2: Crea el controlador de base de datos DB
 - 3: Conecta la base de datos
 - 5: Registra lectura (IP, DATA, "Voltaje")
-

Existe un evento que detiene la ejecución del proceso de almacenamiento, el cual solo modifica el valor de bandera a falso del Algoritmo 5. En esta sección se habló de la interconexión de dispositivos y este sistema distribuido en un entorno de realidad virtual.

Implementación de la red de sensores en un entorno virtual

Definida la red de sensores y habilitada para recibir comandos por parte del usuario se procedió a integrarla en el caso de uso de un ambiente virtual. Como podemos ver en la *Figura 3* se define la conexión por medio de unos disparadores del entorno virtual hacia el nodo central.

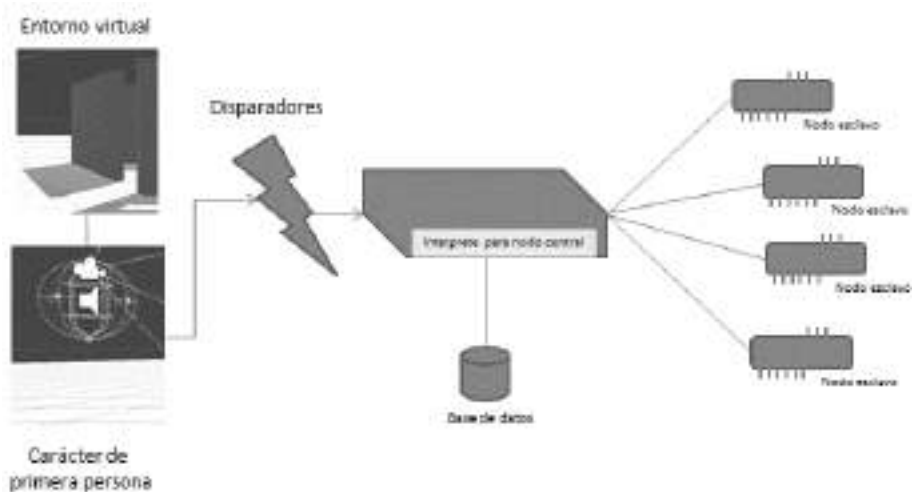


Figura 3. Integración en entorno virtual.

En este caso de uso se dio paso a la representación virtual de un planteamiento de desarrollo de un entorno inteligente en una casa habitación, en donde un conjunto de disparadores activan acciones de los dispositivos por medio de la invocación del gestor de comandos. Este entorno virtual ejerce con un disparador la comunicación con el nodo central lo que provoca que se ejecute una acción de los nodos esclavos en el mundo real dando como resultado la integración de una realidad mixta y demostrando el funcionamiento de la red de sensores.

Para realizar esta implementación se trabajó con 3 elementos en el ambiente virtual:

- El desarrollo del entorno virtual
- El carácter de primera persona
- La configuración de los disparadores

Desarrollo del Entorno Virtual

Para el desarrollo de entorno virtual se definió una escena en Unity en donde se depositó un plano de una habitación simple (*Figura 4*). Este plano fue diseñado desde una aplicación de modelado y luego

exportado a un objeto .FBX el cual se implementó en la escena Unity dándole propiedades sólidas para la buena interacción con los demás objetos que se encuentran dentro del mismo entorno virtual.

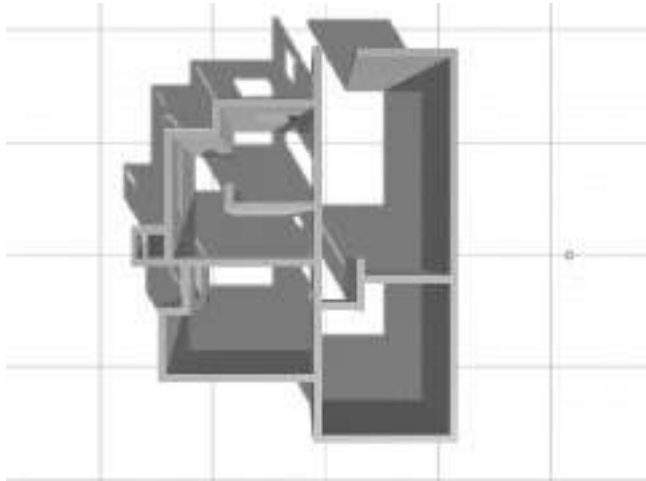


Figura 4. Plano de habitación simple.

Carácter de primera persona

Una vez establecida la escena, se estableció un personaje que interactúe en ella, para esto Unity por defecto provee de ciertos recursos los cuales permiten una integración rápida de objetos complejos pero comunes en un entorno cualquiera, dentro de estos objetos se encuentra los recursos de caracteres entre los cuales está el carácter de la primera persona. La *Figura 5* muestra la integración del carácter de primera persona en la escena de Unity. El carácter en primera persona es un objeto que integra ciertas características físicas y de control, así como efectos de sonido y una visión de cámara que simula la inmersión del usuario. Este carácter se integró para proporcionar control al usuario y de esta forma pueda moverse dentro del entorno virtual a fin de activar los disparadores definidos dentro del entorno.

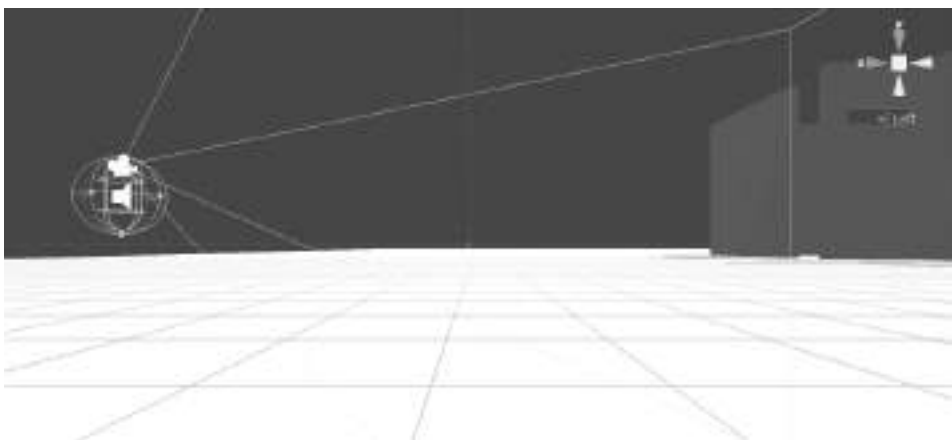


Figura 5. Carácter de primera persona.

Configuración de los disparadores

El carácter en primera persona es aquel que activa los disparadores en la escena, para establecer dichos disparadores se define un objeto no sólido e invisible al usuario el cual por medio de la asignación `isTrigger` invoca los eventos del entorno de desarrollo. Como podemos observar en la *Figura 6* se establecen varios elementos como disparadores dentro de la escena para posteriormente configurar los eventos al gestor de comandos del sistema distribuido.

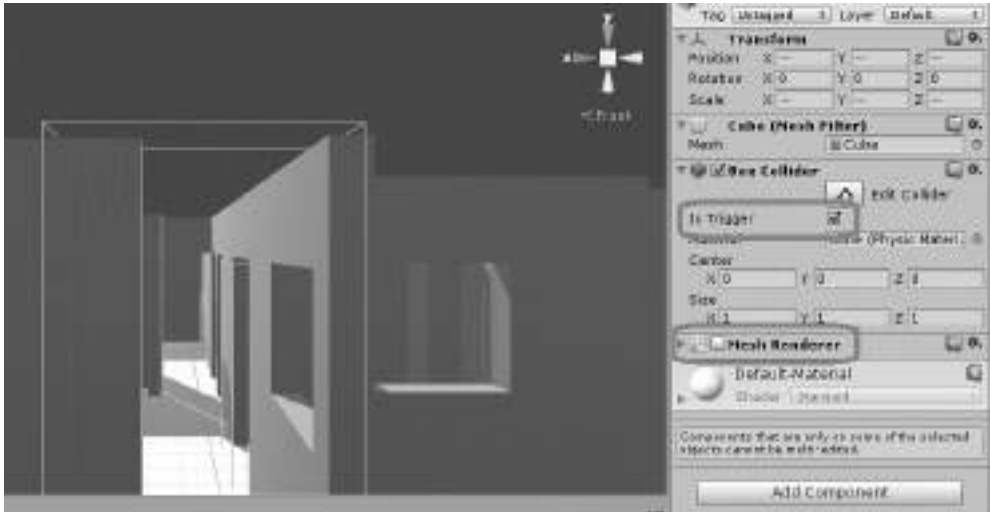


Figura 6. Configuración de disparadores.

Script de respuesta de los disparadores

Teniendo en el entorno los disparadores listos, es necesario asignarles una acción cuando éstos se activen, en este caso es el envío de una instrucción por medio de la red al nodo central. Por defecto las bibliotecas que permiten la comunicación por conexiones de red a nivel de transferencia de paquetes no se encuentran integradas en el conjunto de recursos que proporciona Unity, sin embargo, se puede integrar la conexión de red por medio de la construcción de una biblioteca de que defina un cliente de red y la integración a los recursos de la escena Unity.

- *Biblioteca para el cliente de red*

La construcción de la biblioteca la comunicación crea el cliente de red a partir de una clase la cual integra dos bibliotecas del sistema: la biblioteca *System.Net* y la biblioteca *System.Net.Sockets*. Estas dos entregan los métodos suficientes para la conexión con el nodo central. Esta clase llamada Cliente integra la construcción de un Socket y un EndPoint apuntando a una IP y un Puerto. Al crear el socket se definen el tiempo de familia de direcciones, el tipo de socket y el tipo de protocolo.

El método de envío verifica que exista conexión con el dispositivo gestor y, en caso de ser verdadero, establece un controlador de envío de paquetes, codifica el mensaje y lo envía por el socket. Este método también recupera la respuesta enviada por el dispositivo y lo imprime en la consola de ejecución.

- *Script*

Después de integrar la biblioteca del cliente de red se procede a realizar la configuración de los disparadores. Estos disparadores funcionan con la definición de dos métodos que proporciona el entorno Unity los cuales son

- OnTriggerEnter()

Construye una instancia de la biblioteca cliente, conecta con el gestor de comandos y envía un comando de encendido apuntando a un dispositivo en específico.

- OnTriggerExit()

Construye una instancia de la biblioteca Cliente, conecta con el gestor de comandos y envía un comando de apagado a un dispositivo en específico.

Ambos comandos utilizan el conjunto de instrucciones definido en el Gestor de comandos y es él quien se encarga de la comunicación con los dispositivos, reduciendo la cantidad de código necesario para la integración y agilizando el uso de las instrucciones que entregan los dispositivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del conjunto de resultados obtenidos en el trabajo, podemos observar en la Figura 7 la red de dispositivos integradas con 5 tarjetas Intel® Galileo conectando un led en el puerto 12, una computadora (izquierda) que ejecuta el sistema interprete del nodo central y otra (derecha) que ejerce la función de usuario la cual se comunica con el nodo central. La *Figura 7* se tomó al momento de realizar la prueba de funcionamiento y comunicación entre el nodo central y los nodos esclavos; y entre el usuario y el nodo central, a manera de que al momento del envío de un comando al nodo central este la reinterpreté de forma adecuada y envíe la instrucción específica a los nodos esclavos.



Figura 7. Red de dispositivos.

Después de haberse realizado las pruebas del funcionamiento de la red, se integró el entorno Unity a la maquina cliente. En este entorno los disparadores configurados dentro de Unity funcionan como el cliente que envía comandos al nodo central. En la Figura 8 se puede observar el resultado de la prueba del entorno virtual funcionando en conjunto con la red, en donde al momento de activar uno de los disparadores se enciende el led conectado en el nodo esclavo por medio de la comunicación con el nodo cliente.



Figura 8. Integración del entorno virtual.

Una de las actividades a futuro es poder hacer reaccionar el entorno virtual en base a la lectura de los sensores de los dispositivos, para poder entregarle al usuario una mejor inmersión. Otro trabajo a futuro es la Integración de repositorio de los datos almacenados en la nube, para permitir el análisis de datos de varias redes y poder compartir dicha información por medio del internet. Este trabajo se integrará en el caso de uso en domo de inmersión de realidad virtual, en donde múltiples dispositivos ejecutan sus eventos en base a una proyección audiovisual. Para hacer esta integración también se desarrollará un lenguaje de alto nivel el cual gestionará los comandos del Gestor y así sincronizar los dispositivos.

CONCLUSIONES

En este trabajo se demostró la flexibilidad y dinamismo de las tarjetas Intel® Galileo permitiendo utilizar sus recursos acordes a los requerimientos de la problemática. Cabe mencionar que se busca integrar otros tipos de sistemas de IoT para verificar la eficiencia de la interfaz Arduino en contra de otros sistemas IoT que la tarjeta Intel® Galileo permite integrar. Sin embargo con esta implementación demostró el funcionamiento de los dispositivos al trabajar en conjunto con el nodo central, con el uso un cliente simple como usuario, donde se comprobó el funcionamiento de la red y se verificó la respuesta esperada a las instrucciones establecidas demostrado en un primer caso de uso de comunicación sin interfaz.

Al tener un entorno distribuido, con las instrucciones se pudo integrar un entorno virtual a la red de dispositivos, corroborando de esta forma la flexibilidad de la red, además de probar el tiempo de integración en un caso de uso de comunicación con una interfaz (entorno Unity), donde se observa que, con la red definida, el desarrollo del proceso de comunicación es sencillo y ágil.

En base a los elementos resultantes y las pruebas realizadas se demostró que la red de dispositivos cumple con el objetivo buscado, el cual es permitir la construcción rápida y funcional de un entorno inmersivo, con esto se demostró dicha funcionalidad en un entorno virtual aunque cabe mencionar que puede ser aplicado en diversos casos de uso, dependiendo de los requerimientos del entorno en donde se implemente, por ejemplo una casa inteligente, un hospital, una sala de inmersión audiovisual entre otros. En la delimitación de este trabajo se validó uno de los diversos escenarios en donde puede integrarse el trabajo.

LITERATURA CITADA

- Arduino community, (2016, Agosto), Arduino - Sketch, disponible en <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sketch> [26 de Agosto de 2016].
- Cook, D., Das, S. (2003) Karthik Gopalratnam, and Abhishek Roy, Health Monitoring in an Agent-Based Smart Home, to appear in Proceedings of the International Conference on Aging, Disability and Independence Advancing Technology and Services to Promote Quality of Life.
- Cook, D., Das, S. (2004). MavHome: Work in progress, IEEE Pervasive Computing.
- Evans, D. (2011). Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo.
- Intel®, (2016, Agosto), Intel® Galileo Gen 2 Development Board—Empower Your Prototype, disponible en <http://www.intel.la/content/www/xl/es/do-it-yourself/galileo-makerquark-board.html> [28 de Agosto de 2016].
- López, J. A., García, A. J., Soto, F., Iborra, A., García F., Iborra A. (2011). Design and validation of a wireless sensor network architecture for precision horticulture applications, PRECISION AGRICULTURE (vol. 12, pp. 280-295).
- Molina J. M., Navarro, P. J., Jiménez, M., Soto, F., Ruiz, A. García, D. (2012). VIPMET: a new real-time data filtering based automatic, JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING (vol. 138, pp. 823-829).
- Quintana, M. A. (1996), Introducción a la programación en red: Sockets y Windows Sockets, disponible en <http://hdl.handle.net/10553/601> [4 de Septiembre de 2016]
- Unity - Game engine, tools and multiplatform, disponible en <https://unity3d.com/es/unity> [02 de septiembre de 2016]
- Zhang, Guo-Qiang., Yang, Qing-Feng., Cheng, Su-Qi., Zhou, Tao. (2008), Evolution of the Internet and its cores, disponible en <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/10/12/123027/meta> [11 de octubre de 2016]

SÍNTESIS CURRICULAR

Abraham Obed Chan Canche

Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Cancún, es gerente de sistemas en la empresa SYE decodificaciones en donde implementa sistemas de automatización por código de barras. Actualmente es estudiante de maestría en el Instituto Tecnológico Mario Molina Pasquel y Henríquez, dentro de sus áreas de interés se encuentra el desarrollo de sistemas de control y minería de datos. Correo electrónico: achan.msc@itszapopan.edu.mx

Miriam Díaz Rodríguez

Ingeniera en computación por el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) en 2007, obtuvo su grado de maestra en Ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Unidad Guadalajara en 2010, donde realiza actualmente su doctorado. Es profesora titular en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, entre sus áreas de interés se encuentran sistemas de eventos discretos y teoría computacional. Correo electrónico: mdiaz@itszapopan.edu.mx



TRADUCTOR DE ESPAÑOL A METALENGUAJE SEMÁNTICO NATURAL

CONVERTER FROM SPANISH TO NATURAL SEMANTIC METALANGUAGE

León Enrique Verdín-Armenta¹ y Miriam Díaz-Rodríguez²

¹Egresado de Maestría en Sistemas Computacionales. Departamento de Investigación y Posgrados. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan. ²Profesora de tiempo completo Titular A. Departamento de Investigación y Posgrados. Instituto Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Zapopan.

RESUMEN

Se desarrolla un programa capaz de convertir un subconjunto del español a vocabulario del Metalenguaje Semántico Natural. Este metalenguaje cuenta con las características de ser libre de ambigüedades, de estar formado por conceptos simples y tener un vocabulario reducido, lo cual presenta ventajas para su procesamiento por computadora. Para mostrar cómo esta información se puede usar y que una reducción en la complejidad del texto es ventajosa, se hace una pequeña implementación de un sistema experto que es capaz de aprender las reglas del juego de gato y de evaluar el tablero para determinar el resultado de la partida.

Palabras clave: Lenguaje natural, NSM, juego, instrucciones, ambigüedad

SUMMARY

The aim of this project is to develop a program able to convert a subset of Spanish words to Natural Semantic Metalanguage vocabulary. This metalanguage is free of ambiguities, it is formed with simple concepts and has a reduced vocabulary, making it convenient for its processing by computer. To show how this information can be used and that a reduction in the complexity is advantageous, a small implementation of an expert system with the ability of learning the tic-tac-toe rules and evaluating the board to determine the game status is made.

Key words: Natural language, NSM, game rules, instructions, ambiguity.

INTRODUCCIÓN

La comunicación entre las personas y los sistemas computacionales es cada vez más frecuente y directa, lo cual puede ser problemático debido a la gran diferencia en que la información es captada y procesada por los seres humanos y las máquinas. Muy pocos sistemas se basan en la interpretación directa de la información, esto por la dificultad de garantizar la calidad de la información de entrada.

Este problema pertenece al procesamiento de lenguaje natural (PLN), que es un sub-campo de la lingüística y la inteligencia artificial (IA) y estudia los problemas inherentes al procesamiento y manipulación del lenguaje natural. El objetivo final del PLN es hacer que las computadoras “entiendan” ideas expresadas en lenguaje humano (Linckels & Meinel, 2011). Una herramienta que usa ampliamente el PLN son los sistemas expertos, usados para mejorar la interacción entre los usuarios y la información que existe en una base de datos.

El desarrollo de estos sistemas es complejo y por lo general se prefiere hacerlos en inglés. Debido a lo anterior, el objetivo de este proyecto es demostrar que el español, convertido a un vocabulario reducido del mismo y sin ambigüedad puede ser usado por un sistema experto directamente, facilitando su proceso de desarrollo. Con el método usado para desarrollar este programa traductor de español a Metalenguaje Semántico Natural (Natural Semantic Metalanguage o NSM), se obtiene como resultado un texto con

atributos que facilitan su procesamiento como la falta de ambigüedad sintáctica y semántica, un vocabulario limitado a un conjunto pequeño de primitivas semánticas y gramática más simple que el texto original.

En la implementación del ejemplo se usa como texto de entrada la explicación de las reglas en español sencillo del juego de *gato* y el texto resultante (ya convertido a vocabulario NSM) se usa para alimentar un motor de inferencia de un sistema experto.

Sistemas expertos

Los sistemas expertos son programas de computadora que resuelven problemas complejos dentro de un área específica. El motor de inferencia del sistema experto obtiene la información necesaria del usuario, corre los modelos si se necesitan, e interpreta la salida para el usuario. Los datos son los hechos o las evidencias con las que se va a trabajar en un problema. Es posible incrementar los datos iniciales a través de la incorporación de las nuevas conclusiones que producen las reglas, si es el caso. Algunas de las reglas de inferencia más utilizadas son Modus Ponens y Modus Tollens y se pueden construir reglas más complejas mediante el *encadenamiento de reglas*. Esta estrategia puede utilizarse cuando las premisas de ciertas reglas coinciden con las conclusiones de otras. Esto se repite sucesivamente hasta que no pueden obtenerse más conclusiones.

Redes semánticas

John F. Sowa describe las redes semánticas como estructuras de grafo que representan el conocimiento en patrones de nodos y arcos interconectados (Sowa, 2015); una red semántica forma parte de la estructura de datos del sistema experto. En computación el término “redes semánticas” se usó por primera vez en 1956 por Richard Richens para la pre-programación de un sistema de traducción por computadora (Sowa, 2016), y posteriormente en 1968 por Ross Quillian en su tesis doctoral para hablar sobre la organización de la memoria semántica humana o memoria para conceptos de palabras (Sharples, 1989).

Primitivas semánticas

Siendo las redes semánticas modelos relacionales, la estrategia usual de los diseñadores de redes semánticas es hacer que el número de primitivas relacionales sea mínimo (TEMA, AGENTE, SUJETO, ATRIBUTO), mientras que no hay límite para el número de tipos (como sustantivos, verbos e incluso oraciones completas) (Malrieu, 2002). Las primitivas semánticas atacan el problema de la circularidad en las definiciones. Este problema consiste en que, al usar los diccionarios comunes al explicar un término, pueden usarse otros términos que a su vez necesitan definirse, y eventualmente se llega a las palabras iniciales. Las primitivas semánticas evitan este problema ya que se tiene un conjunto de palabras o conceptos que son considerados como básicos, es decir, que ya no es posible definirlos con otras palabras. Algunos tipos de primitivas semánticas que se desarrollaron fueron la dependencia conceptual de Roger Schank, KL-ONE de Brachman et al, Web Ontology Language (OWL) del grupo de trabajo de OWL y una lista más lingüísticamente inspirada es desarrollada por Wierzbicka, el Metalenguaje Semántico Natural (NSM) (Kornai, 2010).

En (Di Eugenio, 1992), Barbara Di Eugenio usa las primitivas de Jackendoff propuestas en (Jackendoff, 1990) para desarrollar un modelo computacional que adapta el plan al objetivo, y viceversa y después lo usa para que el sistema tenga capacidad de seguir instrucciones expresadas como imperativos; Di Eugenio continúa con la integración de un sistema híbrido y de estructuras conceptuales, y dice: *He mostrado que dos esquemas de representación diferentes son útiles para realizar diferentes tipos de inferencia. [...] Dado que los dos formalismos son promisorios, el siguiente paso natural es integrarlos, ambos se beneficiarán de esta integración.*

En (Goddard, *et al.*, 2006) se da el listado las primitivas semánticas de la teoría NSM en español, algunas son:

YO, TÚ, ALGUIEN~PERSONA, ALGO~COSA, ESTO, LO MISMO, OTRO, UNO, DOS, ALGUNOS, MUCHO, POCO, TODO, BUENO, MALO, GRANDE, PEQUEÑO, SABER, OÍR, VER, HACER, MOVERSE, ESTAR (EN ALGÚN LUGAR), HAY, SER (ALGUIEN/ALGO), (ALGO) ES (DE ALGUIEN), DONDE~LUGAR, AQUÍ, ARRIBA, DEBAJO, LADO, DENTRO, NO, SI, TIPO, PARTE, COMO.

Kristin Stock et al en (Stock, et al., 2011), mediante el uso del metalenguaje semántico natural crea un sistema de consulta de información geográfica y usa varias palabras de ubicación geográfica que forman parte del vocabulario del NSM.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Los pasos para la traducción de forma general se pueden ver en la *Figura 1*. En esta sección se detallan en las siguientes subsecciones las características de la entrada, el proceso de traducción y la conversión a NSM.

Lectura de reglas y anotación gramatical



Figura 1. Algoritmo general de la investigación.

Se toman las instrucciones generales desde un archivo con texto como el del *Cuadro 1*. La interpretación de algunas reglas puede depender de la existencia de otras reglas, por lo que el orden de las instrucciones es importante. El procesamiento de estas reglas, y su integración final al sistema experto, es parecido en todos los casos de texto de entrada. El texto en este archivo se separa en oraciones y estas en palabras. Después es procesado por un módulo de Freeling para encontrar sus etiquetas morfosintácticas y esta información es recopilada en una estructura de datos.

Freeling es una librería de código abierto para el procesamiento multilingüe automático, que proporciona una amplia gama de servicios de análisis y anotación lingüísticos. Es personalizable y ampliable, y está orientado a aplicaciones del mundo real en términos de velocidad y robustez (Padro, 2012).

El etiquetado gramatical o anotación morfosintáctica, consiste en indicar para cada palabra su categoría gramatical junto con sus rasgos gramaticales más relevantes (Moreno, *et al.*, 2001).

El analizador morfológico de Freeling utiliza un conjunto de etiquetas para representar la información morfológica de las palabras. Este conjunto de etiquetas se basa en las etiquetas propuestas por el grupo EAGLES (del inglés Expert Advisory Group on Language Engineering Standards) para la anotación morfosintáctica de lexicones y corpus para todas las lenguas europeas (Padro, 2015). Un ejemplo de esta anotación gramatical, puede verse en la *Figura 2*.



Figura 2. Anotación gramatical.

Cuadro 1. Ejemplo de una sección del texto de entrada

:si a01 es a02 y a02 es a03 entonces a01 es a03
:si a01 es adyacente a a02 entonces a02 es adyacente a a01
jugador1 tiene las piezas rojas
jugador2 tiene las piezas blancas
a1 es una casilla
a1 es adyacente a a2 y b1
ficha01 es una pieza negra
ficha02 es una pieza negra

Después de estos pasos, se tiene como salida una lista de oraciones. A su vez, para cada oración, se tiene una lista de posibles etiquetas morfosintácticas, cada una tiene un grado de ambigüedad. Quiroga-Clare (Quiroga-Clare, 2003) define la ambigüedad como algo que puede ser entendido de dos o más posibles

maneras, y hace hincapié en su importancia en PLN. Al problema de eliminar la ambigüedad, se le conoce como desambiguación. El grado de ambigüedad de cada una de las oraciones en la lista, es asignado por el módulo de desambiguación de Freeling y puede variar desde valores cercanos a 0 para etiquetas improbables, hasta valores cercanos a 1 para etiquetas de las que se tiene mucha seguridad que coinciden. Estos valores de probabilidad son asignados por el módulo de Freeling de acuerdo a estudios estadísticos de ciertos corpus. En el paso siguiente, es necesario eliminar las posibles ambigüedades. Se seleccionan únicamente las etiquetas que tienen la mayor probabilidad de ser las correctas.

Cuadro 2.- Contenido de la base de datos del diccionario para *las* y *hay*

```
<entrada>
<palabra>las</palabra>
<significado/>
<morfo>da0fp0</morfo>
<lema>el</lema>
<nsm/>
<bnsm>>false</bnsm>
<identificador>0</identificador>
</entrada>
<entrada>
<palabra>hay</palabra>
<significado>que algo existe</significado>
<morfo>vmip3s0</morfo>
<lema>haber</lema>
<nsm>haber</nsm>
<bnsm>>false</bnsm>
<identificador>0</identificador>
</entrada>
```

En caso de que dos etiquetas tengan la misma probabilidad, se escoge la sugerida por Freeling, esto da como resultado una oración con palabras y sus respectivas categorías gramaticales como se ve en el *Cuadro 2*. Es posible que una palabra sea idéntica a otra en sus etiquetas gramaticales, pero que aun así tengan significados distintos. En este caso se utiliza un diccionario que contiene los significados posibles para esa etiqueta. Cabe mencionar que, en los pasos anteriores, varios significados posibles son descartados. Esto puede provocar que un significado incorrecto sea seleccionado si la redacción del texto es tal que el desambiguador de Freeling le asigne menos probabilidad al significado que se quería especificar.

Una palabra identificada con su etiqueta gramatical puede tener más de un significado, lo cual altera el significado de la frase. Para evitar esto, el paso siguiente es mostrar al usuario los significados de las palabras, en caso de que tenga más de uno. Si solo es uno, el programa salta toda esta verificación y se va al paso de conversión a NSM. En los casos en que hay más de un significado se muestran las opciones disponibles al usuario, con el default resaltado. En caso de que la palabra no tenga un significado registrado, o que haya un significado que no está considerado para esa palabra, se le puede indicar al programa que se agregará uno para poder seleccionarlo después.

Conversión a NSM

Una vez que el texto de entrada está etiquetado, debe ser convertido a un vocabulario formado por términos del Metalenguaje Semántico Natural (NSM). Para esto, se considera que la conversión NSM de una determinada oración, es válida también para otra oración con una estructura sintáctica idéntica. Con esto, se construye una base de datos que relaciona una estructura sintáctica con las instrucciones para convertirla a NSM. Esta estructura sintáctica no es más que la lista de etiquetas gramaticales que corresponden a cada palabra de la oración (*Cuadro 3*). Cuando se encuentra una estructura sintáctica que no coincide con ninguna en la base de datos, se pregunta al usuario si desea agregarla, y se procede de acuerdo.

Las instrucciones de conversión a NSM deben construirse de manera manual, lo cual requiere una inversión de tiempo para cualquier estructura nueva. Las oraciones de entrada cuya estructura sintáctica coincida con las ya existentes en la base de datos, son procesadas inmediatamente, por lo que la información que se pide al usuario es altamente reutilizada. En las instrucciones de conversión, arbitrariamente se toman las letras X, Y, y Z para representar los sujetos o tema principal en las oraciones, mientras que las letras A, B, C, etc., se usan para cualquier otra variable.

Cuadro 3. Ejemplos de entradas en la base de datos de plantillas

```
<plantilla>
<patrón>Z VSIP3S0 AQ0CS0 SPS00 Z CC Z</patrón>
<instrucciones>A ser adyacente B
A ser adyacente C</instrucciones>
<variables>A=1
B=5
C=7</variables>
</plantilla>
<plantilla>
<patrón>CS Z VSIP3S0 AQ0CS0 SPS00 Z RG Z VSIP3S0 AQ0CS0 SPS00 Z</patrón>
<instrucciones>si A ser adyacente B entonces B ser adyacente A</instrucciones>
<variables>A=2
B=6</variables>
</plantilla>
```

Las instrucciones consisten únicamente de sustituciones, pero esto de manera repetitiva permite procesar oraciones de mayor complejidad.

Administración de las bases de datos

Existen tres bases de datos: el diccionario de palabras, con el que diferentes palabras que cuentan con la misma etiqueta morfosintáctica pueden ser diferenciadas, el diccionario de términos NSM, en el que cada significado cuenta con una definición en términos del vocabulario de NSM, y la base de datos de estructuras, que se usa para la conversión a NSM. Estas bases de datos pueden construirse desde cero en el programa, o bien pueden cargarse desde archivos XML. El programa se encarga de validar el contenido de las bases de datos antes de cargarlas.

El usuario alimenta información de las palabras nuevas y el resultado se traduce a NSM mediante una tabla de conversiones. Una conversión NSM de determinada oración se considera válida para otra oración si ambas cuentan con una estructura sintáctica idéntica. Las instrucciones para convertir a NMS deben hacerse manualmente para cualquier estructura nueva. La información leída de las reglas, el estado inicial

del tablero, y la interacción con el usuario se guarda en una red semántica, en la cual una oración es válida si su representación NSM existe en la red. También tiene un algoritmo para rechazar cambios que introducen contradicciones o ciclos en el sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la implementación, el usuario da las reglas del juego de *gato*, describiendo el estado inicial y las condiciones para decidir un ganador o un empate. El programa lee las reglas y pregunta al usuario por más información en caso de que no reconozca una palabra o una estructura sintáctica y después realiza análisis sintácticos y semánticos a estos datos. Se usaron fichas blancas y negras como marcadores para distinguir a los dos jugadores, y para el tablero se usó una cuadrícula de 3x3, marcadas con letras para las columnas y números para las filas, como se puede ver en la *Figura 3*. Después una etapa de desambiguación basada en grafos se seleccionan las ramas más probables del análisis de salida. La herramienta lingüística Freeling se usa para estos pasos de análisis y desambiguación.

a3	b3	c3
a2	b2	c2
a1	b1	c1

Figura 3. Cuadrícula de 3x3.

Cuadro 4. Ejemplo de la salida del programa

```

>Cargando base de datos NSM... OK.
>Creando motor de inferencia y cargando términos NSM... OK.
>Integrando diccionario semántico y NSM al motor... OK.
> - Integración a la red semántica -
> -- "si a01 ser a02 y a02 ser a03 entonces a01 ser a03", aplicando cambios a la red.
>La regla fue integrada y procesada
> -- "si a01 ser adyacente a02 entonces a02 ser adyacente a01", aplicando cambios a la red.
>La regla fue integrada y procesada
> * "a1 ser adyacente a2" genera: ("a2 ser adyacente a1")
> * "a1 ser adyacente b1" genera: ("b1 ser adyacente a1")
> * "a2 ser adyacente b2" genera: ("b2 ser adyacente a2")
> [ '?' = pregunta, sin signo = orden, vacío = salir ]
Por favor, a continuación haga su solicitud:
> 1: "pieza blanca esta sobre a1".
>La plantilla existe.
>VERDADERO
> [ '?' = pregunta, sin signo = orden, vacío = salir ]
Por favor, a continuación haga su solicitud:
> 2: "pieza negra esta sobre a3".
>La plantilla existe.
>VERDADERO

```

> ['?' = pregunta, sin signo = orden, vacío = salir]
Por favor, a continuación haga su solicitud:
> 3: "pieza blanca esta sobre b2".
>La plantilla existe.
>VERDADERO
> ['?' = pregunta, sin signo = orden, vacío = salir]
Por favor, a continuación haga su solicitud:
> 4: "pieza negra esta sobre b2".
>La plantilla existe.
>FALSO
>contradicción
>si a01 no ser a02 y a02 esta sobre a03 entonces a01 no esta sobre a03
> ['?' = pregunta, sin signo = orden, vacío = salir]
Por favor, a continuación haga su solicitud:
> 5: "pieza negra esta sobre b3".
>La plantilla existe.
>VERDADERO
> ['?' = pregunta, sin signo = orden, vacío = salir]
Por favor, a continuación haga su solicitud:
> 6: "pieza blanca esta sobre c3".
>La plantilla existe.
>
>FIN:
>si pieza blanca esta sobre a1 y pieza blanca esta sobre b2 y pieza blanca esta sobre c3 entonces jugador1 gana.

Finalmente, la información y las reglas de la red semántica se usan para deducir e integrar cualquier información nueva. Un pequeño ejemplo de una consulta de información se puede ver en el Cuadro 4. En este punto, aún se ve mucho del procesamiento interno en la salida. Al principio de la interacción el archivo de texto conteniendo las reglas ya ha sido integrado a la red semántica del sistema experto y la entrada del usuario es procesada.

CONCLUSIONES

Se implementó un convertidor de español a Metalenguaje Semántico Natural y se usaron las herramientas de una librería lingüística para generar oraciones no ambiguas. La conversión conlleva mucho trabajo manual que podría ser automatizado. La salida está formada de términos relativamente sencillos que se usaron para alimentar un sistema experto. Considerar las oraciones como desambiguadas fue muy útil en la depuración y en la predicción de la salida del programa. Se probó el prototipo con reglas del juego de *gato*, se validaron estados del tablero y se modificó el tablero de acuerdo a los movimientos indicados por el usuario.

Se planea extender las capacidades del sistema para ser capaz de entender instrucciones más complejas y tomar ventaja de optimizaciones en el motor de inferencia, así como también añadir cambios en el sistema tales que se puedan usar oraciones imperativas que invaliden información pasada (movimientos anteriores).

Con estos cambios, se podrían asimilar instrucciones más complejas como las del ajedrez, damas inglesas o incluso de ensamblaje de algún objeto.

LITERATURA CITADA

- Adeli, H., 2003. *Expert systems in construction and structural engineering*. s.l.:CRC Press.
- Agirre, E. & Edmonds, P., 2007. *Word sense disambiguation: Algorithms and applications*. s.l.:Springer Science & Business Media.
- Brezillon, P., 1999. Context in Artificial Intelligence: A survey. *The Knowledge Engineering Review*, 14(01), pp. 47-80.
- Brezillon, P. a. P. J.-C., 1996. Misuse and nonuse of knowledge-based systems: The past experiences revisited. In: *Implementing Systems for Supporting Management Decisions*. s.l.:Springer, pp. 44-60.
- Castillo, E., Gutierrez, J. M. & Hadi, A. S., 1997. Sistemas expertos y modelos de redes probabilísticas. *Academia de Ingenieria*.
- Coppin, B., 2004. Artificial Intelligence Illuminated. In: *Expert Systems*. s.l.:s.n., p. 768.
- Cutting, D. a. K. J. a. P. J. a. S. P., 1992. *A Practical Part-of-Speech Tagger*. s.l., s.n.
- Davis, R. a. K. J. J., 1984. The origin of rule-based systems in AI. *Rule-Based Expert Systems: The Mycin Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*.
- Di Eugenio, B., 1992. Goals and Actions in Natural Language Instructions.
- Di Eugenio, B. & White, M., 1992. *On the Interpretation of Natural Language Instructions*. Nantes, France, s.n., p. 55.
- Dominey, P. F., Mallet, A. & Yoshida, E., 2007. Progress in programming the HRP-2 humanoid using spoken language. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2169-2174.
- Goddard, C. et al., 2006. Semantic primes and universal grammar, Empirical evidence from the Romance languages. In: *Meaning and Universal Grammar: Theory and empirical findings*. s.l.:John Benjamins Publishing Company.
- Harrington, B. a. C. S., 2007. Asknet: Automated semantic knowledge network. *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, Volume 22, p. 889.
- Jackendoff, R., 1990. Semantic Structures. Current studies in linguistics series. *MIT Press Cambridge, MA*.
- Jayas, D. S., White, N. D. & Muir, W. E., 1994. *Stored-grain ecosystems*. s.l.:CRC Press.
- Kornai, A., 2010. *Lecture Notes in Computer Science*. s.l., s.n.
- Linckels, S. & Meinel, C., 2011. Natural Language Processing. In: *E-Librarian Service*. s.l.:Springer, pp. 61-79.
- Malrieu, J.-P., 2002. Evaluative semantics: Cognition, language and ideology. *Routledge*, Volume 3.
- Moreno, J. L. A. et al., 2001. Aspectos ortográficos, léxicos y morfosintácticos del etiquetado lingüístico de un corpus de informática en lengua gallega. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, Volume 27, pp. 13-20.
- Padro, L., 2012. Analizadores Multilingües en Freeling. *Linguamatica*, Volume 3, pp. 13-20.
- Padro, L., 2015. *Introducción a las etiquetas EAGLES*. [Online] Available at: <http://nlp.isi.upc.edu/freeling/doc/tagsets/tagset-es.html> [Accessed 31 October 2015].
- Piantadosi, S. T., Tily, H. & Gibson, E., 2012. The communicative function of ambiguity in language. *Cognition*, Volume 122, pp. 280-291.
- Quiroga-Clare, C., 2003. Language Ambiguity: A Curse and a Blessing. *The Translation Journal*, Volume 7.
- Schank, R. C., 1972. Conceptual dependency: A theory of natural language understanding. In: *Cognitive Psychology*. s.l.:s.n., pp. 552-631.
- Sethi, R., 1992. *Lenguajes de programación: conceptos y constructores*. s.l.:s.n.
- Sharples, M. a. H. D. a. H. C. a. T. S. a. Y. D., 1989. Computers and thought: A practical introduction to artificial intelligence.. *The MIT Press*.

- Sowa, J. F., 2015. *Semantic Networks*. [Online] Available at: <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm> [Accessed 7 July 2016].
- Sowa, J. F., 2016. *Semantic Networks*. [Online] Available at: <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm> [Accessed 08 June 2016].
- Steels, L., 2001. Language games for autonomous robots. *IEEE Intelligent Systems*, 16(5), pp. 16-22.
- Stock, K. et al., 2011. Multilingual Natural Language Spatial Querying using Natural Semantic Metalanguage. p. 391.
- Vásquez, A. C., Quispe, J. P. & Huayna, A. M., 2009. Procesamiento de lenguaje natural. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, 6(2), pp. 45-54.
- Wyner, A., Angelov, K., Barzdins, G. & Damljanovic, D., 2010. On controlled natural languages: Properties and prospects. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Volume 5972, pp. 281-289.
- Yoon, K.-J., 2004. *Korean maum vs. English heart and mind: Contrastive semantics of cultural concepts*. s.l., s.n.
- Zamblera, F., 2010. *Computational NSM: a PROLOG-based notation*. [Online].

SÍNTESIS CURRICULAR

León Verdín Armenta

Ingeniero en Mecatrónica egresado del Centro de Enseñanza Técnica Industrial (CETI) en 2005, obtuvo su grado de maestro en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan en 2016. Actualmente labora en IBM como desarrollador de una herramienta de pruebas de estrés de hardware en servidores, entre sus áreas de interés se encuentran la lingüística computacional y la inteligencia artificial.

Miriam Díaz Rodríguez

Ingeniera en computación por el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) en 2007, obtuvo su grado de maestra en ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) Unidad Guadalajara en 2010, donde realiza actualmente su doctorado. Es profesora titular en el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, entre sus áreas de interés se encuentran sistemas de eventos discretos y teoría computacional.



METODOLOGÍA PARA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DINÁMICOS Y ESTACIONARIOS DE RE-LICUEFACCIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (LPG) EN ESFERAS DE ALMACENAMIENTO

METHODOLOGY FOR ESTIMATION OF STATIONARY AND DYNAMIC PARAMETERS FOR LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) RE-LIQUEFACTION IN SPHERICAL STORAGE SYSTEMS

Alexander **Mendoza-Acosta**^{1,2}; Claudia **Rodríguez-Silva**² e Hildeberto **Hernández Frías**¹

¹ Instituto Tecnológico de los Mochis, ² CRS ingeniería

RESUMEN

La diferencia de temperatura entre el medio ambiente y el líquido contenido en las esferas de almacenamiento de gas licuado de petróleo (LPG), produce: flujo neto de calor hacia el interior, incremento en la temperatura del combustible almacenado, vaporización parcial del mismo y consecuentemente un aumento en la presión de almacenamiento. Para mantener condiciones de seguridad adecuadas, ya que los incrementos no controlados de presión podrían ocasionar condiciones de riesgo y pérdidas económicas, se instalan sistemas de re-licuefacción, consistentes en unidades de auto-refrigeración, los cuales extraen el gas evaporado, lo comprimen y lo condensan nuevamente en un ciclo cerrado de refrigeración. Frecuentemente estos sistemas se diseñan empleando criterios heurísticos, sin tomar en cuenta los cálculos necesarios para su dimensionamiento; esto resulta en costosas modificaciones o en equipo sobredimensionado. En el presente artículo se presenta paso a paso una metodología simple pero efectiva para el cálculo de cargas térmicas, tasa de aumento diario de temperatura y tiempos de acumulación y recuperación de presión, la metodología fue comparada con valores reales, mediante la adquisición y procesamiento de datos en los meses de verano de los años 2015 y 2016 de 12 esferas de almacenamiento en una empresa gasera localizada en un estado costero de la república, encontrando que los valores predichos para la tasa de aumento diario de temperatura y los tiempos de recuperación concuerdan estadísticamente con los datos experimentales.

Palabras clave: Almacenamiento de hidrocarburos, Gas Licuado de Petróleo (LPG) Tanques a presión, transferencia de calor y capacidad de refrigeración.

SUMMARY

Temperature difference between the environment and the liquid contained in the liquefied petroleum gas storage spheres produces: net inward heat flow, increase in stored fuel temperature, LPG partial vaporization and consequently an increase in storage pressure. In order to maintain adequate safety conditions, since uncontrolled pressure increases could lead to risky situations and economic losses, re-liquefaction systems, consisting on auto refrigeration units, are installed; this system extracts the evaporated gas, compress it and then condense it again in a closed cooling cycle. Frequently these systems are designed using heuristic criteria, without considering the calculations necessary for correct equipment sizing; this results in costly modifications or in oversized equipment. In the present article, a simple but effective methodology for the calculation of thermal loads, daily temperature increase rate and pressure accumulation and restore times is presented, the methodology was compared with real data, through data acquisition and processing during the summer months of 2015 and 2016 for 12 storage spheres in a gas company located in a coastal state of Mexico, finding that the values predicted for the rate of daily temperature increase and recovery times are statistically consistent with the experimental data.

Key words: Hydrocarbon storage, liquefied petroleum gas (LPG), pressure vessels, heat transfer and refrigeration load.

Nota aclaratoria: En el presente estudio se presentan, con autorización de la empresa gasera en la que se condujo la validación experimental, datos reales de dimensiones de tanques, lecturas de variaciones de temperatura y gráficos del sistema de control distribuido originales, debido a lo anterior y como medida de protección a la confidencialidad, la gerencia de procesos solicitó que no se publicara ni la ubicación ni

la razón social de su empresa, razón por la cual sólo se identificará como “la empresa gasera”. Los valores reportados no han sido modificados.

La adquisición de datos que fue empleada para el artículo es parte de un trabajo de optimización general de la planta, conducido por CRS ingeniería y la empresa gasera.

INTRODUCCIÓN

Las plantas de almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo cuentan, por lo general, con granjas de tanques, constituidas por grupos de esferas metálicas de gran capacidad. En el caso de la planta analizada, se cuenta con 12 esferas de almacenamiento de 5,677,500 litros de capacidad cada una (Del Toro, 2012).

Realizar el cálculo de la planta de refrigeración, es una actividad indispensable para asegurar la correcta funcionalidad de los sistemas de almacenamiento, sin embargo, en la mayoría de los casos que se han estudiado, las empresas adquieren los sistemas de re-licuefacción como equipos paquete, normalmente muy sobredimensionados.

La razón del sobre-diseño es principalmente económica, pero también se debe a una inadecuada comprensión de los fenómenos de transferencia de calor y a la aparente complejidad para realizar los cálculos relativos a la ganancia térmica de las esferas de almacenamiento, al involucrar convección, conducción y radiación.

El calor transmitido al líquido produce aumento de temperatura y vaporización parcial del gas, al incrementarse la cantidad de gas en la fase vapor, se eleva ligeramente la presión dentro del tanque modificando, a su vez la temperatura de saturación de la mezcla (Yoshihiro, 1986). El propósito del sistema de refrigeración es restablecer la presión en la esfera a la presión normal de operación y reducir la cantidad de gas que no puede ser bombeado a distribución final.

El sistema de re-licuefacción extrae el gas de la esfera con sobrepresión o de una línea conectada a más de una esfera, para comprimirlo, enfriarlo y expandirlo isoentálpicamente, logrando evaporación flash y reducción de temperatura. El gas del separador flash se recicla al compresor. El esquema se muestra en la *Figura 1* (Johnson Controls, 2006).

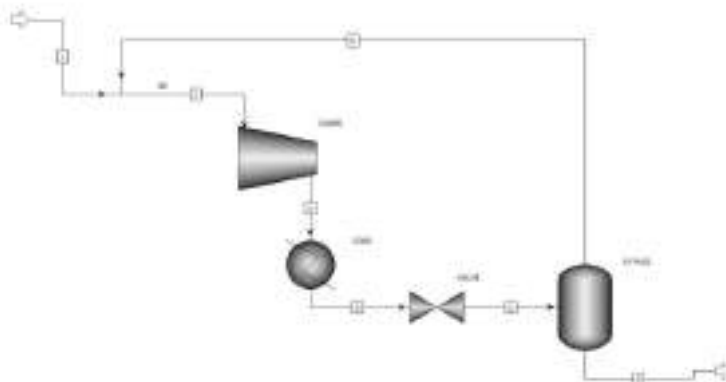


Figura 1. Esquema de proceso de re-licuefacción de LPG.

Una práctica recomendable, de acuerdo a los procedimientos de la empresa gasera es operar los sistemas de re-licuefacción por medio de un controlador de presión, encendiendo el sistema de refrigeración cada que la esfera experimente una sobrepresión de 0.2 kg/cm^2 , con respecto a la presión normal de operación (Del Toro, 2012).

Para brindar una herramienta de cálculo al lector se propone la metodología de cálculo a la par que se sustituyen datos correspondientes a la planta de almacenamiento mencionada. Los cálculos se realizan para una "esfera tipo", considerando que todas las esferas en el sistema son de las mismas características dinámicas, mecánicas y geométricas, lo que no es necesariamente cierto, como se verá más adelante.

Como condición crítica, por encontrarse a baja temperatura (19.8°C) y poseer una baja entalpía de vaporización (16.3 kJ/mol), con respecto a otras composiciones típicas de LPG, se evaluará una mezcla de almacenamiento en un rango de 90% propano y 10% de butano (ASTM, 1996).

El análisis incluye:

- a) Estimación de calor absorbido desde el medio ambiente.
- b) Reproducción en simulador de procesos, en estado estacionario, del sistema de licuefacción.
- c) Cálculo de flujo máximo de gas a licuefacción, por sistema y por esfera.
- d) Cálculo dinámico del tiempo de restablecimiento de presión con el sistema actual, para un desfase de 0.2 kg/cm^2 .

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Bases y criterios de diseño para el caso de estudio.

El primer paso en la presente metodología es recopilar la información geométrica, mecánica y de proceso necesaria para realizar el cálculo del sistema. A continuación, se muestra esta recopilación para el caso de estudio.

Información geométrica y mecánica

En esta sección se muestran las ecuaciones necesarias para determinar áreas y volúmenes, necesarios para el cálculo de flujos de calor y balances de energía.

En el caso de estudio, las esferas son de aproximadamente 11 metros de diámetro, constituidas de tres capas: cuerpo de acero al carbón de 1.3 pulgadas, aislante de 3 pulgadas y recubrimiento de aluminio de 1 mm de espesor, como se muestra en la *Figura 2*.

La presión es simulada a un 2% por debajo de la máxima presión de operación esperada ($8.0 \text{ kg/cm}^2\text{abs}$), correspondiente a una presión es $7.83 \text{ kg/cm}^2\text{ abs}$ (7.57 atm), para garantizar la no apertura de la primera válvula de seguridad de la esfera.

Para la sección interna del tanque, el volumen total de almacenamiento y el área total se calculan usando el radio interior (r_1) de acuerdo a:

$$V_{i-total} = \frac{4\pi r_1^3}{3} = \frac{4 * \pi * (11.132m)^3}{3} = 5,778m^3 \quad (1)$$

$$A_{i-total} = 4\pi r_1^2 = 4 * \pi * (11.132m)^2 = 1,557m^2 \quad (2)$$

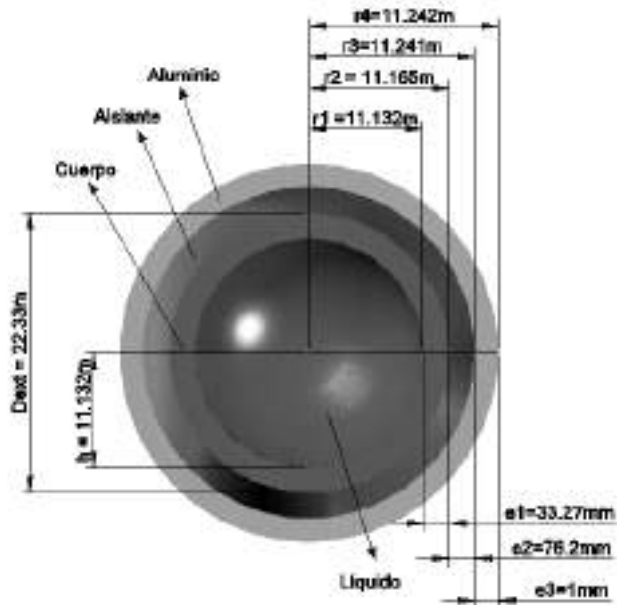


Figura 2. Geometría del sistema de almacenamiento de LPG.

Para el volumen ocupado por un líquido dentro del tanque (radio r_1) con altura h (Figura 3), se emplea Ecuación 3.

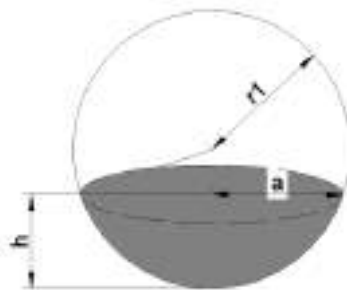


Figura 3. Geometría para el cálculo del volumen ocupado por el líquido dentro del recipiente esférico.

$$V_{LQ} = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2) \quad (3)$$

Con $b=0$ queda:

$$V_{Liq} = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + h^2) \quad (4)$$

Usando el teorema de Pitágoras para a , la expresión queda como:

$$(r_1 - h)^2 + a^2 = r_1^2 \quad (5)$$

Resolviendo para a^2 :

$$a^2 = 2r_1 h - h^2 \quad (6)$$

El radio de la base de círculo está dado por la Ecuación 7.

$$a = \sqrt{h(2r_1 - h)} \quad (7)$$

Por lo que la Ecuación para el líquido queda como:

$$V_{Liq} = \pi h^2 \left(r_1 - \frac{h}{3} \right) = 2,889 m^3 \quad (8)$$

El área en contacto con líquido se calcula a su vez con la Ecuación 9:

$$A_{i-cl} = 2\pi r_1 h = 2 * \pi * 11.132 m * 11.132 m = 778.6 m^2 \quad (9)$$

El volumen para fase gaseosa y el área en contacto con dicha fase se calculan por diferencia con respecto al volumen y área total.

$$V_{i-seco} = V_{i-total} - V_{Liq} = 5,778 m^3 - 2,889 m^3 = 2,889 m^3 \quad (10)$$

$$A_{i-seco} = A_{total} - A_{i-cl} = 1,557 m^2 - 778.6 m^2 = 778.6 m^2 \quad (11)$$

Para la convección y radiación por fuera de esfera, se emplea el área externa, por tanto, los cálculos emplean el radio externo (r_4) de 11.242m.

$$A_{e-total} = 4\pi r_4^2 = 4 * \pi * (11.242 m)^2 = 1,588.2 m^2 \quad (12)$$

La fracción de área húmeda, o sea aquella en contacto con líquido se calcula como:

$$\varphi_{sh} = \frac{A_{i-cl}}{A_{i-total}} = 0.5 \quad (13)$$

Información del LPG

La composición de gas almacenado es:

Cuadro 1. Composición inicial del LGP

Composición del Gas L.P.	% mol
Sustancia	
Propano	90
Butano y pesados	10

Cuadro 2. Propiedades del LGP almacenado

Concepto	Símbolo	Líquido	Gas	Unidades
Densidad	ρ	510	17.33	kg/m ³
Calor específico	C_p	2642	1961	J/kg.°C
Viscosidad	μ	1.145×10^{-4}	8.47×10^{-6}	kg/m·s
Conductividad térmica	k	0.097	0.0182	W/m·K
Coefficiente de expansión	β	0.00304	3.43×10^{-3}	1/°C
Aceleración de gravedad	g		9.8067	m/s ²

Los datos anteriores fueron obtenidos de las contribuciones parciales de propiedades de propano y butano, publicadas por Younglove y Ely (Younglove & Ely, 1987).

Información del sitio

Se considera la temperatura del medio ambiente de 40°C, por representar el promedio de las altas temperaturas de los meses de verano en el caso de estudio, para cada caso particular se deberán de tomar valores específicos. La velocidad del viento se considera de 10 km/h (2.78 m/s), esta consideración deberá ser verificada en cada caso, ya que los cálculos dependen en buena medida de esta velocidad.

Información de transferencia de calor

Respecto a la transferencia de calor, se toman en cuenta los parámetros y coeficientes típicos, mostrados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Envoltente de esfera

Construcción de esfera				
Sección	Material	Conductividad térmica	Espesor	
Placa de protección	Aluminio	204.3 W/mK	1mm	(0.04")
Aislamiento	Espuma de poliuretano	0.02 W/mK	76.2 mm	(3")
Cuerpo	Acero	36 W/mK	33.27 mm	(1.31")
Total	3 capas	0.029 W/mK	110 mm	(4.35")

La velocidad del viento se considera de 10km/h (2.78m/s), por lo que el coeficiente convectivo por la parte externa se calcula de acuerdo a la Ecuación 14.

$$h_{convext} = 10.45 - v + 10\sqrt{v} = 10.45 - 2.78 \frac{m}{s} + 10\sqrt{2.78 \frac{m}{s}} = 24.34 \frac{W}{m^2 K} \quad (14)$$

Para el cálculo de coeficiente de transferencia de calor por radiación externa se emplea la ley de Stefan Boltzman:

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A (T_{medio}^4 - T_{esfera}^4) \quad (15)$$

A partir de la ecuación anterior, dividiéndola entre el producto del área por la diferencia de temperaturas, se obtiene el coeficiente de transferencia de calor por radiación como:

$$h_{rad} = \varepsilon \sigma (T_2^2 + T_1^2)(T_2 + T_1) \quad (16)$$

El símbolo σ es la constante de Estefan Boltzman, con valor de $5.6703 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

Se supone una emisividad de 20%, basada en la recopilación de datos experimentales, y las temperaturas se consideran en 313.15K (40°C exterior) y 293.15 (20°C), que es la mínima esperada de almacenamiento en la esfera.

Con los datos anteriores, se obtiene:

$$h_{rad} = \varepsilon \sigma (T_2^2 + T_1^2)(T_2 + T_1) = 1.26 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (17)$$

Para la condición de 7.83 kg/cm² del caso, se considera una temperatura de 19.8°C, de acuerdo a una simulación previa, realizada en el simulador de procesos Aspen Plus, versión 8.6, como se muestra en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Equilibrio de fases del LPG simulado en Aspen Plus 8.6

Substream: MIXED	
Mole Flow kmol/hr	
ETHANE	0.0
PROPANE	164.2219
PROPY-01	0.0
N-BUT-01	5.710526
Total Flow kmol/hr	169.9324
Total Flow kg/hr	7573.528
Total Flow l/min	7704.023
Temperature K	292.9894
Pressure atm	7.578196

El esquema de simulación, corresponde a un separador tipo flash, con las composiciones de 90% mol de propano y 10% mol de butano, los datos y esquema de simulación se muestran en la Figura 4.

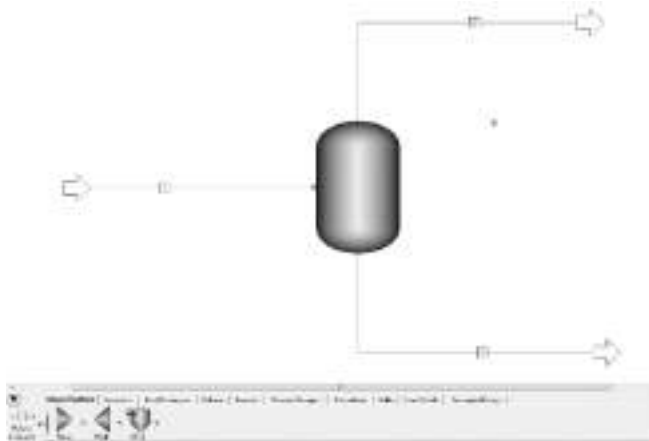


Figura 4. Esquema de simulación de composición 90/10 del GLP.

Dado que se ha supuesto una temperatura externa de 40°C y una temperatura interna de 19.8°C, la diferencia de temperatura para el flujo de calor se considera: $\Delta T = 40^\circ\text{C} - 19.8^\circ\text{C} = 20.2^\circ\text{C}$.

Cálculos de transferencia de calor

A continuación, se presenta el cálculo del flujo de calor desde el medio hacia la esfera de almacenamiento, detallando las resistencias de flujo de calor externas, de conducción en pared, interna lado seco e interna lado húmedo. Esta sección fue desarrollada por medio de la combinación de las ecuaciones geométricas y las de estimación de coeficientes de transferencia de calor.

Resistencia por convección y radiación externas

En el Cuadro 5 se muestran las ecuaciones necesarias para los coeficientes y los resultados para el caso de estudio.

Cuadro 5. Coeficientes de transferencia por convección y radiación externa	
Lado Seco	Lado húmedo
$R_{conv-e} = \frac{1}{h_{convext} A_{e-total} (1 - \phi_{sh})} = 5.17 * 10^{-5} \frac{K}{W}$	$R_{conv-e-lh} = \frac{1}{h_{convext} A_{e-total} \phi_{sh}} = 5.17 * 10^{-5} \frac{K}{W}$
$R_{rad-e-ls} = \frac{1}{h_{rad} A_{e-total} (1 - \phi_{sh})} = 1.0 * 10^{-3} \frac{K}{W}$	$R_{rad-e-lh} = \frac{1}{h_{rad} A_{e-total} \phi_{sh}} = 1.0 * 10^{-3} \frac{K}{W}$
$R_{e-ls} = \left(\frac{1}{R_{conv-e}} + \frac{1}{R_{rad-e}} \right)^{-1} = 4.92 * 10^{-5} \frac{K}{W}$	$R_{e-lh} = \left(\frac{1}{R_{conv-e-lh}} + \frac{1}{R_{rad-e-lh}} \right)^{-1} = 4.92 * 10^{-5} \frac{K}{W}$

Resistencia en conducción por pared

La resistencia al flujo de calor en una sección entre capas esféricas, como la mostrada en la Figura 5, se calcula de la siguiente manera:

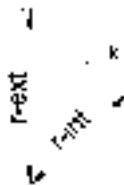


Figura 5. Transferencia de calor por conducción en esfera.

$$R = \frac{r_{ext} - r_{int}}{4\pi r_{ext} r_{int} k} \quad (18)$$

Aplicando la Ecuación 18, para las distintas capas esféricas del tanque de almacenamiento, de acuerdo al esquema de la *Figura 2*, se tiene:

Cuadro 6. Resistencias a conducción de calor

Resistencia	Ecuación y resultado
Cuerpo	$R_{cuerpo} = \frac{r_2 - r_1}{4\pi r_1 r_2 k_{acero}} = 5.92 * 10^{-7} \frac{K}{W}$
Vidrio espumado	$R_{aislante} = \frac{r_3 - r_2}{4\pi r_2 r_3 k_{aislante}} = 2.42 * 10^{-3} \frac{K}{W}$
Placa de aluminio	$R_{placa} = \frac{r_4 - r_3}{4\pi r_4 r_3 k_{aluminio}} = 3.08 * 10^{-9} \frac{K}{W}$
Combinada	$R_{pared} = R_{cuerpo} + R_{Aislante} + R_{envolvente} = 2.42 * 10^{-3} \frac{K}{W}$
Lado seco	$R_{pared-ls} = \frac{R_{pared}}{(1 - \phi_{sh})} = \frac{2.42 * 10^{-3} \frac{K}{W}}{(1 - 0.5)} = 4.83 * 10^{-3} \frac{K}{W}$
Lado húmedo	$R_{pared-lh} = \frac{R_{pared}}{(1 - \phi_{sh})} = \frac{2.42 * 10^{-3} \frac{K}{W}}{(1 - 0.5)} = 4.83 * 10^{-3} \frac{K}{W}$

Resistencias a convección en parte interna

Se supone una diferencia de temperatura para el metal en contacto con el gas de 2.66°C y para el metal en contacto con el líquido de 0.082°C (este paso es iterativo, en el artículo se presenta sólo la iteración final, con la longitud característica (D = 2*r₁) de 22.26m.

Empleando las ecuaciones de cálculo de transferencia de calor, presentadas por Kumana y Kothari (Kumana & Kothari, 1982), y sustituyendo los datos de gas presentados en el *Cuadro 2*, se obtuvieron los resultados mostrados en la *Cuadro 7*:

Cuadro 7. Resistencias a convección

Parámetro	Lado seco	Lado húmedo
Número de Grashof	$N_{Gr} = \frac{D^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} = 4.1 * 10^{15}$	$N_{Gr} = \frac{D^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} = 5.36 * 10^{14}$
Número de Prandtl	$N_{Pr} = \frac{C_p \mu}{k} = 0.91$	$N_{Pr} = \frac{C_p \mu}{k} = 3.12$
Número de Nusselt	$N_{Nu} = 0.27 (N_{Gr} N_{Pr})^{0.25} = 2.12 * 10^3$	$N_{Nu} = 0.14 (N_{Gr} N_{Pr})^{0.33} = 1.48 * 10^4$
Coefficiente convectivo	$h_{ci-ls} = \frac{N_{Nu} k}{D} = 1.73 \frac{W}{m^2 K}$	$h_{ci-lh} = \frac{N_{Nu} k}{D} = 64.39 \frac{W}{m^2 K}$

Resistencia	$R_{ci-ls} = \frac{1}{h_{ci-ls} A_{i-seco}} = 7.42 * 10^{-4} \frac{K}{W}$	$R_{ci-lh} = \frac{1}{h_{ci-lh} A_{i-cl}} = 1.99 * 10^{-5} \frac{K}{W}$
-------------	---	---

Cálculo de flujo de calor

En esta sección se indica como calcular el flujo de calor empleando los resultados obtenidos en las secciones previas, además se realiza una simplificación para esferas con características similares a las aquí presentadas.

a) Sección correspondiente al lado seco:

$$R_{lado-seco} = R_{e-ls} + R_{pared-ls} + R_{ci-ls} = 5.63 * 10^{-3} \frac{K}{W} \quad (19)$$

$$Q_{lado-seco} = \frac{\Delta T}{R_{lado-seco}} = \frac{20.2K}{5.63 * 10^{-3} \frac{K}{W}} = 3.59kW \quad (20)$$

Recalculando la diferencia supuesta de 2.66°C entre gas y pared interna:

$$\Delta T_{interno-ladoseco} = Q_{lado-seco} * R_{ci-ls} = 3589W * 7.42 * 10^{-4} \frac{K}{W} = 2.66K = 2.66^{\circ}C \quad (21)$$

No se requiere recalculer el sistema ya que la diferencia de temperatura supuesta concuerda con la calculada.

b) Sección correspondiente al lado húmedo:

$$R_{lado-húmedo} = R_{e-lh} + R_{pared-lh} + R_{ci-lh} = 4.91 * 10^{-3} \frac{K}{W} \quad (22)$$

$$Q_{lado-húmedo} = \frac{\Delta T}{R_{lado-húmedo}} = \frac{20.2K}{4.91 * 10^{-3} \frac{K}{W}} = 4.11kW \quad (23)$$

Recalculando la diferencia supuesta de 0.082°C entre líquido y pared interna:

$$\Delta T_{interno-ladohúmedo} = Q_{lado-húmedo} * R_{ci-lh} = 4,115W * 1.99 * 10^{-5} \frac{K}{W} = 0.082K \quad (24)$$

No se requiere recalculer el sistema ya que la diferencia de temperatura supuesta concuerda con la calculada, en caso que esta temperatura fuera distinta se supondría un nuevo valor y se recalcularían los parámetros.

c) Flujo total de calor a la esfera:

$$Q_{total} = Q_{lado-seco} + Q_{lado-húmedo} = 3.59kW + 4.11kW = 7.70kW \quad (25)$$

d) Coefficiente de flujo de calor por esfera y calor total para grupos de esferas:

Se calcula este coeficiente para estimaciones rápidas de calor por esfera, para diferencias de temperatura, entre líquido almacenado y medio ambiente, distintas a las aquí expuestas.

$$UA = \frac{1}{R_{\text{lado-seco}}} + \frac{1}{R_{\text{lado-húmedo}}} = \frac{1}{5.63 * 10^{-3} \frac{K}{W}} + \frac{1}{4.91 * 10^{-3} \frac{K}{W}} = 381.3 \frac{W}{K * esfera} \quad (26)$$

El ejemplo anterior se realizó para una altura de líquido de 11m, correspondiente a 50% de volumen contenido. En la Figura 6, se muestran los coeficientes para distintas alturas, entre los límites bajo y alto de líquido en operación.

Esta geometría se considera crítica debido a dos factores:

- i) La variación de flujo de calor con respecto al nivel medio es mínima, en el orden de $\pm 1.4\%$.
- ii) Cuando el tanque tiene este nivel, 50% de la esfera es ocupado por gas, por lo que los incrementos de presión serán más lentos, pero existirá una mayor acumulación de gas y por tanto un mayor tiempo de recuperación, una vez que se active el sistema de refrigeración.

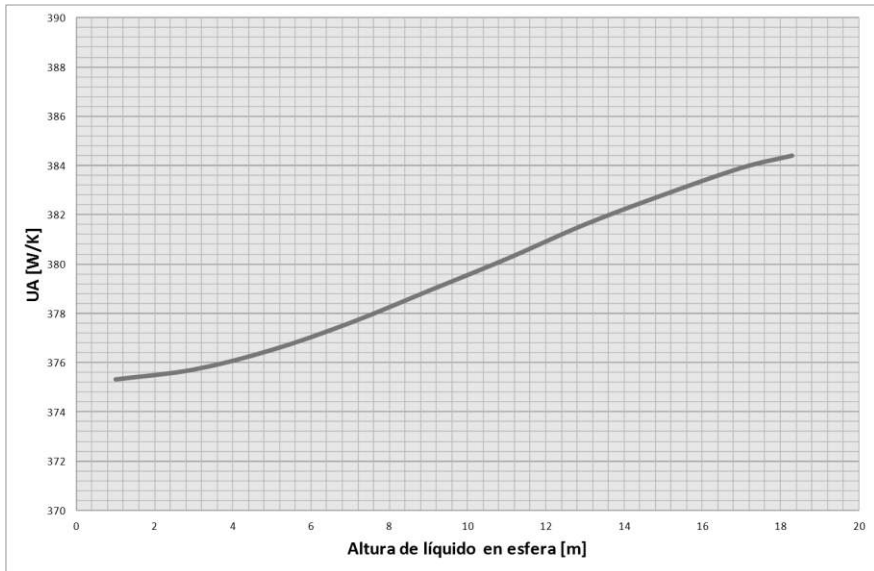


Figura 6. Coeficiente global de transferencia de calor.

- e) Determinar el máximo número de esferas a manejar en forma simultánea y la carga térmica necesaria

En el caso de estudio se supone un máximo de 6 esferas y 46.2kW como carga térmica.

$$Q_{\text{total-6esferas-caso2}} = 6 * UA * \Delta T = 6 * 381.3 \frac{W}{K * esfera} * 20.2K * 6esferas = 46.2kW \quad (27)$$

Simulación de sistemas de refrigeración existentes

Cuando una planta cuenta con sistemas de refrigeración existentes, resulta conveniente simular las características de los mismos, para evaluar la factibilidad de seguir usándolos o la necesidad de modificarlos. La simulación se realiza para determinar los máximos flujos que admiten los sistemas en operación, posteriormente se realizan los cálculos de tiempos requeridos para incremento y restablecimiento de presión, considerando eventos de incremento de presión de 0.2 kg/cm².

Simulación en estado estacionario

La *Figura 1* muestra el esquema de simulación, es importante conocer las características del equipo con el que se cuente o el que se desea comprar. Una simulación brindará información suficiente para determinar los máximos flujos que puede procesar el sistema de refrigeración, los cuales dependen de la composición de líquido almacenado y se muestra a continuación para el caso de estudio (York Refrigeration, 2006):

Cuadro 8. Simulación del sistema de licuefacción de LPG

Sistema	Variable	Caso	Unidades
Equipo de licuefacción	Potencia de compresor	56	kW
	Capacidad de refrigeración:	800	kW
		3,527	kg/h
	Máximo flujo por sistema de refrigeración:	(79.1)	(kmol/hr)
	Número de sistemas:	2	Pzas.
		7,055	kg/h
	Máximo flujo a re-licuefacción:	(158)	(kmol/hr)

Se presenta el flujo real a sistema de refrigeración (corriente 1 en esquema de simulación). La capacidad por compresor es 5,000 kg/h para 90% propano y 10% butano, sin embargo, esta capacidad es la de entrada al compresor (corriente 7 en esquema de simulación) no la de entrada al sistema de refrigeración.

Analizando los datos anteriores, dado que el sistema tiene una capacidad de refrigeración de 800kW y que la máxima demanda de enfriamiento, correspondiente al caso crítico, operando un grupo de 6 esferas de manera simultánea, es de 46.2kW, se puede concluir que el sistema de refrigeración es adecuado para el servicio de refrigeración requerido y que puede procesar la acumulación de sobrepresión en un tiempo adecuado, esto debido a la gran diferencia entre capacidad y demanda de refrigeración.

Incremento diario de temperatura, presión y evaporación de líquido contenido

Posteriormente se calcula el incremento de temperatura y presión diario en la esfera, para ello se requiere:

- i) Flujo de calor hacia la esfera (calculado en la sección 2.6)
- ii) Densidad ρ (510 kg/m³ para el propano)
- iii) El calor específico C_p del líquido almacenado (2.64 kJ/kgK)
- iv) Entalpía molar de vaporización del líquido ΔH (16.37 kJ/mol)
- v) Volumen de líquido en la esfera V_{liq} .

El balance de energía para el interior de la esfera, en una base diaria (incrementos de presión y temperatura por cada día de operación, en ausencia de carga o extracción de gas) es:

$$Q = [mC_p \Delta T + \lambda \Delta n] * \frac{1 \text{ día}}{86,400 \text{ s}} \quad (28)$$

Dónde:

ΔT =	Incremento diario de temperatura	[=] 0.156 K/día
Q =	Flujo de calor en la esfera	[=] 7.7 kW
m =	Masa de LPG en esfera	[=] $1.47 * 10^6 \text{ kg}$
Δn =	Vaporización de LPG	[=] 3,417 mol/día

La masa de LPG y la vaporización de LPG se calculan de la siguiente manera:

$$m = V_{liq} \rho = 2889 \text{ m}^3 \left(510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 1.47 \times 10^6 \text{ kg} \quad (29)$$

Cuadro 9. Parámetros para cálculo de vaporización molar

A	B	C
4.53678	1149.36	298.056

Los datos son obtenidos del trabajo de Helgeson y Sage (Helgeson & Sage, 1967).

$$\Delta n \cong \frac{10^A (V_{tot} - V_{liq})}{R} * \left[\frac{10^{\frac{-B}{T_1 + \Delta T + C}}}{T_1 + \Delta T + 273.15} - \frac{10^{\frac{-B}{T_1 + C}}}{T_1 + 273.15} \right] = 3,417 \frac{\text{mol}}{\text{día}} \quad (30)$$

Para las ecuaciones anteriores, la única incógnita es el incremento diario de temperatura, por lo que se puede resolver el sistema para esta variable empleando cualquier método numérico y posteriormente, mediante la ecuación de Antoine, calcular la presión inicial y final diaria, obteniendo el incremento diario de presión.

Para el ejemplo anterior, partiendo de un volumen de líquido del 50% en la esfera, los datos calculados son:

Incremento diario de temperatura	$\Delta T = 0.156 \text{ °C/día}$
Vaporización diaria	$\Delta n = 3.42 \text{ kmol/día}$
Incremento diario de presión	$\Delta P = 0.033 \text{ (kg/cm}^2\text{)/día}$

Los resultados anteriores corresponden a igualar las ecuaciones anteriores, resolviendo para ΔT en un intervalo pequeño de variación de temperatura, de hecho, en el simulador de procesos se resuelve este sistema mediante la solución de la ecuación diferencial correspondiente.

Tiempo necesario para incrementar la presión en 0.2 kg/cm^2

Dado que las condiciones de flujo de calor e incremento de presión varían con el tiempo, se requiere de un análisis diferencial para un cálculo riguroso, como el empleado con el simulador de procesos (mostrado más adelante), sin embargo, se puede realizar una primera estimación empleando el valor puntual.

$$t = \frac{\Delta P_{fijo}}{\Delta P_{diario}} = \frac{0.2 \frac{kg}{cm^2}}{0.033 \frac{kg}{cm^2 día}} * \frac{24h}{día} = 147 h \quad (31)$$

Donde:

t = tiempo necesario para incrementar la presión [=] h

Tiempo necesario para restablecer la presión después de un incremento de 0.2kg/cm².

Para el cálculo del tiempo de restablecimiento de presión se emplea la siguiente Ecuación (Mendoza & Rodríguez, 2016), la cual toma en cuenta el calor recibido a lo largo del tiempo de acumulación, el tiempo de recuperación y los factores de aporte de calor por la eficiencia de refrigeración. Esta Ecuación puede ser derivada del análisis dimensional y el factor gamma que emplea es obtenido mediante regresión estadística.

$$t_r = \frac{\beta t Q}{\frac{f}{n_{esf}} (1 - \gamma \beta) - \beta Q} \quad (32)$$

Donde:

β = inverso de calor de vap. por factor de conversión hora-segundo [=] 0.22 mol/KWh

f = máximo flujo al sistema de refrigeración a las condiciones actuales [=] 158 kmol/h

β = Factor dinámico por extracción y refrigeración [=] 0.65 kW/Kmol

n_{esf} = número de esferas operadas simultáneamente [=] 5, 6 y 11

t = tiempo necesario para incrementar la presión (ec. 54) [=] 147 h

Q = Calor que fluye del ambiente hacia la esfera (ec. 47) [=] 7.7 kW

El flujo máximo es resultado del análisis al compresor y sistemas de refrigeración existentes, para la composición, presión y temperatura del sistema analizado.

Realizando el cálculo para la ecuación anterior se obtiene el tiempo de recuperación de presión. Los resultados para 5, 6 y 11 esferas se muestran en el *Cuadro 10*.

Cuadro 10. Tiempos de recuperación de presión para un incremento de 0.2 kg/cm²

Esfera conteniendo Propano 90%.	
No. Esferas	Tr [h]
5	11
6	13.4
11	26.5

Simulación dinámica y validación experimental

Utilizando los mismos parámetros de transferencia de calor y consideraciones que en la simulación estacionaria, se realizó una simulación dinámica, rigurosa, en el simulador ASPEN Dynamics®, para el caso base.

Para la simulación se consideran los tres mecanismos de transferencia de calor: convección, conducción y radiación. Las esferas de almacenamiento se modelan como un tanque flash con controlador de nivel y de presión, manipulados por flujo.

Los controladores tienen las características mostradas en el *Cuadro 11*:

Cuadro 11. Parámetros del sistema de control

Control		Presión	Nivel
Ganancia activación/paro	[%/%]	30/1	10/1
T. Integral [min]	[min]	30	15
T. Derivativo [min]	[min]	0	0
Rango de control [kg/cm ² o m]	[kg/cm ² o [m]	6-8	0.1-1.85
Rango de variable (flujo de LPG)	[kg/h]	0 – 100%	0 - 400 000
Se modela como on/off	---		

La *Figura 7* muestra el esquema de simulación para el análisis dinámico.

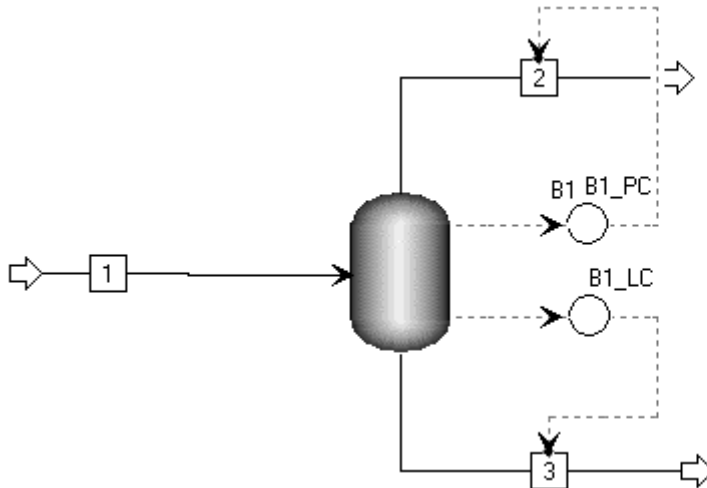


Figura 7. Esquema de control de presión y nivel de simulación para el análisis dinámico.

Las propiedades geométricas y de transferencia de calor, corresponde a una esfera con un 50% de líquido, por los mismos criterios mencionados en las secciones anteriores.

La *Figura 8* muestra una pantalla de simulación.

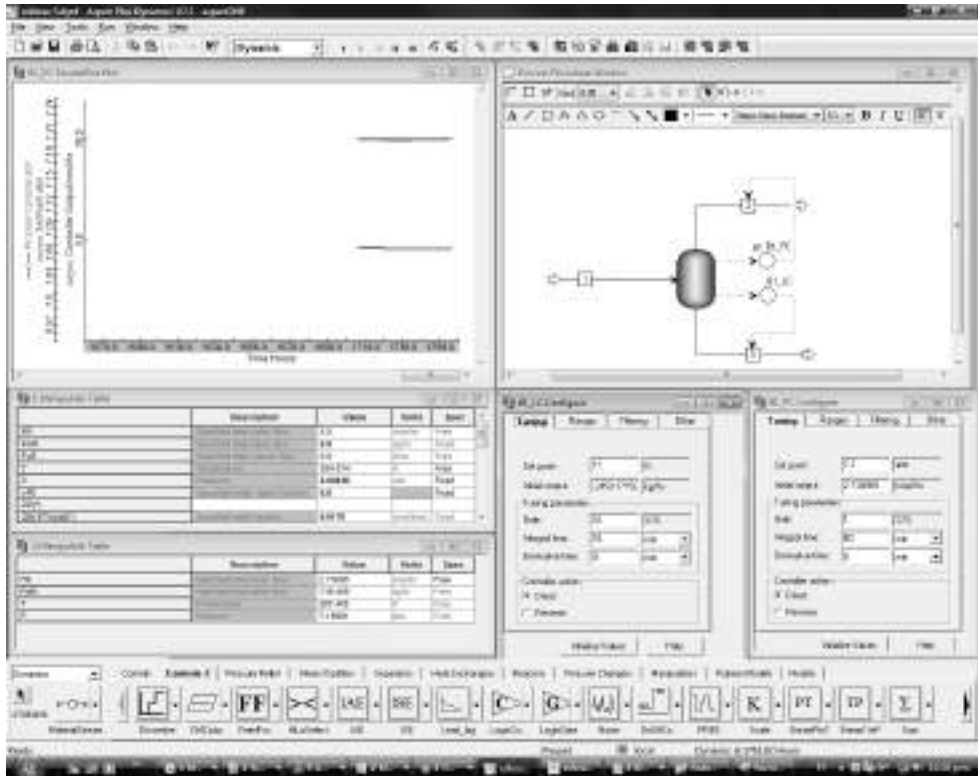


Figura 8. Pantalla de control del software de simulación para el análisis dinámico.

Para la simulación dinámica, el control de presión activa al sistema de re-licuefacción cuando la presión alcanza 0.2kg/cm² por encima de la presión normal y lo detiene al restablecer la presión de ajuste (set point).

Tiempo de recuperación

El Cuadro 12, muestra resultados de la simulación dinámica del sistema existente, comparados con los valores obtenidos por la metodología presentada y por valores reales de planta.

Cuadro 12. Tiempos de restablecimiento de presión después de un incremento de 0.2 kg/cm²

Variable	Metodología	Simulación*	Experimental**	Unidad
Tiempo de recuperación para grupos de 5 esferas	9.8	9.7	9.8	h
Tiempo de recuperación para grupos de 6 esferas	11.9	12.4	12.5	h
Tiempo de recuperación para grupos de 11 esferas	23.5	23.3	23	h

*El tipo de control automático que se modeló, es únicamente para efectos de: tiempo mínimo de restablecimiento de presión.

**Observación puntual

Tasa de aumento de temperatura experimentales

Durante los meses de veranos de 2015 y 2016 se obtuvieron datos del sistema de control distribuido (DCS) de la planta, teniendo como criterio la diferencia de temperatura reportada en el DCS para aquellos días con temperatura promedio cercana a 40°C, obteniéndose 15 datos para cada una de las esferas en condiciones de llenado de 50% ± 3% y orientación perpendicular a la dirección de vientos dominantes.

Los datos recolectados se muestran a continuación:

Cuadro 13. Aumentos reales de temperatura en planta (°C/día)

Medición	Esfera			
	1	2	3	4
1	0.153	0.157	0.148	0.158
2	0.155	0.157	0.149	0.158
3	0.148	0.157	0.159	0.159
4	0.155	0.158	0.155	0.151
5	0.146	0.154	0.162	0.151
6	0.150	0.154	0.157	0.160
7	0.143	0.162	0.149	0.159
8	0.155	0.160	0.148	0.150
9	0.147	0.148	0.150	0.151
10	0.153	0.161	0.162	0.159
11	0.146	0.153	0.148	0.156
12	0.157	0.152	0.150	0.159
13	0.149	0.148	0.156	0.160
14	0.152	0.156	0.159	0.159
15	0.153	0.148	0.159	0.160
Promedio	0.151	0.155	0.154	0.157

Un análisis estadístico de los datos a 99% de confianza produce el siguiente intervalo para el valor medio de tasa de incremento de temperatura (TIT)

$$\text{TIT} = (0.154 \pm 0.0016) \text{ °C/día}$$

Qué es muy cercano al valor calculado por la metodología propuesta de 0.156 °C/día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta y evalúa una metodología para el cálculo de transferencia de calor y parámetros de diseño de sistemas de re-licuefacción de gas licuado de petróleo, encontrándose que los valores obtenidos concuerdan satisfactoriamente con los valores predichos por simulación rigurosa, empleando el simulador Aspen Dynamics®, y con los obtenidos de datos reales de la planta.

CONCLUSIONES

Del análisis realizado se puede concluir que:

- a) El flujo de calor del medio ambiente hacia los tanques es variable con respecto a la composición y la altura de líquido en el sistema, sin embargo, como se muestra en la Figura 6, la variación con respecto a la altura es menor a $\pm 1.4\%$.
- b) El flujo de calor produce un incremento gradual de temperatura y presión. En el caso representativo de estudio, este aumento es de $0.156\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{día}$ y $0.033\text{ kg}/\text{cm}^2/\text{día}$ ($0.5\text{ PSI}/\text{día}$) (calculados por metodología propuesta y acordes con los resultados experimentales de $0.154\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{día}$, correspondientes a $0.032\text{ kg}/\text{cm}^2/\text{día}$).
- c) La metodología propuesta para el cálculo de parámetros estacionarios y dinámicos produce resultados adecuados y representa, dentro de un intervalo de confianza de 99%, los datos experimentales del sistema analizado.
- d) Cuando se efectúa la selección de sistemas de re-licuefacción, careciendo de análisis detallados previos, como es común en la industria, es frecuente la adquisición de equipos costosos y sobre-dimensionados o en casos peores sub-dimensionados, por otro lado los elevados costos de una simulación rigurosa hacen complicado el cálculo real de un sistema. La metodología propuesta muestra ser una alternativa adecuada y de bajo costo a la simulación, a la vez que produce resultados confiables y evita de este modo la compra de equipos inadecuados.

LITERATURA CITADA

- ASTM. (1996). *Standard Test Method for Analysis of Liquefied Petroleum (LP) Gases and Propane Concentrates by Gas Chromatography*. San Diego: ASTM.
- Del Toro, G. (2012, Febrero 10). Filosofía de control de proceso de planta de relicuefacción. *Documento de Planta*. Tamaulipas, México.
- Helgeson, N., & Sage, B. (1967). Latent heat of vaporization of propane. *J. Chem. Eng. Data*, 12(1), 47-49.
- Johnson Controls. (2006). *Functional description for refrigeration plant*. Chicago: Johnson.
- Kumana, J., & Kothari, S. (1982). Predict storage-tank heat transfer precisely. *Chemical Engineering*, 89(1), 127-135.
- Mendoza, A., & Rodríguez, C. (2016). *Estudio de reestablecimiento de presión en tanques de LPG*. Ciudad de México: CRS Ingeniería.
- York Refrigeration. (2006). *Instruction Manual SMC 104-106-108/TSMC 108 Mk 3*. Nueva York: York Refrigeration.
- Yoshihiro, K. (1986). On the boil off rate of liquefied cargo of gas carrier during a partially loaded voyage. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 1986(160), 569-578.
- Younglove, B., & Ely, J. (1987). Thermophysical Properties of Fluids. II Methane, Ethane, Propane, Isobutane and Normal Butane. *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 16(4), 76-84.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Guillermo T., Rosario V. y al equipo de instrumentación y control de la empresa por el soporte en la adquisición de datos de planta.

SÍNTESIS CURRICULAR

Alexander Mendoza Acosta

Doctor en Ingeniería en Energía por la UNAM, consultor privado en la industria química y petroquímica, Profesor de Ingeniería en el Instituto Tecnológico de los Mochis.

Claudia Rodríguez Silva

Maestra en Ingeniería por la UNAM, Director General de CRS Ingeniería.

Hildeberto Hernández Frías

Ingeniero Químico, profesor titular a nivel superior y Jefe de Laboratorio de Ingeniería Química.



HIDROGRAFÍA SUPERFICIAL DE LA REGIÓN NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIDA POR UN TERMOSALINÓMETRO

SURFACE HYDROGRAPHY IN THE NORTHERN GULF OF CALIFORNIA TAKEN BY A THERMOSALINOMETER

Emilio Palacios-Hernández¹; Laura Carrillo²; Rodrigo Gamboa-Goñi³ y David Ávalos-Cueva^{4,5}

¹ Universidad de Guadalajara, Depto. de Física; ²El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal; ³ Queen Mary University of London; ⁴ Universidad de Guadalajara, Depto. de Ingeniería Civil y Topografía; ⁵ Instituto Tecnológico Superior de Arandas.

RESUMEN

Por medio de mediciones directas de temperatura, salinidad y densidad obtenidas por un termosalinómetro en la Región Norte del Golfo de California, se obtuvieron campos escalares superficiales para dichas variables en los periodos de enero, marzo, junio de 1995 y marzo de 1996.

Se comparan los campos obtenidos con los ya existentes tomados con CTD para las mismas regiones y periodos de tiempo, en donde se distingue una similitud evidente. Se observa la presencia de una anomalía interanual durante el periodo enero-marzo de 1995 que se manifiesta con el aumento de la temperatura promedio en la región, la formación en el Alto Golfo de un frente halino, así como de un frente de densidad en la misma zona.

Palabras clave: Golfo de California, Termosalinómetro, Observaciones, Hidrografía.

SUMMARY

Through direct measurements of temperature, salinity and density obtained by a termosalinometer in the northern Gulf of California, superficial scalar fields were obtained for these variables in the periods of January, March, June 1995 and March 1996.

Fields obtained with existing taken with CTD for the same regions and periods are compared, where an obvious similarity is observed. The fields where analyzed and the presence of an intense interannual anomaly is noted during the period from January to March 1995 manifested with the increase in average temperature in the region, the formation in the Upper Gulf an haline front, as well as a density front in the same area.

Key words: Gulf of California, Termosalinometer, Observations, Hydrography.

INTRODUCCIÓN

La Región Norte del Golfo de California (RNGC), es una zona en la que existen escasas mediciones directas, por lo que se llevó a cabo una campaña intensiva observacional, con la utilización de equipo oceanográfico tradicional, como CTD (Conductivity Temperature Depth), correntómetros, trazadores lagrangeanos, ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), entre otros, además se utilizaron tecnologías recientes como un termosalinómetro, el cuál es la primera vez que se utiliza este equipo en la región, por lo que se muestra en este trabajo las mediciones obtenidas con este equipo.

Área de estudio

La Región Norte del Golfo de California está localizada desde los 29.0º a 31.5º de latitud N y de los 112.0º a 115.0º de longitud O; en la *Figura 1* se muestra la batimetría de la región, así como su localización respecto de la República Mexicana. Es una zona principalmente somera con presencia de algunas regiones relativamente profundas (cuencas), que van desde los 100 hasta los 800 metros de profundidad.

Las características climatológicas del Golfo de California (GC) son fuertemente estacionales, esto es debido a la influencia de sus principales agentes forzantes (en orden de importancia): el Océano Pacífico, el viento paralelo al golfo (del noroeste en invierno y del sureste en verano) y las pérdidas o ganancias superficiales de calor y humedad (Beier, 1997).

La Circulación en la RNGC es caracterizada por un giro ciclónico en verano y anticiclónico en invierno (Lavín, Beier y Badan, 1997; Lavín *et al.*, 1997b; Soto-Mardones, Marinone y Parés-Sierra, 1999; Carrillo, Lavín y Palacios-Hernández, 2002; Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández *et al.*, 2002; Palacios y Beier, 2015) generado por vientos estacionales y el Océano Pacífico, el cual genera en la boca del GC, una onda tipo Kelvin baroclínica de período anual, que se propaga en la costa e interactúa con la batimetría del GC (Ripa, 1990; Beier, 1997; Beier y Ripa, 1999, Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández *et al.*, 2002). Los giros tienen velocidades de aproximadamente 35 cm seg^{-1} (Lavín *et al.*, 1997; Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández *et al.*, 2002; Palacios y Beier, 2015). El giro que se da en verano es puramente baroclínico, mientras que el que se da en invierno es parte barotrópico y parte baroclínico (Beier y Ripa, 1999; Lavín *et al.*, 1997; Palacios-Hernández *et al.*, 2002; Palacios y Beier, 2015).

La duración de estos patrones de circulación para el período ciclónico (verano) es de aproximadamente 4 meses (junio-septiembre), mientras que el anticiclónico (invierno) es de cerca de 6 meses (noviembre-abril), con períodos de transición de 3 a 4 semanas (Carrillo, Lavín y Palacios-Hernández, 2002; Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández *et al.*, 2002; Palacios y Beier, 2015). La asimetría temporal en los patrones de circulación, es causada por la intensificación de la mezcla vertical en invierno (Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández *et al.*, 2002; Palacios y Beier, 2015). Estos patrones de circulación han sido observados casi todos los años, por lo que se consideran estructuras permanentes (Soto-Mardones, Marinone y Parés-Sierra, 1999; Carrillo, Lavín y Palacios-Hernández, 2002; Palacios y Beier, 2015).

Los cambios en el comportamiento estacional del GC son causados por anomalías en estos mismos agentes forzantes y generalmente las anomalías interanuales más relevantes son causadas por eventos El Niño (Baumgartner y Christensen, 1985; Robles y Marinone, 1987; Marinone, 1988; Ripa y Marinone, 1989; Lavín *et al.*, 1997; Palacios-Hernández, 2001 y Palacios-Hernández *et al.*, 2006, Palacios y Beier, 2015), por ondas internas atrapadas a la costa o a través de conexiones remotas que modifican la meteorología y en consecuencia los flujos superficiales de momento, calor y humedad (Reyes y Lavín, 1997).

Los datos que se analizan en este trabajo, pertenecen a cuatro campañas (enero, marzo, junio de 1995 y marzo de 1996), en los que se utilizó un *Termosalinómetro* (se describe en la siguiente sección) para la toma de datos de temperatura, salinidad y densidad superficiales en la RNGC. Cabe mencionar que es la primera vez que se utiliza este dispositivo en la RNGC por lo que estos conjuntos de datos son inéditos y novedosos.

El interés del período temporal que cubren los datos, es que 1995 se ha demostrado que fue un año anómalo para las costas mexicanas del Pacífico (Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández, *et al.*, 2006; Palacios y Beier, 2015), más específicamente, durante el período de enero-marzo de 1995 hubo en la RNGC un evento anómalo, se dio una invasión de aguas cálidas subsuperficiales (a 200 m de profundidad) que al parecer afectó la circulación estacional típica de invierno. Este evento alteró a tal grado la estratificación de la columna de agua, que la circulación se restableció hasta el verano de 1995.

La configuración geométrica interna de las células-electrodos (sensores de conductividad) de vidrio-platino es de crítica importancia, las células deben operar en un compartimiento de volumen limitado, lleno de agua. Además, dicha configuración permite el uso de sistemas para eliminar la formación de organismos en los sensores de conductividad.

Para evitar corrosión, solo partes de plástico, titanio y las células-electrodo de vidrio-platino son expuestos al agua salada. Con el uso de válvulas se controla el flujo de agua marina y la entrada de agua dulce al sistema. El compartimiento de sensores puede ser removido con facilidad para su limpieza y calibración.

La base de PVC, dentro de la cual está montado el termosalinómetro, es taladrada para su fijación en el barco. El termosalinómetro posee conexiones PVC de 25.4 mm para la entrada de agua salada (para su uso normal) y para agua dulce (para su limpieza), tiene adaptadores hembras para la fijación a cualquier tipo de tubería.

Las órdenes pueden ser enviadas al termosalinómetro para desplegar, el estatus del aparato, la programación de adquisición de datos, los datos obtenidos hasta el momento, así como información de diagnóstico de la funcionalidad actual del aparato. El formato de salida de los datos (sin tratar) es hexadecimal.

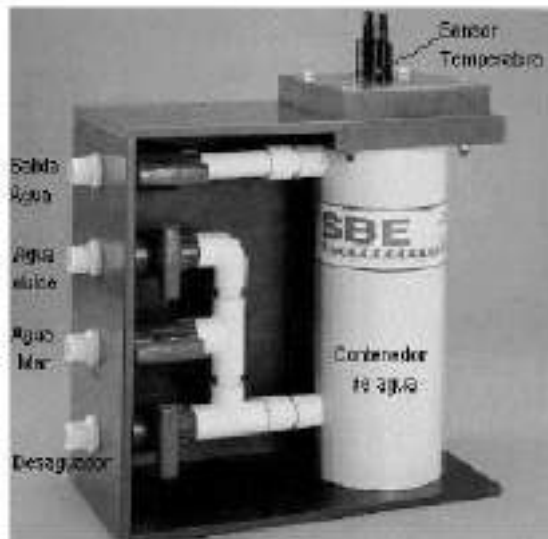


Figura 2. El Termosalinómetro SEACAT (SBE 21).

El termosalinómetro muestrea utilizando una de las siguientes opciones:

- *Muestreo continuo a 4 Hz*: A intervalos preprogramados de 3-600 segundos, el termosalinómetro promedia todos los datos del intervalo correspondiente, guarda dicho valor promedio en la memoria interna y luego envía dicho valor a la computadora (a través de la caja-interface).

- *A intervalos preprogramados:* A intervalos preprogramados de 3-600 segundos, el termosalinómetro toma un dato, lo guarda en la memoria interna y lo manda a la computadora (a través de la caja-interface), ésta es la opción que se utilizó durante los cruceros.

Funcionamiento de las partes del termosalinómetro

Sensores

El termosalinómetro contiene los mismos componentes en los sensores (termistor protegido contra presión y 3 electrodos, 2 terminales, células de boro-silicio) anteriormente usados por Sea-Bird en los sensores SBE 3 y SBE 4 y en el diseño original del SEACAT. La versión usada del termosalinómetro difiere de las versiones anteriores del mismo, en que usa dos canales independientes para digitalizar la temperatura y conductividad al mismo tiempo.

Interface de los sensores

La temperatura es obtenida induciendo una corriente alterna a un circuito en puente que contiene un termistor ultra-estable con una tasa de calibración menor a 0.002°C por año. Los otros elementos en el circuito-puente son resistores tipo VISHAY de precisión. Un convertidor (A/D) de 24-bits digitaliza la señal de salida del puente. La inducción de corriente evita errores provocados por variaciones de voltaje, pérdidas de corriente y errores de referencia. La conductividad es obtenida usando un ultra preciso puente oscilante (Wein-Bridge) para generar una frecuencia de salida que responde a los cambios de conductividad. Los cuatro canales externos de voltaje directo (de 0 a 5 volts) son asistidos por amplificadores con una resistencia de $50\text{ K}\Omega$ y son digitalizados con un convertidor de 12-bits (A/D).

Reloj de tiempo-real

Para minimizar la energía utilizada y aumentar la precisión del reloj, un cristal compensador de oscilación térmica (TCXO) se usa como el generador de frecuencias del reloj de tiempo-real, el TCXO tiene una precisión de ± 1 minuto por año (en el rango de 0°C a 40°C)

Fuente de poder

La fuente de poder (PCB) contiene tres baterías de litio conectadas en serie, estas baterías son capaces de alimentar todas las funciones del termosalinómetro y permiten apagar el aparato de manera correcta si se suscita una falla o interrupción de la fuente de poder externa. La fuente de poder externa puede ser interrumpida sin perturbar la memoria o el reloj de tiempo real.

Especificaciones del termosalinómetro

Las Especificaciones del termosalinómetro se muestran en el *Cuadro 1*, incluido el sensor de temperatura secundario SBE 38 (opcional). Las Dimensiones del aparato se muestran en la *Figura 3*.

Configuración y funcionamiento del termosalinómetro

Montado cerca de las tuberías de entrada de agua de mar (a 3 metros de profundidad) del Barco, por el termosalinómetro fluye continuamente (*Figura 4*) agua de mar a aproximadamente 1 litro seg^{-1} que es muestreada por el compartimiento de sensores para después ser devuelta al mar. Adjunto a cada dato, van la latitud y longitud (obtenida por GPS) del barco en ése momento, de modo que mientras el barco se mueve, el termosalinómetro muestrea y regresa un barrido prácticamente continuo de temperatura y

salinidad a lo largo del transecto recorrido. Los datos son almacenados en una memoria y transmitidos a un puerto serial de computadora, la recepción de datos así como los ajustes al termosalinómetro se hacen por medio del software asociado al producto, SBE Data Processing, con la opción SEASAVE.

Cuadro 1. Especificaciones del termosalinómetro

	Conductividad (S/M)	Temperatura Sensor 1 (⁰ C)	Temperatura Sensor 2 (⁰ C)
Rango de Medición	0 a 7	-5 a +35	-5 a +35
Precisión inicial	0.001	0.01	0.001
Resolución	0.0001	0.001	0.0003
Calibración	0 a 7, calibración física de 1.4 a 6, más 0 (conductividad del aire).	+1 a +32	-1 a +32
Memoria Almacenado de datos	Memoria FLASH no volátil de 8 Mb. Parámetro Registrado Bites/Muestra Temperatura y Conductividad 4(2 por cada uno) Voltaje externo de cada uno 2 SBE 38 o secundario del SBE 3 3		
Reloj de tiempo-real	32, 768 Hz TCXO con precisión de ± 1 minuto por año.		
Ritmo de muestreo	Sin sensor secundario de temperatura 1 muestra/ 1 muestra a 3 segundos/ 600 segundos Con sensor secundario de temperatura 1 muestra/ 1 muestra a 4 segundos/ 600 segundos El ritmo de muestreo es incrementado a pasos de 1 segundo		
Materiales	PVC envolviendo, contenedor de agua, tuberías y válvulas; tapa de titanio.		
Flujo recomendado	1 litro/segundo (15.8 galones/minuto)		
Sensores auxiliares de voltaje	Poder de salida auxiliar: hasta 500 mA de 10.5 –11 VDC Resolución del A/D: 12 bits Rango : 0 – 5 VDC		
Presión máxima segura para operar	34.5 decibares (50 psi)		
Peso	41 Kg (90 lbs)		

Procesado de datos

Sobre los datos

Los datos utilizados en este trabajo son parte de un programa observacional llevado a cabo entre diciembre de 1994 y marzo de 1996 en la RNGC. Los detalles acerca de los muestreos fueron reportados en (Palacios-Hernández *et al.*, 1997), los detalles y resultados del resto de estudios realizados durante este programa (a excepción del termosalinómetro) fueron reportados en (Palacios-Hernández, 2001). Cuatro cruceros o campañas oceanográficas fueron utilizadas, todas ellas realizadas a bordo del B/O Francisco de Ulloa (*Figura6*).

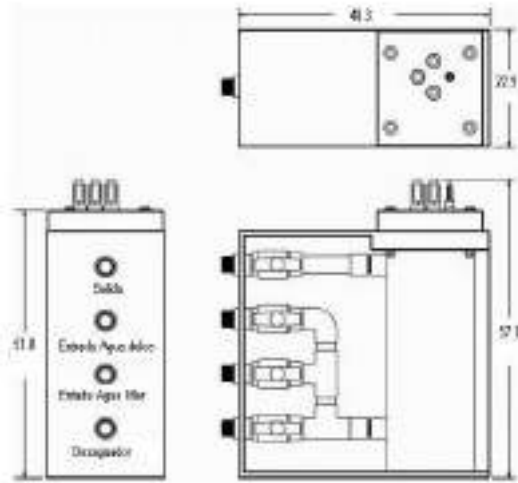


Figura 3. Dimensiones del termosalinómetro (longitudes en centímetros).

Procesado y control de calidad de datos

El formato en el que el termosalinómetro guarda datos es hexadecimal (.hex), por lo que primero hay que convertir todos los archivos a formato ASCII (.csv), utilizando el software asociado al producto SBE Data Processing, con la opción Data Conversion, que regresa los datos (en matrices) con unidades reconocibles de temperatura ($^{\circ}C$), salinidad (ups), densidad (σ_t , Kg/m^3), latitud (grados) y longitud (grados).

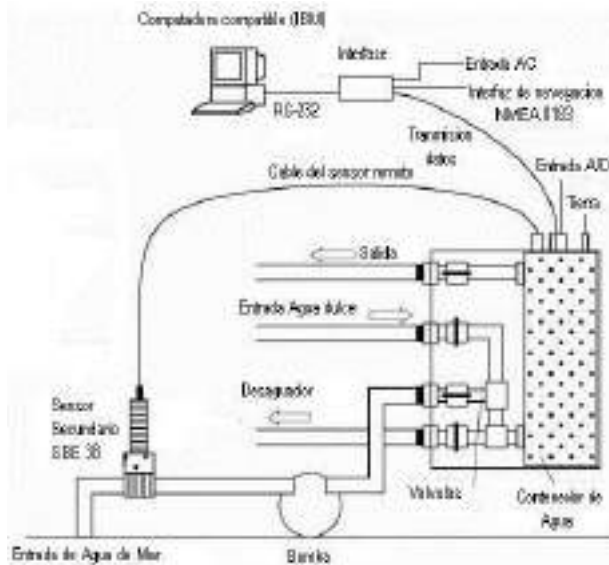


Figura 4. Configuración del termosalinómetro en uso, incluido sensor secundario SBE 38.

Luego se detecta archivo por archivo datos fuera de los valores normales, esto se hizo por inspección visual (cuando era posible) o graficando los valores de las cantidades físicas presentes, contra el número de datos por archivo, para posteriormente buscar y eliminar la presencia de picos que salieran del comportamiento promedio de la variable tratada (*Figura 5*).

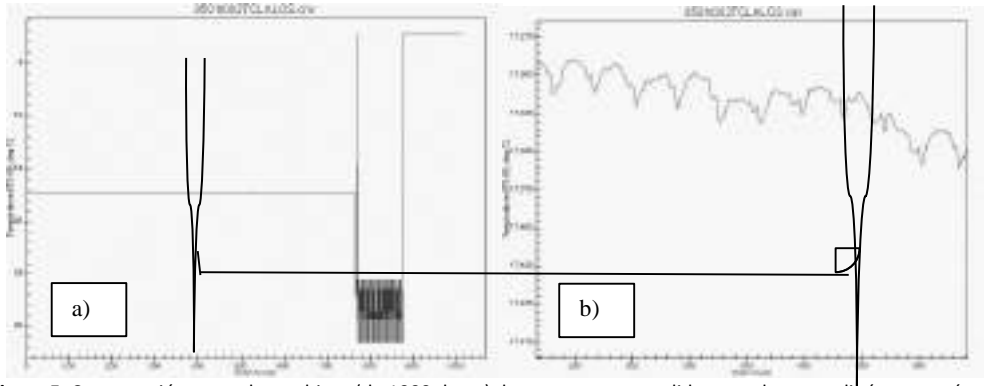


Figura 5. Comparación entre dos archivos (de 1000 datos) de temperatura medidos por el termosalinómetro, nótese como solo una porción de datos del archivo original (a, archivo sin tratar), contiene información útil (b; archivo tratado); temperatura (°C) en la escala vertical, número de datos en la escala horizontal.

Graficado de posición geográfica de los datos

En este punto se obtuvo un solo archivo (del orden de 100,000 datos) para cada crucero (cada mes) y se graficaron las posiciones del barco (lat. vs. long.) sobre un mapa prefabricado de la RNGC, esto se realizó con la intención de observar la distribución espacial de los datos a través de la región. Los gráficos obtenidos se muestran en la *Figura 6*.

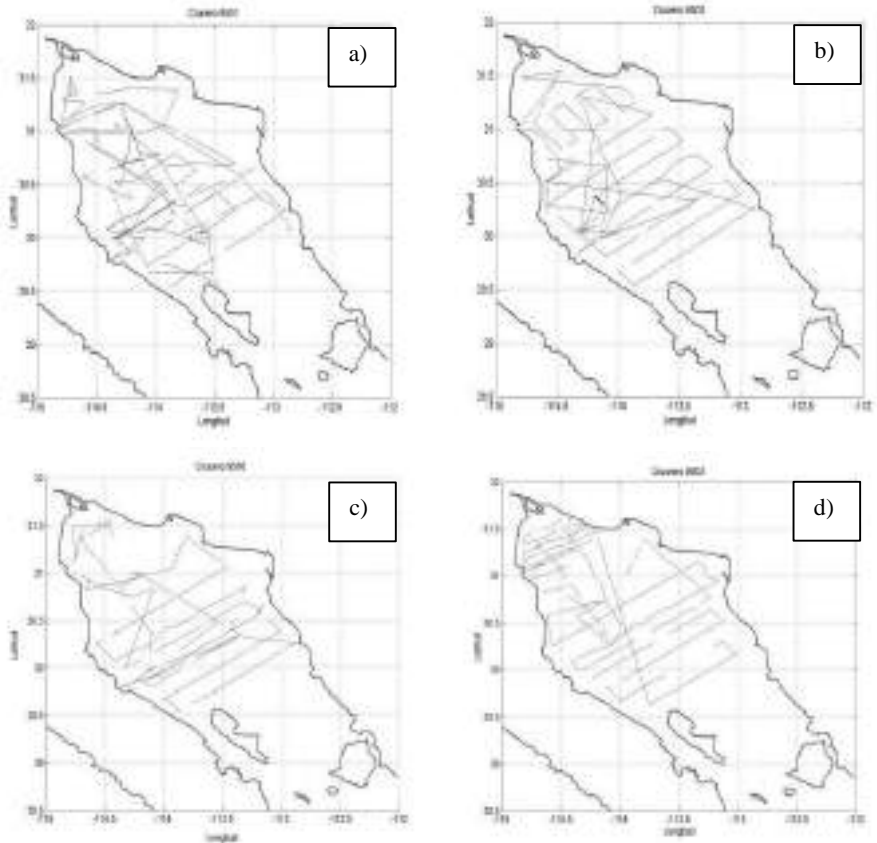


Figura 6. Transectos recorridos por el B/O Francisco de Ulloa: a) Crucero 9501, b) Crucero 9503, c) Crucero 9506, d) Crucero 9603.

El error lineal del termosalinómetro

Cuando se obtuvieron los campos escalares de temperatura, salinidad y densidad para los meses citados y se compararon con los de CTD (obtenidos por el mismo método), se observó que los medidos por el termosalinómetro diferían de los del CTD por aproximadamente una unidad; debido a que durante la campaña, el CTD estaba recién calibrado y a que llevaba una roseta con botellas para extracción de muestras de agua y análisis en laboratorio, se le dio más peso a los campos medidos por el CTD. Por lo anterior se calcularon las medias de la temperatura, salinidad y densidad para cada mes con el CTD y con el termosalinómetro, y de acuerdo con la diferencia entre estos números para cada mes (< 1 unidad), se le sumó o restó esa cantidad a los campos del termosalinómetro, obteniéndose de esa manera los campos escalares que se presentan en este trabajo.

Lo anterior se encuentra indicado en el manual del termosalinómetro (SBE 21), donde se comenta que los valores medidos por el aparato pueden, en caso de haber presencia de errores, tratarse como lineales, es decir, sumar o sustraer a cada archivo de datos (mes) la misma cantidad; esto se puede verificar en el

comportamiento casi lineal que presentan los datos de la diferencia de medias para cada mes y para cada magnitud medida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran las distribuciones espaciales de temperatura, salinidad y densidad obtenidas para los distintos cruceros.

Enero de 1995

En enero de 1995 las temperaturas dominantes fueron de 16.5°C a 17.0°C, el campo de temperatura (*Figura 7a*) muestra una distribución casi homogénea en la RNGC, con temperaturas que van desde los 15.5°C hasta los 17.5°C, destacan algunas estructuras de aguas relativamente tibias como la ubicada entre 30.5°-31.0° N y 113.0°-114.0° O. La salinidad (*Figura 7b*) muestra claramente cuatro estructuras de salinidad creciente, que se extienden a todo el ancho de la RNGC desde el sur hasta la zona del Alto Golfo, en el que se aprecia marcadamente un frente halino, en general los valores de salinidad van desde 35.2 ups, hasta 36.0 ups.

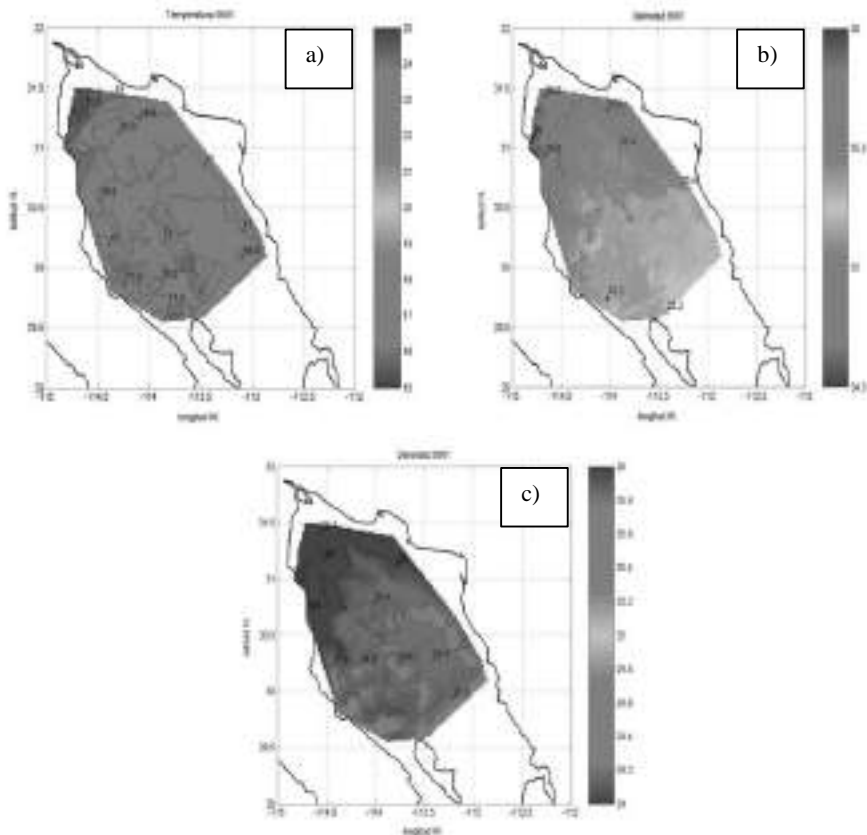


Figura 7. Campos para enero de 1995: a) Temperatura (° C), b) Salinidad (ups), c) Densidad (σ_t).

La densidad (*Figura 7c*) es similar al de temperatura, con un comportamiento homogéneo, los valores van desde 25.8 en la zona central de la RNGC hasta 26.4 en el Alto Golfo, existe una estructura alargada y delgada que se extiende a todo el ancho del golfo desde el norte de isla Ángel de la Guarda hasta la costa del continente, para luego ascender a lo largo de la costa de Sonora, con valores de 25.6 y 25.8.

En términos generales enero de 1995 muestra una distribución espacial de temperaturas y densidades homogéneas, a excepción del Alto Golfo, en donde en todos los campos se observa un marcado frente termo-halino.

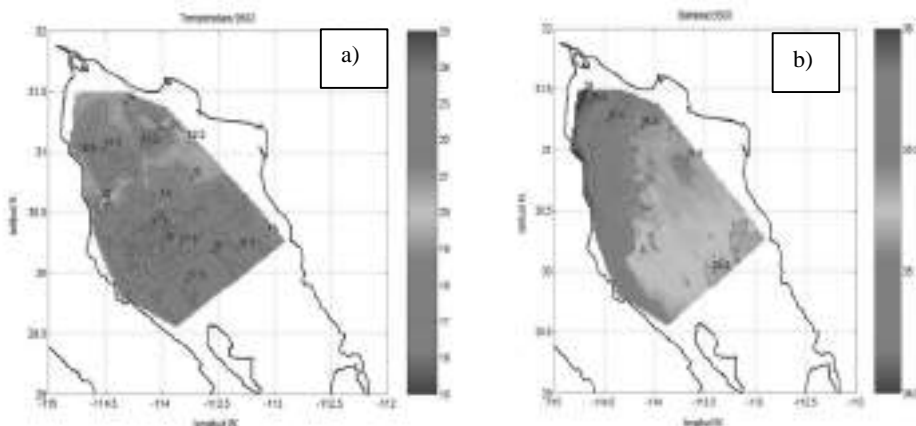
Marzo de 1995

En marzo de 1995 el campo de temperatura (*Figura 8a*) muestra una distribución algo irregular de temperaturas, que van de 17.5°C a 20.0°C, con dos regiones relativamente frías, ubicadas una, de 29.6°-30.5° N y 113.25°-114.5° O, y la otra más pequeña de 30.0°-30.5° N y 113.6°-114.0° O. Se observan frentes de temperatura alta alrededor de toda la costa del Alto Golfo (siguiendo la isobata de 20 metros), donde se registra la temperatura máxima (20.0°C) y zonas aleatorias con temperaturas entre 19.0°C y 20.0°C.

En la salinidad (*Figura 8b*) se aprecian cuatro regiones diferentes, iniciando en el sureste de la RNGC, de 29.8°-30.25° N y 113.0°-113.5° O, se localizan dos estructuras con valores de 35.2 ups. Abarcando casi la totalidad de la RNGC, se observa una gran extensión con salinidad entre 35.2 ups y 35.4 ups que parece estar más cargada a la costa este.

El campo de densidad (*Figura 8c*) presenta densidades de 25.2 σ_t a 25.6 σ_t , se distingue una estructura ubicada de 30.0°-31.2° N y de 113.0°-114.2° O, con valores de densidad relativamente bajos de 25.2 σ_t a 25.4 σ_t . En el sur de la RNGC, hacia la costa de Baja California, se encuentra una estructura alargada con densidad de 25.6 σ_t , su localización es de 29.6°-30.4° N y 113.7°-114.5° O.

En términos generales, marzo de 1995 muestra una distribución espacial parecida para los campos de temperatura y densidad. El campo de salinidad está formado por estructuras de salinidad creciente que se extienden desde el sur hasta el norte de la RNGC, observándose en la zona del Alto Golfo un frente halino.



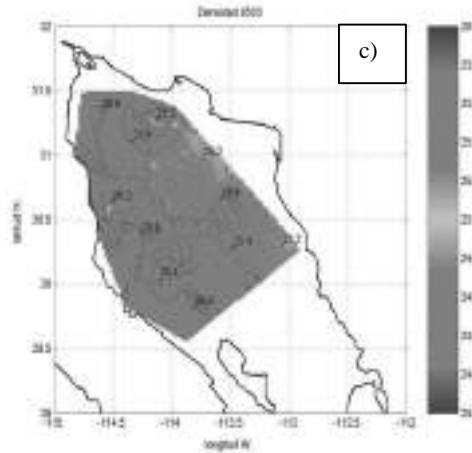
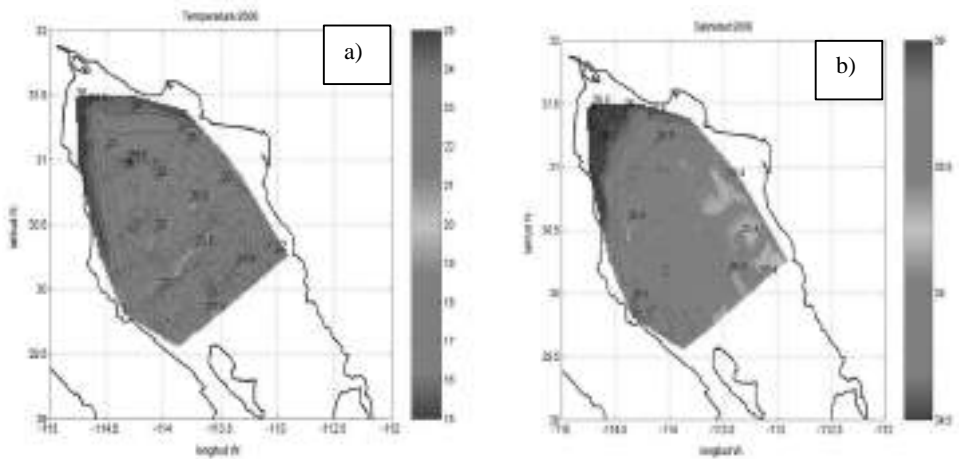


Figura 8. Campos para marzo de 1995: a) Temperatura ($^{\circ}$ C), b) Salinidad (ups), c) Densidad (σ_t).

Junio de 1995

En junio de 1995, el campo de temperatura (*Figura 9a*) muestra una distribución dividida principalmente en tres zonas, con temperaturas que van desde 20.5 $^{\circ}$ C a 26.0 $^{\circ}$ C; la primera de ellas una estructura alargada, ubicada de 29.8 $^{\circ}$ -30.5 $^{\circ}$ N y 113.5 $^{\circ}$ -114.25 $^{\circ}$ O, contiene dos núcleos relativamente fríos de temperaturas entre 20.5 $^{\circ}$ C y 22.0 $^{\circ}$ C.



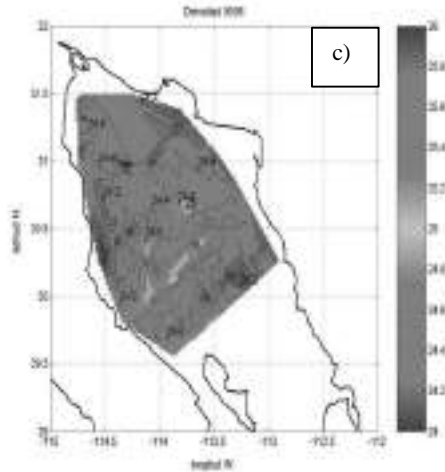


Figura 9. Campos para junio de 1995: a) Temperatura ($^{\circ}$ C), b) Salinidad (ups), c) Densidad (σ_t).

El campo de salinidad (*Figura 9b*) muestra un comportamiento formado por estructuras de salinidad creciente, que se extienden desde el sureste hasta el Alto Golfo. Ocupando todo el centro de la RNGC (29.7° - 31.25° N y 113.0° - 114.5° O), se encuentra un gran cuerpo de agua caracterizado por tener valores entre 35.4 ups y 35.6 ups, que contiene algunas zonas aisladas (sobre la costa de Sonora) con valores de 35.4 ups.

El campo de densidad (*Figura 9c*) muestra valores que van desde $24.2 \sigma_t$ hasta $25.0 \sigma_t$. Existe una distribución uniforme de densidades prácticamente en todas las regiones costeras, con valores entre 24.2

σ_t y $24.4 \sigma_t$.

El comportamiento general de esta campaña oceanográfica muestra una distribución espacial muy parecida en el caso de los campos de temperatura y densidad, repitiéndose las mismas estructuras. La salinidad se distribuye en estructuras crecientes de sureste a noroeste, las zonas de baja salinidad parecen estar hacia la costa de Sonora y la zona de máxima salinidad se localiza en un frente halino intenso en el Alto Golfo.

Marzo de 1996

En marzo de 1996 el campo de temperatura (*Figura 10a*) muestra un comportamiento general de temperaturas entre los 19.0° C y 19.5° C con algunas zonas relativamente frías (18.5° C) y algunas relativamente tibias (20.5° C y 21.0° C).

El campo de salinidad (*Figura 10b*) muestra la presencia de una estructura amplia que domina toda la zona central de la RNGC, con valores de salinidad de 35.4 ups a 36.6 ups.

El campo de densidad (*Figura 10c*) muestra una distribución algo irregular, debido a la presencia de multitud de pequeñas regiones aisladas, sin embargo, se distinguen cuatro estructuras definidas. En

términos generales la distribución espacial es muy parecida para los campos de temperatura y densidad mientras que en la salinidad se encuentran estructuras aisladas de relativa baja salinidad, siendo el resto de la RNGC de distribución homogénea.

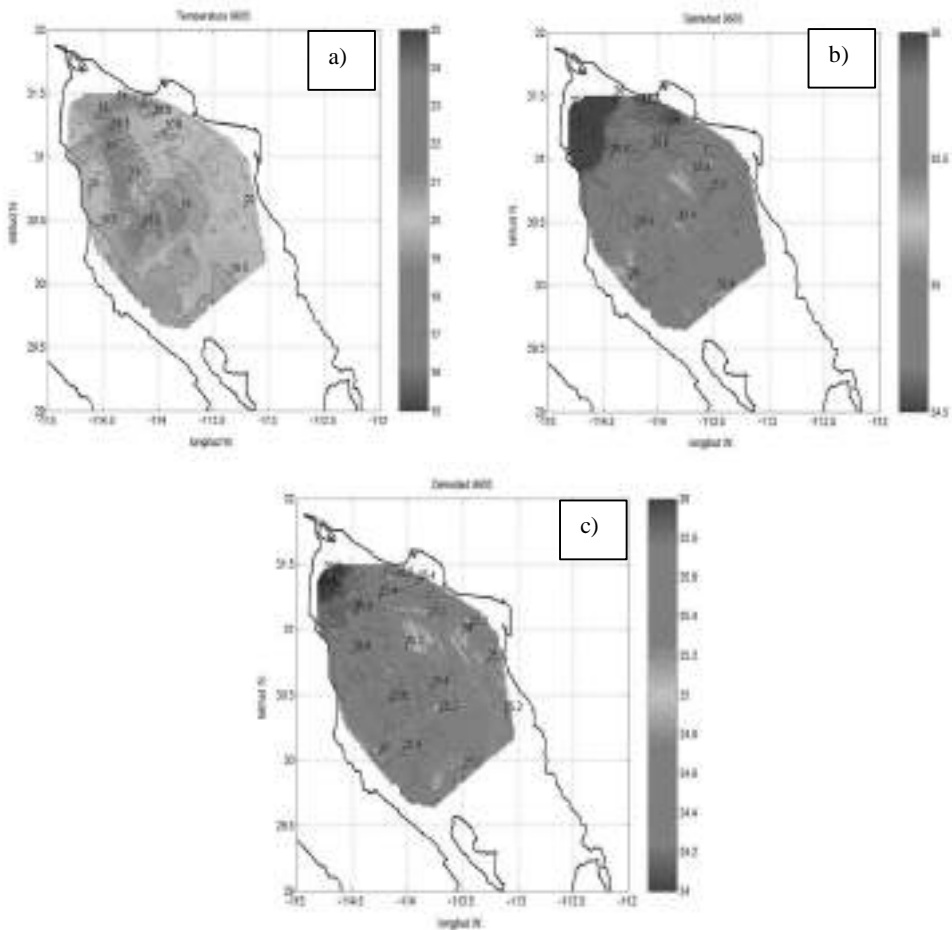


Figura 10. Campos para marzo de 1996: a) Temperatura (° C), b) Salinidad (ups), c) Densidad (σ_t).

Comparación con observaciones de CTD

A continuación se comparan los campos obtenidos con termosalinómetro con los campos de CTD, los cuales se tiene la certeza de que son representativos de las condiciones hidrográficas reales, ya que para estas campañas el CTD estaba debidamente calibrado de fábrica.

Enero de 1995

Los campos de temperatura del termosalinómetro y CTD (*Figuras 7a y 11a*) para enero de 1995 son similares y muestran que la temperatura en la RNGC fue casi homogénea, coincidiendo en los rangos de 15.5°C a 17.0°C. Las estructuras más importantes para este mes se visualizan en ambos campos, la presencia de multitud de estructuras de menor tamaño en el campo del termosalinómetro, se debe a la alta resolución del aparato y no se consideran de importancia mayor en la hidrografía de la región. La temperatura promedio es de 16.7°C, lo que representa una anomalía de aproximadamente +1.0°C respecto al comportamiento típico estacional en la RNGC y un aumento abrupto de aproximadamente 3.0°C respecto al comportamiento en el mes anterior (Lavín, *et al.*, 2003).

El campo de salinidad medido por el termosalinómetro para enero de 1995 se muestra prácticamente igual al medido con el CTD (*Figuras 7b y 11b*), se observa que la salinidad aumenta de sur a norte de 35.2 ups a 35.8 ups, comparado con las condiciones de diciembre, el frente que se localizaba en el Alto Golfo, ha perdido intensidad.

En los campos de densidad (*Figuras 7c y 11c*) se observa cierta similitud, en ambos se localiza un frente de relativa alta densidad en el Alto Golfo y un comportamiento homogéneo en el resto de la RNGC, esto corresponde al mismo comportamiento para la densidad en diciembre de 1994 (Palacios-Hernández, 2001; Palacios y Beier, 2015), pero con menor intensidad. Cabe señalar que en el campo del termosalinómetro hay una estructura alargada y delgada que se extiende a todo el ancho del golfo, desde el norte de Isla Ángel de la Guarda hasta la costa del continente, para luego ascender a lo largo de la costa de Sonora y finalmente desviarse un poco hacia la zona centro, que no aparece en el campo de CTD, ni parece tener una estructura análoga, esto se puede deber a que la cantidad de datos tomados por el termosalinómetro en esa parte del transecto fue mayor comparada con la de CTD.

Los campos observados en enero de 1995, son producto de una anomalía intensa en la RNGC, es decir, de diciembre de 1994 a enero de 1995, (1 mes) la hidrografía en general en la RNGC cambió radicalmente, las condiciones observadas en las *Figuras 11a, b y c*, se atribuyen a la combinación de factores externos e internos: una gran formación de agua en el Alto Golfo en fechas muy tempranas (inicios de diciembre), y el arribo de una anomalía baroclínica de origen externo, la cual inyectó calor a la RNGC, cambió el patrón estacional, induciendo un giro ciclónico (con duración aproximada de 15 días), el cual a su vez (por aporte de aguas subsuperficiales cálidas) provocó la disminución de la estratificación llegando finalmente a la destrucción del mismo (Palacios-Hernández, 2001; Palacios-Hernández *et al.*, 2006; Palacios y Beier, 2015).

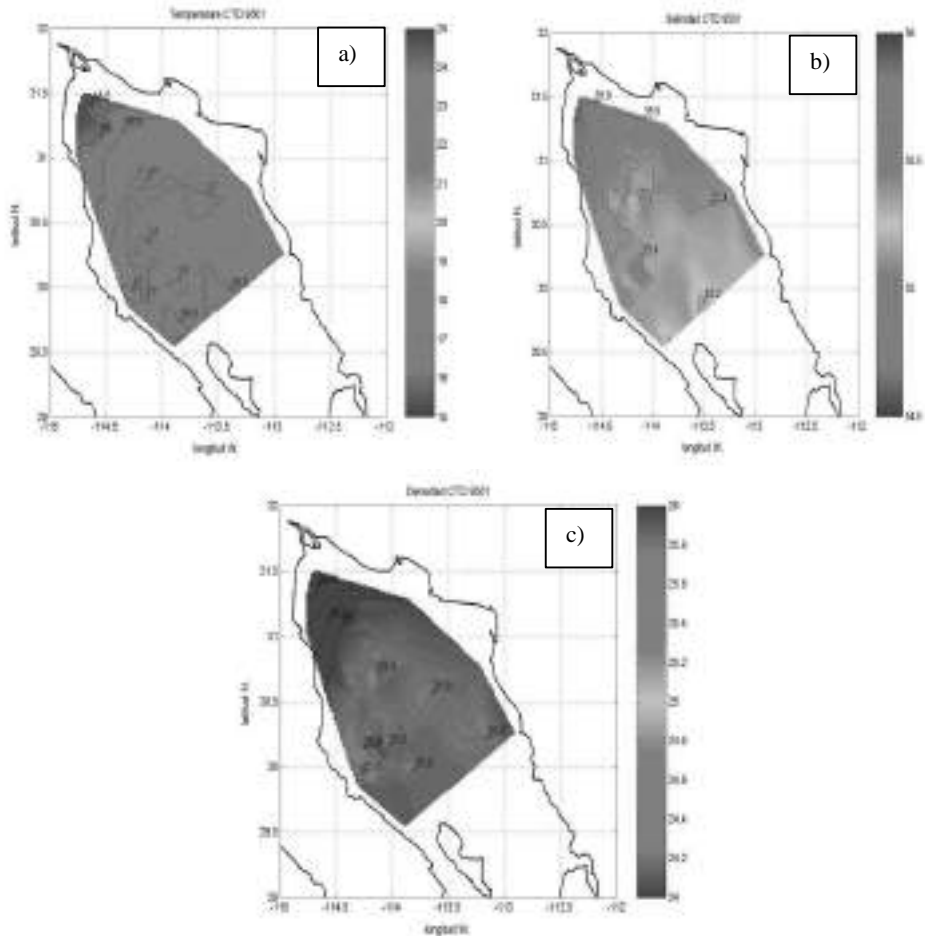


Figura 11. Campos de CTD para enero de 1995: a) Temperatura ($^{\circ}$ C), b) Salinidad (ups) c) Densidad (σ_t).

Marzo de 1995

A dos meses de la anomalía observada en enero de 1995, la hidrografía superficial ha mostrado cambios, mientras que en aguas subsuperficiales, las condiciones anómalas continúan (Palacios-Hernández *et al.*, 2006; Palacios y Beier, 2015).

La temperatura promedio para este mes fue de 18.5°C , 1.5°C mayor que en enero de 1995, esto es debido a que el balance anual de calor induce a que la superficie del mar se caliente entre febrero y julio (Romero-Centeno, 1995; Castro, Lavín y Ripa, 1994; Berón-Vera y Ripa, 2000), aun así, la anomalía de diciembre-enero hace que el comportamiento de este mes sea atípico, por cerca de $+0.5^{\circ}\text{C}$; es decir, las condiciones en la RNGC regresan a la normalidad. Esto se puede observar en los campos de temperatura del termosalinómetro y CTD (Figuras 8a y 12a), los cuales muestran un gran parecido, coincidiendo tanto en el frente en la zona del Alto Golfo como en la estructura de baja temperatura en la zona sur, la cual posee

valores de temperatura de 17.5°C a 18.0°C (más cercanos a la temperatura normal de la RNGC, Lavín, Palacios-Hernández y Cabrera, 2003; Palacios y Beier, 2015). Las condiciones observadas en los campos de temperatura superficial y en general, sobre cualquier campo hidrográfico superficial (muestreo < 10 m), se deben principalmente a la influencia de la atmósfera y batimetría, ya que los giros estacionales (si los hay) afectan la hidrografía por debajo de los 15 metros de profundidad (Palacios-Hernández, 2002; Palacios y Beier, 2015).

El frente en el Alto Golfo sigue la isobata de 20 m, esto es indicativo de que la región está bien mezclada en la vertical, de hecho, en la región del Alto Golfo es común esta característica, por lo somera que es y la intensa mezcla por marea, lo que da lugar a una zona de formación de masas de agua (Durazo, 1989).

Los campos de salinidad para el mismo período (*Figuras 8b y 12b*) muestran semejanza, coincidiendo en la localización y extensión de las principales estructuras de salinidades tanto altas, como bajas.

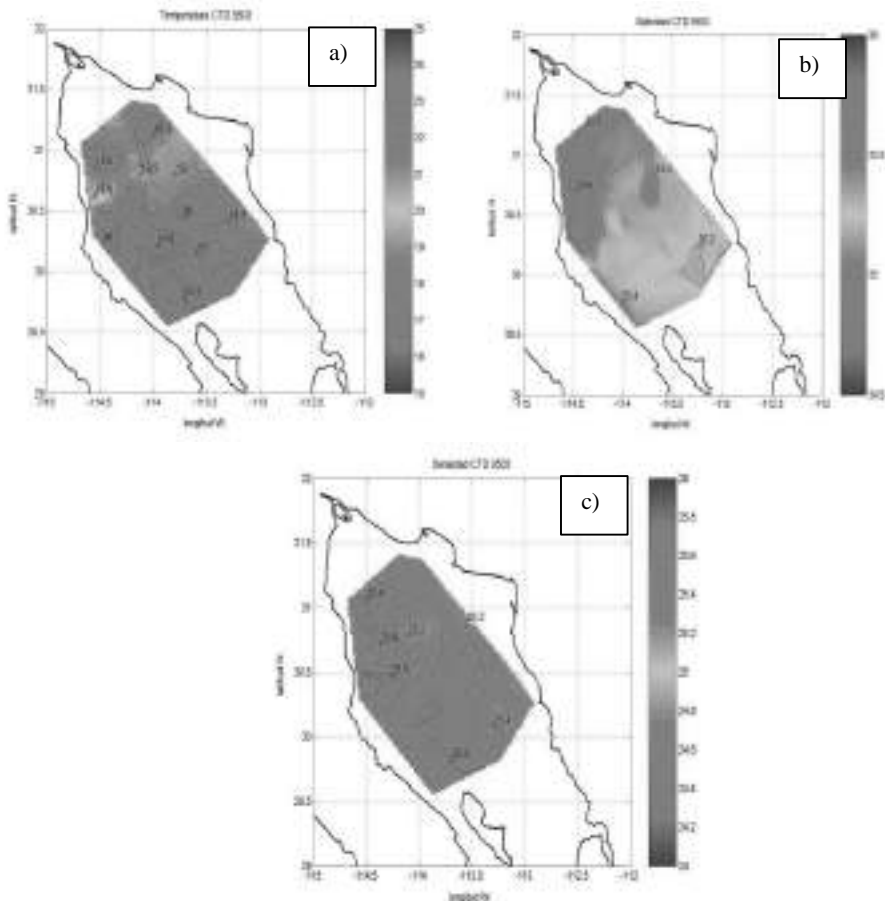


Figura 12. Campos de CTD para marzo de 1995: a) Temperatura ($^{\circ}$ C), b) Salinidad (ups) c) Densidad (σ_t)

Los campos de densidad (*Figuras 8c y 12c*) muestran un parecido notable y una correspondencia con los campos de temperatura y salinidad, como era de esperarse. Zonas de relativa baja temperatura se muestran en el campo como estructuras de alta densidad, a excepción del Alto Golfo, donde la alta salinidad predomina sobre la alta temperatura en lo referente a la aparición de una estructura de alta

densidad, en el resto del Golfo los centros de baja densidad ($25.2 \sigma_t$) se deben a zonas de alta temperatura.

Los campos de temperatura medidos con termosalinómetro en junio de 1995 (*Figuras 9a y 14a*) concuerdan bien con los observados con CTD, el rango de variación que se observa con el termosalinómetro es muy amplio, de 20.5°C en la zona central de la RNGC hasta 26.0°C en el Alto Golfo, el CTD registra un rango un poco menor, de 20.5°C a 24.5°C, la diferencia se debe a que la separación entre las estaciones de CTD es mayor que la utilizada con el termosalinómetro, sumado a que los transectos del termosalinómetro llegan a acercarse más al delta del Río Colorado que los del CTD, en donde se ubica el frente térmico. Imágenes infrarrojas de satélite que cubrieron la anomalía de enero-marzo de 1995, muestran que para abril de 1995 la RNGC había vuelto a la normalidad (Palacios-Hernández, 2001), por lo que es de esperarse que las condiciones hidrográficas superficiales para el presente mes, sean o estén cercanas a la normalidad. El promedio de temperatura para este mes (22.6°C) indica que las condiciones presentan una anomalía negativa menor de 1.0°C (Lavín, Palacios-Hernández y Cabrera, 2003; Palacios y Beier, 2015).

Junio de 1995

Los campos de salinidad para junio de 1995 (*Figuras 9b y 14b*) son similares entre el CTD y termosalinómetro, la mayor extensión abarcada por los transectos del termosalinómetro, permite observar valores altos de salinidad (hasta 36.8 ups) en el Alto Golfo y bajos sobre la costa de Sonora (35.4 ups). La presencia del marcado frente halino desde el Alto Golfo hasta las costas de Baja California (siguiendo la isobata de 40 m), es una consecuencia del calentamiento de verano, que afecta más a las regiones someras, produciendo una mayor evaporación y aumento de salinidad superficial, de hecho, los niveles de evaporación (1 metro por año), en la RNGC son máximos en la transición de verano-otoño (Bray, 1988).

Los campos de densidad entre los aparatos, para el mismo período, (*Figuras 9c y 14c*) muestran parecido, resalta en ambos campos el centro de alta densidad ubicado en la región central de la RNGC, con valores

de hasta $25 \sigma_t$, provocado por el centro de baja temperatura ubicado en la misma región; en el Alto Golfo, en la zona más cercana a el delta del Río Colorado, se observan características similares a las de la región central, debido, en este caso, a las altas salinidades registradas en esa zona (36.8 ups). Las estructuras de densidad baja que aparecen en el resto del golfo están principalmente afectadas por las regiones de temperatura alta que se observan en la *Figura 9a*.