



Número 1 – junio de 2020

ISSN en trámite

Contenido

Evolución de la comunidad microbiana nativa durante el proceso de biodegradación de un residuo procedente de estaciones de servicios - 5 -

Desarrollo de modelos híbridos para la optimización de la gestión energética de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables, almacenamiento y consumo - 17 -

Análisis comparativo entre las metodologías de vinculación universidad - empresa. Un caso de estudio - 34 -

Competitividad internacional y performance exportadora - 46 -

Formación por competencias: ejemplo de diseño de una actividad para integrar y movilizar saberes, y su evaluación - 60 -

Desarrollo de capacidades emprendedoras. Uso del modelo de rol - 70 -

Innovaciones en el diseño del sistema "SACH" de prevención de choques frontales para automóviles - 81 -

Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines
www.aacini.org / San José 964, PB. A, Capital Federal
Tel: (011) 4304-7997/9960

AACINI – Revista Internacional de Ingeniería Industrial

Número 1 – junio de 2020

Editor y Director: Dr. Ing. Mario Lurbe (UTN FRSC - Argentina)

Editores asociados:

Mg. Ing. Antonio Morcela (UNMdP - Argentina)

Ing. Juan Saenz (UTN FRSR - Argentina)

Comité Editorial:

Esp. Ing. Miguel Ángel Risetto (UTN FRA - Argentina)

Dr. Ing. Fernando Salazar Arrieta (Pontificia Universidad Javeriana - Colombia)

Mg. Ing. Iván Baron (UTN FRSR - Argentina)

Dr. Ing. Kazuo Takaeyama (Sociedade Educacional de Santa Catarina - Brasil)

Dra. Ing. Gloria Esther Valdivia Camacho (Universidad Nacional de Ingeniería - Perú)

Mg. Ing. Alejandro Mohamad (UCA - Argentina)

MSc Mech Eng., MBA Sergio Oscar Rinland (Equipmake Ltd, UK)

Dr. Ing. Jorge Bauer (UTW - Universidad Técnica de Austria)

Pares Evaluadores del presente número:

*Ing. Manuela Mercedes
Pendón*

Dr. Ing. Caracciolo, Néstor

Ing. Fernando Javier Orozco

Ing. Senn, Jorge

*Ing. Jaureguiberry Mario
Ernesto*

*Ing. María De Los Ángeles
Puente*

Dr. Ing. Serra Diego Gastón

Ing. Laguto Sebastián

Lic. Gallegos María Laura

Lic. Herrería, Elisabeth Ruth

Ing. Cruz Eugenio Ruben

Ing. Cariello Jorgelina Lucia

Ing. Rezzonico Ricardo

Ing. Dos Reis María Rosa

Ing. Walas Mateo, Federico

Lic. Cinalli Marcelo Fernando

Ing. Carrizo Blanca Rosa

Dr. Ing. Michalus Juan Carlos

Ing. Zárate Claudia Noemí

Ing. Toncovich, Adrián Andrés

Ing. Esteban Alejandra María

Ing. Rohvein Claudia

Dr. Ing. Viel Jorge Eduardo

Dr. Ing. Adolfo Eduardo

Onaine

Dr. Ing. Salazar Arrieta

Fernando

Ing. Urrutia Silvia Beatriz

Lic. Martinez Llana, Daniel

Jorge Placido

C.P. Bruno, Carolina

Ing. Marcos, Carlos Eduardo

Lic. Blanc, Rafael Lujan

Ing. Morcela, Oscar Antonio

Ing. Corvalan, Soraya

Dr. Ing. Rossetti, German

*Lic. Prof. Esteves Ivanissevich
María José*

Ing. Franco Chiodi

Lic. Noelia Vanesa

Morrongiello

Lic. Roseti, Laura Patricia

Ing. Jauré María Florencia

Ing. D'Onofrio María Victoria

Dr. Ing. Fracaro, Anahí

Catalina

Dr. Ing. Ferreyra Diego Martín

Dr. Lic. Artola, Eugenia

Lic. Gómez, Daniela Nora

Ing. Aroca Bavich Alejandro

Cruz

Dr. Lic. Mansilla, Graciela

Analía

Ing. Erck Isolda Mercedes

Dr. Lic. Artigas María Velia

Un libro es un sueño que sostienes en tus manos¹

Este primer número de la “AACINI - Revista Internacional de Ingeniería Industrial” compendia los más destacados trabajos presentados en la “12° Edición del Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, XII COINI 2019 UTN FRSC”, desarrollado en la Ciudad de Río Gallegos, Provincia de Santa Cruz.

Pretendemos así contribuir con un producto editorial de la más alta calidad científica a la difusión y transferencia del conocimiento en todas las áreas de la Ingeniería Industrial y en todos los continentes. La presente Revista es el resultado de muchos años de esfuerzo conjunto de investigadores, académicos, profesionales, autoridades y demás actores de la comunidad.

En los más de 15 años que llevamos trabajando por nuestra especialidad en particular y por la Ingeniería en general, nuestro COINI ha pasado por Universidades Públicas y Privadas, y por el norte, el sur, el centro, el este y el oeste de la amplia y hermosa República Argentina. Así, nuestro espíritu integrador y federal dio la oportunidad de participar a toda la comunidad del país interesada en nuestra carrera.

También hace 15 años comenzó a gestarse nuestra AACINI –Asociación de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines-, en ese 1° COINI. Y en 2011 se formalizó como Red exclusiva de la especialidad ante el CONFEDI, Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. Así la AACINI, convoca hoy a más de 60 Directores y referentes de Instituciones relacionados con la especialidad de todo nuestro país.

Continuando con este sueño casi obsesivo de mejorar, en el año 2013 y ya afianzada la AACINI y los COINI, nos propusimos trascender nuestras fronteras. Decidimos entonces viajar por América para integrarnos con Instituciones e investigadores de nuestros países hermanos. Este arduo trabajo dio sus frutos en el COINI 2019, pudiendo concretar un Convenio de Colaboración con REDICECIA, la Red Iberoamericana en Ciencias Económicas, Contables, de Ingeniería y Administrativas, con sede en Colombia.

Llegamos así a este junio de 2020, con la Edición del 1° Número de la “AACINI - Revista Internacional de Ingeniería Industrial”, donde se plasma el trabajo conjunto de investigadores y académicos de Argentina, Colombia, Perú, Brasil, Inglaterra, Austria y otros tantos países. Esta integración multicultural y multidisciplinaria nos permite concretar una publicación de calidad, rigor científico y con alcance global.

Continuando con nuestro camino, tenemos ya prevista la 2° Edición de la Revista para el próximo mes de diciembre 2020, por lo que aprovecho esta oportunidad para invitarlos a que presenten sus trabajos.

Para concluir, es mi ferviente deseo, y el de las autoridades que integran la AACINI, que disfruten del contenido de nuestra Revista Internacional de Ingeniería Industrial y que nos sigan también en nuestras próximas entregas.

Esp. Miguel Ángel Risetto
Presidente AACINI

¹ Neil Gaiman

COMISIÓN DIRECTIVA AACINI – 2020

Presidente:	Miguel Ángel RISSETTO	UTN FRA/RECT
Vice-Presidente:	Jorge Alejandro MOHAMAD	UCA CABA
Secretario General:	Pedro Alejandro BASARA	UTN/UNDAV
Pro-Secretario:	Julián Edgardo VELA	UTN FRA
Tesorero:	León Natalio HOROWICZ	UBA
Pro-Tesorero:	Rubén Mario LURBE	UTN FRSC
1° Vocal Titular:	Eduardo Juan DE MARIA	UNLAM
2° Vocal Titular:	Adrian Guillermo HERZ	ITBA
3° Vocal Titular:	Héctor Gallegos	UTN FRSN
4° Vocal Titular:	Federico Mendizábal	U MORÓN
1° Vocal Suplente:	Diego Gastón SERRA	UNLZ
2° Vocal Suplente:	Nora Lucía LLADSER	UNPSJB
3° Vocal Titular:	Jorge Eduardo ABET	UTN FRC
4° Vocal Suplente:	Rodolfo Iván Barón	UTN FRSR
Revisor de Cuentas Tit.:	Graciela Susana NOYA	UNPSJB
Revisor de Cuentas Supl.:	Estela Mónica LOPEZ SARDI	UP

DIRECTORES DE CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AFINES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Mg. Ing. Sebastián Mur	Ing. Miguel Benegas	Ing. Oscar Spada
Ing. Gustavo López Hermann	Ing. Gustavo Alberto Lores	Ing. Carmelo Caparelli
Ing. María de las Mercedes Augspach	Ing. Eduardo De Maria	Lic. Andrés Horacio Reale
Ing. Federico Walas	Ing. Juan González Montero	Ing. José Guillermo Valvano
Mg. Ing. Jorge Alejandro Mohaad	Ing. Lucía Lladser	Ing. Cesar Bustelo
Lic. Pablo Salvático	Ing. Gabriel Crespi	Lic. Jorge García
Esp. Ing. Manuel Luis Zambrano Exhenique	Ing. Luis Oscar Oviedo	Ing. Pablo Quantín
Ing. Macarena Rodríguez Campos	Ing. Marcelo Pelayo	Mg. Ing. Jorge Eduardo Abet
Ing. Alfredo Leiter	Ing. Héctor Martinek	Ing. Ricardo Bosco
Dr. Ing. Anibal Cofone	Ing. Carlos Vecchi	Lic. María Dolores Gómez
Ing. Carlos Papini	Mg. Ing. Antonio Morcela	Ing. Sergio Cortese
Ing. Patricio González Viescas	Ing. Mario Mantulak	Ing. Marcelo Gil
Ing. Federico Mendizabal	Ing. Luis Raúl Feraboli	Ing. David Espíndola
Ing. Oscar Waigold	Ing. Ricardo Jakulika	Ing. Victor Cogno
Ing. Sergio Alberto Colombo	Mg. Ing. Inés María Ranea Vega	Dr. Ing. Mario Rubén Lurbe
Ing. Sebastián Bianchi	Ing. María Eugenia Rímini	Ing. Aníbal Vallejo
Ing. Enzo Judis	Ing. Pedro Juvenal Basualdo	Ing. Héctor Gallegos
Ing. Raúl Funes	Ing. Facundo Bianciotto	Mg. Ing. Rodolfo Ivan Barón
Ing. Pablo De Simone	Ing. Nora Perotti	Ing. Carlos Alzamendi
	Ing. Silvia Urrutia	Ing. Alberto Nilo Butler
	Dr. Ing. Diego Cafaro	
	Ing. Adrián Tomkovich	

Evolución de la comunidad microbiana nativa durante el proceso de biodegradación de un residuo procedente de estaciones de servicios

Cambarieri, Luciana

*Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional,
Rio Gallegos (9400) Santa Cruz.
luciana_cambarieri@yahoo.com.ar*

Pucci, Graciela Natalia

*Centro de Estudios e Investigación en Microbiología Aplicada,
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia (9000) Chubut.
pucigraciela@gmail.com*

Acuña, Adrián Javier

*Facultad Regional Santa Cruz, Universidad Tecnológica Nacional,
Rio Gallegos (9400) Santa Cruz
adrianjacuna@yahoo.com.ar*

Fecha de recepción: 14/06/2019

Fecha de aprobación: 19/09/2019²

RESUMEN

La biodegradación es un proceso natural mediante el cual los microorganismos transforman los contaminantes en compuestos menos tóxicos.

El objeto de este trabajo es evaluar la respuesta de una comunidad microbiana nativa presente en un suelo, durante el proceso de biodegradación de un residuo generado en estaciones de servicio.

Se tomaron muestras de residuos líquidos de una estación de servicio en la ciudad de Río Gallegos. El hidrocarburo extraído se analizó mediante GC/MS. Se realizaron ensayos de biorremediación en microcosmos a base de suelo no contaminado durante 100 días con una relación C:N:P: de 100:2,5:0,25, 10% de humedad y 3 % del residuo. Se monitoreó por cuantificación del dióxido de carbono generado por la mineralización de hidrocarburos. Muestras de suelos fueron tomadas a diferentes tiempos para cuantificar hidrocarburos por GC/FID, conteo de bacterias aerobias totales (BAT) y bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH). También se monitoreó la comunidad bacteria por el análisis de los ácidos grasos microbianos extraídos directamente desde las muestras. El residuo presentó una composición de hidrocarburos rica en n-alcanos comprendidos entre C12 y C25. La mineralización alcanzó a un valor máximo de 14000 mg CO₂.kg_{suelo}⁻¹ y alrededor de un 80% de biodegradación. La biodegradación fue realizada principalmente por bacterias y actinomices, observándose que la comunidad bacteria se fue modificando a medida que la concentración de hidrocarburos disminuyó.

Palabras Claves: biodegradación, hidrocarburos, bacterias, lixiviado

² **Primer Premio**; categoría: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria; XII COINI (Río Gallegos, 2019)
AACINI – Revista Internacional de Ingeniería Industrial, N° 1 – junio de 2020 – pp. 5-16
ISSN en trámite

Evolution of the native microbial community during the biodegradation process of a residue from service stations

ABSTRACT

Biodegradation is a natural process by which microorganisms transform pollutants into less toxic compounds.

The aim of this work is to evaluate the response of a native microbial community present in the soil, during the biodegradation process of a waste generated in service stations.

Liquid waste samples were taken from a service station in the city of Río Gallegos. The extracted hydrocarbon was analyzed by GC / MS. Bioremediation tests were carried out in microcosm based on uncontaminated soil for 100 days with a C: N: P: ratio of 100: 2.5: 0.25, 10% humidity and 3% of the residue. It was monitored by quantification of carbon dioxide generated by hydrocarbon mineralization. Soil samples were taken at different times to quantify hydrocarbons by GC / FID, total aerobic bacteria (BAT) count and hydrocarbon degrading bacteria (BDH). The bacterial community was also monitored by the analysis of the microbial grades extracted directly from the samples. The residue had a hydrocarbon composition rich in n-alkanes between C12 and C25. The mineralization reached a maximum value of 14000 mg CO₂.kgsoil⁻¹ and about 80% biodegradation. The biodegradation was carried out mainly by bacteria and actinomyces, observing that the bacterial community was modified as the concentration of hydrocarbons decreased.

Keywords: biodegradation, hydrocarbons, bacterias, lixiviated

Evolução da comunidade microbiana nativa durante o processo de biodegradação de um resíduo das estações de serviço

RESUMO

A biodegradação é um processo natural pelo qual microorganismos transformam poluentes em compostos menos tóxicos.

O objetivo deste trabalho é avaliar a resposta de uma comunidade microbiana nativa presente no solo, durante o processo de biodegradação de um resíduo gerado nas estações de serviço.

As amostras de resíduos líquidos foram coletadas de uma estação de serviço na cidade de Río Gallegos. O hidrocarboneto extraído foi analisado por GC / MS. Testes de biorremediação foram realizados em microcosmo com base em solo não contaminado por 100 dias com uma relação C: N: P: de 100: 2,5: 0,25, 10% de umidade e 3% do resíduo. Foi monitorado quantificando o dióxido de carbono gerado pela mineralização de hidrocarbonetos. Amostras de solo foram coletadas em diferentes momentos para quantificar hidrocarbonetos por GC / FID, contagem total de bactérias aeróbicas (BAT) e bactérias degradantes de hidrocarbonetos (BDH). A comunidade bacteriana também foi monitorada através da análise dos graus de ácido microbiano extraídos diretamente das amostras. O resíduo apresentou uma composição de hidrocarboneto rica em n-alcenos entre C12 e C25. A mineralização atingiu um valor máximo de 14000 mg CO₂.kg_{suelo}⁻¹ e cerca de 80% de biodegradação. A biodegradação foi realizada principalmente por bactérias e actinomyces, observando que a comunidade bacteriana foi modificada com a diminuição da concentração de hidrocarbonetos.

Palavras chave: biodegradação, hidrocarbonetos, bactérias, lixiviado.

1. INTRODUCCIÓN

La industria automotriz se caracteriza por comercializar vehículos que funcionan a base de combustibles líquidos derivados del petróleo. La mayoría de ellos lo hacen a expensas de nafta o gasoil, utilizando diferentes tipos de aceites para lubricación. El despacho de este tipo de combustibles se realiza en las denominadas "estaciones de servicios". Toda estación de servicio, en su playa de abastecimiento de combustibles, posee un sistema de alcantarillas que tiene la finalidad de recoger los derrames de combustibles que puedan ocurrir durante las maniobras de carga de los mismos. Estos sistemas de alcantarilla confluyen en una pileta de tipo api donde el hidrocarburo lixiviado, por procesos físicos, es retenido evitando que sea arrastrado con los efluentes del lugar por el agua que entra en el sistema. Dicha agua entra en el sistema de alcantarillas debido a las lluvias ocasionales, o la limpieza de la playa de abastecimiento. Finalmente el hidrocarburo retenido en la pileta es retirado para su posterior eliminación. El mismo recibe un tratamiento térmico de elevado costo económico.

Dado a que los contaminantes que conforman el efluente líquido retenido en la pileta tipo api son nafta, gasoil y los aceites lubricantes, es probable su tratamiento por métodos biológicos.

Existen diversos tipos de tratamientos para remediar sitios contaminados, estos pueden ser físicos, químicos y biológicos, siendo este último método, altamente eficiente, amigable con el medio ambiente y de bajo costo económico [1].

La biorremediación, es un método biológico, mediante el cual los microorganismos presentes en un sitio, producen la transformación o eliminación de un contaminante. Dicho proceso suele aumentar su eficiencia al ser complementada mediante los procesos de bioaumentación y/o bioestimulación. La bioaumentación consiste en la incorporación de microorganismos especializados al sitio contaminado, a fines de acelerar el proceso de biorremediación; mientras que la bioestimulación consiste en estimular los microorganismos del ambiente natural mediante el agregado de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) [2, 3, 4].

Para que los procesos de biodegradación por parte de los microorganismos presentes en el suelo, puedan realizarse de forma totalmente efectiva, deben tenerse en cuenta una serie de factores en el área a tratar: como el tipo de microorganismos presentes, las condiciones del sitio contaminado (temperatura, oxígeno, energía, etc.) y la cantidad y toxicidad del contaminante [5].

Los suelos de la Patagonia en general presentan una escasez en el contenido de nutrientes [1] por lo que las comunidades microbianas autóctonas, se encuentran en su mayoría muy bien adaptadas a este marcado déficit y a las condiciones ambientales en las que habitan [3]. Por ello es fundamental, tener en cuenta que la incorporación de altas concentraciones de nutrientes durante el proceso de bioestimulación, pueden ser sumamente tóxicas para los microorganismos, ya que puede reducir considerablemente el número de bacterias degradadoras o alterar sus actividades metabólicas, y por lo tanto no podrían degradar los contaminantes de forma correcta [6].

En general los eventos de contaminación con hidrocarburos, generan disturbios en el suelo lo que conlleva a una serie de modificaciones en la estructura de las comunidades bacterianas. En ocasiones, los contaminantes suelen provocar la aparición de nuevas poblaciones bacterianas dominantes en la comunidad establecida. Las mismas logran sobrevivir, alterando y modificando su fisiología, con el objeto de aprovechar el contaminante como fuente de carbono y energía [7, 8] por lo que aumenta el número del recuento bacteriano, pero disminuye la biodiversidad de la comunidad [9].

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de las comunidades microbianas del suelo durante el proceso de biodegradación de un residuo líquido generado en una estación despacho de combustible.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Toma de muestras de lixiviado de estación de servicio

La toma de muestras de lixiviados, tuvo lugar en una estación de despacho de combustibles de la ciudad de Río Gallegos. La misma se efectuó de manera estacional durante un año. Se emplearon botellas de vidrio de 1 litro de capacidad para la recolección del líquido situado en las cámaras de almacenaje de los mismos. Las muestras líquidas se conservaron refrigeradas hasta su posterior separación física y análisis del contenido de hidrocarburos por cromatografía gaseosa.

2.2. Separación y análisis del lixiviado

La separación física de las muestras de lixiviado se hizo mediante la utilización de ampollas de decantación, con el objeto de separar la fase acuosa de la líquida no acuosa. Una vez obtenida esta última fase, se procedió a analizar su composición. Para ello, el residuo fue diluido en pentano y la fracción de hidrocarburos n-alcenos de C8 a C40 se estudió por cromatografía gaseosa con detección por espectrometría de masas (GC/MS). La identificación y cuantificación se realizó en un cromatógrafo de gases Agilen 7890A equipado con una columna capilar (HP5ms) de sílica gel fundida de 30 m por 0,25 mm por 0,25 μm y un programa de temperatura de 45°C iniciales por tres minutos, seguido de una rampa de 45°C a 275°C a 12°C/min, finalizando con 12 min a 275°C, con una temperatura del inyector de 200°C. El volumen de muestra inyectado fue de 1 μL en modo split con una relación 1:10. Como gas carrier se utilizó helio con un flujo de 1,2 mL/min. El detector de masas se utilizó con una temperatura de la fuente de iones y la línea de transferencia de 230 °C y 180 °C respectivamente y una energía de impacto de 70 eV. El escaneo de masas entre 29 y 400 uma se realizó en modo Scan. Para la identificación y cuantificación de los hidrocarburos se utilizaron los testigos propuestos por la Environmental Protection Agency en sus normas 8015D y 610.

2.3. Muestra de suelo utilizado como soporte para la biorremediación

Se tomó una muestra de suelo patagónico de aproximadamente 8 kg a una profundidad comprendida entre los 10 y 30 cm, en las inmediaciones de la ciudad de Río Gallegos. La misma fue tamizada con una malla de 2 mm de poro para eliminar todas las piedras existentes, y se almacenó hasta su posterior caracterización física, química y microbiológica.

2.3.1. Análisis físico y químico

Se realizaron determinaciones de humedad, densidad real, densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua y porcentaje de materia orgánica e inorgánica, según lo propuesto por García Trejo en 1981 [10]. La determinación de pH, cationes y aniones se hizo sobre un extracto de muestra 1:2,5 en agua destilada. La medición de pH se realizó potenciométricamente con electrodo de vidrio. Se midieron el contenido de carbonato y bicarbonato por titulación con ácido clorhídrico 0,1 N utilizando fenolftaleína y heliantina como indicadores. El contenido de sulfatos, se efectuó a través del método turbidimétrico, basado en su precipitación en medio ácido. Las mediciones de calcio y magnesio se hicieron a través de complejometría con EDTA, a pH 12, para el primero de ellos utilizando murexida como indicador y a pH 10 con negro de ericromo T como indicador, para el segundo. Los cloruros fueron determinados por el método de Mohr, el ión amonio como azul de indofenol y el fosfato con azul de molibdeno. El contenido de nitrito se midió por colorimetría con ácido sulfanílico y 1-naftilamina y el nitrato con brucina en presencia de ácido sulfúrico [11, 12, 13].

2.3.2. Análisis de hidrocarburos totales del petróleo

Para la evaluación de los hidrocarburos se siguieron los lineamientos propuestos para este tipo de análisis según la norma TNRCC 1005. A tal efecto, 10 gramos de suelo fueron colocados en un vial de 20 mL y 10 mL de pentano fueron agregados. Los viales fueron agitados en un agitador horizontal a 120 oscilaciones/min por una hora. Los extractos se dejaron decantar toda la noche para finalmente separar la fase orgánica. Para la identificación y cuantificación se utilizó un cromatógrafo de gases marca Agilen, modelo 7890B, con un detector tipo FID alimentado por hidrógeno y aire cromatográfico. El puerto de inyección fue Split/splitless y la inyección de las muestras se realizó con jeringa de 10 µL con una torre de inyección automática. La columna utilizada fue HP-5 de marca Agilen de 30m x 0,32mm x 0,25µm con gas nitrógeno como carrier a un flujo de 3mL/min. Las condiciones de corrida que se utilizaron fueron: volumen de muestra inyectado fue de 1 µL en modo splitless con un flujo de inyección de 20 mL/min con una temperatura del inyector de 285°C. El programa del horno comenzó a 30°C por 3 minutos, seguido de un rampa de 15°C/min hasta alcanzar los 300°C de temperatura que luego se mantuvo 5 minutos. Luego se utilizó una rampa de 15°C/min hasta alcanzar los 325°C, temperatura que se mantuvo hasta alcanzar los 30 minutos de corrida total. El detector FID se mantuvo a una temperatura de 325°C, con un flujo de hidrógeno de 30mL/min y de aire cromatográfico de 400mL/min. La cuantificación se llevó a cabo utilizando los estándares propuestos por las normas EPA 8015 y TNRCC 1005.

2.3.3. Análisis microbiológico

El recuento de bacterias heterótrofas y degradadoras de hidrocarburos se realizó por el método de diseminación en superficie. Para ello se realizó una suspensión de 1 g de muestra en 9 ml de solución fisiológica estéril y se homogeneizó en un agitador orbital por 30 minutos a 80 r.p.m. El medio de cultivo utilizado para bacterias heterótrofas fue R2A (extracto de levadura 0,5g, peptona proteasa 0,5g, casamino ácido 0,5g, glucosa 0,5g, almidón 0,5g, piruvato de sodio 0,3g, K₂HPO₄ 0,3g, MgSO₄.7H₂O 0,05g, agar 15g, agua destilada 1000mL) y BDH para las degradadoras de hidrocarburos (NaCl 5g, K₂HPO₄ 0,5g, NH₄H₂PO₄ 0,5g, (NH₄)₂SO₄ 1g, MgSO₄ 0,2g, KNO₃ 3g, FeSO₄ 0,05g, SL 10 B (HCl (25 %) 7,7mL, FeSO₄.7H₂O 1,5g, ZnCl₂ 0,07g, MnCl₂.4H₂O 0,1g, H₃BO₃ 0,3g, CoCl₂.6H₂O 0,19g, CuCl₂.2H₂O 0,002g, NiCl₂.6H₂O 0,024g, Na₂MoO₄.2H₂O 0,036g, agua destilada 1000mL) 10mL, agar 15g, agua destilada 1000mL, adicionado con 30 µL de una mezcla de petróleo y gasoil 1:1. La incubación de las placas de recuento se realizó a 28°C por 20 días.

2.4. Experiencia de biodegradación

2.4.1 Ensayo de biorremediación asistida

Se confeccionaron microcosmos por triplicado en botellas de vidrio de 1 litro, empleando 200 g de suelo. Se les adicionó un 10% de agua, un 3 % residuo, y nutrientes. Como fuente de nitrógeno y fósforo se aplicó nitrato de potasio (KNO₃) y fosfato monopotásico (KH₂PO₄), para establecer una relación de C:N:P: 100:2,5:0,25. Cabe agregar, que también se diseñó un sistema control de la misma manera anteriormente mencionada, pero sin el agregado del contaminante. Todos los sistemas se incubaron a 28 °C durante 100 días. Se monitorearon semanalmente, el dióxido de carbono producido a partir de la mineralización del hidrocarburo presente. En cada sistema se colocó en su interior un recipiente colector con 3mL de hidróxido de sodio 3N con el objeto de fijar el dióxido de carbono liberado, y luego, titularlo con una solución valorada de ácido clorhídrico.

Muestras de suelo fueron tomadas, a tiempo cero 0 (T0), 21 (T1), 41 (T2), 63 (T3), 80 (T4) y 100 (T5) días, con el objetivo de determinar el contenido de hidrocarburos presentes por cromatografía gaseosa, conteo de bacterias aerobias totales (BAT) y bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH) de acuerdo a la metodología descrita para la caracterización de la muestra de suelo, y la evolución de la comunidad bacteriana por FAMES.

2.4.2 Estudio de ácidos grasos microbianos totales del suelo (FAMES)

La extracción de ácidos grasos totales se efectuó por duplicado utilizando el método modificado propuesto por Ritchie *et al.* en el año 2000 [14]. Se tomaron 3 g de suelo a los que se les adicionó 15 mL de una solución 0,2 M de KOH en metanol y se incubó una hora a 37 °C. Luego se añadieron 3 mL de ácido acético 1 M para neutralizar el pH y finalmente se agregó 10 mL de hexano. Seguidamente se agitó durante 20 min en agitador horizontal a 100 oscilaciones por minuto para finalmente separar la fase orgánica. Esta fase se evaporó bajo corriente de nitrógeno hasta sequedad para luego resuspender los FAMES en 200 µL de hexano que finalmente se transfirieron a un vial de GC. Los ácidos grasos fueron determinados como metil ésteres por GC/MS mediante la utilización de una columna capilar (HP5ms) de sílica gel fundida de 30 m por 0,25 mm por 0,25 µm. Los análisis se llevaron a cabo con un cromatógrafo de gases Agilen 7890A (inyección splitless; presión inicial 10 psi; programa de temperatura: 170-288 °C a 28 °C.min⁻¹, 288-310 °C a 60 °C.min⁻¹, 1,5 min de permanencia a 310 °C) con detector por espectrometría de masas Agilent 5975C con una temperatura de la fuente de iones y la línea de transferencia de 230 °C y 180 °C respectivamente y una energía de impacto de 70 eV. La identificación de los ácidos grasos como metil ésteres se realizó con los estándares propuestos por el sistema MIDI y la biblioteca NIST 08. La composición de los ácidos grasos fue calculada como porcentaje del área de pico.

Con los datos obtenidos del estudio de ácidos grasos microbianos del suelo, se procedió a estimar la evolución en el tiempo de los índices microbianos correspondientes a biomasa monitoreando el ácido graso 14:0 [15], bacterias según Σ (15:0 + 16:0 + cy17:0 + 17:0 + 18:0 + cy19:0 + 16:1 ω 7 + 15:1 ω 5) [16], actinomices según Σ (18:0 10Me + 19:0 10Me) [16] y hongos por el monitoreo del ácido graso 18:2 ω 6c [15]. Por otro lado, también se realizó un estudio de estadística multivariada de componentes principales (PCA) utilizando el programa PATS 3.16.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización del suelo

Para que el proceso de biorremediación funcione de manera eficiente, es fundamental conocer cuáles son las características del hábitat microbiano. Estas se definen a partir de las características físicas y químicas del suelo [17]. En base a los resultados obtenidos de la muestra estudiada, la misma se correspondería a un suelo típico de la región patagónica, dado al bajo contenido de nutrientes y de materia orgánica [1, 18]. Sin embargo, presenta valores de pH, porosidad y capacidad de retención de agua, que lo hacen apto para un favorable crecimiento bacteriano [19] (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis físicos, químicos y microbiológicos del suelo estudiado.

Análisis físico, químico y microbiológico			
pH	7,66	Cloruro (mg.kg ⁻¹)	37,4
Conductividad (µS.cm ⁻¹)	84,5	Sulfato (mg.kg ⁻¹)	48,7
Humedad (%)	1,07	Carbonato (mg.kg ⁻¹)	< 1
Materia orgánica (%)	0,98	Bicarbonato (mg.kg ⁻¹)	45,74
Materia inorgánica (%)	99,02	Calcio (mg.kg ⁻¹)	40,88
Densidad aparente (g.cm ³⁻¹)	1,31	Magnesio (mg.kg ⁻¹)	12,16
Densidad real (g.cm ³⁻¹)	2,46	Nitrito (mg.kg ⁻¹)	0,52
Porosidad (%)	46	Nitrato (mg.kg ⁻¹)	18,1

		Amonio (mg.kg ⁻¹)	0,05
Hidrocarburos totales (mg.kg ⁻¹)	< 1	Fosfato (mg.kg ⁻¹)	< 1
BAT (UFC.g ⁻¹)	5,30E+05	BDH (UFC.g ⁻¹)	8,90E+03

BAT: bacterias aerobias totales, BDH: bacterias degradadoras de hidrocarburos.

3.2. Caracterización del residuo líquido

A partir de los estudios realizados por GC/MS, se logró identificar la composición de los hidrocarburos presentes en la fase líquida no acuosa de la muestra, el cual se correspondió mayormente a la fracción de carbono equivalente comprendida entre C12/13 a C24/25. En función de la composición química del residuo se observó que comparte una similitud con el gasoil, como se observa en la Figura 1. El gasoil, es una mezcla de hidrocarburos obtenidos por destilación en un rango de temperatura de 175 a 345 °C, entre los que se encuentran en mayor proporción los n-alcenos y una baja proporción de compuestos aromáticos [20]. Cabe resaltar que la fracción de n-alcenos, presenta una elevada biodegradabilidad [21].

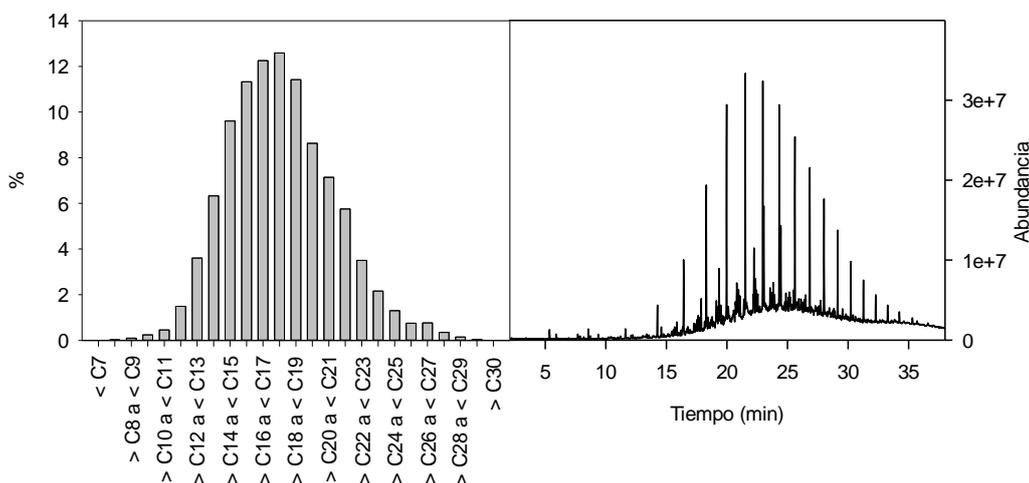


Figura 1 Perfil cromatográfico del residuo estudiado

3.3. Mineralización y cuantificación de hidrocarburos

Los sistemas exhibieron tasas de mineralización elevadas en los primeros 20 días del ensayo. Los valores de éste parámetro estuvieron entre 300 y 600 mgCO₂.kg⁻¹suelo.día⁻¹, evidenciándose una producción de CO₂ total de aproximadamente 14.000 mgCO₂.kg⁻¹suelo (Figura 2). En relación a las tasas de degradación de los hidrocarburos totales presentes (HTP) en el residuo, se observa en la Figura 3 que los valores más elevados se registraron en los primeros 20 días de la experiencia, obteniéndose un porcentaje de degradación cercana al 80 %.

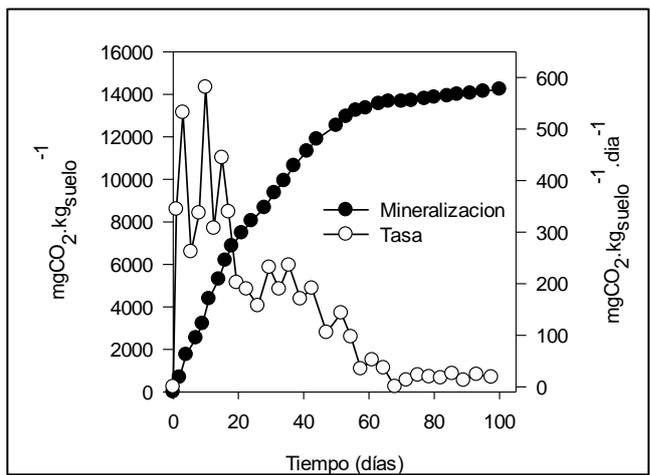


Figura 2 Curvas de mineralización de hidrocarburos y tasas de mineralización de hidrocarburos

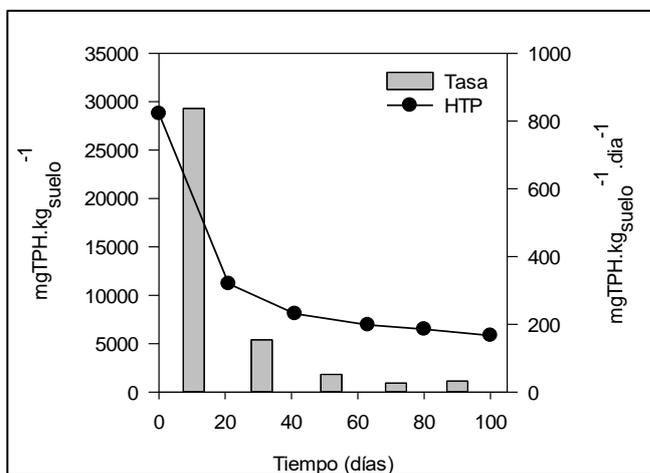


Figura 3 Curvas de degradación de hidrocarburos y tasas de degradación de hidrocarburos

La óptima biodegradación del residuo, se relacionaría con la composición mayoritaria de n-alcanos, los cuales presentan una elevada biodegradabilidad [22, 23].

Anyasi y Atagana en 2011 [24] señalaron que la biodegradación en suelos es mayor en las primeras semanas independientemente de la cantidad de microorganismos presentes, ya que los contaminantes presentan una alta biodegradabilidad. Como se observa en las figuras 2 y 3, luego del día 50, los sistemas no evidenciaron cambios significativos en las curvas de mineralización como en la degradación de los hidrocarburos. Dicha situación, podría deberse a un agotamiento de los nutrientes en los sistemas de estudio [1, 3].

3.4. Conteo de bacterias degradadoras de hidrocarburos y bacterias aerobias totales

Con respecto al conteo de bacterias aerobias totales (BAT) y degradadoras de hidrocarburos (BDH), se han obtenido resultados favorables durante los ensayos de biodegradación. En el día 40 de la experiencia, se evidenciaron picos de crecimiento máximos, en el orden de $2,48 \text{ E}+10 \text{ UFC.g}^{-1}\text{suelo}$ para las BAT y $6,20 \text{ E}+09 \text{ UFC.g}^{-1}\text{suelo}$ para las BDH. Cabe destacar, que el último grupo de microorganismos

son los responsables de llevar a cabo el proceso de biodegradación, observándose un número acorde al tipo de hidrocarburo presente en cada microcosmo [25].

3.5. Evolución en el tiempo de biomasa, bacterias, actinomices y hongos

En la Figura 4 se observa que la incorporación del residuo registró un aumento en el índice de la comunidad bacteriana, y en la producción de la biomasa. No obstante, los hongos y actinomices, no presentaron cambios evidentes durante el transcurso de la experiencia.

Esto es coincidente con las curvas y tasas de mineralización observada durante la experiencia. Se estima que una vez que los microorganismos logran recuperarse del estrés generado por la presencia de los contaminantes hidrocarbonados, aumentan en número y pueden eliminar los compuestos biodegradables [26].

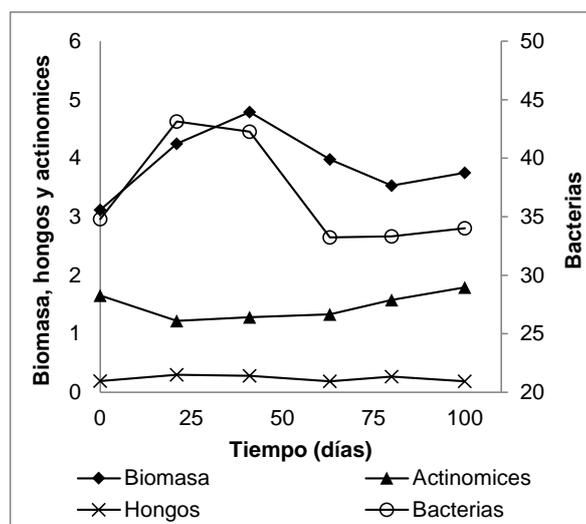


Figura 4 Evolución de los diferentes índices calculados a partir de los estudios de ácidos grasos de membrana del suelo de los microcosmos.

3.6. Evolución de la comunidad bacteriana

En lo referente al análisis de componentes principales realizado a partir de los ácidos grasos de membrana para cada sistema en función del tiempo, se registraron cambios en la estructura de la comunidad bacteriana. En la Figura 5, se observa que la adición de nutrientes y humedad en el suelo (Control) generó una distorsión mínima de la comunidad bacteriana. La aplicación del contaminante hidrocarbonado en el suelo, provocó modificaciones notorias en la estructura de esta comunidad bacteriana que tendieron a distanciarla de la original. Sin embargo, a medida que el tiempo fue transcurriendo y que el contaminante fue disminuyendo su concentración en el suelo, la comunidad bacteriana tendió a recuperarse y a evolucionar a la comunidad que la originó.

En el año 2012, Pucci *et al.* [26], evidenciaron a partir de ensayos realizados con hexadecano como contaminante, que a medida que este fue eliminado del suelo, la comunidad bacteriana del mismo tiende a ser la misma que existía antes de la incorporación del contaminante. Este tipo de evolución de los microorganismos puede ser tomado como un parámetro más para estimar que el proceso biológico está siendo exitoso.

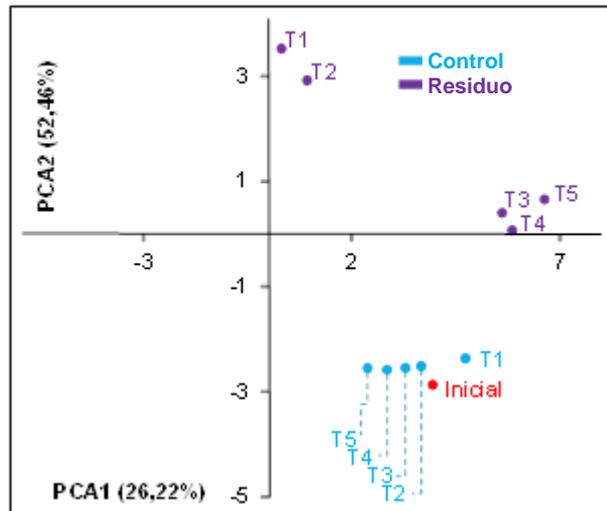


Figura 5 Análisis de componentes principales.

4. CONCLUSIONES

En relación a los datos obtenidos se pudo corroborar que las comunidades microbianas nativas del suelo, tienen la capacidad de biodegradar los hidrocarburos presentes en la fase líquida no acuosa del residuo. Para que dicho proceso de eliminación logre llevarse a cabo deben tenerse en cuenta la cantidad de los nutrientes a incorporar, el porcentaje de humedad, y la concentración del hidrocarburo presente.

A pesar que las comunidades microbianas sufren modificaciones en su estructura debido al agregado del contaminante, las bacterias degradadoras de hidrocarburos se adaptan a la presencia de estos contaminantes hidrocarbonados. Las mismas tienen la capacidad de recuperarse, aumentando su número y continuar con la eliminación de los componentes biodegradables.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, sería factible aplicar la técnica de biorremediación asistida al residuo estudiado.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad Regional Santa Cruz y a la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, por permitir llevar a cabo esta investigación.

REFERENCIAS.

- [1] Pucci, G; Acuña, A; Pucci, O. (2011). Biodegradación de hidrocarburos en la meseta Patagónica, un resumen de la optimización de los parámetros a tener en cuenta. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 115, 36-41. Argentina.
- [2] Riis, V; Babel, W; Pucci, O. (2002). Influence of heavy metals on the microbial degradation of diesel fuel. *Chemosphere*. 49,6, 559-568. Reino Unido.
- [3] Acuña, A; Pérez Krennek, J; Pucci, O; Pucci, G. (2007). Biodegradación de hidrocarburos. Influencia de la fertilización en el proceso de biorremediación. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 84, 82-86. Argentina.
- [4] Núñez Cuartas, D; Paredes Cuervo, D; Cubillos Vargas, J. (2014). Bioremediation for degradation of total hydrocarbons present in the sediments of a fuel service station. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*. 37, 20-28. Venezuela.
- [5] Van Hamme, J; Singh, A; Ward, O. (2003). Recent advances in petroleum microbiology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 67, 503-549. USA.
- [6] Riser, R. (1998). *Remediation of petroleum contaminated soil: biological, physical, and chemical processes*. Florida. 1ª Edición. Ediciones CRC Press. Florida.
- [7] Kumar, M; Khanna, S. (2010). Diversity of 16S rRNA and dioxygenase genes detected in coal tar-contaminated site undergoing active bioremediation. *Journal Applied Microbiology*. 108, 1252-1262. Reino Unido.
- [8] Van Elsas, J; Jansson, J; Trevors, J. (2007). *Modern soil microbiology*. New York. 2ª Edición. CRC Press. New York.
- [9] Atlas, R; Philp, J. (2005). *Bioremediation: applied microbial solutions for real-world environmental cleanup*. Washington. 1ª Edición. American Society for Microbiology (ASM) Press. Washington.
- [10] García Trejo, A. (1981). *Propiedades fisicoquímicas del suelo*. México. 1ª Edición. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- [11] Peressutti, S; Álvarez, H; Pucci, O. (2003). Dynamics of hydrocarbon-Degrading bacteriocenosis of an experimental oil pollution in Patagonian soil. *International Biodeteration and Biodegradation*. 52, 21-30. Reino Unido.
- [12] Pucci, G; Pucci, O. (2003). Biodegradabilidad de Componentes de Mezclas Naturales de Hidrocarburos Previamente Sometidas a Landfarming. *Revista Argentina de Microbiología*. 35, 62-68. Argentina.
- [13] Acuña, A; Pucci, O; Pucci, G. (2008). Caracterización de un Proceso de Biorremediación de Hidrocarburos en Deficiencia de Nitrógeno en un Suelo de la Patagonia Argentina. *Ecosistemas*. 17, 85-93. España.
- [14] Ritchie, N; Schutter, M; Dick, R; Myrold, D. (2000). Use of length heterogeneity PCR and fatty acid methyl ester profiles to characterize microbial communities in soil. *Applied Environmental Microbiology*. 66, 1668-1675. USA.
- [15] Mummey, D; Stahl, P; Buyer, J. (2002). Soil microbiological properties 20 years after surface mine reclamation: spatial analysis of reclaimed and undisturbed sites. *Soil Biology Biochemistry*. 34, 1717-1725. Reino Unido.
- [16] Zheng, S; Hu, J; Jiang, X; Ji, F; Zhang, J; Yu, Z; Lin, X. (2013). Long-term fertilization regimes influence FAME profiles of microbial communities in an arable sandy loam soil in Northern China. *Pedobiologia*. 56, 179-183. Holanda.
- [17] Alessandrello, M; Tomás, M; Raimondo, E; Vullo, D; Ferrero, M. (2017). Petroleum oil removal by immobilized bacterial cells on polyurethane foam under different temperature conditions. *Marine Pollution Bulletin*. 122, 156-160. Reino Unido.

- [18] Peri, P; Rosas, Y; Ladd, B; Toledo, S; Lasagno, R; Pastur, G. (2019). Modeling soil nitrogen content in south Patagonia across a climate gradient, vegetation type, and grazing. *Sustainability*. 11, 2707. Suiza.
- [19] Leahy, J; Colwell, R. (1990). Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiological Reviews*. 54, 305-15.
- [20] Acuña, A; Pucci, G; Morales, M; Pucci, O. (2010). Biodegradación de petróleo y sus derivados por la comunidad bacteriana en un suelo de la Patagonia Argentina. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. 30,1, 29-36. Venezuela.
- [21] Margesin, R; Schinner, F. (1997). Bioremediation of diesel-oil-contaminated alpine soils at low temperatures. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 47, 462-468. Alemania.
- [22] Ameen, F; Moslem, M; Hadi, S; Al-Sabri, A. (2016). Biodegradation of diesel fuel hydrocarbons by mangrove fungi from Red Sea Coast of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 23, 211-218. Arabia Saudita.
- [23] Wang, Z; Fingas, M; Yang, C; Christensen, J. (2006). Environmental forensics. USA. 1° Edición. Elsevier Science (Ed). USA.
- [24] Anyasi, R; Atagana, H. (2011). Biological remediation of polychlorinated biphenyls (PCB in the environments by microorganisms and plants. *African Journal of Biotechnology*. 10, 18916-18938. Kenia.
- [25] Varjani, S. (2017). Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresource technology*. 223, 277-286. Holanda.
- [26] Pucci, G; Acuña, A; Nohra, N; Pucci, O. (2012). Cambios en las comunidades bacterianas de suelo luego de una contaminación con hexadecano. *Revista Peruana de Biología*. 19,1, 111 – 112. Perú.

Desarrollo de modelos híbridos para la optimización de la gestión energética de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables, almacenamiento y consumo

Sabor, Mauricio
msabor@itba.edu.ar

De Bernardez, Leopoldo
ldb@itna.edu.ar

Jones, Alan Aeron
ajones@itba.edu.ar

Vilaboa, Iván
ivilaboa@itba.edu.ar

*Escuela de Ingeniería y Gestión, Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Eduardo Madero 399, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1106ACD*

Fecha de recepción: 14/06/2019

Fecha de aprobación: 21/10/2019³

RESUMEN

Se desarrolló un modelo híbrido para la gestión de la energía de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables y no renovables, almacenamiento en baterías, producción de hidrógeno y consumo. El modelo permite no solamente optimizar el desempeño de la red eléctrica propuesta sino también analizar instalaciones de producción y acumulación de energía considerando la oferta y la demanda, los costos involucrados y los precios de compra y venta de energía a la red.

Se utilizaron modelos analíticos para la estimación de la generación eólica y solar fotovoltaica teniendo en cuenta variables meteorológicas. Para la acumulación en baterías se consideraron las curvas de carga y descarga y para la generación de hidrógeno las curvas características de electrolizadores a alta presión. El modelo completo incluye agentes para la toma de decisiones como compra y venta de energía a la red, acumulación en baterías o producción de hidrógeno.

Se verificó la validez del modelo y las lógicas utilizadas planteando diversos escenarios, en los que fue posible observar las fluctuaciones en la generación, la acumulación y el consumo.

El modelo puede ser aplicado a diversos casos, gestionando decisiones en redes existentes o permitiendo dimensionar proyectos en función de la demanda prevista y de la decisión de incorporar diferentes tipos de sistemas de generación y acumulación de energía eléctrica.

Palabras Claves: Gestión energética, simulador, modelo híbrido

³ **Primer Premio**; categoría: Gestión de Operaciones y Logística; XII COINI (Río Gallegos, 2019)

Development of hybrid models for the optimization of the energy management of an electrical network with connection to the grid, generation through renewable sources, storage and energy consumption

ABSTRACT

A hybrid model was developed for the energy management of a power system with connection to the grid, generation through renewable and non-renewable sources, battery storage, hydrogen production and energy consumption. The model allows not only to optimize the performance of the proposed power system but also to analyze energy production and accumulation facilities considering the supply and demand, the costs involved and the prices of buying and selling energy to the grid.

Analytical models were used to estimate wind and solar photovoltaic generation taking into account meteorological variables. For the storage in batteries, typical charge and discharge curves were considered and characteristic curves of high pressure electrolyzers were used for hydrogen generation.

The complete model includes agents for decision making such as buying and selling energy to the grid, accumulation in batteries or hydrogen production. The validity of the model and the logics used were verified by proposing various scenarios, in which it was possible to observe the fluctuations in generation, accumulation and consumption.

The model can be applied to various cases from optimizing decisions in existing networks to allowing projects to be sized based on the expected demand and supporting the decision to incorporate different types of electricity generation and accumulation systems.

Keywords: Energy management, simulator, hybrid model

Desenvolvimento de modelos híbridos para otimização da administração de energia de uma rede elétrica com conexão à rede, geração através de fontes renováveis, armazenamento e consumo de energia

RESUMO

Um modelo híbrido foi desenvolvido para o gerenciamento de energia de um sistema de energia com conexão à rede, geração através de fontes renováveis e não renováveis, armazenamento de baterias, produção de hidrogênio e consumo de energia. O modelo permite não apenas otimizar o desempenho do sistema de energia proposto, mas também analisar as instalações de produção e acumulação de energia considerando a oferta e a demanda, os custos envolvidos e os preços de compra e venda de energia para a rede.

Modelos analíticos foram utilizados para estimar a geração fotovoltaica eólica e solar, levando em consideração variáveis meteorológicas. Para o armazenamento em baterias, foram consideradas curvas típicas de carga e descarga e curvas características de eletrolisadores de alta pressão para geração de hidrogênio.

O modelo completo inclui agentes para a tomada de decisões, como compra e venda de energia para a rede, acúmulo de baterias ou produção de hidrogênio. A validade do modelo e as lógicas utilizadas foram verificadas propondo vários cenários, nos quais foi possível observar as flutuações na geração, acumulação e consumo.

O modelo pode ser aplicado a vários casos, desde a otimização de decisões nas redes existentes até o dimensionamento dos projetos com base na demanda esperada e o apoio à decisão de incorporar diferentes tipos de sistemas de geração e acumulação de eletricidade.

Palavras chave: Administração de energia, simulador, modelo híbrido.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de generación distribuida, especialmente los basados en energías renovables, requieren estrategias de control y adecuación a la red interconectada a fin de disminuir posibles impactos negativos [1, 2]. También deben ser tenidos en cuenta algunos aspectos específicos como las necesidades de almacenamiento [3], la disponibilidad de los recursos [4-6], la influencia de factores meteorológicos [7] y la metodología utilizada para la determinación de la tarifa eléctrica. [8,9]. Todos estos aspectos deben ser atendidos si se quiere lograr una adecuada gestión de la energía.

Teniendo en cuenta la importancia de las fuentes de energías renovables para disminuir el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por la utilización de combustibles fósiles, se han desarrollado diversos modelos para simular el desempeño de sistemas de generación eléctrica basados en energía eólica y solar fotovoltaica entre otras. [10,11]

Por su parte, los modelos basados en agentes han demostrado ser una herramienta apropiada para desarrollar sistemas de gestión de la energía [12,13]. Por este motivo, el modelo desarrollado incluye agentes para la optimización de redes inteligentes a partir de una correcta formulación de la topología del sistema [14]. Para el desarrollo del proyecto se decidió utilizar datos de consumo de la Sede Distrito Tecnológico a lo largo de siete días mediante un multimedidor que pudo ser instalado en el lugar. Los datos se anualizaron considerando los valores pico, valle y resto reportados por EDESUR en las facturas eléctricas mensuales y fue posible utilizar ambos conjuntos de los datos como entrada del modelo desarrollado.

2. DESARROLLO DEL MODELO

2.1 Herramientas utilizadas

El modelo analítico para la estimación de la generación solar fotovoltaica tiene en cuenta variables meteorológicas y las variaciones de temperatura del panel [15,16]. Para la generación de energía eólica se calculó la potencia a partir del flujo másico que atraviesa el área barrida por las palas del rotor y ajustando los datos reportados de velocidad del viento a la altura real del generador [17].

Para la acumulación en baterías se consideraron las curvas de carga y descarga de las mismas, y para la modelización de la generación de hidrógeno se utilizaron datos experimentales del electrolizador desarrollado en el ITBA [18]. Se decidió definir que el electrolizador modelizado funcione con un régimen de operación fijo para el cual se conoce experimentalmente la potencia consumida y la eficiencia del proceso.

Para el desarrollo del modelo híbrido para la gestión energética se decidió utilizar el software *Anylogic*, no solo debido a su gran versatilidad a la hora de realizar modelos multiparadigmas sino también a su difusión en distintos ámbitos asociados a la ingeniería industrial. En este caso se encontró que la librería de modelización basada en agentes, en conjunto con la de dinámica de sistemas de *Anylogic*, resultaban suficientemente extensas para poder desarrollar el modelo en cuestión.

El modelo desarrollado se plantea como un simulador que contiene una conceptualización basada principalmente en el paradigma de Dinámica de Sistemas, con stocks y flujos de energía almacenada y transportada. Se caracterizaron los distintos elementos para que pertenezcan a un dado tipo de agente y se diferencien conceptualmente. Aunque se contempla un solo elemento de cada tipo, se ha elaborado el modelo mediante agentes que distinguen su operación según sean generadores, consumidores o acumuladores. Cada elemento del sistema calcula la respuesta dinámicamente y en forma autónoma en función de sus variables de entrada, la información del entorno y el requerimiento de flujo.

Aunque la gestión de la energía se realiza en forma centralizada, al haberse conceptualizado el modelo a nivel agente, las decisiones pueden ser tomadas individualmente en cada uno de ellos, posibilitando de esta manera simular interferencias y evaluar las diferencias emergentes de la toma de decisiones particulares o conjuntas. Por lo tanto, deja abierta la posibilidad de profundizar el paradigma basado en agentes al incorporar decisiones autónomas que dependen de la información que fluya entre ellos.

Como primer paso se procedió a identificar los agentes que formarían parte del modelo y definir cuáles serían las decisiones a tomar durante la simulación. Se decidió trabajar con 4 tipos de agentes, los que se detallan a continuación.

1 *Agentes del modelo*

- **Agentes consumidores:** Se identifican así todos los agentes del sistema que únicamente toman energía. Ejemplos de agentes consumidores son: el consumo en edificios, como el de la Sede Distrito Tecnológico del ITBA, y los electrolizadores, que consumen energía para producir hidrógeno y oxígeno que se destina en este caso a la venta sin realizar ningún tipo de reinyección energética al sistema.
- **Agentes generadores:** Al contrario que los consumidores, son todos los agentes que únicamente entregan energía al sistema. La generación Solar, Eólica y la obtenida a partir de recursos no renovables, como los generadores Diesel, son ejemplos de este tipo de agente.
- **Agentes buffer:** Son agentes híbridos entre consumidores y generadores, ya que actúan como uno u otro según en qué estado se encuentren. Presentan además la posibilidad de almacenar energía diferenciándose por completo de otro tipo de agente. Un ejemplo de este tipo de agente son las baterías, en particular las electroquímicas utilizadas en este modelo.
- **Agente red:** La red eléctrica que interconecta los distintos agentes generadores, consumidores y buffer actúa con lógicas particulares que lo hacen ser un tipo de agente diferente. Si bien en el modelo planteado se propone a la red eléctrica como un reservorio capaz de entregar y tomar cantidades ilimitadas de energía y que podría llegar a asemejarse a un agente del tipo buffer, la red eléctrica no cuenta con una unidad de almacenamiento y establece de manera diferente los costos de la energía, ya que está determinada por los organismos reguladores.

Definidos de esta manera, los agentes pueden interactuar entre sí en el entorno del simulador tomando la decisión de generar y entregar energía, almacenarla o consumirla según su propia capacidad y las distintas condiciones de contexto que van variando a lo largo de la simulación.

2 *Aplicación de la dinámica de sistemas:*

Para traducir al modelo de gestión las decisiones tomadas por los agentes se recurrió a la librería de Dinámica de Sistemas de *Anylogic*, que permite programar de manera simple y visualmente amigable la transmisión de energía mediante un sistema de stocks y flujos interconectados. Mientras los stocks representan sumideros donde se almacena la energía, los flujos portan la energía, como la generada por los agentes, modificando en consecuencia dichos stocks.

La interrelación entre los agentes se produce mediante los flujos que portan energía desde las fuentes hacia los sumideros procurando que no quede energía sin ser asignada. Las decisiones que debe tomar cada agente se encuentran en función de lo que ocurra en los demás agentes presentes en el modelo, de la información sobre los pronósticos que detallan cuál será la generación futura de cada uno de los generadores y también del consumo futuro de los distintos agentes de tipo consumidor. Un factor que

resulta determinante en estas decisiones son los precios actuales y futuros de la energía que pueden hacer que ciertos generadores entren o salgan de funcionamiento dependiendo de su costo de generación, así como también que los electrolizadores decidan generar hidrógeno en función del precio a pagar por la energía y el precio al que puedan venderse los gases producto de la electrólisis.

Para el desarrollo del modelo se partió de las siguientes premisas:

- La prioridad de asignación energética comienza por satisfacer la demanda de los agentes consumidores y luego abastecer a los agentes de tipo buffer, típicamente baterías, de la energía suficiente para prevenir su daño por agotamiento.
- Los agentes de tipo buffer en ningún caso pueden sobrepasar sus límites de carga y descarga.
- La red puede abastecer o entregar cantidades ilimitadas de energía salvo que se especifique una capacidad máxima impuesta por la entidad operadora o una condición técnica.
- La generación de hidrógeno se produce mediante el encendido completo de cada electrolizador. Esto quiere decir que deberán emplearse paquetes discretos de energía para activar el encendido de un número determinado de electrolizadores debiendo redistribuir la energía sobrante.

Para definir los generadores que entrarán en funcionamiento se comparan sus costos operativos contra los costos de compra de energía a la red, decidiendo operar únicamente aquellos que representan menores costos.

A su vez, el agente buffer verifica el estado de carga de las baterías y en función de ello toma la decisión de posicionarse en estado de carga o descarga, pudiendo en consecuencia complementar la energía provista por los generadores o requerir del sistema energía adicional a la ya demandada por los consumidores.

3 Lógicas del modelo

Las lógicas desarrolladas para el modelo de gestión tienen como finalidad definir las decisiones a tomar por parte de los agentes según su capacidad y las condiciones del contexto. Serán las encargadas de definir si un agente generador se pondrá en operación y entregará energía al sistema, así como también si las baterías se encontrarán en estado de carga o descarga y por ende entregando o demandando energía del sistema. También analizarán la posibilidad de encender los electrolizadores en función de los costos de la energía disponible y de asignar la energía sobrante a una posible venta a la red.

Las lógicas además limitan las decisiones a tomar para cumplir con las exigencias de las premisas definidas en el apartado anterior. Es por esto que el modelo funciona administrando energía de los agentes generadores para satisfacer las necesidades de los agentes consumidores y *buffer* pudiendo abastecerse, si fuera necesario, de energía entregada desde la red en caso de trabajar en un escenario de este tipo, en adelante *on grid*.

Para demostrar si se obtienen mejores resultados al aplicar las lógicas planteadas en el modelo, resultó propicio diseñar una corrida en la cual se tomen decisiones de manera simplificada. Esta alternativa se llamó corrida naive y funciona como referencia para poner a prueba la eficiencia de las decisiones tomadas siguiendo las nuevas lógicas planteadas llamadas en adelante "lógicas eficientes".

La comparación entre la corrida naive y la eficiente se da principalmente a través de indicadores de costos de compra de energía e ingresos producidos por la venta de energía a la red y gases obtenidos de la electrólisis en el período de tiempo estudiado.

Para confirmar que las lógicas eficientes resultan superadoras respecto a las lógicas *naive*, el valor neto entre ingresos y costos debe resultar superior para una corrida eficiente que para una *naive* en un mismo escenario de análisis lo que puede expresarse como:

$$Ingresos_{naive\ i} - Costos_{naive\ i} \leq Ingresos_{eficiente\ i} - Costos_{eficiente\ i} ; para\ cada\ escenario\ i \quad (1)$$

Cada escenario de análisis presenta valores inalterables de generación en función de datos meteorológicos, consumo y capacidad de almacenamiento. También deberá contar con igualdad de precio de compra y venta de energía a la red y precios de venta de gases producto de la electrólisis.

4 Lógicas Naive:

Con la priorización realizada, las lógicas naive que describen la toma de decisión para la asignación de la energía disponible de cada agente se detalla en el siguiente flujograma:

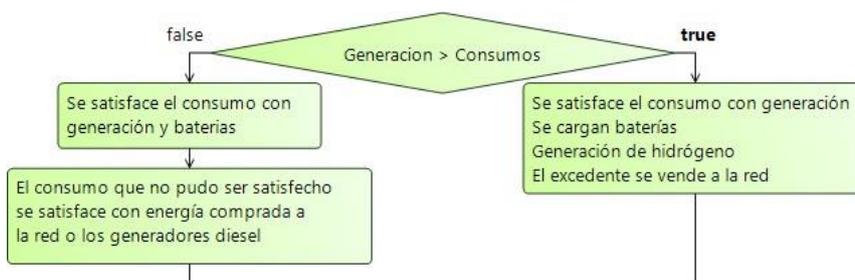


Figura 1 Lógica naive que asigna energía disponible

La variable “Generación” resulta de la suma de todos los agentes generadores que hayan sido seleccionados, mientras que “Consumos” resulta de sumar la demanda energética por parte de los agentes de tipo consumidores más el caso en que sea necesario cargar las baterías para no situarse en un estado de carga inferior al permitido.

En la rama derecha de la lógica, cuando la generación resulta mayor al consumo, se procede a la asignación de energía en el orden detallado hasta tanto no quede energía disponible, siendo en este caso la venta a la red la última opción, salvo que el costo de generación de gases sea mayor a su precio de venta. En la rama izquierda se procede según lo establecido en el diagrama.

5 Lógicas Eficientes:

Las lógicas eficientes difieren de las *naive* al tener en cuenta pronósticos de generación y consumo, así como precios actuales y futuros. Estas diferencias son las que resultan en la toma de decisión más eficiente por parte de los agentes, que se ven reflejados en resultados económicos positivos utilizados como indicadores comparativos entre ambas corridas.

Dentro de esta lógica se destacan dos diferencias principales:

- En caso de contar con una instalación con baterías, se realiza un análisis sobre posibles faltantes de energía a futuro y se decide almacenar en baterías el excedente de generación de este período para cubrir la mayor demanda a futuro, siempre y cuando sea más rentable. A su vez, se tienen en cuenta los precios futuros de venta de energía a la red para priorizar la carga de baterías demandando energía de la red en caso de ser rentable.
- Si se presenta un excedente de energía disponible tanto por generación como por exceso de carga en baterías, se reemplaza la asignación jerárquica de la lógica naive por un análisis de precios que determina si la utilidad marginal de generar hidrógeno es positiva. Para el cálculo de dicha utilidad se compara el precio al que podrían venderse los gases producto de la electrólisis realizada con esa energía contra el precio de venta de la energía a la red.

Para cada agente con energía disponible se corre la lógica representada en el siguiente flujograma:

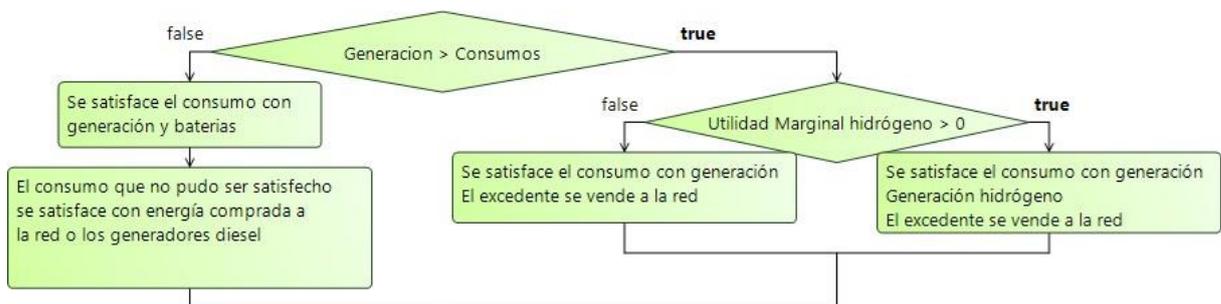


Figura 2 Lógica eficiente que asigna energía disponible

2.2. Datos de entrada al modelo:

El modelo presenta dos tipos de ingresos de datos, los datos característicos de los agentes y los parámetros que definen los escenarios

Los datos característicos de los agentes se encuentran definidos en una hoja de cálculo y son los que definen las propiedades principales de cada tipo. Para citar un ejemplo, en el caso de los paneles solares se encuentran cargados todos los datos provenientes de la hoja de datos de los módulos fotovoltaicos seleccionados para la simulación. Estos datos son necesarios para realizar los cálculos en los modelos adoptados y comentados previamente y definen la energía que se encontrará disponible en caso de poner al generador en operación.

A su vez, en esta hoja de datos se carga la información de pronóstico de consumo y datos meteorológicos. Los últimos, resultan necesarios para el cálculo del pronóstico de generación mientras que los primeros definen la demanda energética de los agentes consumidores en cada período.

Por último, también se encuentran cargados los precios de compra de energía a la red que actualmente resultan fijos por franjas horarias por no existir precios variables en la regulación actual del país. Conociendo las tendencias mundiales en los mercados que definen el precio de compra a la red mediante oferta y demanda, se prevé en un futuro trabajar con precios variables.

Los parámetros que definen los escenarios en las simulaciones realizadas son:

- Cantidad de paneles solares
- Cantidad de aerogeneradores

- Cantidad de generadores diesel
- Cantidad de baterías
- Cantidad de electrolizadores
- Precio de venta del gas hidrógeno [USD/m³]
- Precio de venta del gas oxígeno [USD/m³]
- Conectado a red

Las variables “precio de venta del gas hidrógeno” y “precio de venta del gas oxígeno” en conjunto determinan si la generación de gases tiene utilidad marginal positiva o negativa al momento de compararla contra el precio de venta de energía a la red.

En la figura 3 se presenta una captura de pantalla de la interfaz principal del simulador donde pueden verse los agentes, los parámetros del sistema y los stocks y flujos que modelizan la interacción del sistema con la red eléctrica. Los gráficos de barra ilustran la cantidad y el origen de la energía intercambiada con la red.

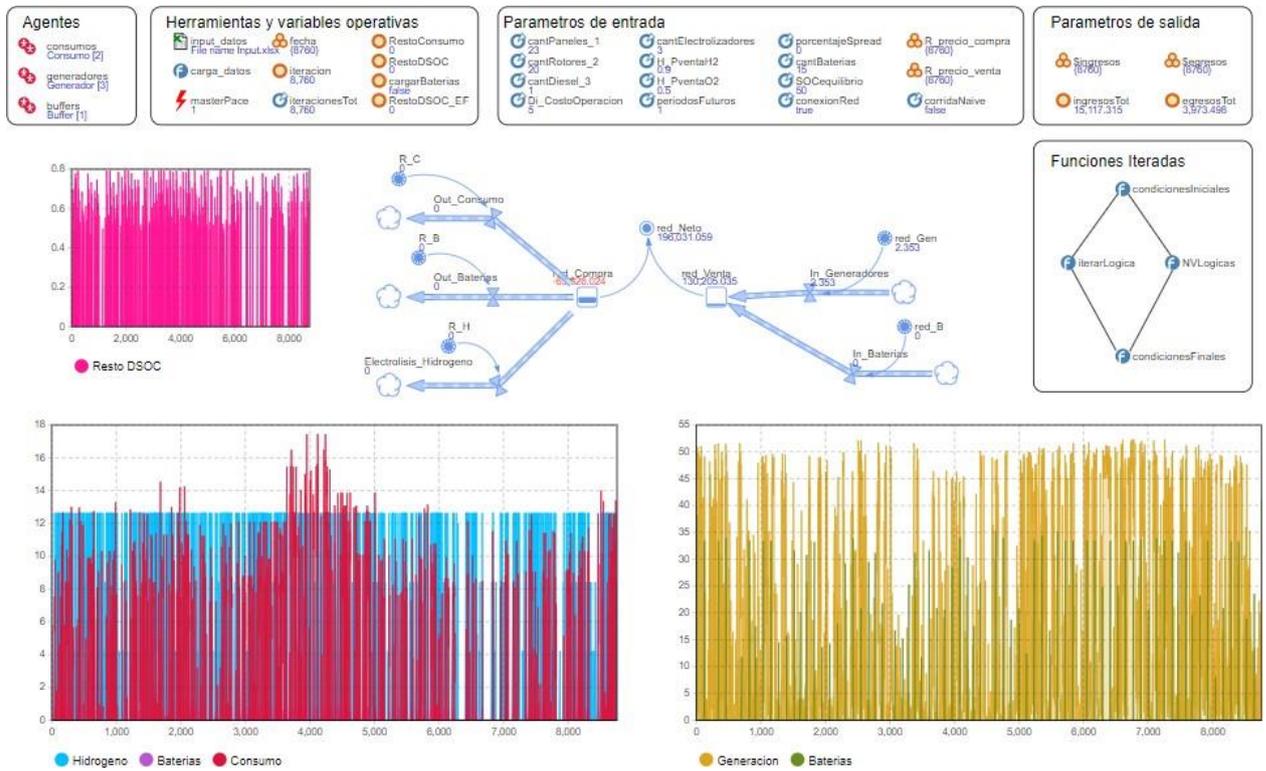


Figura 3 Captura de pantalla de la interfaz principal del simulador

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez completado el desarrollo del modelo de simulación se procedió a evaluar su funcionamiento en distintos escenarios de prueba. El objetivo de estas corridas fue constatar que el simulador respondía correctamente en escenarios triviales y permitir una primera validación de este.

Se decidió analizar el comportamiento del sistema durante un año para cinco escenarios distintos, en los cuales los parámetros técnicos de la instalación, curvas de demanda y factores meteorológicos serían iguales para todas las pruebas. Las diferencias entre los distintos escenarios se configuraron modificando la cantidad de equipos instalados y los precios de la energía y venta de gases.

Tabla 1. Resumen de selección de variables para el planteo de escenario de validación

Escenario	On grid	Paneles	Rotores	Diesel	Baterias	Electrolizadores	Utilidad Marginal Hidrogeno	Precio Venta Hidrogeno [USD/m ³]	Precio Venta Oxigeno [USD/m ³]
1	si	0	0	0	0	5	< 0	\$ 0.13	\$ 0.30
2	si	0	0	0	0	5	> 0	\$ 0.90	\$ 0.50
3	si	50	50	0	0	5	< 0	\$ 0.14	\$ 0.30
4	si	50	50	0	0	5	> 0	\$ 0.90	\$ 0.50
5	no	25	10	1	50	5	-	\$ 0.14	\$ 0.30

Escenario 1: Conexión simple a la red

En un primer escenario se planteó un edificio sin generación a partir de fuentes renovables y con conexión a la red. Se incluyeron electrolizadores para la producción de hidrógeno y oxígeno, pero con un precio de venta que no cubre el costo que implica producirlos. Al no existir generación propia de ningún tipo, el sistema abasteció la demanda únicamente consumiendo energía de la red y como la utilidad marginal de la producción de hidrógeno es negativa no se destinó energía a los electrolizadores. Como se puede ver en la figura 4 todas las salidas del sistema se destinan al consumo del edificio y todos los flujos de entrada provienen de la red.

Escenario 2: Conexión a red con generación de hidrógeno

Se analizó la misma instalación que en el escenario 1 pero se fijó un precio de venta de los gases producidos por electrólisis de modo que la utilidad marginal resulte positiva y verificar que las lógicas determinen en este caso poner en funcionamiento los equipos.

Como puede verse en la figura 5, toda la potencia demandada fue provista por la red, pero el valor es mayor que en el escenario 1 ya que al ser rentable la generación y venta de gases el modelo habilitó el funcionamiento de los electrolizadores. La potencia demandada para el funcionamiento de la sede y de los electrolizadores se presenta en la parte inferior de la figura. La energía demandada para la generación de gases es constante porque corresponde a la capacidad máxima de producción.

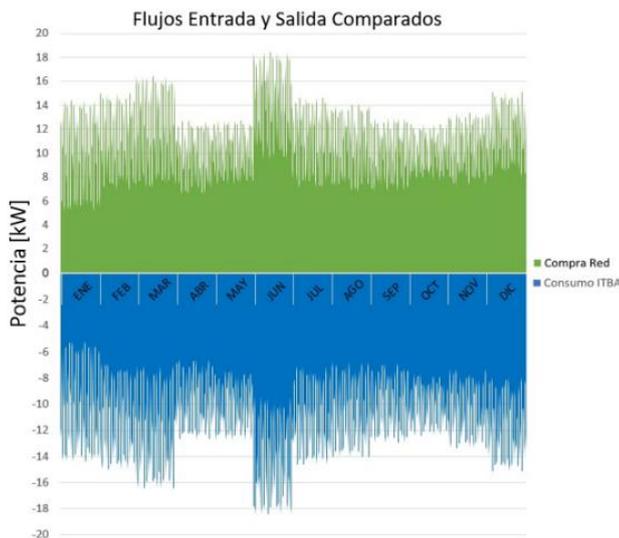


Figura 5 Comparación de los flujos de entrada y salida para el escenario 1

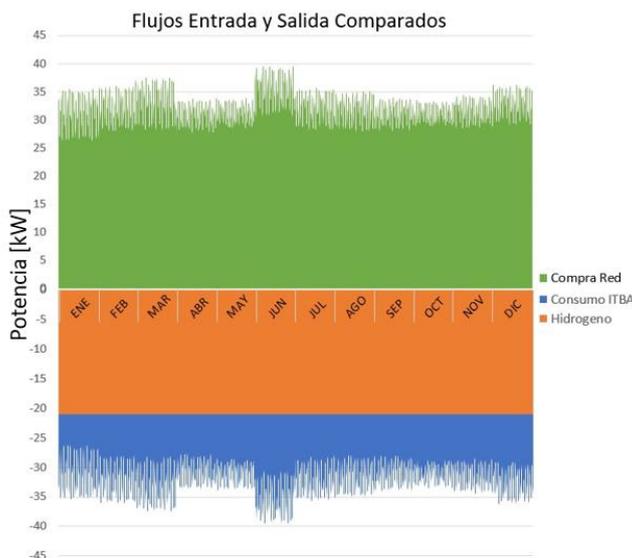


Figura 4 Comparación de los flujos de entrada y salida para el escenario 2

6 **Escenario 3: Conexión a red y generación mediante energías renovables**

En este escenario se planteó una instalación *on grid* con generación mediante fuentes renovables sin posibilidad de almacenamiento. Se estableció que no sea redituable económicamente la producción de hidrógeno para evaluar el funcionamiento de las lógicas de inyección de energía a la red durante los períodos en que la generación supera el consumo.

En la figura 6 se puede apreciar el gran excedente de producción que se generó debido al sobredimensionamiento de la instalación simulada, que se propuso para poner a prueba exhaustivamente las lógicas definidas.

Al contar con generación de energía solar y eólica, se observó que fue posible abastecer completamente el consumo mediante energías renovables durante parte del período estudiado. En los momentos en que la generación no fue suficiente se compensó la demanda con suministro de la red y lo inverso ocurrió cuando existió un excedente de generación. A pesar de que la venta neta de energía a la red es muy significativa, debido a la intermitencia de la generación eólica resultó necesario adquirir energía cuando la generación no fue suficiente para compensar el consumo.

Cabe destacar que el sistema se comportó según lo esperado, dado que siempre eligió el destino más conveniente para la energía en base a la lógica de comparación de precios. Es por eso que los electrolizadores permanecieron fuera de servicio durante toda la simulación.

7 **Escenario 4:** Conexión a red, generación mediante fuentes renovables y producción de hidrógeno

En este escenario se analizó la misma instalación que en el escenario 3 pero se establecieron adecuados precios de venta de los gases producidos por electrólisis de modo tal que sea rentable poner en funcionamiento los electrolizadores.

Los resultados pueden verse en la figura 7. Al igual que en el escenario 3 se contó con un excedente de energía en los períodos de abundancia de energías renovables, lo cual permitió obtener un ingreso extra mediante la venta de la energía a la red o la producción de hidrógeno. El orden de prioridad para ubicar el excedente se determinó mediante la comparación de precios, resultando más rentable la producción de hidrógeno. En este escenario se da una mayor proporción de compra a la red.

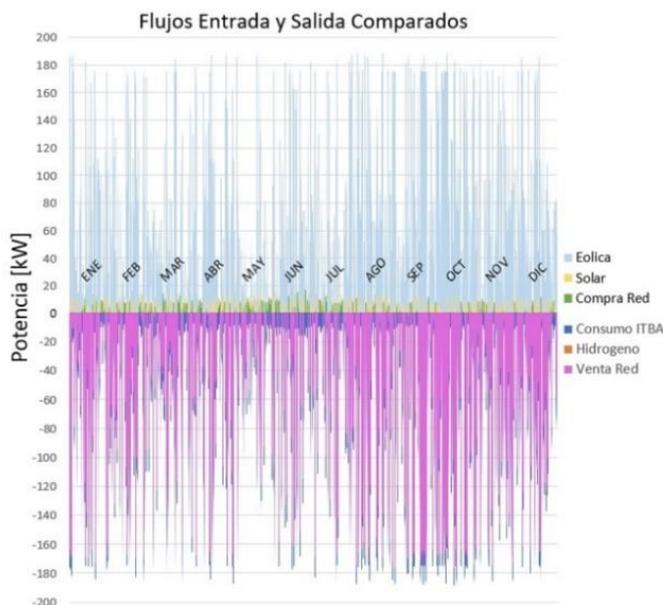
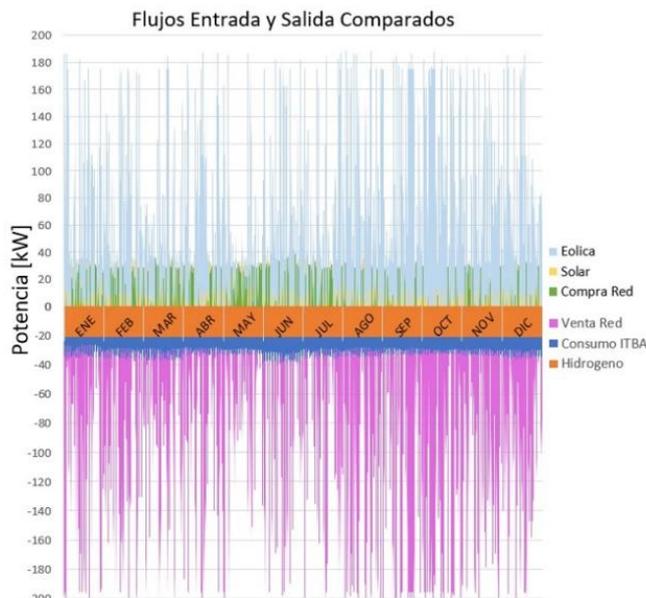


Figura 6 Comparación de los flujos de entrada y salida para el escenario 3



8

Figura 7 Comparación de los flujos de entrada y salida para el escenario 4

9 **Escenario 5:** Instalación off grid con fuerte presencia de generación mediante fuentes renovables

Para compensar la falta de suministro de red se simula el almacenamiento en baterías y la disponibilidad de un generador diésel. Con este escenario se corroboró el correcto funcionamiento de las lógicas de baterías y generadores diésel.

Los resultados pueden verse en la figura 7. En este escenario por primera vez se encuentran flujos de energía sin asignar representados por el área negra. Esto se debe a que en determinados momentos la generación supera al consumo, y al estar en una configuración off grid el único destino para este excedente son las baterías o los electrolizadores. Si estos no pueden recibir energía adicional, el excedente de energía debe ser desechado. Puede verse que los valores de compra y venta a la red son nulos.

Por otro lado, se confirma el correcto funcionamiento de los generadores diésel, que solo encienden en caso de ser necesaria energía adicional para satisfacer los consumos. En este escenario se confirma también el correcto funcionamiento de las lógicas de las baterías.

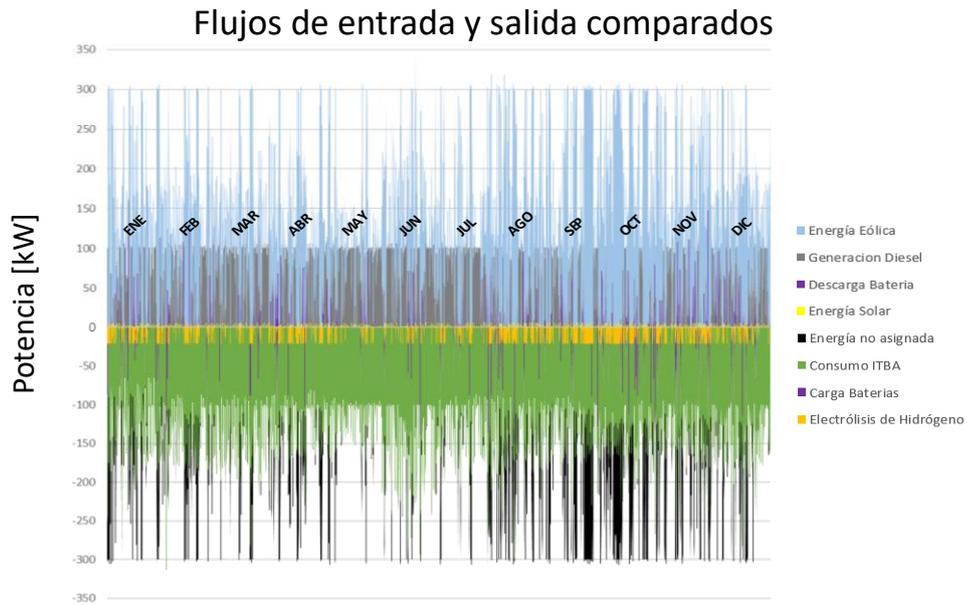


Figura 8 Comparación de los flujos de entrada y salida para el escenario 5

También cabe destacar que en todas las corridas se comparó el desempeño de las lógicas eficientes contra las lógicas *naive*, observando que en todas ellas existía una ventaja económica.

En la siguiente gráfica se muestra la frecuencia de encendido del generador diésel en función de la hora del día para una simulación de un año. Se puede ver cómo el uso del generador fue más habitual en horario nocturno, lo cual se debe a la menor generación de energía renovable en ese período debido a la ausencia de radiación solar.

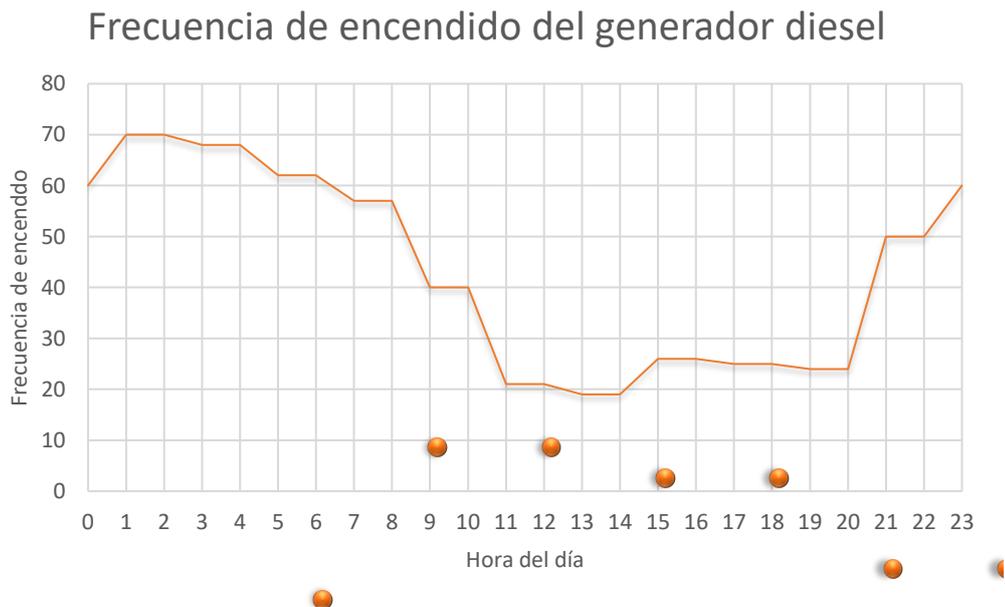


Figura 9 Análisis del encendido del generador diésel en función de la hora

A continuación, se presenta una captura del modelo a modo complementario de la ya mostrada en el apartado 2. En este caso la captura es del agente buffer batería y corresponde a la corrida del escenario 5 donde se puede apreciar el estado de carga de las baterías a lo largo de las corridas, las fuentes de energía utilizadas para cargarse (esquina superior derecha) y los diferentes destinos a donde se asignó la energía descargada (esquina inferior izquierda). Cabe destacar que no se observa interacción con la red por tratarse de un escenario *off grid*.

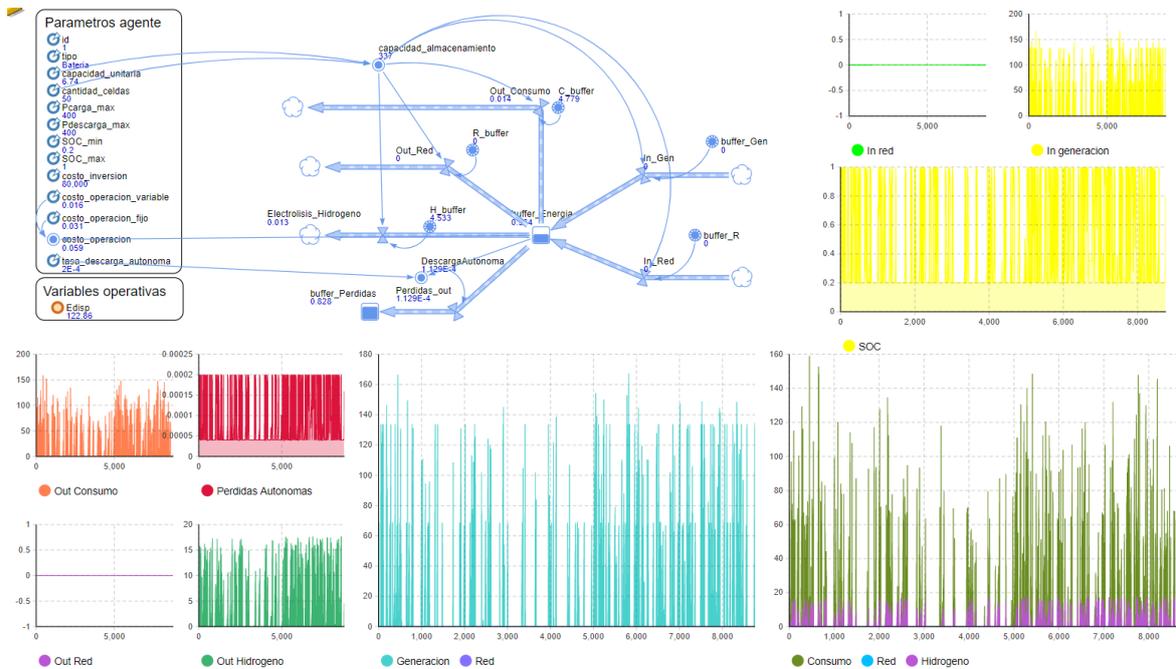


Figura 10 Captura de pantalla del agente buffer batería del simulador

4. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un modelo de gestión de la energía que integra lo mejor de cada librería utilizada y permite optimizar el desempeño de una red eléctrica con conexión a línea de suministro, generación mediante fuentes renovables y no renovables, producción de hidrógeno, almacenamiento y consumo.

Este modelo permite analizar instalaciones de producción y acumulación de energía sujeto al ajuste entre oferta y demanda, considerando los costos involucrados y los precios de compra y venta de energía a la red.

En los escenarios definidos se ha podido verificar la validez del modelo y las lógicas planteadas. Asimismo, es posible observar las fluctuaciones en la generación, tanto solar como eólica, debido a los cambios temporales de las variables meteorológicas.

Los resultados muestran que el modelo propone acumulación en baterías o generación de hidrógeno cuando se tienen excedentes de energía que, en función de los precios de mercado, no resulta conveniente vender a la red eléctrica.

Aunque se utilizaron como referencia datos de consumo de los edificios del ITBA, el modelo puede aplicarse a diversos casos posibles, ya que permite gestionar decisiones en redes existentes o dimensionar proyectos en función de la demanda prevista y de la decisión de incorporar diferentes tipos de sistemas de generación y acumulación de energía eléctrica. Incluyendo la carga de las baterías de vehículos eléctricos, permitiría evaluar las ventajas de distribuir no solamente la generación sino también acumulación de energía y definir las franjas horarias que optimicen el desempeño del sistema.

Diagrama del Proyecto

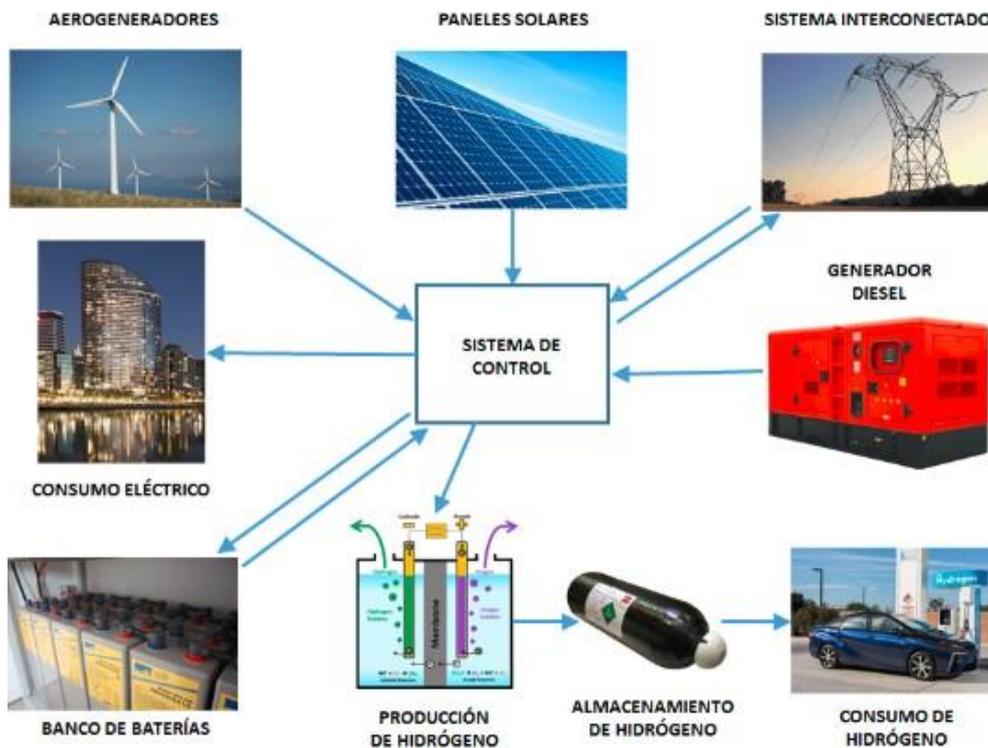


Figura 11 Esquema conceptual del modelo

Agradecimientos

El equipo de trabajo agradece a todas las personas que colaboraron con la elaboración de este trabajo. En especial al Ingeniero Francisco Lonardi por la ayuda prestada para llevar adelante la programación del modelo y al Sr. Raúl Mancuello por su colaboración en la instalación del multimetro.

REFERENCIAS

- [1] Lin, W., y Bitar, E. (2018). Decentralized Stochastic Control of Distributed Energy Resources, *IEEE Transactions on Power Systems*, 33, 888-900.
- [2] Abubakar, S.H., Cipcigan, L. y N. Jenkins (2018). Impact of optimized distributed energy resources on local grid constraints, *Energy* 142, 878-895.
- [3] O. Schmidt, A. Hawkes y I. Staffell (2017). The future cost of electrical energy storage based on experience rates, *Nature Energy* 2, Article number: 17110.
- [4] Arboit M. E., y Betman E. (2017). Comparative Study of Solar Radiation Availability in Dry Climate Urban Environment Forested Areas, in Mendoza, Argentina, *International Journal of Environmental Science & Sustainable Development*, 1, 1-13.
- [5] Haghdadi N., Copper J., Bruce A. y MacGill I., (2017). A method to estimate the location and orientation of distributed photovoltaic systems from their generation output data, *Renewable Energy*, 108, 390-400.
- [6] Jacobson M. Z., y Delucchi M. A., (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, *Energy Policy*, 39, 1154-1169.
- [7] De Bernardez L.S., Buitrago R.H. y Garcia N.O., (2011). Photovoltaic generated energy and module optimum tilt angle from weather data, *International Journal of Sustainable Energy*, 30, 311-320.
- [8] Bayod-Rújula A.A., Burgio A., Leonowicz Z., Menniti D., Pinnarelli A., y Sorrentino N., (2017). Recent Developments of Photovoltaics Integrated with Battery Storage Systems and Related Feed-In Tariff Policies: A Review, *International Journal of Photoenergy*.
- [9] Javier Ramírez F., Honrubia-Escribano A., Gómez-Lázaro E., y Pham D. T., (2017). Combining feed-in tariffs and net-metering schemes to balance development in adoption of photovoltaic energy: Comparative economic assessment and policy implications for European countries, *Energy Policy*, 102, 440-452.
- [10] Cook T., Shaver L. y Arbaje P., (2018). Modeling constraints to distributed generation solar photovoltaic capacity installation in the US Midwest, *Applied Energy*, 210, 1037-1050.
- [11] Peña R., y Medina A., (2012). Real time simulation of a power system including renewable energy sources, 2012 North American Power Symposium (NAPS).
- [12] Gazafroudi A. S. et. al, (2017). A Review of Multi-agent Based Energy Management Systems, 8th International Symposium on Ambient Intelligence (ISAmI 2017). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, v615.
- [13] Karavas C. S., Arvanitis K., y Papadakis G.A., (2017). Game Theory Approach to Multi-Agent Decentralized Energy Management of Autonomous Polygeneration Microgrids, *Energies*, 10, 1756.
- [14] Nguyen T.L., Tran Q. T., Caire R., Gavriluta C. y Nguyen V. H., (2017). Agent based distributed control of islanded microgrid real-time cyberphysical implementation, *Proceedings of the IEEE PES International Conference on Innovative Smart Grid Technologies IEEE ISGT Europe 2017*.

- [15] Pérez R. et al, (1987). A new simplified version of the Perez diffuse irradiance model for tilted surfaces, *Solar Energy*, 1987, vol. 39.
- [16] Ciulla G., Lo Brano V. y Moreci E., (2017). Forecasting the cell temperature of PV modules with an adaptive system, University of Palermo.
- [17] Baydyk T., Kussul E., Wunsch II D.C. (2019). *Renewable Energy: Solar, Wind, and Others, Intelligent Automation in Renewable Energy. Computational Intelligence Methods and Applications.*
- [18] Lauretta J. R. y Smoglie C., An efficiency model for hydrogen production in a pressurized electrolyzer, XXI World Energy Congress, Montreal, Canada.

Análisis Comparativo entre las Metodologías de Vinculación Universidad - Empresa. Un Caso De Estudio

Rossetti, Germán

*Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Argentina
groseti@fiq.unl.edu.ar*

Aisa, Silvia

*Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Córdoba
Bv. Enrique Barros s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
silvia.aisa@gmail.com*

Talbot Wright, Lorena

*Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Córdoba
Bv. Enrique Barros s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
lorena.talbot@unc.edu.ar*

Fecha de recepción: 29/07/2019

Fecha de aprobación: 07/10/2019⁴

RESUMEN

La vinculación Universidad-Empresa, actualmente se considera un motor económico clave, ya que dicha sinergia maximiza la utilización de la experiencia de cada parte para contribuir al desarrollo económico del país o bien de la región. Por lo tanto, se espera que la transferencia de conocimientos y tecnologías entre el sector académico y la industria estimule la innovación, de manera de resolver problemáticas reales del sector productivo. La innovación tecnológica es el resultado de un conjunto de relaciones complejas entre los actores que producen, distribuyen y aplican el conocimiento de diferentes áreas. En el presente trabajo se realiza un análisis de la implementación de una metodología de vinculación Universidad-Empresa desarrollada en Suecia, denominada AIMday. En primer lugar, se realiza un estudio de los procesos de interacción y transferencia de tecnología entre universidad y empresa, llevado a cabo tanto por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), como por la Universidad Nacional del Litoral (UNL). Luego, se presenta la metodología desarrollada en Suecia y su aplicación en ambas universidades, realizando un estudio comparativo de tipo cualitativo y cuantitativo, que describe las posibles ventajas y desventajas que cada una de estas metodologías presenta en su implementación.

Palabras Claves: Vinculación, Universidad, Empresa, Metodología

⁴ **Primer Premio**; categoría: Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional; XII COINI (Río Gallegos, 2019)

Comparative Analysis between the University-Business Linkage Methodologies. A Case Study

ABSTRACT

The University-Company relationship is currently considered a key economic engine, since this synergy maximizes the use of each party's experience to contribute to the economic development of the country or the region. Therefore, the transfer of knowledge and technologies between the academic sector and the industry is expected to stimulate innovation, in order to solve real problems of the productive sector. Technological innovation is the result of a set of complex relationships between the actors that produce, distribute and apply knowledge of different areas. In this work, an analysis of the implementation of a University-Company linking methodology developed in Sweden, called AIMday, is carried out. In the first place, a study of the processes of interaction and transfer of technology between university and company is carried out, carried out both by the National University of Córdoba (UNC), and by the National University of the Coast (UNL). Then, the methodology developed in Sweden and its application in both universities is presented, making a comparative study of qualitative and quantitative type, which describes the possible advantages and disadvantages that each of these methodologies presents in its implementation.

Keywords: Interaction, University, Company, Methodology

Análise Comparativa entre as Metodologias de Ligação Universidade-Empresa. Um estudo de caso

RESUMO

Atualmente, o relacionamento Universidade-Empresa é considerado um mecanismo econômico essencial, uma vez que essa sinergia maximiza o uso da experiência de cada uma das partes para contribuir para o desenvolvimento econômico do país ou da região. Portanto, espera-se que a transferência de conhecimentos e tecnologias entre o setor acadêmico e a indústria estimule a inovação, a fim de resolver problemas reais do setor produtivo. A inovação tecnológica é o resultado de um conjunto de relações complexas entre os atores que produzem, distribuem e aplicam conhecimentos de diferentes áreas. Neste trabalho, é realizada uma análise da implementação de uma metodologia de ligação Universidade-Empresa desenvolvida na Suécia, chamada AIMday. Em primeiro lugar, é realizado um estudo dos processos de interação e transferência de tecnologia entre universidade e empresa, realizado tanto pela Universidade Nacional de Córdoba (UNC) quanto pela Universidade Nacional da Costa (UNL). Em seguida, é apresentada a metodologia desenvolvida na Suécia e sua aplicação nas duas universidades, fazendo um estudo comparativo de tipo qualitativo e quantitativo, que descreve as possíveis vantagens e desvantagens que cada uma dessas metodologias apresenta em sua implementação.

Palavras chave: Interação, Universidade, Empresa, Metodologia.

1. INTRODUCCIÓN

La interacción entre las instituciones de ciencia y tecnología, específicamente las universidades, y el sector productivo es una cuestión estratégica, que proporciona un medio para mejorar las actividades de I + D, de manera de aumentar la competitividad tecnológica de las empresas. Estos sectores de la economía, involucrados en el proceso de innovación y desarrollo tecnológico, se presentan de manera complementaria. La innovación tecnológica es el resultado de un conjunto de relaciones complejas entre los actores que producen, distribuyen y aplican el conocimiento de diferentes áreas [1]. La vinculación Universidad-Empresa, actualmente se considera un motor económico clave, ya que dicha sinergia maximiza la utilización de la experiencia de cada parte para contribuir al desarrollo económico del país o bien de la región. Por lo tanto, se espera que la transferencia de conocimientos y tecnologías entre el sector académico y la industria estimule la innovación, de manera de resolver problemáticas reales del sector productivo. La innovación tecnológica es el resultado de un conjunto de relaciones complejas entre los actores que producen, distribuyen y aplican el conocimiento de diferentes áreas.

El desempeño innovador de un país depende de cómo los actores involucrados se relacionan entre sí, siendo parte de un sistema de creación de conocimiento colectivo y su aplicación, así como la tecnología asociada a dichas innovaciones. Las interacciones pueden tomar la forma de investigación conjunta, intercambio de personal, patentes, adquisición de equipos y adecuación de infraestructura [2]. Las operaciones de transferencia de tecnología tienen múltiples objetivos: afianzan los vínculos entre la universidad y la industria, mejoran el prestigio universitario, y aumentan y aceleran la transferencia de tecnología. Toda cooperación tecnológica es posible mediante la colaboración entre empresas e instituciones educativas y de investigación para el desarrollo de productos y procesos. En general, este tipo de cooperación reúne a universidades y empresas para la capacitación de recursos humanos, apoyo a la investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología. En general, este entorno está vinculado a lo que se conoce como interacción universidad-empresa, y reúne todas las actividades de transferencia de tecnología y conocimiento entre la academia y el sector productivo para fomentar la innovación.

La colaboración entre universidades y compañías se considera actualmente un motor económico clave, ya que las universidades aprovechan la experiencia adquirida, contribuyendo al desarrollo económico de los países o regiones. Del mismo modo, se espera que la transferencia de conocimiento y tecnología entre la academia y la industria estimule la innovación, ya que este tipo de colaboración combina, no solo socios heterogéneos sino, lo que es más importante, conocimientos heterogéneos [3, 4, 5].

Otro grupo de investigadores [6] indican que la literatura sobre interacciones universidad-empresa ha revelado muchas barreras para la transferencia de tecnología. Un número creciente de organizaciones intermediarias, como las Oficinas de Transferencia de Tecnología, Incubadoras Universitarias y Centros de Investigación Colaborativa, se han establecido para mitigar tales barreras. Aunque a menudo se estudian las actividades y los efectos de estos intermediarios, se carece de una comprensión conceptual de cómo estas organizaciones facilitan la transferencia de tecnología. Estos autores muestran que diferentes tipos de organizaciones intermediarias, abordan el mismo problema fundamental, es decir la confluencia de la lógica de la academia y la industria de diferentes maneras. Basado en un enfoque de proximidad, Villani et al. [6] desarrollan un marco teórico que explica cómo las organizaciones intermediarias pueden reducir la distancia cognitiva, geográfica, organizativa y social en las colaboraciones universidad-empresa [7].

En Argentina, el emprendimiento se ha promovido a través del estado y las organizaciones no gubernamentales, con el objetivo de difundir el espíritu emprendedor y promover la capacidad económica y social de los emprendedores que aportan cambios muy innovadores. Estas organizaciones tienen como pilares fundamentales el vínculo entre empresarios, sectores del conocimiento, empresas,

inversores y gobiernos (nacionales, provinciales y municipales). La planificación de estas acciones está alineada con los objetivos globales para el desarrollo humano que establece las Naciones Unidas, especialmente los cinco objetivos sostenibles: i) Reducción de la pobreza; ii) Educación de calidad; iii) Energías limpias y asequibles; iv) Trabajo decente y crecimiento económico y v) Creación de la industria a través de la innovación y la infraestructura.

Por esta razón, las instituciones de educación superior, en los últimos años, se han ido adaptando a estas nuevas tendencias, incluidos los programas que fomentan la creatividad, el espíritu empresarial y el vínculo sistemático entre la academia y las empresas.

Por otro lado, desde el Estado se debe fomentar la creación de empresas y el fortalecimiento de las Pymes a través de la innovación, que en Argentina representa casi el 70% del empleo total. Al aumentar el número de Pymes competitivas que generan valor, aumenta la competencia, el empleo y, en consecuencia, la calidad de vida.

En el presente trabajo se realiza un análisis de la implementación de una metodología de vinculación Universidad-Empresa desarrollada en Suecia, denominada AIMday. En primer lugar, se realiza un estudio de los procesos de interacción y transferencia de tecnología entre universidad y empresa, llevado a cabo tanto por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), como por la Universidad Nacional del Litoral (UNL). Luego, se presenta la metodología desarrollada en Suecia y su aplicación en ambas universidades, realizando un estudio comparativo de tipo cualitativo y cuantitativo, que describe las posibles ventajas y desventajas que cada una de estas metodologías presenta en su implementación.

2. METODOLOGÍAS DE VINCULACIÓN UNIVERSIDAD - EMPRESA

Como consecuencia de la participación de Universidad Nacional de Córdoba y la Universidad Nacional del Litoral, en el proyecto ERASMUS +, llamado LISTO (Cooperación Latinoamericana y Europea en Innovación y Emprendimiento), ambas instituciones implementaron un proceso de interacción Universidad-Empresa utilizando la metodología creada por la Universidad de Uppsala (Suecia) llamada AIMday, que significa "Día de reunión de la Empresa-Academia". AIMday es una metodología para desarrollar un proceso de interacción, en el que las empresas presentan sus desafíos, que se discutirán en sesiones específicas de una hora de duración, para que los investigadores aporten sus conocimientos y experiencias, permitiendo la implementación de futuros trabajos colaborativos. En dichas sesiones hay representantes de las empresas, así como también académicos, investigadores, etc., formando un grupo multidisciplinar que abordan los distintos desafíos presentados por las empresas.

El concepto de AIMday es proporcionar una herramienta simple y directa para crear contactos y colaboraciones donde especialistas académicos de una universidad se reúnan con representantes de empresas, cooperativas o actores de la cadena de suministro para discutir los desafíos que se avecinan. Estas reuniones brindan oportunidades en términos de contactos, ideas y colaboraciones entre investigadores académicos y organizaciones, por lo que AIMday involucra a la organización en una o más sesiones en las que se discute el intercambio de conocimiento sobre los temas abordados (desafíos de la empresa) en reuniones objetivas entre investigadores y representantes de las organizaciones. Después de las reuniones, se recomienda realizar un seguimiento para evaluar los resultados [8]. Desde la interacción entre las Universidades de Uppsala, UNC y UNL, se realiza la aplicación de la metodología AIMday por parte de las universidades latinoamericanas, con la supervisión y acompañamiento de investigadores de la universidad de Uppsala. Independientemente de la herramienta que se implemente de acuerdo con sus directrices, los contextos de su aplicación son diferentes y para este propósito, y por lo tanto se realiza este estudio comparativo.

Por un lado, UNC realizó su AIMday vinculado a la temática de "Materiales" y relacionado a empresas

que plantearan desafíos concretos y objetivos que pudieran ser abordados por los investigadores de las distintas facultades de la universidad. El objetivo de la reunión fue que las empresas pudieran acercarse a sus problemáticas ante investigadores y equipos de vinculación que manifestaron su interés en participar del formato “una pregunta, una hora” propuesto por la metodología de AIMday. Participaron siete empresas, algunas presentando más de un desafío, por lo que el número de sesiones que se llevaron a cabo fueron un total de 15. La participación de investigadores fue muy satisfactoria ya que estuvieron presentes 58 representantes de un total de 6 facultades. Como gestores de este modelo de trabajo, estuvieron participando 8 personas entre moderadores y equipo de coordinación.

Por otro lado, UNL realizó su AIMday y cuyo evento se tituló “Innovación y Optimización de Procesos de Producción en la Región del Gran Santa Fe”. El evento fue gratuito para las empresas participantes y requería formalizar una solicitud a través del sitio web de AIMday y presentar una o más preguntas, o bien problemas técnicos relacionados con las siguientes áreas de desarrollo productivo: (i) logística, (ii) optimización de procesos y (iii) calidad. El objetivo de la reunión, básicamente consistió en que los problemas planteados por las empresas fuesen abordados por los investigadores de la UNL, así se pudieron involucrar en las distintas soluciones posibles. Se debe notar que participaron 5 empresas que presentaron más de un desafío, por lo tanto, se llevaron a cabo 9 sesiones, diferentes, de una hora de duración cada una, en función de los desafíos planteados, en los cuales participaron académicos, investigadores, representante de la industria que correspondía resolver el problema y un moderador por reunión. A continuación, se describen las metodologías de interacción Universidad-Empresa aplicadas por cada universidad, antes de utilizar la metodología AIMday.

2.1 Caso de la UNC

Antes de implementar la metodología AIMday, la UNC a través de la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SeCyT) desarrolló una experiencia específica denominada UNC Conecta (en el primer semestre de 2018). Esta actividad fue llevada a cabo por la SeCyT con financiamiento del Programa Córdoba Vincula de la Agencia Innovar y Emprender del gobierno de la provincia de Córdoba.

UNC Conecta es un evento que consiste en una serie de encuentros para vincular investigadores y representantes de empresas de la región, con el objetivo de articular los desarrollos científicos tecnológicos generados en el marco de proyectos de investigación de las diferentes facultades y el sector productivo de la región. Los encuentros estuvieron estructurados en cuatro ejes: Alimentos, Salud, Medio Ambiente y Energía. Se desarrollaron durante el mes de mayo y junio de 2018, donde se presentaron a través de ponencias breves, desarrollos y resultados científicos tecnológicos con potencialidad de ser transferidos al sector socio-productivo a fin de resolver demandas tecnológicas específicas. En ellos participaron investigadores de la UNC quienes expusieron sus desarrollos frente a empresas invitadas en las temáticas específicas.

En línea con los objetivos de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, en este evento se buscó promover el vínculo continuo entre la Universidad, como generadora de conocimientos y tecnología, y las empresas de la región. Se esperaba concretar el intercambio de conocimiento científico especializado y de tecnologías, generados en la universidad, con grandes pequeñas y medianas empresas, a fin de generar soluciones innovadoras que mejoren la productividad y competitividad del sistema productivo de la región. El evento fue organizado por el Programa de Valorización del Conocimiento de la UNC. Este programa tiene como objetivo identificar, valorizar y transferir los conocimientos, generados en el marco de los grupos de investigación de la universidad, hacia el sector productivo de la región. En la organización participaron también la Oficina de Propiedad Intelectual, la Oficina de Innovación Tecnológica y la Incubadora de Empresas UNC, todas dependencias del Parque Científico Tecnológico.

2.2 Caso de la UNL

La UNL tiene en su estructura la Secretaría de Vinculación y Transferencia de Tecnología. Uno de sus objetivos es promover y fortalecer la prestación de servicios diferenciados a empresas, organizaciones ya sean públicas o privadas, en el marco de una política de generación de conocimientos, en relación con el entorno socio-productivo de la región. Este trabajo es administrado por el Centro de Transferencia de Resultados de la Investigación (CETRI), dependiente de la Secretaría mencionada, que busca identificar las fortalezas y capacidades científico-tecnológicas entre los recursos humanos para transferirlos al sistema productivo de la región de Santa Fe. De esta manera, UNL proporciona sus recursos humanos, conocimientos y equipamiento a empresas, inversores, organizaciones gubernamentales y entidades intermediarias para la formulación y ejecución de proyectos y trabajos conjuntos. La metodología utilizada por UNL para llevar a cabo la interacción entre los grupos de investigación y las empresas de la región, se realiza básicamente a través de campañas de difusión de sus logros científicos a través de su página web, folletería y reuniones informales abiertas a la sociedad productiva de la región. En general, el 85% de los acuerdos y servicios tecnológicos se ejecutan a través de contactos directos realizados por grupos de investigación con empresas. Actualmente, se están llevando a cabo campañas para publicitar grupos de trabajo dirigidos a sectores productivos específicos, ya que es más eficiente para atraer el interés empresarial.

3. ANÁLISIS CUALITATIVO

Una vez que se han caracterizado las metodologías para promover la colaboración Universidad-Empresa en la UNC y UNL, se realiza un análisis cualitativo, donde se comparan las metodologías aplicadas por las universidades nombradas con la metodología AIMday. Dicho análisis cualitativo, se lleva a cabo teniendo en cuenta cuatro ejes principales: (i) Dificultades, (ii) Participación Interdisciplinar, (iii) Contribuciones y (iv) Contexto organizacional, cultural y económico de las universidades. En la Tabla 1, se presenta dicho análisis.

Tabla 1. *Análisis Cualitativo. Elaboración propia*

Dificultades	
UNC	UNL
En el caso de UNC Conecta, la planificación se realizó por un período de 3 meses para la formulación del programa y luego un período de 3 meses más para gestionar las reuniones de cada uno de los ejes temáticos. La modalidad de trabajo era la organización de desayunos con 5 ó 6 exposiciones de investigadores para cada eje temático. En la aplicación de la metodología AIMday, el modelo ya estaba desarrollado e incluía un manual operativo y manual de estilo que indicaban como ponerlo en marcha. La etapa más compleja fue el momento en el cual las empresas que tuvieron que definir desafíos, ya que resultó dificultoso que los mismos fueran concretos y acotados.	En el caso de la metodología UNL, el trabajo lo realiza principalmente el investigador a través de contactos directos con empresas. El tiempo para especificar un servicio es variable, dependiendo de las necesidades de las empresas y la voluntad del investigador. Para AIMday, la metodología tiene un manual operativo que le indica cómo hacerlo. Debido a que muchas empresas y sesiones están involucradas, en comparación con la metodología UNL, la planificación, organización y realización de actividades de AIMday requiere mucho más tiempo y esfuerzo para su concreción.

PARTICIPACIÓN INTERDISCIPLINARIA	
UNC	UNL
<p>El evento UNC Conecta, al realizarse en forma separada, es decir, por temáticas, la participación de investigadores y empresas fue exclusivamente relacionada a las disciplinas que presentaron y no hubieron otras disciplinas presentes. Por el contrario, en el AIMday Materiales UNC, al realizarse el evento traccionado por los desafíos, respondieron interdisciplinariamente los investigadores. Participaron académicos del área de ingeniería, arquitectura, agronomía, ciencias económicas, medicina, ciencias químicas y software.</p>	<p>En cuanto a las áreas de conocimiento, los participantes de la industria provenían principalmente de la ingeniería (producción, química, sistemas, procesos). En primer lugar, esto se debe a que el tema elegido para realizar el AIMday fue: innovación y optimización de procesos de producción en la región del Gran Santa Fe; y en segundo lugar, los desafíos propuestos. Además, los investigadores provenían de las distintas ramas de las ingenierías, especialistas en energías, procesos, química y administradores de empresas. En cuanto a los sectores productivos, había representantes de diferentes áreas: metalmecánica, alimenticia, logística de transporte y servicios.</p>
CONTRIBUCIONES	
<p>La actividad AIMday promovió tanto que se desarrollen contribuciones entre las empresas y los investigadores como así también entre los distintos equipos de investigadores. La actividad sensibilizó a las empresas en cuanto a detectar sus desafíos. En cambio, en UNC Conecta se promovió la presentación de casos de investigación ante empresas en, con un enfoque diferente al usualmente utilizado por los investigadores al momento de presentar sus papers en efectos científicos.</p>	<p>Con respecto al potencial para crear relaciones y nuevos proyectos, se puede ver que AIMday ayuda a fomentar más interacciones con las empresas que la metodología UNL tradicional, así como a forjar nuevos vínculos con otros colegas y representantes de las empresas. Además, AIMday promueve la obtención de nuevas e innovadoras ideas, ya que es una metodología dinámica que tiene objetivos claros y definidos para cada sesión. Por otra parte, durante los intervalos entre sesiones, se producen contactos interpersonales, muy valiosos para llevar adelante desafíos conjuntos entre académicos y representantes de las industrias.</p>
CONTEXTO ORGANIZACIONAL, CULTURAL Y ECONÓMICO DEL PAÍS Y DE LAS UNIVERSIDADES	
<p>La metodología AIMday es adecuada para contextos en los cuales las universidades están acostumbradas a relacionarse con el sector empresario. Se destaca en Córdoba la presencia de las Unidades de Vinculación Tecnológica de las Facultades, en las cuales se valoriza el trabajo de los investigadores. Estas unidades favorecen el diálogo entre las compañías y la universidad, aunque es claramente dispar el comportamiento entre unas y otras unidades académicas. A partir de AIMday, en Córdoba se fortaleció el trabajo entre la empresa Mercado Libre y la Facultad de Astronomía, Matemática y Física por ejemplo.</p>	<p>Para el contexto argentino, AIMday es una metodología que solo se conoce en dos ciudades (Santa Fe y Córdoba) y en algunas empresas. La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, creó algunas plataformas con objetivos similares, y la participación de las empresas en dichas plataformas es importante. En general, las universidades argentinas no están acostumbradas a contactar compañías, ni las compañías argentinas están acostumbradas a contactar universidades para resolver sus problemas. AIMday ayuda a cambiar este escenario ya que promueve de manera eficiente la interacción entre las universidades y las empresas.</p>

4. ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis cuantitativo se lleva a cabo a partir de las evaluaciones de las actividades de AIMday realizadas por los participantes de las distintas sesiones desarrolladas durante el evento, tanto en UNC como en UNL. Para cada AIMday, se utilizó un cuestionario de evaluación que respondieron todos los participantes, es decir: investigadores, estudiantes de doctorado, representantes de empresas y moderadores. En el cuestionario de desempeño del evento o evaluación del mismo, se tuvieron en cuenta los siguientes apartados: (i) Participación en el evento, (ii) Formato de las sesiones, (iii) Debates llevados a cabo, y (iv) Interacciones relacionadas con las universidades

4.1 Caso UNC

Participación en el evento. Participaron un 67% de investigadores dentro de los cuales también se incluyen un 10% de estudiantes de doctorado. El resto de los participantes fueron los representantes de las empresas (20%) y representantes de instituciones (13%).

Formato de las sesiones. El 100% de los participantes respondieron que el evento resultó entre Bueno y Muy bueno. La distribución entre estos resultó del 82% para Muy bueno y 18% respondieron que el formato les pareció Bueno.

Debates llevados a cabo. El 100% de los participantes respondieron que ganaron algún conocimiento sobre el tema conversado en la reunión de la cual participó en el AIMday Materiales UNC y el mismo porcentaje manifestó que generaron algún contacto nuevo a lo largo del evento.

Interacciones relacionadas con UNC. La encuesta contenía un apartado donde las compañías participantes incluyeron el tipo de interacción que les gustaría tener con UNC. Los participantes indicaron que el 12% están interesados en proyectos de I + D, el 23% en cursos y capacitación, el 57% en servicios de tecnología, el 32% en consultoría y 18% en formación de estudiantes (pasantías). (ver Tabla 2).

En la Tabla 2, se muestran los resultados analizados anteriormente.

Tabla 2. *Qué tipo de interacción le interesa con la UNC? Elaboración propia*

Tipos de interacción con UNC	Cantidad	%
Proyectos de investigación y desarrollo	8	12%
Cursos, eventos, capacitaciones.	15	23%
Prestación de servicios tecnológicos	39	57%
Consultoría y asesoramiento	21	32%
Patentes tecnológicas	0	0
Formación de estudiantes (becas, pasantías)	13	18%
Otros	0	0

4.2 Caso UNL

Participación en el evento. Analizando el desempeño de cada miembro en la reunión, el 49% de los participantes de AIMday correspondieron a investigadores, el 2% a estudiantes de doctorado, el 42% a participantes de la industria y el 7% a otros participantes (invitados académicos de otras universidades o colegios de UNL).

Formato de las sesiones. Con respecto al formato de las sesiones, el 84% de los encuestados dijo que la reunión fue muy buena, el 13% indicó que era buena y el 2% restante dijo que no sabía.

Debates llevados a cabo. Con respecto a la cuestión de si las discusiones eran relevantes para sus actividades profesionales, el 87% de los encuestados dijeron que las consideraban relevantes, el 2% indicaron que no se sentían relevantes y el 11% restante dijeron que no sabían.

Interacciones relacionadas con UNL. La encuesta contenía un apartado donde los participantes incluyeron el tipo de interacción que les gustaría tener con UNL. Los participantes indicaron que el 22% están interesados en proyectos de I + D, el 14% en cursos y capacitación, el 25% en servicios de tecnología, el 23 % en consultoría y el 15% de capacitación de estudiantes.

En la Tabla 3, se muestran los resultados analizados anteriormente.

Tabla 3. *Qué tipo de interacción le interesa con la UNL?. Elaboración propia*

Tipos de interacción con la UNL	Cantidad	%
Proyectos de investigación y desarrollo	22	49
Cursos, eventos, capacitaciones.	14	31
Prestación de servicios tecnológicos	25	56
Consultoría y asesoramiento	23	51
Patentes tecnológicas	0	0
Formación de estudiantes (becas, pasantías)	15	33
Otros	0	0

Con respecto al análisis cuantitativo, se puede observar que en los eventos AIMday celebrados en ambas instituciones hubo una convocatoria significativa, en relación a la magnitud geográfica donde se encuentran establecidas dichas universidades. Por otro lado, se puede destacar que existió un gran interés en participar del evento tanto de la comunidad académica como del sector socio-productivo.

En el caso de UNC, la interacción que más se destaca es la prestación de servicios tecnológicos con un 57% debido a que las facultades poseen centros tecnológicos que brindan gran cantidad de servicios a las empresas. La interacción que sigue en orden de interés es la consultoría/ asesoramiento, con un porcentaje de 32% y luego el interés por los cursos, eventos, capacitaciones (23%) así como la formación de estudiantes a través de becas o pasantías (18%). El interés por realizar proyectos de investigación y desarrollo fue la interacción menos mencionada, lo que presume sea el resultado de los tiempos que esa modalidad puede implicar y que no es acorde a lo que las empresas en general, pretenden..

En el caso de la UNL, la encuesta demostró que la interacción que mayor se destaca es la prestación de

servicios tecnológicos con un porcentaje del 56%, seguida por el interés en consultoría, asesoramiento con un porcentaje del 51%, y la realización de proyectos de investigación y desarrollo, también se presenta como relevante con un porcentaje del 49%. En este sentido, se puede ver que las empresas que participaron en el evento AIMday de la UNL reconocen la relevancia de proporcionar servicios tecnológicos, una forma importante de acercamiento entre las empresas y los laboratorios de investigación de la universidad.

En este sentido, en ambas instituciones, la realización de otros AIMdays puede contribuir a una mayor integración entre las demandas y las ofertas tecnológicas existentes, a fin de obtener efectivamente un resultado prometedor en términos de innovación en el desarrollo de la investigación realizada. Además, observando la comparación cualitativa, en ambos casos hubo información de que es necesario realizar más esfuerzos para sensibilizar a las empresas, de manera que puedan conectar su experiencia productiva con los investigadores de las universidades frente a nuevos desafíos. Con una red más amplia de contactos e intercambio de conocimientos, se espera que facilite el proceso de interacción entre ellos y consolide las asociaciones a medio y largo plazo.

Como se presentó, existe un importante potencial de desarrollo con las universidades, que han estado mejorando sus estructuras internas para fomentar aún más la aplicación del conocimiento científico y tecnológico para promover la innovación en el sector productivo. Por otro lado, las empresas también están dispuestas a interactuar de diferentes maneras con estas instituciones. Por lo tanto, la metodología AIMday puede servir como una herramienta para impulsar la creación de redes y asociaciones para este propósito, independientemente de los contextos socio-productivos y culturales en los que se encuentren estas organizaciones.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realizó un análisis de la implementación de una metodología de vinculación Universidad-Empresa desarrollada en Suecia, denominada AIMday, en dos instituciones de estudios superiores de Argentina (Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Nacional del Litoral). La realización del evento AIMday, basada en una metodología bien definida, es decir estructurada y estandarizada, para fomentar la interacción Universidad-Empresa, movilizó a todos los actores de ambas universidades que están implicados en los procesos de vinculación y proporcionó un aprendizaje importante a lo largo de su planificación, organización e implementación en ambas universidades. Entre los principales factores de aprendizaje, se puede destacar algunos aspectos específicos de cada universidad que a continuación se detallan:

En el caso de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), la realización del AIMday fue importante para promover el vínculo entre la Universidad, como generadora de conocimiento y tecnología, y las empresas como impulsoras productivas de la región. El intercambio que conecta el conocimiento científico y las tecnologías, generado por la universidad, se produjo no solo con las grandes empresas, sino también con las pequeñas y medianas empresas. Esto permitió generar soluciones innovadoras que mejorarán la productividad y competitividad del sistema productivo de la región. Entre los principales factores de aprendizaje, en UNC se destaca que el evento fue publicado en la plataforma y tuvo mucha difusión, razón por la cual las compañías que estaban en el tema se registraron, pero también las compañías que no tenían una relación sobre el tema también aceptaron un desafío. Esto generó algunas dificultades, principalmente en la falta de claridad de los desafíos. Los participantes que asistieron al evento no conocían la dinámica y en muchos casos no estaban preparados para la reunión, pero lo que más se destacó fue la falta de algunos investigadores en habilidades blandas necesarias para hacer contribuciones relacionadas con el desafío, principalmente en el área de negocios, precios, costos y

también habilidades sociales. En consecuencia, se considera importante desarrollar una estrategia de difusión que incluya capacitación previa a la realización del AIMday sobre los temas antes mencionados.

El principal aspecto positivo de la dinámica es la generación de desafíos basados en las demandas del sector productivo, que ofrece mayores posibilidades de generar proyectos sostenibles en el tiempo. Históricamente, otros eventos que tuvieron lugar en nuestra institución se centraron en la capacidad de los investigadores (oferta) y no se tuvieron en cuenta las necesidades del sector productivo (demanda). Ese tipo de eventos no fueron tan exitosos como el AIMday. Por otro lado, la visión interdisciplinaria de AIMday genera nuevas discusiones y puntos de vista que tienen un impacto en las soluciones que son ideales para las empresas. Esta dinámica no solo genera nuevos enlaces investigador-empresa, sino también nuevos enlaces investigador-investigador. Para futuros AIMday se debe realizar un análisis sectorial con el fin de definir diferentes sectores productivos, para que tengan un impacto en ese sector productivo y la sociedad. Por otro lado, se propone generar indicadores de seguimiento de las reuniones; cómo medir los resultados de los eventos que sirvan luego indicadores de mediano y largo plazo, para las próximas acciones que realicen las oficinas de vinculación de las distintas facultades.

En lo que respecta a la Universidad Nacional del Litoral, hay varios factores que deben tenerse en cuenta al implementar la metodología de AIMday para gestionar la interacción Universidad-Empresa. En particular, se puede mencionar: (i) el contexto social, político y económico influye en las interacciones; (ii) las políticas públicas son importantes para promover y fomentar tales interacciones; (iii) la burocracia en la universidad y el tiempo de respuesta por parte de las industrias, no contribuyen a interacciones eficientes; (iv) el evento AIMday facilitó el cambio de aspectos culturales relacionados con una actitud proactiva y ágil en la forma de interactuar con el sector socio-productivo de la región; (v) esta metodología facilitó la promoción de interacciones de alta calidad con las empresas y estableció vínculos más fuertes con otros colegas y representantes de la industria; (vi) las múltiples sesiones de AIMday fueron enriquecedoras, ya que facilitaron una mayor diversidad de puntos de vista y permitieron la búsqueda de soluciones interdisciplinarias factibles en función de los desafíos planteados por las empresas participantes; y (vii) la realización de AIMday dejó en evidencia que la UNL debe adquirir un papel más proactivo, ya que contactar a las compañías para invitarlas a participar en el evento no fue una tarea fácil, así como también, fue muy difícil que las empresas comprendan que se trabajaría en cada sesión sobre sus problemas concretos o desafíos futuros, a través de un grupo multidisciplinar integrado por investigadores y representantes de las empresas, tratando de encontrar un conjunto de soluciones viables a dichos problemas o desafíos.

Es evidente que la implementación de la metodología AIMday ha contribuido a una serie de análisis y evaluaciones sobre cómo cada universidad se acerca a sus empresas, incluyendo lecciones aprendidas en el camino. Sin embargo, existen algunas oportunidades de mejora que pueden ser implementadas por ambas instituciones, como ser la realización de nuevos AIMdays para hacer de este modelo un método más reconocido y asequible. Al aplicar este proceso, aumenta y facilita el acceso de las empresas a la potencialidad existente en las universidades para promover la interacción, la transferencia tecnológica, el desarrollo innovaciones y resolver desafíos sociales en general.

Agradecimientos

Los autores agradecen la contribución económica brindada por la ANPCyT, a través del FONCyT (PICT 2015 – N° 1629), a la UNL (CAI+D 2016 PI 50120150100216LI) y a la Oficina de Innovación Tecnológica de la Subsecretaría de Innovación, Transferencia y Vinculación de la UNC..

REFERENCIAS

- [1] Matei, A. P.; Ten Caten, C.S.; Zouain, R. N. A.; Sant'anna, A. M. O. (2015). Análise do impacto dos projetos de interação entre a UFRGS e a PETROBRAS. *Gest. Prod*, 22(4), pp. 789-804. São Carlos, Brasil.
- [2] OCDE (2004). Manual de Oslo: guía para La recogida e interpretación de datos sobre innovación. OCDE, Eurostat.
- [3] Rajalo, S.; Vadi, M. (2017). University-industry innovation collaboration: Reconceptualization. *Technovation*, 62-63, p. 42-54. USA.
- [4] Fernández, I.; Castro Martínez, E.; Conesa, F.; Guitiérrez, A. (2010). Las relaciones universidad-empresa: entre la transferencia de resultados y el aprendizaje regional. *Revista Espacios*, 21(2), pp. 1-17. España.
- [5] Morales, M.; Sanabria, P.; Fandiño, F. (2013). Estrategias de vinculación de los grupos de investigación con el sector productivo en el caso de la Universidad Nacional de Colombia. *Equidad & Desarrollo*, 20, pp. 143-165. Colombia.
- [6] Villani, E.; Rasmussen, E; Grimaldi, R. (2017). How intermediary organizations facilitate university-industry technology transfer: A proximity approach. *Technological Forecasting & Social Change* 114, p. 86-102. USA
- [7] Martínez Gil, L.; Tanagra Oyarvide, I.; Rosales Cortés, F.; Bustos Gámez, M. (2019). Proceso de gestión de la relación universidad-empresa en la Universidad Técnica Luis Vargas Torres. *MENDIVE*, 17(3), pp.373-392. España.
- [8] Uppsala Universitet (2018). AIMday® MANUAL. Uppsala, Suecia.

Competitividad internacional y performance exportadora

Serra, Diego

diego.g.serra@gmail.com

Rodríguez, María Soledad

solerodriguezbianchi@gmail.com

Novellino, Hilda

novellinohilda@gmail.com

Potenzoni, Micaela

mica.potenzoni@gmail.com

Carnuccio, Julieta

juli.carnuccio@gmail.com

Jerez, Julián

julian_gerez@yahoo.com.ar

Mariño, Gabriel

gabriel.m1992@hotmail.com

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Complejo Universitario – Av. Juan XXIII y Camino de Cintura – Lomas de Zamora (1832). i4@ingenieria.unlz.edu.ar / <http://www.ingenieria.unlz.edu.ar/i4>

Fecha de recepción: 27/06/2019

Fecha de aprobación: 22/10/2019⁵

RESUMEN

El desempeño exportador de un país, región o sector determinado, definido como el éxito o fracaso relativo de los esfuerzos por vender bienes y servicios en otras naciones, se encuentra vinculado a la evolución en la composición de las exportaciones para determinado período, medida en términos de la diversificación de los productos exportados, los mercados de destino y el número de firmas exportadoras. Asimismo, la continuidad de las firmas en la exportación favorece el desarrollo de nuevos productos de exportación y la inserción efectiva en nuevos mercados de destino.

La evolución positiva del desempeño exportador está relacionada, de esta manera, con la competitividad de las exportaciones en términos de la integración dinámica de países y productos a mercados internacionales [1]. En el marco de esta perspectiva teórica, una industria gana competitividad si su participación en el comercio mundial aumenta [2], [3]. Nos referimos, bajo este marco de análisis, a la competitividad comercial internacional, ya que nos interesará medir principalmente los aspectos comerciales vinculados a la competitividad de las exportaciones.

El objetivo de la presente investigación consiste, por tanto, en la revisión de la bibliografía existente en materia de competitividad internacional, a fin de comprender los diferentes indicadores e índices desarrollados hasta el momento con la finalidad de evaluar el grado de competitividad que presentan las exportaciones de un país, región o sector bajo análisis en materia comercial. El objetivo último será adaptar los conceptos e indicadores presentes en los índices desarrollados hasta el momento, a fin de construir una matriz de competitividad que vincule condiciones de oferta y demanda en un mismo análisis de inserción internacional.

Palabras Claves: Exportaciones; Competitividad Internacional; Desempeño Exportador

⁵ **Primer Premio**, categoría: Gestión Económica; XII COINI (Río Gallegos, 2019)

International competitiveness and export performance

ABSTRACT

The Export Performance of a nation, country or sector, defined as the relative success or failure of the efforts to sell its goods and services in other nations, has a relationship with the evolution of exports composition during a given period, measured in terms of exports products diversification, destination markets and number of firms exporting. Also, continuity of firms in the exports market contributes to the development of new products for export and the effective insertion in new destination markets.

Overall, a positive evolution of Export Performance is related to competitiveness of exports in terms of dynamic integration of countries and products to international markets [1]. According to this theory, an industry adds competitiveness if its participation in international commerce increases [2], [3]. This refers to Commercial International Competitiveness, since we will be interested in measuring the commercial aspects of competitiveness of exports.

Main goal of this investigation consists on reviewing bibliography about International Commercial Competitiveness in order to understand the different variables and indexes developed by existing bibliography to evaluate how competitive a given country, region or sector exports are. Ultimate goal will be to adapt existing indexes so as to build a competitiveness matrix which relates offer and demand conditions under the same international insertion analysis.

Keywords: Exports, International competitiveness, Export performance

Competitividade internacional e desempenho de exportação

RESUMO

O desempenho das exportações de um determinado país, região ou setor, definido como o relativo sucesso ou fracasso dos esforços para vender bens e serviços em outros países, está ligado à evolução na composição das exportações para um determinado período, medido em termos de da diversificação dos produtos exportados, dos mercados de destino e do número de empresas exportadoras. Da mesma forma, a continuidade das firmas na exportação favorece o desenvolvimento de novos produtos de exportação e a inserção efetiva em novos mercados de destino.

A evolução positiva do desempenho das exportações está, portanto, relacionada à competitividade das exportações em termos da integração dinâmica de países e produtos nos mercados internacionais [1]. No quadro dessa perspectiva teórica, uma indústria ganha competitividade se sua participação no comércio mundial aumentar [2], [3]. Nos referimos a esse quadro de análise à competitividade do comércio internacional, pois estaremos interessados em medir principalmente os aspectos comerciais relacionados à competitividade das exportações.

O objetivo da presente investigação consiste, portanto, na revisão da bibliografia existente sobre competitividade internacional, a fim de compreender os diferentes indicadores e índices desenvolvidos até o momento, a fim de avaliar o grau de competitividade das exportações de um país, região ou setor em análise em questões comerciais. O objetivo final será adaptar os conceitos e indicadores presentes nos índices desenvolvidos até o momento, a fim de construir uma matriz de competitividade que vincule as condições de oferta e demanda na mesma análise de inserção internacional.

Palavras chave: Exportações, Competitividade internacional, Desempenho das exportações

1. INTRODUCCIÓN

A fin de comprender el concepto de Competitividad Internacional haremos un repaso sobre las principales líneas teóricas sobre el comercio internacional, las cuales tratan de responder al interrogante sobre la causa del comercio internacional y los patrones de intercambio internacionales o estructura del comercio internacional.

De esta forma, la teoría clásica del comercio internacional planteaba que la principal ventaja entre un agente económico y otro es el diferencial de costos, entendido como una ventaja absoluta que requería de la especialización para minimizar costos absolutos y así obtener mayores ganancias - según Adam Smith [4], uno de los principales exponentes de la teoría clásica.

A partir de esta teoría, David Ricardo analiza los costos relativos para explicar las ventajas comparativas entre los países que participan del comercio internacional. Dichas ventajas surgen de las diferencias entre los costos relativos de diferentes bienes al interior de una nación y de los mismos en otra nación. De tal forma, las naciones son diferentes entre sí y pueden beneficiarse de sus diferencias mediante una relación en la que cada uno hace aquello que sabe hacer relativamente bien. Según este modelo, aunque existan ventajas absolutas en la totalidad de los bienes, sería ventajoso dedicarse a producir aquellos en los que el país es relativamente más eficiente e importar los restantes (especialización).

Por otro lado, el modelo teórico desarrollado por Eli Heckscher y Bertil Ohlin [5], supone fronteras tecnológicas entre países en los cuales existen productos con similares cualidades productivas, de forma tal que cada país va a especializarse en bienes cuya producción sea intensiva en el factor de la producción que es abundante en esa región. La ventaja comparativa se determina, entonces, por la abundancia relativa de los factores de la producción y la relación tecnológica trabajo-tierra.

Sin embargo, autores dentro de la nueva teoría del comercio internacional como Helpman, E. y Krugman, P. (1989) [6], afirman que *“en la práctica cerca de la mitad del comercio mundial consiste de comercio entre países industriales que son relativamente similares en su dotación de factores”*.

Por lo tanto, observamos la necesidad de atenuar los supuestos del modelo clásico respecto de la competencia perfecta, rendimientos a escala constantes y ausencia de externalidades a fin de dar cuenta de nuevas realidades en los patrones de comercio internacional, incluyendo el comercio intraindustrial.

Es en este punto donde la Competitividad Internacional podría surgir como la definición vinculante, en la medida en que la ventaja competitiva, a diferencia de la ventaja comparativa, es creada y apropiada por las firmas individuales basada en características de bienes privados, más allá de la dotación de factores dentro de una industria en particular (bienes públicos). Surgen de esta forma, nuevas teorías que intentan dar explicación de la Competitividad Internacional.

Michael Porter (1991) [7], presenta las bases de la competitividad en su libro *“La Ventaja Competitiva de Las Naciones”* y enuncia que *“la prosperidad de una nación depende de su competitividad, la cual se basa en la productividad con la cual ésta produce bienes y servicios. Políticas macroeconómicas e instituciones legales sólidas y políticas estables, son condiciones necesarias, pero no suficientes para asegurar una economía próspera. La competitividad está fundamentada en las bases microeconómicas de una nación: la sofisticación de las operaciones y estrategias de una compañía y la calidad del ambiente microeconómico de los negocios en la cual las compañías compiten. Entender los fundamentos microeconómicos de la competitividad es vital para la política económica nacional”*.

Según Porter, *“la competitividad de una nación depende de la capacidad de su industria para innovar y perfeccionarse. Las empresas obtienen ventajas frente a los mejores competidores del mundo debido a la*

presión y el desafío de tener rivales domésticos fuertes, proveedores nacionales agresivos y clientes locales exigentes".

Otros autores dentro de la nueva teoría del comercio internacional consideran la competitividad nacional como un fenómeno macroeconómico, impulsado por variables tales como el tipo de cambio, las tasas de interés, el déficit fiscal o la abundancia de mano de obra barata y/o de recursos naturales. Más recientemente, el argumento que ha ganado partidarios es que la competitividad es impulsada por las políticas gubernamentales: la focalización, la protección de la industria nacional y la promoción de exportaciones.

Una última explicación para la competitividad nacional que ha ganado adeptos entre los teóricos del comercio internacional se relaciona con las diferencias en prácticas de gestión, incluyendo las relaciones entre trabajadores y ejecutivos. El único concepto significativo de competitividad a nivel nacional es la productividad. La productividad depende tanto de la calidad y de las características de los productos y de la eficiencia con la cual se producen. La productividad es el determinante primordial del estándar de vida de una nación en el largo plazo; es la causa directa del ingreso per cápita nacional. La productividad de los recursos humanos determina los salarios de los empleados; la productividad con que se emplea el capital determina el retorno que obtienen sus propietarios. El estándar de vida de una nación depende de la capacidad de sus empresas para alcanzar altos niveles de productividad, y de aumentar la productividad en el tiempo.

Desde esta perspectiva teórica, las empresas de una nación deben mejorar incesantemente su productividad en industrias existentes, elevando la calidad de sus productos, agregando funciones deseables, mejorando la tecnología del producto o aumentando la eficacia de la producción. El comercio internacional y la inversión extranjera pueden tanto mejorar la productividad de una nación, como amenazarla. Contribuyen a elevar la productividad nacional al permitir que una nación se especialice en aquellas industrias y segmentos industriales donde sus empresas son más productivas, e importe en aquellas donde sus compañías son menos productivas. La característica decisiva de una nación es que permite a sus empresas crear y sostener una ventaja competitiva en campos específicos; es la búsqueda de la ventaja competitiva de las naciones.

La teoría clásica del comercio internacional explica el éxito de las naciones en industrias específicas a partir de los llamados factores de producción, tales como la tierra, el trabajo y los recursos naturales. Las naciones obtienen una ventaja comparativa basada en factores en aquellas industrias que hacen un uso intensivo de los factores que poseen en abundancia. La ventaja competitiva de una nación debe reflejar una noción enriquecida de la competencia que incluya a mercados segmentados, productos diferenciados, diferencias tecnológicas y economías de escala. De tal forma, una nueva teoría debe explicar por qué las empresas de algunas naciones son mejores que otras en crear ventajas basadas en la calidad, la funcionalidad y la innovación de nuevos productos. Una nueva teoría debe partir de la premisa de que la competencia es dinámica y evoluciona en el tiempo (ventajas dinámicas) dando lugar a nuevos patrones de intercambio en el comercio internacional.

Por esta razón, nos interesará intentar comprender los diferentes indicadores e índices desarrollados por la literatura existente en materia de Competitividad Internacional a fin de evaluar el desempeño exportador de un país, región o sector en términos de su competitividad comercial. A tal fin, trataremos de exponer los principales modelos teóricos que intentan dar explicación y medir la competitividad de las naciones que participan del comercio internacional.

2. DESARROLLO: LA COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL

2.1 El Diamante de Porter

Michael Porter ha intentado analizar teóricamente la competitividad a través de un modelo denominado “Diamante de la Competitividad”, en el cual cuatro determinantes interrelacionados y dos elementos exógenos determinan el potencial competitivo de una empresa. Este concepto de competitividad toma a la nación como unidad de análisis y se basa en el análisis de cuatro elementos que comprenden el modelo del diamante de la ventaja nacional:

- **Condiciones de los factores.** La posición de la nación en factores de producción, tales como mano de obra calificada, recursos naturales, capital e infraestructura, necesarios para competir en una industria dada.

- **Condiciones de la demanda.** La naturaleza de la demanda por el producto o el servicio ofrecido por la industria en su mercado de origen. Las condiciones de la demanda local ayudan a construir ventaja competitiva cuando un segmento industrial específico es más grande o más visible en el mercado doméstico que en los mercados extranjeros.

- **Industrias relacionadas y de apoyo.** La presencia o ausencia en la nación de industrias proveedoras y otras industrias relacionadas que sean competitivas internacionalmente. Los proveedores locales internacionalmente competitivos crean ventajas en la industria secundaria de varias maneras ya que entregan los insumos más económicos de modo eficiente, oportuno, rápido y a veces preferencial.

- **Estrategia, estructura y rivalidad de las firmas.** Las condiciones que rigen cómo las empresas se crean, se organizan y se gestionan en la nación, así como la naturaleza de la rivalidad doméstica. La rivalidad interna, entre las empresas nacionales de una determinada industria es vista como fuente y estímulo para la innovación, es decir, para crear ventajas competitivas que permitan mejorar el nivel competitivo de los participantes y de la industria.

Además de los cuatro determinantes que conforman el Diamante de Competitividad, Porter incluye en esta interacción dos factores exógenos: el papel del Gobierno y la Casualidad, como variables ambientales o actores influyentes en la determinación del nivel competitivo de una industria.

El “Modelo del Diamante” de Porter se muestra entonces (Figura 1) como un sistema cuyos elementos son mutuamente autorreforzantes, donde el efecto de un determinante depende del estado de los otros. La ventaja en todos los determinantes no es condición sine qua non para la ventaja competitiva en un sector; es necesario que se dé la interacción necesaria, en virtud de la cual se producirán beneficios que serán difíciles de anular o de emular por parte de los rivales foráneos.

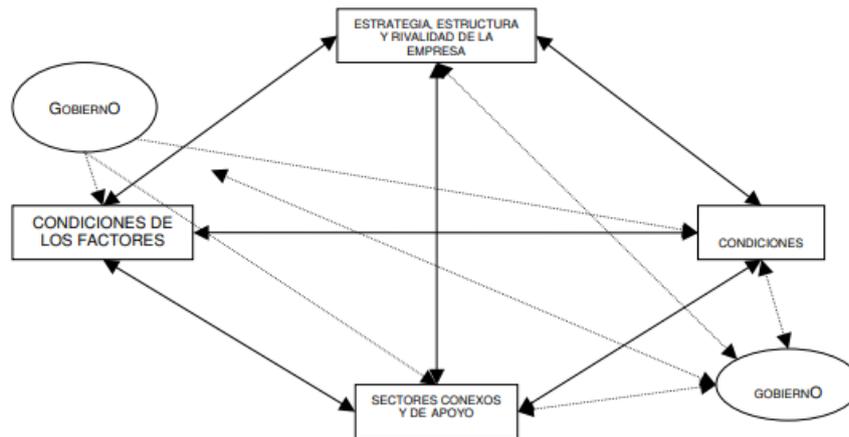


Figura 8 *Diamante de Porter*. Fuente: Michael Porter, 1991.

2.2 Las Escuelas de Negocios y la Competitividad Internacional

Por otro lado, diferentes escuelas de negocios han intentado explicar el concepto de Competitividad Internacional avanzando en algunos casos en el desarrollo de indicadores e índices que intentan medir la competitividad de las firmas y naciones a nivel internacional.

El **World Competitiveness Center (WCC)** del Institute for Management and Development (IMD) define competitividad Internacional como “un campo del conocimiento económico, que analiza los hechos y políticas que forman la capacidad de una nación para crear y mantener un ambiente que sostenga más creación de valor para sus empresas y más prosperidad para su población. Esto significa que la competitividad como campo del conocimiento analiza cómo las naciones y las empresas manejan la totalidad de sus competencias para alcanzar prosperidad y beneficios. Algunas naciones apoyan la creación y mantenimiento de un ambiente que facilite la competitividad de las empresas y motive su sostenibilidad en el largo plazo” [8].

Esta perspectiva asume que es evidente la intervención del gobierno en las decisiones económicas de los países. Los sectores de educación y conocimiento son los determinantes más críticos de la competitividad. A través del análisis de cuatro “fuerzas fundamentales” dentro de un país se analiza su ambiente competitivo. Dichas fuerzas son: a) Atractivo vs. Agresivo; b) Proximidad vs. Globalidad; c) Activos vs. Procesos y d) Toma de riesgos individuales vs. Cohesión social.

En la dicotomía *atractivo vs agresivo*, el IMD define cuál es la metodología de un gobierno para atraer inversión o motivar el comercio, ya sea por medio de políticas que presenten un ambiente favorable a los agentes económicos (atractivo) o por medio de políticas proactivas de incentivo directo a los mismos (agresivo).

La proximidad y la globalidad tienen que ver con la posición del bien o servicio dentro de la cadena de valor. Algunos productos (servicios) requieren una cercanía mayor al consumidor final, por ello, en este caso la fuerza que actúa es la proximidad. Por otro lado, dada la búsqueda de ventajas comparativas entre los países (costos más bajos), las empresas tienden a crear economías globales que no impliquen dependencias a nivel internacional.

En cuanto a *activos y procesos*, los países en los que priman los activos, capital, tierra y trabajo, no necesariamente poseen un favorable ambiente competitivo. Países con cantidades de recursos ilimitados pueden fallar a la hora de crear valor a partir de sus recursos. De aquí nace la dualidad con los procesos, donde países con activos escasos requieren necesariamente crear a partir de procesos un mejor ambiente competitivo.

Finalmente, existe una rivalidad entre el ambiente competitivo que se basa en la toma de *riesgos individuales*, frente al ambiente en el que prima la *cohesión social*. Por un lado, las estructuras anglosajonas motivan el riesgo, la liberalización económica, privatizaciones y responsabilidades individuales y, por otro, la estrategia europea motiva el consenso social y el estado del bienestar.

En el marco de esta concepción teórica y a fin de medir la Competitividad Internacional, el IMD elabora anualmente un ranking de competitividad para un conjunto de países (World Competitiveness Ranking), teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Desempeño económico
- Eficiencia gubernamental
- Eficiencia en los negocios
- Infraestructura

Cada uno de estos cuatro factores a su vez, se subdivide en cinco sub-factores, que señalan distintas facetas de la competitividad (Tabla 1). Algunos de ellos, se fraccionan, asimismo, en categorías que explican la competitividad de manera más explícita. Los sub-factores no tienen necesariamente la misma cantidad de criterios asignados.

Tabla 2 *Componentes del índice de competitividad (WCC). Fuente: Suzanne Rosselet-McCauley. "Methodology and Principles of Analysis" [9]*

Componentes del índice de competitividad del anuario de competitividad mundial			
Desempeño económico (75 criterios)	Eficiencia gubernamental (81 criterios)	Eficiencia de los negocios (69 criterios)	Infraestructura (96 criterios)
Economía interna	Finanzas públicas	Productividad	Infraestructura básica
Comercio internacional	Política fiscal	Mercado de trabajo	Infraestructura tecnológica
Inversión internacional	Marco institucional	Financiamiento	Infraestructura científica
Empleo	Legislación de negocios	Prácticas de gestión	Salud y medio ambiente
Precios	Marco social	Actitudes y valores	Educación

Cada sub-factor, independientemente del número de criterios asignados que posea, tiene el mismo peso que los demás (5%). Datos de distintas fuentes son utilizados para medir la competitividad. Los denominados datos cuantitativos son indicadores que provienen de instituciones de alcance internacional, nacional y regional e incluyen 143 criterios. Este tipo de datos representan un peso relativo de dos tercios. Además, como complemento, se extraen 118 criterios adicionales provenientes de encuestas de opinión ejecutiva anual, los cuales tienen un peso de un tercio del total. Si bien los datos cuantitativos permiten medir la competitividad de una nación en un período de tiempo, las encuestas permiten reflejar la forma en que la misma es percibida y poder cuantificar aquellos aspectos que son difíciles de medir, tales como la corrupción y las relaciones laborales, entre muchos otros.

Para la construcción del ranking, el WCC utiliza el siguiente procedimiento:

- 1) Se debe calcular el valor estándar por criterio.
- 2) Por cada criterio se deben ordenar los puntajes, según el valor estándar.

- 3) Si se desea calcular el ranking general se ponderan de igual forma los resultados de los 20 subfactores.

En suma, este Ranking toma en consideración la esfera política, social, cultural y económica de la competitividad para analizar la capacidad de las distintas naciones de fortalecer y apoyar su competitividad a través de distintos medios. La comunidad empresaria suele utilizar este tipo de indicador como base para desarrollar planes de inversión. Este reporte es también una herramienta muy útil para los gobiernos a la hora de evaluar, mejorar y comparar su performance respecto otras naciones.

Por otro lado, el **Institute for Strategy and Competitiveness (ISC)** de la Universidad de Harvard define la Competitividad Internacional como *“la capacidad para competir, en especial en el mercado mundial”*. Esto tiene que ver con la habilidad y estrategias que las empresas desarrollan para acceder y mantener o incrementar sus cuotas de mercado en el exterior. El nivel de competitividad varía de acuerdo a los costos, precios de venta, diferenciación, entre muchos otros factores. El Foro Económico Mundial define competitividad como *“el conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país”* (WEF, 2014) [9].

Cabe destacar que este enfoque formó parte de la base del Foro económico Mundial (WEF) y su estudio consignado en el Global Competitiveness Report. De tal forma, el Índice de Competitividad Global (ICG) publicado por el Foro Económico Mundial (FEM) está diseñado para medir los fundamentales micro y macroeconómicos de la competitividad, evaluada como el conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país. Dicho índice constituye una de las referencias más utilizadas para medir competitividad y de las más amplias por el número de países que incluye (142 en su última edición).

El ICG contiene directamente 113 indicadores y además requiere en su construcción variables adicionales para calcular el grado de desarrollo de cada país, para la validación de datos y para análisis empíricos auxiliares. En total, cerca de 20,000 puntos de información son recolectados cada año para calcular el índice. Cerca de 12,000 de estos puntos provienen de la Encuesta de Opinión Ejecutiva (EOE) del FEM y el resto se obtiene de fuentes reconocidas externas nacionales e internacionales, que constituyen los datos cuantitativos del índice.

Los pilares a partir de los cuales se construye el índice comprenden: instituciones, infraestructura, macroeconomía, salud y educación primaria, alta educación y capacitación, eficiencia en el mercado de trabajo, sofisticación en el mercado financiero, disponibilidad de tecnologías, tamaño del mercado, sofisticación de los negocios e innovación.

La medición que hace el WEF del ambiente competitivo a nivel microeconómico está basado en una serie de facilitadores: inversión doméstica, exportaciones, importaciones, ingreso de inversión extranjera directa, salida de inversión extranjera directa e innovación doméstica. Estos facilitadores del ambiente competitivo son los que al final fundamentan la productividad de las empresas.

A nivel macroeconómico, el nivel de desarrollo de un determinado país depende del avance en cada uno de los pilares arriba mencionado, por lo cual, para medir su importancia dentro de la competitividad global estas variables son agrupadas en subíndices que aportan un peso distinto al puntaje total. De esta forma los países son agrupados de acuerdo a su nivel de desarrollo en:

- **Etapas I.** impulsados por factores de producción, en los cuales se compiten a partir de la dotación inicial de factores de producción. Para estos países, el subíndice de requerimientos básicos tiene un mayor peso en la calificación.

- **Etapa II:** impulsados por eficiencia, cuando los países para competir tienen que desarrollar procesos de producción más eficientes e incrementar la calidad de los productos. El subíndice de detonadores de eficiencia cuenta con un mayor peso dentro de su puntaje.
- **Etapa III:** impulsados por la innovación etapa en la cual las empresas de un país compiten produciendo nuevos y diferentes bienes a través de innovación y procesos de producción sofisticados. El subíndice con mayor peso en su calificación es el asociado a sofisticación e innovación.

El índice de Competitividad Global se construye de esta manera a través de un ranking global y tres subíndices donde se conjugan los pilares asociados con requerimientos básicos (instituciones, infraestructura, estabilidad macroeconómica y, salud y educación Primaria), promotores de eficiencia (educación Superior y capacitación, eficiencia del mercado de bienes, eficiencia del mercado laboral, sofisticación del mercado financiero, preparación tecnológica y tamaño del mercado) y factores de innovación y sofisticación (sofisticación empresarial e innovación).

Cada uno de los indicadores tiene un peso específico, determinado con procedimientos estadísticos, dentro de cada pilar. Asimismo, cada uno de los pilares tiene un peso definido, también determinado por procedimientos estadísticos, dentro de la categoría a la que pertenecen, ya sea: Requerimientos básicos, Promotores de Eficiencia o Factores de Innovación y Sofisticación.

Por su parte, el peso que cada una de las categorías mencionadas anteriormente tienen en el resultado global de cada país, se obtiene de una tabla que distribuye los pesos de acuerdo a la etapa de desarrollo donde el país se encuentra y que ha sido definida con base en su PIB per cápita. Los pesos específicos fueron obtenidos mediante una regresión del PIB per cápita contra cada uno de los subíndices en los últimos años, lo que produjo diferentes coeficientes para cada etapa de desarrollo.

Tabla 3 Índice de Competitividad Global (ICG). Peso de los pilares según etapa de desarrollo. Fuente: Institute for Strategy and Competitiveness (ISC), Universidad de Harvard

Etapa de Desarrollo	Requerimientos Básicos	Promotores de Eficiencia	Factores de Sofisticación e Innovación
Etapa 1: Orientación por factores	60%	35%	5%
Etapa 2: Orientación por eficiencia	40%	50%	10%
Etapa 3: Orientación por innovación	20%	50%	30%

A fin de calcular el índice, se utiliza el método de desviación estándar (SDM) el cual mide la diferencia relativa entre los resultados de las economías; por lo tanto, la posición relativa de cada país en la clasificación final se evalúa con mayor precisión. Primero, para cada criterio, se calcula el valor promedio para toda la población de economías. Luego, se calcula la desviación estándar y finalmente, se calcula cada uno de los valores estandarizados de las economías (STD) para los 255 criterios clasificados. El STD se calcula restando el valor promedio de las 61 economías del valor original de la economía y luego dividiendo el resultado por la desviación estándar.

Las clasificaciones de los sub-factores se determinan calculando el promedio de los valores STD de criterios que conforman el sub-factor, excluyendo los criterios de fondo. Todos los datos cuantitativos tienen un peso de 1. Los datos de la encuesta se ponderan de modo que ésta representa un tercio en la determinación de la clasificación general. Cuando los datos no están disponibles para economías particulares, los valores faltantes se reemplazan por valores de STD que se imputan a partir del promedio de los datos existentes dentro del sub-factor. Tomar el promedio de cada sub-factor permite "bloquear" el peso de los 20 sub-factores independientemente del número de criterios que contienen para que cada sub-factor tenga un impacto igual en la clasificación general, es decir, el 5%.

A continuación, se agregan los valores STD del sub-factor para determinar las clasificaciones del factor de competitividad. Sólo se agregan los criterios de clasificación para obtener estas clasificaciones. Todos los criterios clasificados comprendidos en los cuatro factores de competitividad se incluyen en la consolidación de datos. Los 87 criterios restantes se consideran solo como información de fondo y no se incluyen en ninguna agregación de datos para determinar las clasificaciones. Para calcular el marcador general, se toma el promedio de las puntuaciones de los cuatro factores y luego se convierten en un índice con la economía líder dado un valor de 100.

2.2 Competitividad Internacional según la CEPAL

La comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) es el organismo dependiente de la Organización de las Naciones Unidas responsable de promover el desarrollo económico y social de la región y sus labores se concentran en el campo de la investigación económica. En la publicación N° 36 de la Revista CEPAL de diciembre de 1988 se define a *"la competitividad como la capacidad que tiene un país para sostener y expandir su participación en los mercados internacionales, y elevar simultáneamente el nivel de vida de su población. Además, se promueve el incremento de la productividad y, por ende, la incorporación de progreso técnico"* [10].

Esta organización ha desarrollado un método de medición de la Competitividad Internacional conocido como Análisis de Competitividad de las Naciones (CAN, por sus siglas en inglés). El CAN es una herramienta de análisis de competitividad asociada a la capacidad de las exportaciones de un país de aumentar su participación en el mercado mundial; es decir, la competitividad se revela en el mercado mundial. Una industria gana competitividad si su participación en el comercio mundial aumenta, y es mayor aun si este aumento se realiza en sectores donde la demanda por estos productos es dinámica en el mercado receptor [11], [12].

El CAN parte de indicadores elaborados mediante estadísticas del comercio exterior de bienes de la Organización de las Naciones Unidas. Estos indicadores están basados en los conceptos de competitividad, dinamismo, estructura de comercio y especialización. Éstos, al analizarlos por separado y combinándolos de diversas maneras, facilitan el estudio y evaluación del desempeño comercial de un país respecto al resto del mundo, dando lugar a la construcción de una matriz de competitividad que resume la situación competitiva del país en un período y un mercado de destino dados.

Dicha matriz de competitividad refleja la inserción dinámica de los productos de los países seleccionados que dependen tanto del desempeño de la estructura exportadora (oferta), como del dinamismo del comercio internacional o los mercados receptores específicos (demanda). Los cuatro indicadores que conforman el método de análisis son:

- **Competitividad:** Está relacionada con la capacidad de ampliar la participación en el mercado mundial respecto a los demás países exportadores. Tiene un estrecho vínculo con el desempeño exportador. Se puede calcular para cada producto o para el conjunto del comercio. Se calcula por medio del indicador "participación de mercado", de forma tal que el aumento en la participación de mercado en un periodo

dado significa un incremento de la competitividad y viceversa. El mismo se evidencia a partir de la siguiente fórmula:

$$PM_{ij} = X_{ij} / M_i \text{ mundial}$$

Dónde:

M= importaciones que se realizan en todo el mundo

X= exportaciones hacia el mundo

i= 1,....., n (sectores productivos)

j= 1,....., n (países o regiones)

PM_i= participación en el mercado mundial de un determinado sector

X_{ij}= exportaciones de un determinado sector desde un determinado país

M_i= importaciones mundiales de un determinado sector

- **Dinamismo:** el dinamismo se refiere a la evolución de la participación de las importaciones de un determinado sector (o producto) respecto a las importaciones mundiales. Son dinámicos aquellos productos que aumentan su participación en el conjunto de importaciones y estancados los que pierden participación relativa. El concepto de dinamismo está, referido a la evolución de la demanda mundial e intervienen exclusivamente datos del comercio mundial. Está representado por medio del indicador "participación sectorial". El mismo se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$PS_i = M_i \text{ mundial} / M \text{ mundial}$$

Dónde:

PS_i= participación del sector en el mercado mundial.

M_i mundial= exportaciones mundiales de un determinado sector.

M mundial= total de importaciones mundiales.

- **Estructura del comercio:** se encuentra reflejada por la participación relativa de un determinado sector productivo de un país en relación a sus exportaciones totales, lo que nos permite determinar el grado de diversificación de su estructura comercial. El indicador que lo representa se denomina "contribución" y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$C_{ij} = X_{ij} / X_j$$

Dónde:

C= contribución.

X_{ij}= exportaciones de un determinado sector desde un determinado país.

X_j=exportaciones totales de un determinado país.

- **Especialización:** se refiere a variaciones en la participación relativa de los sectores de un país en el mercado mundial respecto a la participación de dichos sectores en tal mercado y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$E_{ij} = (X_{ij}/M_j) / (X_i/M) = C_{ij} / PS_i$$

Dónde:

E= especialización.

X_{ij}= exportaciones de un determinado sector desde un determinado país.

M_j= importaciones totales desde un determinado país.

X_i = exportaciones de un determinado sector.
 M = importaciones mundiales.

Si el indicador es mayor o igual a uno, significa que el país está especializado. Si es menor a uno, no lo está.

De tal forma, el modelo CAN tiene en cuenta tanto factores de la oferta como de la demanda internacional. Es decir, la competitividad de los países y sus respectivos sectores se mide según su inserción comercial internacional y se fundamenta en su dinámica exportadora (oferta) y la dinámica de los mercados de destino (demanda). Las condiciones de oferta están determinadas por el aumento o la disminución de la contribución del sector o producto. Las condiciones de demanda están determinadas por el aumento o la disminución de la participación de mercado del país o producto de las exportaciones en el mercado de destino.

Con base en estos criterios desarrolla una matriz de competitividad al clasificar a las actividades en cuatro grupos: aumento en la demanda y en la oferta (estrellas ascendentes), aumento en la demanda y caída en la oferta (oportunidades perdidas), caída en la demanda y aumento en la oferta (estrellas menguantes) y caída en la demanda y la oferta (retiradas). La especialización se refiere a la relación entre la contribución de un producto sobre contribución del sector y equivale al concepto de ventaja comparativa revelada.

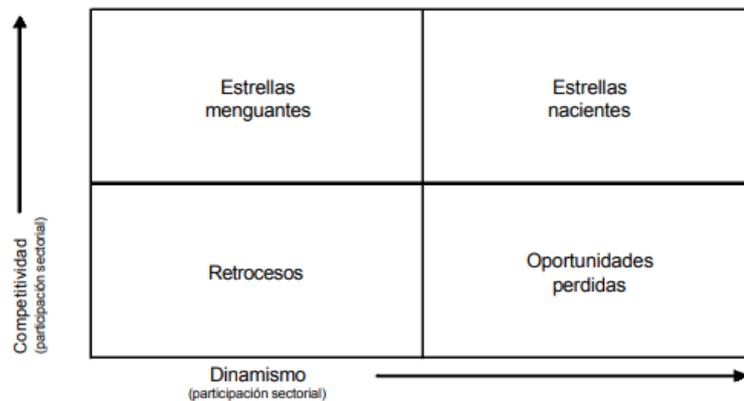


Figura 9 *Matriz de Competitividad (CAN)*. Fuente: "Competitividad de las exportaciones de origen agropecuario". I. Obschatko y T. Von Bernard [13].

3. CONCLUSIONES

A fin de intentar explicar el concepto de Competitividad Internacional hemos repasado las diferentes corrientes teóricas del comercio internacional que intentan dar cuenta tanto de las causas del comercio internacional como de los patrones de intercambio en el comercio mundial.

Frente a nuevas realidades tales como el comercio intraindustrial y la diferenciación de productos surge la necesidad de desarrollar aproximaciones teóricas que den cuenta de estos fenómenos que escapan a los conceptos de ventajas absolutas y comparativas desarrollados por los teóricos clásicos.

Surge entonces la competitividad como factor vinculante y explicativo que abarca factores de la oferta (recursos), así como también la capacidad de las naciones de crear un ambiente competitivo para sus empresas a partir de instituciones de apoyo y organización del mercado local donde las empresas prosperan y compiten, de modo tal que estas puedan desarrollar procesos de creación de valor mediante la innovación constante.

La mayor parte de los modelos teóricos e índices revisados se basan en el análisis macroeconómico tomando la nación como unidad de análisis, aunque analizan asimismo la posición competitiva de las empresas que la conforman. Por otro lado, todos los modelos analizados consideran el rol del Estado como factor clave para la creación de un ambiente competitivo.

Destaca en el análisis el método de Análisis de Competitividad de las Naciones (CAN) desarrollado por la CEPAL, ya que contempla tanto factores de la oferta como de la demanda internacional. Es decir, las bases de la Competitividad Internacional no estarían fundamentadas solamente en la dinámica exportadora de una nación y la diversificación de su estructura comercial (oferta), sino también en la dinámica de los mercados de destino (demanda).

Por lo tanto, deberíamos analizar no sólo la capacidad de una nación de aumentar su participación en las exportaciones / importaciones mundiales, sino también el dinamismo de la demanda específica del sector en donde dichas exportaciones se insertan, a fin de poder determinar la competitividad internacional de sus exportaciones.

De esta manera, este último índice parece completar la visión del desempeño exportador con un análisis de la demanda internacional que da luz a los sectores competitivos en los cuales se hallan las oportunidades de creación de valor, y con ello, ventajas competitivas para las naciones y sus empresas exportadoras. En futuras líneas de investigación intentaremos adaptar y aplicar este modelo a fin de analizar las exportaciones de una región específica, a fin de elaborar una matriz más comprensiva de la competitividad de las exportaciones de nuestro país.

REFERENCIAS

- [1] Dussel, Enrique (2001). "Un análisis de la competitividad de las exportaciones de prendas de vestir de Centroamérica utilizando los programas y la metodología CAN y MAGIC". Serie Estudios y Perspectivas, CEPAL, México.
- [2] Máttar, Jorge (1996) "Desempeño exportador y competitividad internacional: algunos ejercicios CAN para México". Comercio exterior 46, CEPAL, México. (págs. 193-202).
- [3] Máttar, Jorge (1999), "Notas sobre competitividad internacional y desempeño exportador", mimeo; CEPAL, México.
- [4] Smith, A. "La riqueza de las naciones" (1776), Alianza Editorial.
- [5] Agosín, M. (2007). "Export Diversification and Growth in Emerging Economies". Santiago: Universidad de Chile. Documento de Trabajo 233.
- [6] Krugman, P.R. y Obstfeld, M. (1999) "Economía Internacional. Teoría y política". Cuarta edición. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid.
- [7] Porter, M. E. (1991). La ventaja competitiva de las naciones (Vol. 1025). Buenos Aires: Vergara.
- [8] Merino, Ignacio Agustin (2007). "La competitividad de la Economía Argentina según la International Institute for Management Development (IMD) y el World Economic Forum (WEF)". Tesis Universidad Católica, Argentina
- [9] Rosselet-McCaulay, Suzanne (2010) "Appendix I: Methodology and Principles of Analysis", in IMD, (ed.) IMD World Competitiveness Yearbook 2010. Lausanne, CH: IMD, 474-478.
- [10] Fajnzylber, Fernando (1988), "Competitividad internacional: evolución y lecciones", Revista de la CEPAL 36, págs. 1-24, Santiago de Chile, disponible en <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/38040>.
- [11] French Davis, R. (2002). El impacto de las exportaciones sobre el crecimiento de Chile. Revista de la CEPAL. N° 76.
- [12] Roberto Álvarez E.; Desempeño Exportador de las empresas chilenas: algunos hechos estilizados; Revista de la CEPAL 83, agosto, 2004.
- [13] De Obschatko, Edith S. y Von Bernard, Tamara (2003), "Competitividad de las exportaciones argentinas de origen agropecuario según el modelo CAN-2000", Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. (págs. 3-10).

Formación por competencias: Ejemplo de diseño de una actividad para integrar y movilizar saberes, y su evaluación

Cánepa, Luis

lcanepe@untdf.edu.ar

Barturen, Osvaldo

obarturen@untdf.edu.ar

Reynals, Julio

jcreynals@untdf.edu.ar

Iturralde, Javier

jriturralde@untdf.edu.ar

*Instituto de Desarrollo Económico e Innovación, Universidad Nacional de Tierra del Fuego.
Fuegia Basket 251, Ushuaia (9410), Prov. de Tierra del Fuego, A. e I. A. S.*

Fecha de recepción: 01/08/2019

Fecha de aprobación: 28/10/2019⁶

RESUMEN

La aplicación del Enfoque por Competencias es uno de los cambios más trascendentes que surgen de la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, también conocida como Libro Rojo del CONFEDI.

En este contexto, un equipo docente de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNTDF empezó a trabajar en la actualización de su plan de estudio y de sus actividades de enseñanza-aprendizaje. El objetivo es adecuarlos al Enfoque por Competencias, un requerimiento central de los nuevos estándares de acreditación.

El punto de partida es la definición de Competencia del CONFEDI: "Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de estructuras mentales y valores, permitiendo poner a disposición distintos saberes, en un determinado contexto, con el fin de resolver situaciones profesionales",

De acuerdo con esta definición, no es posible hablar de un Modelo de Formación por Competencias, si no se presentan al estudiante situaciones en las que deba articular diferentes saberes.

El presente trabajo consiste en el diseño de una actividad para integrar y movilizar los saberes de estudiantes de cuarto año de la carrera de Ingeniería Industrial, y de una rúbrica analítica para su evaluación, en el marco de la materia Costos Industriales. Se incluye también, una breve reseña de los conceptos y herramientas empleados.

Nuestro propósito es aportar a la comprensión e implementación del Enfoque por Competencias en carreras de Ingeniería, a través de la propuesta y el análisis de un caso concreto, poniendo en evidencia las dificultades a superar y los beneficios que es posible obtener.

Palabras Claves: formación por competencias; aprendizaje centrado en el estudiante; actividad integradora; rúbrica analítica

⁶ **Primer Premio**, categoría: La Educación en la Ingeniería Industrial; XII COINI (Río Gallegos, 2019)

Competency-based approach: example of design of an integrative activity and its evaluation

ABSTRACT

The use of the Competency-based Approach is one of the most remarkable changes that emerge from the document Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, also known as CONFEDI's Libro Rojo.

In this context, a team of teachers of the Industrial Engineering career at UNTDF began to update their study plan and teaching-learning activities. The purpose is to adapt them to the Competency-based Approach, a central requirement of the new accreditation standards.

Our starting point is the definition of "Competence" by CONFEDI: "Competence is the ability of properly articulating a collection of mental structures and values, in order to provide knowledge, in a certain context, that leads to the resolution of professional issues". In order to apply the Competency-based Model, it is necessary to confront students with the resolution of situations where they need to integrate different curricular contents. In this paper, we present an activity designed to integrate and mobilize different concepts, and a scoring rubric for its evaluation.

The activity is prepared for students of the fourth year of the Industrial Engineering career, in the framework provided for the Industrial Costs curriculum unit. A summary of concepts and tools involved is also included.

It is our purpose to contribute to the understanding and implementation of the Competency-based Approach in Engineering careers, through the proposal and analysis of a specific case, highlighting the difficulties to overcome and the benefits that can be obtained by applying this approach.

Keywords: competency-based formation; student-centered learning; integrative activity; scoring rubric

Abordagem de competência: Exemplo de desenho de uma atividade de integração para integrar e mobilizar conhecimentos, e sua avaliação

RESUMO

A aplicação da Abordagem de Competência é uma das mudanças mais importantes decorrentes da Proposta de Normas de Segunda Geração para Acreditação de cursos de graduação de Engenharia, também conhecida como Livro Vermelho da CONFEDI. Nesse contexto, uma equipe de professores do curso de Engenharia Industrial da UNTDF começou a adaptar seu currículo de estudos e atividades de ensino-aprendizagem à Abordagem por Competência, entre outros requisitos dos novos padrões de acreditação.

A partir da definição de competência CONFEDI: "Competência é a capacidade de articular efetivamente um conjunto de estruturas e valores mentais, permitindo que diferentes conhecimentos sejam disponibilizados, em um determinado contexto, para resolver situações profissionais", e considerando que não é possível falar de um Modelo de Treinamento Baseado em Competências, se não forem apresentadas ao aluno situações em que ele deva articular conhecimentos diferentes, apresentamos uma atividade destinada a integrar e mobilizar o conhecimento dos alunos do quarto ano do curso de Engenharia Industrial e uma rubrica analítica para sua avaliação, no âmbito da disciplina Custos Industriais. Inclui-se também uma breve visão geral dos conceitos e ferramentas utilizadas.

Nosso objetivo é contribuir para a compreensão e implementação da Abordagem de Competência em cursos de graduação de Engenharia, através da proposta e da análise de um caso específico, destacando as dificuldades a serem superadas e os benefícios que podem ser obtidos.

Palavras chave: abordagem de competência; aprendizagem centrado no estudante; atividade de integração; rubrica analítica

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Desde que, en junio de 2018, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) aprobó la Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería, conocida como Libro Rojo [1], muchas instituciones de enseñanza de la Ingeniería han intensificado sus esfuerzos para adecuar sus planes de estudio y sus actividades de enseñanza-aprendizaje al Enfoque por Competencias, que el mencionado Libro Rojo toma como eje central. La experiencia indica que este nuevo enfoque requiere cambios profundos, tanto en la forma de enseñar y aprender, como en la de evaluar.

En línea con esta iniciativa del CONFEDI, un equipo técnico de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), que viene ofreciendo, desde inicios del 2018, cursos de posgrado sobre Formación por Competencias en Carreras de Ingeniería, afirma que:

"El eje central de un Modelo de Formación por Competencias está en el diseño de situaciones donde se deben articular diferentes recursos. Hay dos momentos principales de aprendizaje: aprender los recursos, y participar en actividades de integración y de evaluación formativa, que permitan aprender cómo movilizar los recursos en situaciones complejas" [2].

1.2. El aprendizaje de recursos es necesario, pero no suficiente

En este contexto, el mayor desafío que enfrentamos los docentes de Ingeniería es *ir más allá de trabajar para el necesario, pero insuficiente, aprendizaje de recursos*: ahora es necesario, también, realizar más actividades que permitan *la integración y la evaluación formativa*, que se ubiquen en el Plan de Estudios *antes* de la instancia integradora del Proyecto Final. De esta manera, el desarrollo de las competencias se logra de manera gradual en varios años, y no se pone toda la carga y la expectativa en el Proyecto Final.

1.3. Contexto en el que se desarrolla este trabajo

Presentamos una actividad diseñada para integrar y movilizar los saberes de estudiantes de cuarto año de la carrera de Ingeniería Industrial, y una rúbrica analítica para su evaluación. Se incluye también una breve reseña de los conceptos y herramientas empleados, que fueron tomados del mencionado curso de la UNaM [2] y de su bibliografía recomendada.

Las materias cuyos recursos se busca integrar en esta actividad, y su ubicación en nuestro Plan de Estudios, se muestran en la Figura 1.

6° cuatrimestre	7° cuatrimestre	
Procesos de fabricación	Marketing e int. comercial.	Actividad Integradora
Organización de la producción II	Investigación operativa	
	Costos industriales	

Figura 1. Materias que se articulan en la Actividad Integradora, y su ubicación en el Plan de Estudios.

1.4. ¿Es necesario modificar el Plan de Estudios?

Si bien a mediano plazo está prevista la actualización de nuestro actual Plan de Estudios, este trabajo se inserta dentro del Plan de Estudios vigente, introduciendo modificaciones únicamente en los programas de las materias del 7º cuatrimestre que se articulan en esta actividad. Con este fin, se prevé que una parte del tiempo de clase deberá dedicarse a la realización y evaluación de la Actividad Integradora (ver Figura 1). En la primera parte del curso se presentan todos los contenidos de la materia. En la segunda parte, se trabaja sobre la Actividad Integradora, y eventualmente se profundizan los contenidos que los estudiantes solicitan, en función del caso a resolver.

1.5. Propósito y objetivos

1.5.1 Propósito

Con este trabajo nos propusimos hacer un pequeño aporte a la comprensión e implementación del Enfoque por Competencias en Ingeniería, a través de la propuesta y el análisis de un caso concreto, haciendo visibles los desafíos que encontramos en el proceso de diseño de una actividad integradora y de una rúbrica analítica, y los beneficios obtenidos.

1.5.2 Objetivo 1

Un primer objetivo es desarrollar un estudio de caso, que integre los recursos aprendidos por los estudiantes en las materias detalladas en la Figura 1.

1.5.2 Objetivo 2

Un segundo objetivo es construir una rúbrica analítica, que permita la evaluación formativa del proceso de resolución del caso realizado por los estudiantes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Qué se entiende por competencia

Según la define el CONFEDI [6],

“Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto, con el fin de resolver situaciones profesionales”.

Si bien el aprendizaje de una competencia puede darse de manera grupal, el ejercicio de una competencia es estrictamente individual. Es necesario, pues, enseñarle al estudiante a ejercerlo solo, ya que, de acuerdo con la Ley Nacional de Educación Superior, un profesional incompetente tendrá que asumir en forma individual los errores del ejercicio de su profesión cuando éstos “comprometan el interés público, poniendo en riesgo de modo directo la salud, la seguridad, los derechos, los bienes o la formación de los habitantes” [2].

2.2. Aprender a movilizar saberes en situaciones complejas

Se entiende, entonces, por qué no podemos hablar de un Modelo de Formación por Competencias si no se presentan al estudiante situaciones en las que deba articular diferentes saberes. En este Modelo, se presentan dos momentos principales de aprendizaje: primero, al *aprender los recursos* y, segundo, al

participar en actividades de integración y de evaluación formativa, que permitan aprender cómo movilizar esos recursos en situaciones complejas [7, citado en 2]. Por esto, proveer al estudiante con recursos sigue siendo una tarea necesaria, pero, para que un estudiante sea reconocido como competente, es necesario ir más allá. Si bien disponer de los recursos no es suficiente, sigue siendo necesario, ya que es imposible movilizar, articular e integrar aquello que no se conoce. Para esto, se necesitan docentes especializados en sus disciplinas.

2.3. Desarrollo gradual de las situaciones de integración

Es necesario que las situaciones de integración en la formación de ingenieros sean presentadas en forma gradual, en función de los niveles del Plan de Estudios y de la necesaria secuenciación de los Resultados de Aprendizaje [2]. En este sentido, debe evitarse que la primera actividad de integración que se presente a los estudiantes sea la Tesis de Grado o el Proyecto Final.

2.4. Características de las situaciones y trabajos de integración

Una característica que no puede faltar en una situación de integración es la complejidad. Debe ofrecer, además de información esencial, información parásita, y poner en juego los aprendizajes anteriores, movilizandolos tres saberes: conocer, hacer y ser. No es un mero cambio de enunciado: implica crear un contexto para la situación, tal como se le presentaría a un profesional, excediendo ampliamente en alcance a los ejercicios de final de capítulo de un libro de texto.

La integración de las disciplinas se realiza mediante un trabajo de integración al final de un ciclo. Se trata de proponer al estudiante un trabajo complejo, ya sea una situación problema que debe resolver o una producción original que debe realizar [5].

Es posible crear espacios de integración dentro de una carrera de Ingeniería, manteniendo el concepto de asignatura actual. Para esto es necesario examinar los cierres y las intersecciones de las disciplinas. Más allá de lo que se trabaje hacia el interior de cada materia, es la genuina articulación entre disciplinas lo que contribuye efectivamente al desarrollo de las competencias de egreso [2].

2.5. La evaluación en la formación por competencias

El Documento de Oro Verde del CONFEDI [3] señala la necesidad de entender la evaluación como un *proceso de mejora*.

La evaluación de competencias pone el foco en el desempeño del estudiante en actividades complejas, reales o simuladas, en un cierto contexto. Esto no implica dejar de lado las actividades tradicionales, enfocadas en los contenidos académicos, pero debe quedar claro que éstas no permiten evaluar competencias [4].

2.6. Algunos pasos necesarios para la evaluación en la formación por competencias

2.6.1 Identificar y comprender la competencia que se pretende evaluar

El primer paso es la redacción del Resultado de Aprendizaje [2]:

[Verbo] + [Objeto] + [Finalidad(es)] + [Condición(es)]

2.6.2 Definir los criterios de evaluación

Es necesario definir claramente las pautas o parámetros que dan cuenta de la competencia y permiten valorarla, de acuerdo con los retos del contexto. Los criterios de desempeño permiten determinar cuándo la actuación de la persona es idónea en determinadas áreas [4]. Es obligación del docente informar al estudiante cuáles serán los criterios de evaluación, para que éste sepa claramente de qué manera será evaluado su desempeño.

2.6.3 Definir y reunir evidencias de desempeño

Son pruebas concretas y tangibles de que se está aprendiendo una competencia. Se evalúan en función de los criterios de evaluación establecidos, en forma integral, y no de manera individual [4].

2.6.4 Definir indicadores de nivel de dominio

Estos indicadores muestran el nivel de dominio en el cual se desarrolla una competencia, en función de los criterios. Para cada criterio, se deben establecer los indicadores de nivel que permitan su evaluación [2].

2.6.5 Ponderación y puntaje

Se debe asignar un peso relativo (ponderación) a cada criterio de evaluación, en términos porcentuales. A su vez, dentro de cada criterio se asignan puntajes, en función del Nivel de Dominio alcanzado [2].

2.6.6 Identificación de los criterios e indicadores obligatorios para acreditar una competencia

Independientemente del puntaje total obtenido, un estudiante no puede ser acreditado ni promovido si al final del proceso no cumplen con ciertos indicadores, identificados como obligatorios [2].

2.6.7 Retroalimentación

El estudiante debe recibir información clara acerca de sus logros y aspectos a mejorar, y de su puntaje y nivel de dominio de la competencia. De esta manera, se puede involucrar en un proceso de mejora continua [4].

2.7. Rúbricas o matrices de valoración

Una rúbrica es una herramienta de puntuación que muestra las expectativas para una tarea. Divide la tarea en sus componentes y ofrece una descripción detallada de los niveles de rendimiento aceptables e inaceptables para cada parte [8, citado en 2].

Una rúbrica *analítica* es una matriz de doble entrada: en sus filas se ubican los Criterios de Evaluación; en sus columnas, los Niveles de Dominio.

Las rúbricas sirven como de guía de estudio. Promueven la metacognición en los estudiantes, al explicitar de antemano qué se va evaluar, y cuál es el qué nivel de dominio que se espera de ellos. Implican una instancia superadora del modelo de estudiar para el profesor, permitiendo estudiar y actuar para ser competente.

3. ACTIVIDAD INTEGRADORA Y RÚBRICA

3.1. Resultado de aprendizaje esperado

En nuestro ejemplo de aplicación de los conceptos resumidos en el Marco teórico, el Resultado de Aprendizaje a desarrollar y evaluar se muestra en la Figura 2:

[Aplica] [la teoría del Análisis Marginal] [para evaluar alternativas comerciales y/o técnicas] [en el marco del Método de Toma de Decisiones] [en situaciones complejas].
--

Figura 2. Resultado de aprendizaje a desarrollar y evaluar.

3.2. Actividad integradora propuesta (estudio de caso)

A continuación, se transcribe la actividad propuesta, diseñada para desarrollar el resultado de aprendizaje enunciado más arriba.

El gerente de una empresa que fabrica cerveza artesanal en Ushuaia está considerando la viabilidad de adoptar un sistema de envases retornables para su producto más vendido: la botella de 1000 cm³, en sus tres variedades: rubia, roja y negra. Supone que ésta sería una forma de diferenciar su marca, en un contexto en el que hay cada vez más competidores, y captar al público con conciencia ambiental, en un mercado como el de Tierra del Fuego, donde nadie ofrece actualmente cerveza en envases retornables.

Desea evaluar tres alternativas:

- a) destinar un sector del galpón que alquila la empresa, al reacondicionamiento de envases retornados;
- b) desarrollar un proveedor externo, que se ocupe de la recolección y el reacondicionamiento de envases usados, al cual se le comprarían los envases listos para ser reutilizados;
- c) seguir con la operatoria actual, con 100% de envases no retornables, lo mismo que ofrecen todas las marcas de cerveza en Tierra del Fuego, tanto locales como nacionales.

La empresa alquila y ocupa íntegramente un galpón de 14 m × 50 m, por \$100.000 mensuales. El área destinada a producción representa el 80% del área total, e incluye un sector para depósito de producto terminado y otro para materias primas. El 20% restante, corresponde a oficinas de administración y ventas. En el caso de elegir la alternativa a), sería necesario trasladar las oficinas a otro local, con un costo por metro cuadrado similar al que se paga actualmente.

La cervecería produce y envasa, en botellas de 1000 cm³ no retornables, unos 400.000 litros anuales de cerveza de tres tipos: rubia (40%), roja (40%) y negra (20%). Este volumen representa el 15% del mercado total de cerveza en botella de Ushuaia.

Según una encuesta realizada recientemente, el 70% de los 220 encuestados considera que la implementación de un sistema de envases retornables en Ushuaia “es una buena idea, porque permitiría pagar un precio menor por la cerveza, y contribuiría a reducir la contaminación ambiental”.

Independientemente de quién se ocupe del reacondicionamiento (alternativa a o b) el gerente necesita tener claro el proceso requerido, desde que un consumidor devuelve un envase vacío en el supermercado, hasta que la botella ingresa limpia y lista para ser llenada nuevamente en el sector de envasado. También necesita conocer cuáles serían las inversiones en equipamiento necesarias, los requerimientos de personal, y los gastos incrementales de operación y mantenimiento.

El costo de una botella nueva es actualmente de \$22 (incluye \$10 de flete). El precio actual de venta de la cerveza en góndola de supermercado es de \$120 por unidad. De los cuales \$95 son para la cervecería,

y \$25 son para el supermercado. Se estima que el diferencial a descontar al consumidor por devolución de un envase es de \$10.

Se desean evaluar tres escenarios de ventas:

- a) uno conservador, con un descuento de \$10 por envase retornado y un aumento de ventas de 10% en unidades;
- b) uno agresivo, con un descuento de \$20 por envase retornado y un aumento de ventas de 30% en unidades;
- c) uno intermedio, con un descuento de \$15 por envase retornado y un aumento de ventas de 20% en unidades.

Se estima que el porcentaje de las ventas que se canalizaría a través de envases retornables oscilaría entre el 60% y el 80%.

El gerente está en conversaciones con una cooperativa, que podría ocuparse de todo el proceso, y venderle a la cervecera las botellas reacondicionadas en las mismas condiciones en las que se compran hoy las botellas nuevas. Necesita saber cuál es el máximo valor que puede pagarle a la cooperativa, por encima del cual le resultaría más rentable ocuparse del reacondicionamiento con recursos propios.

Se pide (armar equipos de entre tres y cinco integrantes):

- a) Representar, mediante un diagrama de operaciones, el proceso requerido, desde que un consumidor devuelve un envase vacío en el supermercado, hasta que la botella ingresa limpia y lista para ser llenada nuevamente en el sector de envasado.
- b) Estimar, en términos físicos y monetarios: a) las inversiones necesarias; b) los requerimientos de personal; c) los gastos incrementales de operación y mantenimiento.
- c) Construir un modelo de simulación para comparar, desde el punto de vista de los resultados económicos, la situación actual (envases no retornables) con las dos situaciones alternativas planteadas, para los tres escenarios comerciales previstos.
- d) Determinar el precio de indiferencia que se le podría pagar a la cooperativa por ocuparse de todo el proceso, y venderle a la cervecera las botellas reacondicionadas.
- e) Realizar una presentación oral, pensada para informar al gerente sobre el trabajo realizado y las conclusiones y recomendaciones correspondientes.
- f) Preparar una actividad de juego de roles, en la cual el gerente negocie el costo del envase reacondicionado con el presidente de la cooperativa.

3.3. Rúbrica analítica

Los criterios de evaluación se formularon en función de los componentes del resultado de aprendizaje a evaluar, y se muestran en Figura 3, con sus respectivas ponderaciones entre paréntesis. La rúbrica se muestra en la Tabla 1.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Criterio 1 (40%): [Aplica] [la teoría del Análisis Marginal] [identificando sus elementos cla-ves: ingresos y costos, fijos y variables; rango de validez de las variables claves; valores de indi-ferencia de las variables claves].• Criterio 2 (30%): [Utiliza] [el Método de Toma de Decisiones] [para dar una solución perti-nente y fundamentada al problema planteado].• Criterio 3 (30%): [Resuelve] [problemas reales, o similares a los reales] [considerando la complejidad de la situación]. |
|---|

Figura 3. *Criterios de evaluación adoptados, con su correspondiente ponderación porcentual.*

Tabla 1: Rúbrica analítica para evaluación formativa de la actividad integradora propuesta.

Criterio y ponderación		Nivel de logro			
		Principiante 2 puntos	Básico 4 puntos	Competente 6 puntos	Avanzado 10 puntos
Criterio 1	40 %	No identifica los elementos claves para el análisis y/o no los utiliza correctamente.	Identifica y utiliza correctamente algunos elementos claves para el análisis; hay omisiones y/o errores significativos.	Identifica y utiliza correctamente la mayor parte de los elementos claves para el análisis; hay omisiones y/o errores no significativos.	Identifica y utiliza correctamente todos los elementos claves para el análisis.
Criterio 2	30 %	No identifica y/o no evalúa correctamente las alternativas. La solución no responde al problema planteado. La solución no está fundamentada.	Trata de identificar y evaluar las alternativas, pero hay errores significativos. La solución responde al problema planteado. La solución no está fundamentada.	Identifica y evalúa correctamente las alternativas, salvo errores no significativos. La solución responde al problema planteado. La fundamentación de la solución no es del todo clara.	Identifica y evalúa correctamente las alternativas. La solución responde al problema planteado. La solución está claramente fundamentada.
Criterio 3	30 %	No distingue la información relevante de la irrelevante. No realiza análisis de sensibilidad.	Trata de utilizar la información relevante y descartar la irrelevante, pero hay errores significativos. Realiza algún análisis de sensibilidad, con errores en la elección de las variables claves.	Utiliza la información relevante y descarta la irrelevante, salvo errores no significativos. Realiza algunos análisis de sensibilidad relevantes, identificando rangos de variación de algunas variables claves, con errores no significativos.	Utiliza solo la información relevante y descarta la irrelevante. Realiza todos los análisis de sensibilidad relevantes, identificando correctamente los rangos de variación de las variables claves.

4. CONCLUSIONES

La redacción de esta actividad integradora implica un trabajo articulado de docentes de cinco materias del 6° y 7° cuatrimestre de nuestra carrera: Procesos de Fabricación, Organización de la Producción, Investigación Operativa, Marketing e Inteligencia Comercial, y Costos Industriales.

Esta actividad se puede llevar adelante sin necesidad de modificar el Plan de Estudios: solo hace falta modificar los programas de las materias del 7° cuatrimestre involucradas, para que asignen tiempo a esta actividad.

Al desarrollarse en el primer cuatrimestre de cuarto año, constituye una primera experiencia en actividades integradoras, como preparación para la realización del Trabajo Final de la carrera a lo largo de quinto año.

El caso planteado posee un grado de complejidad similar a las situaciones reales en las que se verán involucrados los futuros graduados.

La rúbrica analítica propuesta cubre solamente los ítems a) a d) de la actividad, más relacionados con el saber conocer y el saber hacer. Quedan para una futura instancia las rúbricas de los ítems e) y f), más relacionados con el saber ser.

REFERENCIAS

- [1] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería – CONFEDI. Giordano Lerena, Roberto; Cirimelo, Sandra (Editores). (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina. Libro Rojo. Mar del Plata. Universidad FASTA.
- [2] Kowalski, Víctor; Morano, Daniel; Erck, Isolda; Enríquez, Héctor. (2018). “Sistema de Evaluación de Competencias. Del ¿Sabe o No Sabe? al ¿Es Competente o No?”. Serie Materiales de Apoyo. Programa de Formación Docente para orientar su práctica hacia la Formación por Competencias. Módulo 3, Segundo Documento. Oberá, Misiones.
- [3] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería – CONFEDI. (2017). “Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería”. Asamblea anual del CONFEDI. Oro Verde, Entre Ríos.
- [4] Tobón-Tobón, Sergio; Pimienta Prieto, Julio; García Fraile, Juan. (2010). Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. México. Pearson Educación.
- [5] Roegiers, Xavier. (2007). Pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. San José de Costa Rica. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana.
- [6] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería – CONFEDI. (2014). Competencias en Ingeniería. Mar del Plata. Universidad FASTA.
- [7] Jabif, Liliana. (2010). “Competencias y situaciones: un matrimonio inseparable”. Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias (REDEC), Vol. 2, N° 6. Talca, Chile.
- [8] Stevens, Dannelle; Levi, Antonia. (2005). Introduction to Rubrics: An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback, and Promote Student Learning. Sterling. Stylus Publishing.

Desarrollo de capacidades emprendedoras. Uso del Modelo de Rol

Vecchi, Carlos Adrián

carlos.vecchi@agr.unne.edu.ar

*Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias.
Juan Bautista Cabral 2131 W3402 Corrientes, Provincia de Corrientes, Argentina*

Fecha de recepción: 12/06/2019

Fecha de aprobación: 16/10/2019⁷

RESUMEN

Este trabajo presenta actividades planificadas que se desarrollan dentro de la asignatura Introducción a la Ingeniería Industrial de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste para el desarrollo de capacidades emprendedoras en sus alumnos. Estas actividades tienen por objetivo lograr la sensibilización, el desarrollo de valores y el afianzamiento de habilidades personales que permitan al alumno valorar, adquirir, poner en práctica, reforzar y consolidar capacidades y destrezas relacionadas con las competencias emprendedoras. Para lo cual, los alumnos visitan empresas reconocidas de nuestra región, de manera que se logra que el alumno tenga una aproximación a la realidad del mundo empresarial a través de estas visitas y entrevistando a los empresarios.

Palabras Claves: Modelo de Rol, Competencias emprendedoras, Desarrollo local

⁷ **Primer Premio**, categoría: Emprendedorismo e Ingeniería Industrial; XII COINI (Rio Gallegos, 2019)

Development of entrepreneurial capabilities. Use of the Role Model

ABSTRACT

This work presents planned activities that are developed within the subject *Introducción a la Ingeniería Industrial* of the *Ingeniería Industrial* career of the *Facultad de Ciencias Agrarias* of the *Universidad Nacional del Nordeste* for the development of entrepreneurial skills in their students. These activities aim to achieve awareness, the development of values and the strengthening of personal skills that allow the student to assess, acquire, implement, reinforce and consolidate skills and abilities related to entrepreneurial skills. To this end, students visit recognized companies of our company, in such a way that the student has an approximation to the reality of the business world through these visits and interviewing entrepreneurs.

Keywords: Role Model, Entrepreneurial Competences, Local Development

Desenvolvimento de capacidades empresariais. Utilização do Role Model

RESUMO

Este trabalho apresenta atividades planejadas desenvolvidas no curso de *Introducción a la Ingeniería Industrial* da carreira de *Ingeniería Industrial* da *Facultad de Ciencias Agrarias* da *Universidad Nacional del Nordeste* para o desenvolvimento de habilidades empreendedoras em seus alunos. Essas atividades visam conscientizar, desenvolver valores e fortalecer habilidades pessoais que permitem ao aluno valorizar, adquirir, colocar em prática, reforçar e consolidar capacidades e habilidades relacionadas às habilidades empreendedoras. Para o qual, os estudantes visitam empresas reconhecidas em nossa região, para que o aluno tenha uma abordagem da realidade do mundo dos negócios por meio dessas visitas e entrevistas com empreendedores.

Palavras chave: Role Model, Competências empreendedoras, Desenvolvimento local

1. INTRODUCCIÓN

Resulta imprescindible el reconocimiento de las condiciones necesarias para surgimiento y consolidación de emprendedores y proyectos empresariales. Es por ello por lo que se estableció como referencia para este proyecto la definición del Sistema de Desarrollo Emprendedor (SDE) pues permite identificar el conjunto de elementos y factores que contribuyen u obstaculizan el nacimiento y desarrollo de emprendedores y de sus empresas [1].

1.1. Etapas de proceso emprendedor:

En este enfoque sistémico, el proceso emprendedor se esquematiza en tres etapas en las cuales se analizan distintos eventos, cuyas «salidas» (output) son el nacimiento de emprendedores y el nacimiento de las empresas.

Estas etapas son: a) la gestación del proyecto empresario, b) el lanzamiento de la empresa y su c) desarrollo inicial (Figura 1).

Gestación: Comienza con la motivación para emprender e incluye, además, la formación de las competencias empresariales, la identificación de la idea de negocio y la elaboración del proyecto.

Lanzamiento de la empresa: La elaboración del proyecto da paso a la decisión de emprender, y el eje central de actividades se concentra en el acceso a los recursos y su organización. Esta comienza a relacionarse comercialmente con su entorno inmediato: adquiere partes y piezas, alquila instalaciones, paga intereses, salarios e impuestos y para sostener esos gastos, vende productos y servicios.

Desarrollo inicial: Luego de la formación de la empresa, una gran parte de estas mantienen su tamaño inicial. Otras, un pequeño grupo, ingresan en una trayectoria de mayor crecimiento, que brinda un porcentaje significativo de puestos de trabajos y ventas. Algunas dejan de operar poco después de su iniciación, lo que permite que los recursos que utilizaron (capital, instalaciones y equipos, mano de obra y conocimientos gerenciales) se transfieran a otros usos. Aquí el emprendedor y sus colaboradores deben confrontar el proyecto con la realidad. Buena parte de los emprendimientos no consiguen superar esta fase.



Figura 10 Esquema del sistema de desarrollo emprendedor (SDE) [2]

1.2. Factores del desarrollo emprendedor:

El modelo también nos indica que sobre el proceso emprendedor y sus eventos inciden distintos factores que están interrelacionados entre sí, estos factores pueden agruparse, en forma simplificada, en las siguientes grandes categorías:

Condiciones socioeconómicas generales: Este factor agrupa aquellos aspectos vinculados con la estructura y dinámica socioeconómica que influyen sobre el proceso emprendedor. Elementos por considerar son el nivel de ingresos de la población y su perfil de consumo. Participan, además, variables macroeconómicas, tales como la tasa de crecimiento del PBI, los precios relativos o la tasa de inflación.

Ambiente cultural y sistema educativo: Aspectos culturales tales como la valoración social del emprendedor, las actitudes frente al riesgo de fracasar y la presencia de modelos de rol constituyen factores culturales que inciden sobre la formación de vocaciones para emprender. Asimismo, el sistema educativo (en sus diferentes niveles) influye sobre la cultura y sobre la formación de vocaciones y competencias para emprender de la población estudiantil.

Estructura y dinámica del sistema productivo: La estructura productiva, su perfil sectorial, regional y según tamaño de empresa inciden sobre la experiencia laboral de las personas, su acceso al conocimiento técnico y a las redes de relaciones necesarias para el emprendimiento. Se destaca el rol de las empresas como referencia / incubadoras de nuevas firmas. A su vez, la concentración regional de la industria puede ser generadora de áreas con culturas más proclives a la empresariedad y con mayor presencia de modelos de rol. Por último, la tasa de crecimiento de los distintos sectores / mercados y la magnitud de las barreras a la entrada existentes, también influyen, principalmente en el volumen y la calidad de las oportunidades para iniciar nuevas empresas y en la formación de competencias de los potenciales emprendedores.

Stock de competencias emprendedoras (aspectos personales): Esta categoría se refiere a la disponibilidad de competencias para emprender en la población (propensión a asumir riesgos, tolerancia al trabajo duro, búsqueda de lucro, capacidad de control, capacidad de organización, flexibilidad, vitalidad, habilidades sociales). Por definición, el stock de competencias incide sobre todos los eventos del proceso emprendedor. Este factor está influido a su vez por otros factores tales como la cultura y el sistema educativo, por ejemplo, o el perfil de las mismas empresas, cuyas características inciden en la formación de vocaciones y competencias para emprender.

Redes y capital social: Esta categoría se refiere a capacidad del emprendedor de establecer vínculos y contactos con otras personas, empresas y/o instituciones. La importancia de este factor para el desarrollo emprendedor es reconocida en su rol en la identificación de oportunidades y la movilización de recursos para emprender, y en el apoyo a la gestión.

Condiciones de los mercados de factores: Considera el acceso a los recursos financieros; la disponibilidad de trabajadores calificados; la oferta de servicios profesionales (contadores, consultores, etc.); el funcionamiento de los mercados de abastecimiento de materias primas y proveedores de materiales; las condiciones de la infraestructura, incluyendo la red vial, las telecomunicaciones, etc. Un adecuado funcionamiento de estos mercados es muy importante tanto para el lanzamiento de la empresa como para el desarrollo temprano de la firma.

Factores regulatorios: Esta categoría incluye el conjunto de normas y políticas públicas que inciden sobre el ambiente económico y, en particular, en la creación de empresas (impuestos, normativa de registración, de acceso a los mercados, etc.). En un sentido amplio, las regulaciones pueden afectar directa o indirectamente al conjunto de los demás factores (política educativa, industrial, de

competencia, mercado de factores, etc.). Desde esta óptica, el proceso emprendedor está inserto en contextos regulatorios que inciden sobre la formación de competencias, la existencia y acceso a las oportunidades de negocio, a los recursos y a la formalización de la empresa.

2. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.

Del análisis de las etapas y factores del proceso emprendedor, resulta evidente que la formación de futuros ingenieros precisa de actividades concretas para incidir sobre el stock de competencias emprendedoras y la conformación del capital social del alumno emprendedor.

2.1. Breve descripción de la actividad.

Este proyecto se desarrolla dentro de la asignatura Introducción a la Ingeniería Industrial de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste. El proyecto implica realizar actividades de sensibilización, de desarrollo de valores y de afianzamiento de habilidades personales que permitan al alumno valorar, adquirir, poner en práctica, reforzar y consolidar capacidades y destrezas relacionadas con las competencias emprendedoras. Para lo cual, los alumnos visitan empresas reconocidas de la región, de manera que se logra que el alumno tenga una aproximación a la realidad del mundo empresarial a través de estas visitas.

Las empresas son seleccionadas luego de una entrevista que se realiza al titular del emprendimiento, de manera de evaluar si el emprendedor resulta un modelo válido para transmitir experiencia a los alumnos.

Las visitas posibilitarán analizar cada área que constituye la empresa y las funciones que desarrollan los emprendedores. También se busca que contacten de manera directa con estrategias, problemas, expectativas y realidades del empresario local. Esto favorece que el alumno reflexione sobre las características y elementos que constituyen una empresa y sus desafíos.

Desde lo metodológico, en un primer momento, se facilitará a los alumnos un breve esquema con información útil de la empresa que se visita. En el transcurso de la actividad mediante observación y a través de entrevistas o preguntas de los alumnos al personal de la empresa y sus propietarios, se recopilará la información necesaria para establecer unas conclusiones de utilidad en la elaboración del proyecto de cada grupo, realizando aportes y comentarios sobre mejoras que se puedan desarrollar en la organización y el proceso productivo. Para finalizar se realizará una puesta en común de manera que cada grupo exponga lo trabajado en equipo, así como las vivencias personales durante el desarrollo de la actividad.

Es importante, además reconocer al empresario/empresa participante, esta es una manera que permite que la actividad cobre trascendencia y posibilita que otros emprendedores/empresarios imiten esta acción dando continuidad en el tiempo. En este caso el reconocimiento es otorgado por la propia Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE.

2.2. Destinatarios:

Esta actividad está destinada a los estudiantes regulares de la asignatura Introducción a la Ingeniería Industrial de 1er año de la carrera de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE.

2.3. Objetivos didácticos.

Objetivos ligados al desarrollo de conocimientos. Que el alumno logre acercarse a aplicaciones prácticas de conceptos de gestión de empresas como administración, producción y ventas.

Objetivos ligados al desarrollo de habilidades. Que el alumno desarrolle las habilidades de trabajar en equipo, planificar, buscar información, desarrollar espíritu crítico y comunicarse entre otras.

Objetivos ligados al desarrollo de actitudes. Que el alumno desarrolle actitudes como responsabilidad y compromiso.

2.4. Conocimientos mínimos requeridos por el estudiante.

Se precisan las habilidades que dispone un alumno regular de 1er año recién ingresado a la Universidad.

2.5. Planificación de la actividad

Listado de materiales y equipos necesarios: Se precisan los materiales habituales para el desarrollo de las clases de Introducción a la Ingeniería Industrial, pizarra blanca y marcadores adecuados y notebook y proyector.

Duración total de la actividad: 10 horas.

Cronograma de las clases (actividades y tiempo asignado):

Clase N.º 8/16 del dictado: se realiza la presentación del caso, la empresa, sus procesos y productos en el aula habitual con una duración de 4 horas aproximadamente.

Clase N.º 9/16 del dictado: se realiza la visita a la empresa seleccionada, recorrida de las instalaciones, preguntas a los empresarios y empleados, con una duración entre 2 y 3 horas.

Clase N.º 10/16 del dictado: se realiza el cierre del caso. Cada grupo presenta su informe y brinda sus conclusiones sobre el caso estudiado. Se realizan las conclusiones con una duración de 4 horas aproximadamente.

Docentes Intervinientes: Profesor Titular de la cátedra de Introducción a la Ingeniería Industrial Ing. Carlos Vecchi.

Necesidades logísticas especiales: Cuando la visita se realiza a una empresa localizada fuera de la ciudad de Corrientes, se debe gestionar el ómnibus de la Facultad para agilizar el traslado de todo el grupo.

3. AUTOEVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD.

La evaluación de la actividad se realiza considerando: grado de participación de los alumnos en cada etapa y el informe que cada grupo de alumnos presenta. Para lo cual se considera la utilización de la siguiente tabla para cuantificar el análisis (Tabla 1).

Tabla 1 *Criterios para evaluación de la actividad.*

	Objetivo:	Puntaje
1	Los alumnos comprenden conceptos de gestión de empresas como administración, producción y ventas.	Máximo 20 p.
2	Los alumnos trabajaron en equipo y se comunicaron entre sí.	Máximo 20 p.
3	Los alumnos buscaron y analizaron la información.	Máximo 20 p.
4	Los alumnos desarrollaron espíritu crítico para el trabajo.	Máximo 20 p.
5	Los alumnos demostraron responsabilidad y compromiso para el trabajo	Máximo 20 p.
Total		Máximo 100 p.

Escala considerada:**Punto 1.**

- a.** Se verifica que más de los 70 % de los trabajos presentados explican claramente los procesos administrativos y productivos, la tecnología empleada, los productos y su gestión comercial. Puntaje: Entre 16 y 20 puntos.
- b.** Se verifica que entre el 50 y el 69 % de los trabajos presentados explican claramente los procesos administrativos y productivos, la tecnología empleada, los productos y su gestión comercial. Puntaje: Entre 11 y 15 puntos.
- c.** Se verifica que entre el 35 y el 49 % de los trabajos presentados explican claramente los procesos administrativos y productivos, la tecnología empleada, los productos y su gestión comercial. Puntaje: Entre 5 y 10 puntos.
- d.** Se verifica que entre el 0 y el 34 % de los trabajos presentados explican claramente los procesos administrativos y productivos, la tecnología empleada, los productos y su gestión comercial. Puntaje: Entre 0 y 4 puntos.

Punto 2.

- a.** Se verifica que en más de un 70%, los grupos se conformaron y trabajaron sin inconvenientes. Existiendo acciones de comunicación y coordinación interna para desarrollar las actividades, preparar las preguntas, realizar y presentar el informe final. Puntaje: Entre 16 y 20 puntos.
- b.** Se verifica que entre el 50 y el 69 %, los grupos se conformaron y trabajaron sin inconvenientes. Existiendo acciones de comunicación y coordinación interna para desarrollar las actividades, preparar las preguntas, realizar y presentar el informe final. Puntaje: Entre 11 y 15 puntos.
- c.** Se verifica que entre el 35 y el 49 %, los grupos se conformaron y trabajaron sin inconvenientes. Existiendo acciones de comunicación y coordinación interna para desarrollar las actividades, preparar las preguntas, realizar y presentar el informe final. Puntaje: Entre 5 y 10 puntos.
- d.** Se verifica que entre el 1 y el 34 %, los grupos se conformaron y trabajaron sin inconvenientes. Existiendo acciones de comunicación y coordinación interna para desarrollar las actividades, preparar las preguntas, realizar y presentar el informe final. Puntaje: Entre 0 y 4 puntos.

Punto 3:

- a.** Se verifica que en más de un 70%, los grupos realizaron preguntas en la jornada de visita, investigaron sobre la empresa y sus procesos. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 16 y 20 puntos.

- b.** Se verifica que entre el 50 y el 69 %, los grupos realizaron preguntas en la jornada de visita, investigaron sobre la empresa y sus procesos. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 11 y 15 puntos.
- c.** Se verifica que entre el 35 y el 49 %, los grupos realizaron preguntas en la jornada de visita, investigaron sobre la empresa y sus procesos. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 5 y 10 puntos.
- d.** Se verifica que entre el 1 y el 34 %, los grupos realizaron preguntas en la jornada de visita, investigaron sobre la empresa y sus procesos. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 0 y 4 puntos.

Punto 4:

- a.** Se verifica que en más de un 70 en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos realizaron observaciones y/o preguntas que planteaban puntos de vistas y/o aspectos alternativos sobre la cuestión que se está tratando. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 16 y 20 puntos.
- b.** Se verifica que entre el 50 y el 69 % en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos realizaron observaciones y/o preguntas que planteaban puntos de vistas y/o aspectos alternativos sobre la cuestión que se está tratando. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 11 y 15 puntos.
- c.** Se verifica que entre el 35 y el 49 % en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos realizaron observaciones y/o preguntas que planteaban puntos de vistas y/o aspectos alternativos sobre la cuestión que se está tratando. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 5 y 10 puntos.
- d.** Se verifica que entre el 1 y el 34 % en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos realizaron observaciones y/o preguntas que planteaban puntos de vistas y/o aspectos alternativos sobre la cuestión que se está tratando. Existiendo presentación de antecedentes con preguntas fundamentadas y apropiadas. Puntaje: Entre 0 y 4 puntos.

Punto 5:

- a.** Se verifica que en más de un 70% los grupos y sus integrantes respetaron las fechas establecidas, el formato de presentación, la asistencia y el comportamiento en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos. También el cumplimiento de las normas de seguridad en la empresa. No siendo preciso realizar llamados de atención. Puntaje: Entre 16 y 20 puntos.
- b.** Se verifica que entre el 50 y el 69 % los grupos y sus integrantes respetaron las fechas establecidas, el formato de presentación, la asistencia y el comportamiento en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos. También el cumplimiento de las normas de seguridad en la empresa. No siendo preciso realizar llamados de atención. Puntaje: Entre 11 y 15 puntos.
- c.** Se verifica que entre el 35 y el 49 % los grupos y sus integrantes respetaron las fechas establecidas, el formato de presentación, la asistencia y el comportamiento en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos. También el cumplimiento de las normas de seguridad en la empresa. No siendo preciso realizar llamados de atención. Puntaje: Entre 5 y 10 puntos.
- d.** Se verifica que entre el 1 y el 34 % los grupos y sus integrantes respetaron las fechas establecidas, el formato de presentación, la asistencia y el comportamiento en la visita a la empresa y/o en la presentación final los grupos. También el cumplimiento de las normas de

seguridad en la empresa. No siendo preciso realizar llamados de atención. Puntaje: Entre 0 y 4 puntos.

4. EVALUACIÓN DEL EMPRESARIO CONSIDERADO.

A continuación, se presenta un detalle de las preguntas a realizar a los/as emprendedores/as para evaluar su adecuación tanto al eje temático (objetivos de conocimientos) como a las características del modelo de rol (objetivos de habilidades y actitudes).

Preguntas para la evaluación: se presenta a continuación el listado de preguntas sugerido de preguntas.

1. ¿Cuál es el origen de su empresa? ¿Qué lo llevo a establecerla?
2. ¿Cuáles son los procesos productivos y/o de servicios que su empresa desarrolla?
3. ¿Cuáles son las características que considera permiten a su empresa destacarse en el mercado?
4. ¿Cómo gestiona la Administración de su empresa?
5. ¿Cuáles son sus los factores/atributos personales que destaca?
6. ¿Cuáles son sus motivaciones personales?

Criterios para evaluación: criterios para evaluar las habilidades comunicativas de los/as emprendedores/as a entrevistar.

- a. Utilización de vocabulario coloquial y técnico.
- b. Capacidad de síntesis.
- c. Tono de voz claro y audible.
- d. Lenguaje corporal.
- e. Capacidad de entretener

5. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan fotografía de la actividad ejecutada en la empresa OFICINA DE JUGUETES de la ciudad de Corrientes.



Figura 11 Fotografía de la entrevista a empresa OFICINA DE JUGUETES.

También se presenta el reconocimiento otorgado por la Facultad a la Empresa MELMIX por la participación en estas actividades:

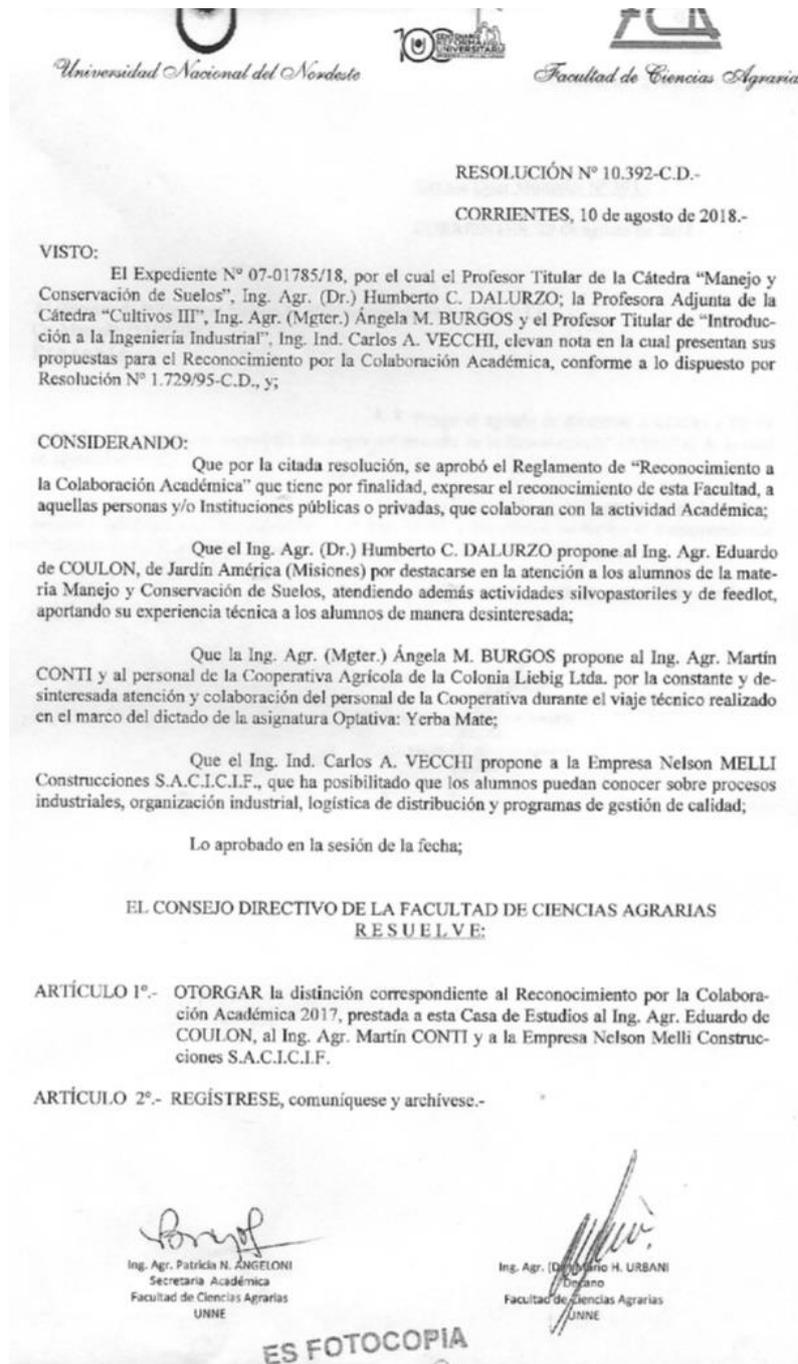


Figura 12 Reconocimiento otorgado a empresa local MELMIX por participar de estas actividades

Agradecimientos

Esta actividad puede ser llevada adelante por el apoyo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE, de la Diseñadora Industrial Constanza Lorenzo y la empresa MELMIX. Un reconocimiento especial a la Bioquímica Valeria Paula Capuano por el acompañamiento permanente.

REFERENCIAS

[1] KANTIS, HUGO. (2004) Desarrollo emprendedor: América Latina y la experiencia internacional. Capítulo 1. Un enfoque sistémico de la creación de empresas. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/442/Desarrollo%20emprendedor.pdf?sequence> Acceso: 19/08/2019.

[2] JICA. AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN. (2003). Estudio en el área del desarrollo empresarial en la republica argentina la creación de empresas en la argentina y su entorno institucional. Informe Final. Disponible en: https://prodem.ungs.edu.ar/publicaciones_prodem/estudio-en-el-area-del-desarrollo-empresarial-en-la-republica-argentina-la-creacion-de-empresas-en-la-argentina-y-su-entorno-institucional/ Acceso: 19/08/2019.

Innovaciones en el diseño del sistema "SACH" de prevención de choques frontales para automóviles

Prat, Miguel A.
mpratutn@gmail.com

Oris, Ramón A.
orisram@gmail.com

Campos, Juan E.
jec_2230@yahoo.com.ar

Rodríguez, Gustavo A.
ing.gusarielrodriguez@gmail.com

*Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional.
Bernardino Rivadavia 1050, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina*

Fecha de recepción: 16/06/2019

Fecha de aprobación: 01/10/2019⁸

RESUMEN

Actualmente Argentina tiene a nivel mundial una de las tasas de mortalidad más elevada debida a accidentes de tránsito. En este contexto y a los fines de ayudar a reducir los índices de siniestralidad vial se elabora el proyecto SACH. La propuesta mencionada anteriormente consiste en el diseño de un sistema inteligente de toma de decisiones que contribuya a evitar colisiones frontales. SACH podrá incorporarse y adaptarse a automotores de media y baja gama, tanto usados como nuevos. En el caso de peligro de colisión el sistema inicialmente emitirá una señal de advertencia al conductor. Seguidamente, SACH a través de un automatismo, tomara el control de los frenos y la dirección del vehículo, con el objeto de evitar el choque. Estas características del sistema estarán basadas en el concepto de Lógica Difusa, empleando para ello un Controlador Lógico Difuso (Fuzzy Logic Controller o FLC). El FLC se diseñará utilizando Fuzzy Logic Toolbox en MATLAB. Asimismo, es importante destacar que tanto el aviso de colisión como la acción sobre los frenos y dirección del automotor dependerán de un Controlador Proporcional, Integral y Derivativo (Proportional Integral Derivative Controller o PID). El objetivo del Proyecto SACH es desarrollar un dispositivo económico que sea de fácil montaje, dando de esta forma una respuesta al problema de las colisiones en las rutas del país.

Palabras Claves: Choques frontales; Automotores; Fuzzy Logic Controller

⁸ **Primer Premio**, categoría: Innovación y Gestión de Productos; XII COINI (Río Gallegos, 2019)

Innovations in the design of the "SACH" system for the prevention of frontal collisions for cars

ABSTRACT

Argentina currently has one of the highest mortality rates due to traffic accidents worldwide. In this context, and in order to help reduce road accident rates, the SACH project is prepared. The aforementioned proposal consists of the design of an intelligent decision-making system that contributes to avoiding frontal collisions. SACH will be able to incorporate and adapt to medium and low-end motor vehicles, both used and new. In the event of a collision hazard, the system will initially issue a warning signal to the driver. Next, SACH through an automatism, will take control of the brakes and the direction of the vehicle, in order to avoid the crash. These characteristics of the system will be based on the concept of Fuzzy Logic, using for it a Fuzzy Logic Controller (Fuzzy Logic Controller or FLC). The FLC will be designed using Fuzzy Logic Toolbox in MATLAB. Likewise, it is important to highlight that both the collision warning and the action on the brakes and direction of the automotive will depend on a Proportional Integral Derivative Controller (PID). The objective of the SACH Project is to develop an economic device that It is easy to assemble, thus giving an answer to the problem of collisions on the country's routes.

Keywords: head-on collisions; Automotive; Fuzzy Logic Controller

Inovações no projeto do sistema "SACH" para a prevenção de colisões frontais para automóveis

RESUMO

Atualmente, a Argentina possui uma das mais altas taxas de mortalidade por acidentes de trânsito no mundo. Nesse contexto, e para ajudar a reduzir as taxas de acidentes rodoviários, o projeto SACH está preparado. A proposta acima mencionada consiste em projetar um sistema inteligente de tomada de decisão que contribua para evitar colisões frontais. A SACH poderá incorporar e adaptar-se a veículos a motor médios e low-end, usados e novos. Em caso de risco de colisão, o sistema emitirá inicialmente um sinal de aviso para o motorista. Em seguida, o SACH, através de um automatismo, assumirá o controle dos freios e a direção do veículo, a fim de evitar o acidente. Essas características do sistema serão baseadas no conceito de Fuzzy Logic, utilizando para isso um Fuzzy Logic Controller (Fuzzy Logic Controller ou FLC). O FLC será projetado usando o Fuzzy Logic Toolbox no MATLAB. Da mesma forma, é importante destacar que o alerta de colisão e a ação sobre os freios e a direção do automóvel dependerão de um Controlador Derivativo Integral Proporcional (PID). O objetivo do Projeto SACH é desenvolver um dispositivo econômico que É fácil de montar, dando uma resposta ao problema das colisões nas rotas do país.

Palavras chave: colisões frontais; Automotivo; Controlador lógico distorcido

1. INTRODUCCIÓN

La lógica difusa fue formulada por Lotfi Zadeh de la Universidad de Berkeley a mediados de la década de 1960, basado en un trabajo anterior en el área de la teoría de conjuntos difusos [1]. Zadeh también formuló la noción de control difuso que permite utilizar un pequeño conjunto de "reglas intuitivas" para controlar el funcionamiento de los dispositivos electrónicos. En 1974 Ebrahim Mamdani emplea los conceptos de lógica difusa en el control de procesos desarrollando el primer control difuso para la regulación de un motor de vapor [2].

En la década de 1980, el control difuso se convirtió en una gran industria en Japón y otros países donde se integró en electrodomésticos, como aspiradoras, hornos de microondas y cámaras de video. Tales aparatos podrían adaptarse automáticamente a diferentes entornos; por ejemplo, una aspiradora aplicaría más succión a un área especialmente sucia.

En 1985 Takagi y Sugeno aportan a la teoría del control difuso un nuevo método llamado Takagi-Sugeno-Kang (TSK) [3], como alternativa del método Mamdani. En la actualidad, los FLC se utilizan cada vez más en aplicaciones prácticas de control, predicción, clasificación, inferencia y toma de decisiones. Los conceptos de lógica difusa desarrollados por Zadeh y el de control de procesos se aplican en distintas disciplinas tales como la medicina, aeronáutica y electrónica [4].

En términos simples un controlador difuso es un controlador automático, es un mecanismo de acción o regulación automática que controla un objeto de acuerdo con un comportamiento deseado. El objeto puede ser, por ejemplo, un robot configurado para realizar una tarea determinada. Un FLC opera mediante reglas en un lenguaje más o menos natural, basado en una característica distintiva, esto es la lógica difusa.

2. LA LÓGICA DIFUSA EN LA SEGURIDAD AUTOMOTRIZ

Los términos "Activo" y "Pasivo" son términos simples pero significativos e importantes en el mundo de la seguridad automotriz. La "seguridad activa" se emplea para referirse a la tecnología que ayuda a prevenir una colisión [5] [6] y el término "seguridad pasiva" hace referencia a los componentes del vehículo (principalmente airbags, cinturones de seguridad y la estructura física del vehículo) que ayudan a proteger a los ocupantes durante un choque. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud el número de muertes por accidentes de tráfico a nivel mundial alcanza anualmente los 1.25 millones de personas; constituyéndose además en una de las principales causas de muerte entre jóvenes de 15 a 29 años de edad. La mayoría de estas muertes se producen en países emergentes, donde el rápido crecimiento económico ha ido acompañado de un mayor uso de automotores.

La complejidad de la tarea de conducción y la incertidumbre del entorno hacen que conducir un vehículo sea en cierta medida una tarea peligrosa. Este aspecto plantea la necesidad de contar con dispositivos de seguridad automotriz, que apunten a una contribución significativa a la seguridad vial en general. Por esta razón, hay un mayor interés en actividades de investigación y de desarrollo centradas en sistemas de asistencia al conductor tendientes a reducir la carga de trabajo y a la prevención de accidentes. En tal sentido, se han propuesto varios tipos de sistemas de seguridad para ayudar a disminuir el peligro y ayudar al conductor [7]. La incorporación de la inteligencia artificial a vehículos automotores permite que los dispositivos de asistencia a la conducción interactúen con el medio ambiente [8].

Con el fin de asistir al conductor y garantizar la seguridad se introdujeron sistemas que toman el control del vehículo [9]. Algunos ejemplos son el regulador de velocidad o Adaptive Cruise Control (ACC) que

actúa directamente en el sistema de frenos del vehículo, el asistente de estacionamiento [10], parada de emergencia por colisión inminente, asistente de evitación de colisión [11], administrador de intersección automático [12], sistemas para mantener dentro del carril al vehículo [13]. Sin embargo, los sistemas más avanzados requieren mayores niveles de detalle y precisión para detectar el entorno, a fin de evaluar si las maniobras que realizarán los conductores son lo suficientemente seguras, requiriéndose una fusión de sensores.



Figura 1 *Adaptive Cruise Control (ACC o AAC) regula la velocidad seleccionada teniendo en cuenta la distancia con respecto al vehículo precedente entre 30 y 200 km/h, reaccionando ante vehículos que se encuentran a una distancia de hasta 180 metros.* Fuente: <https://www.audisport-iberica.com/foro/topic/219939-adaptive-cruise-control-acc-y-braking-guard/>

3. NORMA SAE J3016. NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN

En la actualidad, la conducción autónoma o semiautónoma es un tema de investigación muy importante, de hecho, existen desarrollos bien conocidos como los realizados por Google, competidores de DARPA Challenge [14], grupos de investigación como el VisLab de la Universidad de Parma [15] o el Programa PATH de la Universidad de California en Berkeley dedicados a la investigación de sistemas de transporte inteligente [16].

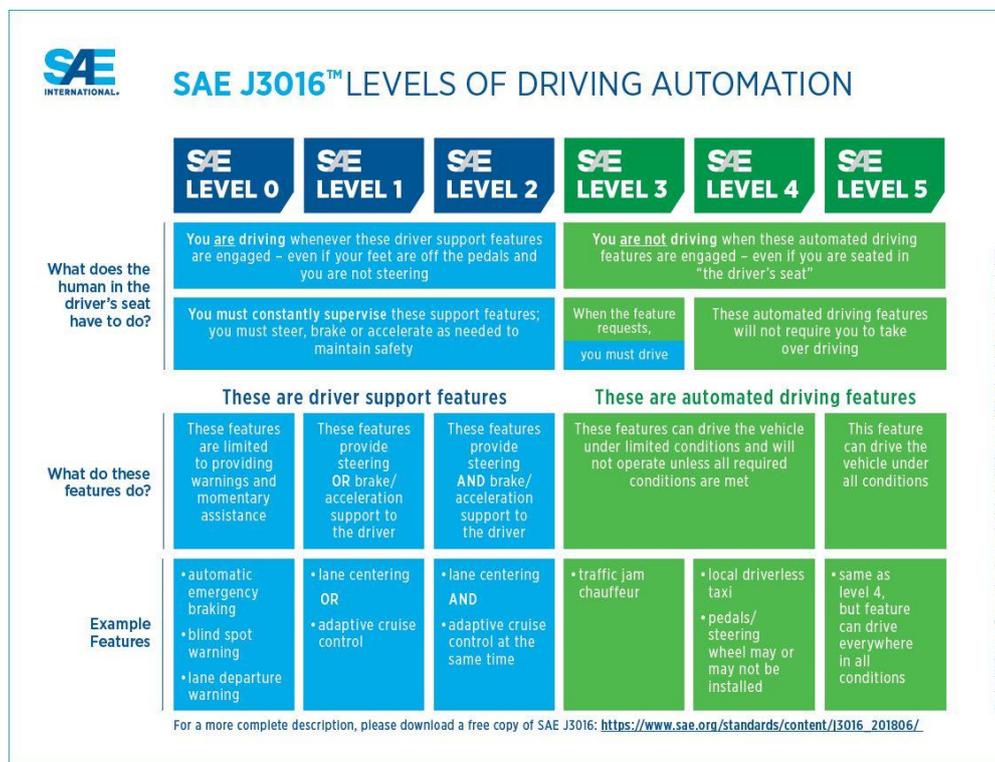
En este contexto la SAE (Society of Automotive Engineers) ha implementado una clasificación, para determinar el grado de automatización en la conducción de un vehículo, en su normativa SAE J3016 [17] [18] cual establece 6 niveles, los que se clasifican en:

- **Nivel 0 sin automatización:** en este nivel la conducción es asumida de forma completa por el conductor, responsable de su guiado, aceleración/frenado y además monitorizar el entorno. Se aplica a cualquier automóvil convencional. Asimismo, los vehículos un poco más modernos que cuentan con sistema de frenado autónomo de emergencia o con un asistente de mantenimiento en el carril, también se consideran de nivel 0.
- **Nivel 1 asistido:** en determinadas situaciones un sistema autónomo es capaz de controlar el desplazamiento lateral del vehículo (guiado) o bien el longitudinal (acelerar/decelerar), pero no ambos al mismo tiempo. Sobre el conductor recae la responsabilidad del resto de tareas de conducción, así como de monitorizar el entorno y asumir el control si fuese necesario. Los

automóviles con un sistema de control de velocidad de crucero adaptativo entran en este nivel, así como aquellos que poseen un sistema de estacionamiento asistido que solo actúa sobre la dirección, pero no sobre el acelerador y el freno.

- **Nivel 2 automatización parcial:** según determinadas condiciones el sistema es capaz de asumir de forma continua tanto el movimiento lateral del vehículo (guiado) como el longitudinal (acelerar/decelerar). El conductor sigue siendo responsable del resto de tareas de la conducción, así como de monitorizar el entorno para responder ante un posible evento, asumiendo el control. Automóviles que poseen sistemas de piloto automático en ruta como por ejemplo el Mercedes-Benz Clase E con Drive Pilot.
- **Nivel 3 automatización condicional:** en este nivel y en determinadas condiciones, el sistema es capaz de asumir de forma completa la conducción del vehículo, incluido la monitorización del entorno. En esta situación el conductor tiene que permanecer atento por si se le requiere para que asuma el mando, ya sea para finalizar las condiciones en las que el sistema puede conducir de forma autónoma o bien por un fallo del sistema.
- **Nivel 4 alta automatización:** el sistema se encarga por completo de la conducción, en determinadas condiciones, incluyendo la monitorización del entorno y sin esperar la intervención del conductor.
- **Nivel 5 automatización total:** el sistema realiza por completo la conducción de forma autónoma y sin restricciones de condiciones, asumiendo también la tarea de monitorización del entorno.

Seguidamente se muestran en la Figura 2 los distintos niveles de automatización según la norma SAE J3016.



4. FUSIÓN DE DATOS

Es importante destacar que debido a la gran complejidad de escenarios que se pueden presentar en las rutas o incluso en ambientes urbanos, los dispositivos como el SACH requieren de una gran cantidad de información confiable del vehículo y del entorno. Los sistemas de detección de obstáculos son fundamentales a la hora del diseño de los dispositivos de asistencia al conductor, ya que son los encargados de proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones al momento de conducir. Considerando estos aspectos, se considerará para el diseño del SACH la integración de los siguientes sistemas:

- Sensores ultrasónicos frontales, laterales y traseros.
- Cámaras de 360 grados frontal, trasera y retrovisores.
- Una cámara frontal en el parabrisas.
- Sensores de radar de medio alcance en las esquinas del vehículo.
- Sensor de radar de largo alcance en la parte frontal.



Fig 3: Sensores ultrasónicos de Tesla Motors
Fuente: <http://electromovilidad.net/sensores-ultrasonicos-de-tesla-asi-funcionan/>



Fig 4: Cámara montada en el parabrisas y sensores
Fuente: <http://www.mercedesmedic.com/mercedes-radar-sensor-problems-solutions/>



Fig 5: Sensores de parachoques
Fuente: <http://www.mercedesmedic.com/mercedes-radar-sensor-problems-solutions/>



Fig 6: Cámara delantera
Fuente: <http://www.mercedesmedic.com/mercedes-radar-sensor-problems-solutions/>

Las tecnologías que se integrarán en el SACH permitirán de acuerdo a la norma SAE J3016 alcanzar un nivel 3 de automatización del vehículo.

A medida que el hombre y los animales han evolucionado, han desarrollado la capacidad de usar sus sentidos para sobrevivir, por ejemplo, evaluar la calidad de una sustancia comestible es imposible si solo se usa el sentido de la visión; es más efectivo usar la combinación de vista, tacto, olfato y gusto. De manera similar, cuando la visión está limitada por estructuras y vegetación, el sentido de la audición puede proporcionar una advertencia avanzada de peligros inminentes.

Por lo tanto, la fusión de datos brindados por los sentidos permite a animales y humanos evaluar con mayor precisión el entorno circundante e identificar amenazas, lo que mejora sus posibilidades de supervivencia [19] [20]. Es por ello que, en los últimos años, se ha dado una atención significativa al área de la fusión de datos procedentes de distintos sensores, en una amplia gama de ciencias.

Diversos sinónimos se utilizan para referirse a la materia de fusión de datos, tales como: fusión de información, fusión de sensores, integración de datos, integración de información, etc. La definición de fusión de datos más aceptada data es de 1991, cuando el grupo de trabajo de fusión de datos del "Joint Directors of Laboratories", JDL[21], proporcionó la siguiente definición: *"Un proceso multinivel que trata con la detección automática, asociación, correlación, estimación y combinación de los datos e información desde múltiples fuentes"*.

Hall & Llinas [22] definieron la fusión de datos como: *"la combinación de datos de distintos sensores, y su información relacionada proporcionada por las bases de datos asociadas, para conseguir una mejor precisión e inferencias más específicas de las que se pueden obtener con un solo sensor"*.

La fusión de datos es un área de investigación que evoluciona rápidamente y requiere conocimiento interdisciplinario en teoría de control, procesamiento de señales, inteligencia artificial, probabilidad y estadística, entre otros. La fusión de datos se refiere a la combinación sinérgica de datos provenientes de múltiples sensores relacionados para proporcionar una información más confiable y precisa que la que podría lograrse utilizando un solo sensor [23]. En realidad, tal como se expresara anteriormente, la fusión de datos provenientes de múltiples sensores es un proceso multifacético y multinivel que trata con la detección automática, asociación, correlación, estimación y combinación de datos de fuentes de información única y múltiple.

Los resultados de un proceso de fusión de datos ayudan a los usuarios a la toma de decisiones en escenarios complejos. Aunque los métodos de fusión de datos se desarrollaron principalmente para aplicaciones militares, de hecho, en los últimos años esta metodología se ha aplicado en el ámbito civil, de la medicina, robótica y sistemas de transporte inteligentes [24].

En la conducción de vehículos, el objetivo es apoyar al conductor en situaciones donde la toma de decisiones es crítica; o incluso en casos particulares eliminar por completo la intervención del conductor. Tales sistemas solo son deseables si tienen la capacidad de funcionar como lo haría el operador humano. Por ejemplo, la fusión de varios sensores, como cámaras 3D, sensores de sonar y radares de ondas milimétricas, tiene la ventaja de mantener una mayor confiabilidad en la conducción incluso en condiciones climáticas adversas o polvorientas [25], [26].

Los sensores internos brindan información sobre el estado del vehículo anfitrión, como su velocidad y la información del ángulo de dirección, mientras que los sensores externos (por ejemplo: cámaras, sensores ultrasónicos) detectan información externa al vehículo, como la detección de obstáculos u otros vehículos. De esta manera será posible proporcionar un área de detección segura alrededor del automóvil con un alto grado de certeza. Todos los sensores y la unidad de fusión de datos podrían conectarse a través de buses CAN [27], [28].

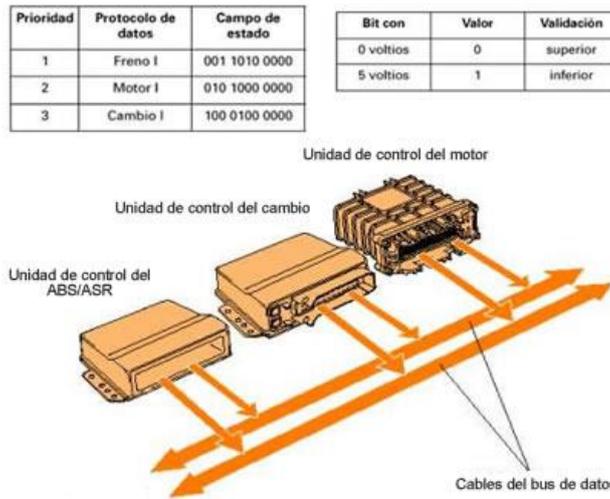


Figura 7 Buses CAN Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/canbus.htm>

En esta investigación se desarrollará un algoritmo de lógica difusa para fusionar y administrar los datos recopilados de los sensores incorporados en el vehículo anfitrión. El algoritmo tendrá como función principal administrar la dirección general, la velocidad y la aceleración del vehículo durante un viaje en ruta [29].

5. LA SOLUCIÓN PROPUESTA POR “SACH”

De acuerdo a datos del Centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI) Argentina, la causa principal de la siniestralidad vial es el error humano (89,5%), seguido por el medio (8,8%) y muy atrás, el estado del vehículo (1,6%). Además, CESVI analizó cuáles son las fallas humanas más comunes y allí la invasión de carril ocupa el 44,2% de los casos, seguida por la distracción (14%) y la maniobra abrupta (10%). Pero también se registraron velocidades indebidas (9%), no respetar la señalización (6,9%), no respetar la prioridad de paso (6,5%), distancia de seguimiento inadecuada (5,2%), y cansancio (2,7%), entre otros. Los datos revelan asimismo que el 88,4% de las colisiones se producen sobre asfalto seco, mientras que solo el 6,1% corresponde a zonas de pavimento mojado y un 2,9% en pavimento húmedo.

Siguiendo con las colisiones se encontró que un 63% se producen en recta y tan sólo un 20% en curva. De los siniestros relevados por CESVI en el periodo enero 2004-diciembre 2016, el 51% de las colisiones se produjeron en rutas nacionales, el 25% en rutas provinciales, y el 8,2% en autopistas. Sólo el 7,6% correspondió a avenidas y el 6,9% a calles.

En cuanto al estado de las rutas se mencionan como principales fallas de la calzada: falta de señalización vertical (25,1%), ausencia de iluminación artificial (19,2%) y de señalización horizontal (17,5%), mientras que la calzada deteriorada (14,8%) y la banquina descalzada (5,6%), entre otros. Los informes elaborados por CESVI permiten discriminar por tipo de impacto donde el frontal se lleva la mayor parte: 32,2%, luego le siguen el impacto fronto-angular (20,9%), lateral (15%) y trasero por alcance (12,4%).

Asimismo, las colisiones se pueden clasificar en:

a. Colisiones Frontales: ambos vehículos colisionan con su parte delantera entre sí. Dependiendo del ángulo en el que colisionan existen tres tipos de colisiones frontales:

- **Frontal central**, en este tipo de colisión los ejes longitudinales de ambos vehículos son paralelos y se superponen.
- **Frontal excéntrica**, en este caso los ejes longitudinales son paralelos, desplazado uno con respecto al otro, o sea no coincidentes, y pueden ser excéntrico derecho o izquierdo.
- **Frontal angular**, en este caso los ejes longitudinales forman un ángulo inferior a 90° entre sí.

b. Colisiones fronto-laterales: se producen cuando un vehículo golpea a otro en su parte lateral. Dependiendo del ángulo pueden ser:

- **Perpendiculares:** un vehículo colisiona en el lateral de otro formando sus ejes un ángulo de 90° entre sí. Dependiendo de la ubicación de la colisión del vehículo con respecto al otro estos choques se denominan perpendiculares posteriores, perpendiculares centrales o perpendiculares anteriores.
- **Oblicuas:** un vehículo colisiona en el lateral de otro formando sus ejes un ángulo diferente de 90° entre sí, y dependiendo de la parte en la que colisiona un vehículo sobre el otro se denominan colisiones oblicuas posteriores, oblicuas centrales u oblicuas anteriores.

c. Colisiones reflejas: los vehículos colisionan entre sí dos o más veces sucesivamente.

d. Colisiones por alcance: se producen cuando un vehículo circula a mayor velocidad que el que le precede y golpea con su parte frontal la parte trasera del otro. Como en las colisiones frontales estas dependen del ángulo de colisión pudiendo ser angulares, excéntricas o centrales.

e. Colisiones por raspado: se dan cuando existen roces o fricciones entre los laterales de ambos vehículos. Existen dos tipos dependiendo del sentido de circulación que lleven ambos vehículos, siendo negativo cuando circulan en la misma dirección y positivo cuando circulan en sentido contrario.

En todas las situaciones donde un vehículo debe sobrepasar a otro, sobre todo en rutas de una mano por lado, se presentan problemas de falta de visión que obligan a efectuar maniobras complicadas y peligrosas. En el gráfico siguiente se podrá ver claramente las dificultades relatadas, al considerar las dimensiones estándar de los elementos más relevantes que participan en el trabajo presente. Por ejemplo:

- ancho total de las rutas (ambas manos, sin banquetas) = 7 m
- ancho de un camión = 2,5 m
- ancho de un automóvil (sin espejos) = de 1,65 m a 1,90 m (con espejos entre 20 y 35 cm más)
- distancia de la cabeza del conductor al espejo retrovisor exterior de su lado = 65 / 75 cm
- largo de un camión = 12 m (semiremolque) a 18 m (semi con acoplado)
- largo de un automóvil = hasta 5 m

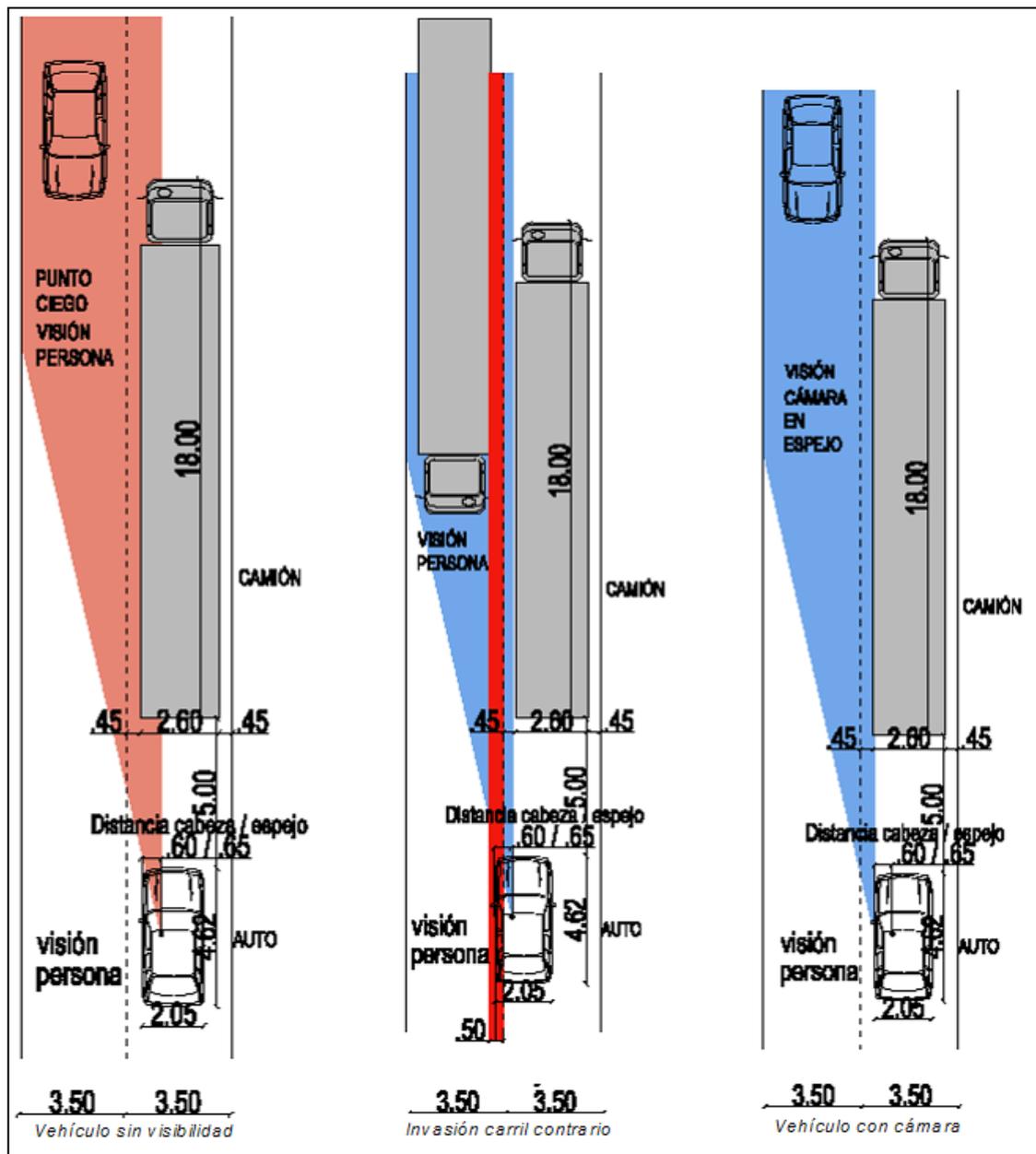


Figura 8 Problemas de visuales descriptos y la solución propuesta por "SACH".

Vehículo sin visibilidad: puede notarse claramente que el conductor dispuesto a efectuar el sobrepaso, no puede ver al vehículo que se aproxima en el otro sentido hasta que está muy próximo (ver sombreado).

Invasión carril contrario: puede verse que el conductor debe invadir la mano contraria para poder visualizar correctamente si se aproxima un vehículo en el otro sentido (sombreado azul). La franja roja muestra así que se trata de un peligro permanente de colisión. Pero además éste se acentúa cuando se trata de camiones, por el ancho y trayecto serpenteante que presentan.

Vehículo con cámara: se nota que utilizando una asistencia visual como la propuesta en el trabajo (o los otros sistemas alternativos / adicionales como se relatara anteriormente) se consigue tener un

panorama preciso de lo que sucede en la mano contraria sin necesidad de “asomarse”; evitando así realizar una maniobra complicada y riesgosa, minimizando las posibilidades de accidentes.

Es importante mencionar que un automóvil que se desplaza a 100 km/h necesitará para sobrepasar a un camión (de 18m de largo que va a 80 km/h) aproximadamente 220 m. Esto obliga a que cuando se tiene intención de hacer el sobrepaso, se necesite un mayor acercamiento al móvil que se encuentra delante, disminuyendo enormemente la visión como puede verse en el caso del vehículo sin visibilidad. Pero si se tiene un automóvil enfrente que avanza también a 100 km/h la distancia será casi el doble, aproximadamente 440 m, a fin de evitar maniobras apresuradas y el impacto frontal. Por otro lado, si ambos vehículos (el que sobrepasa y el que avanza por la otra mano) van a una velocidad mayor, como por ejemplo unos 120 km/h (cosa muy probable en rutas de la República Argentina) la distancia necesaria será aproximadamente de unos 550 m.

Es importante destacar también que las situaciones de análisis en los gráficos presentados suponen que los vehículos circulan perfectamente “centrados” en el eje de cada mano de la ruta, condición ideal que es imposible que se cumpla de modo permanente. Esto hace todavía aún más peligroso el sobrepaso en las condiciones actuales de los automotores y caminos de Argentina, resaltando aún más la necesidad de la implementación del sistema “SACH”.

6. CONCLUSIONES

El documento realiza una breve descripción de la lógica difusa e inteligencia artificial en sistemas de seguridad automotriz. Se puede apreciar que la inteligencia artificial es una disciplina prometedora en este campo, y que es necesario desarrollar tecnología que no solo se aplique a vehículos de alta gama. De hecho, en el contexto actual de Argentina es necesario avanzar en el diseño de un producto que, de una manera económica y eficiente, disminuya los choques frontales en las rutas, en particular, como así también los accidentes con vehículos motorizados en general. Este sistema estará constituido por un equipo -que podrá incluir diferentes sensores, cámaras, láser y otros implementos, más un software específico de asistencia al conductor- que además permitirá evitar accidentes urbanos, colaborando y promoviendo entonces al desarrollo de las llamadas “ciudades inteligentes”. Con lo cual el “Diseño de un Sistema de Prevención de Choques Frontales para Vehículos y Automotores “SACH”” generara un impacto por demás positivo en la comunidad toda, proponiendo disminuir drásticamente las posibilidades de muertes y accidentes en las rutas, calles y todo tipo de caminos de la República Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad Regional Tucumán (UTN) así como al Departamento de Ingeniería Mecánica de la FRT por el apoyo brindado para llevar adelante este trabajo y de este modo tener la posibilidad de disminuir los accidentes en las rutas de Argentina. Asimismo, agradecemos al Esp. Miguel Ángel Risetto por su apoyo en la elaboración de este trabajo. Finalmente, agradecemos la iniciativa de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y de su Dirección de Acción Social (DASUTEN) por sus iniciativas y proyectos relacionados con la prevención de accidentes viales.

REFERENCIAS

- [1] Zadeh, L.A., (1965) Fuzzy sets. Information and Control, vol 8, pp 338-353.
- [2] Mamdani, E. H., (1974) Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant, Academic Press: Nueva York, 1974.
- [3] Takagi, Y and Sugeno, M (1985) Fuzzy Identification of Systems and Its Application to Modeling and Control, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. 15 (1) (1985), pp. 116-132.
- [4] Altrock, C. V., (1995) Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Applications Explained, Prentice Hall: Nueva York.
- [5] Mazzae, E.N. and Riley Garrott, W Evaluation of the performance of available back over prevention Technologies for light vehicles, National highway traffic safety administration US Paper number 07-0292, pp.1-10.
- [6] Cerone, V., Milanese, M., Regruto, D. (2009). "Yaw Stability Control Design Through a Mixed-Sensitivity Approach", IEEE transactions on control systems technology, vol. 17, no. 5, pp.1096- 1104.
- [7] Hsieh, Y., Lian, F., Hsu, C. (2007). "Optimal Multi-Sensor Selection for Driver Assistance Systems under Dynamical Driving Environment", Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 696-701, Sept. 30 - Oct. 3, 2007, Seattle, WA, USA.
- [8] Verma, R., del Vecchio, D. (2011). Semiautonomous vehicle safety. A hybrid control approach. IEEE Robotics and Automation Magazine. vol.18(3), pp. 44-54.
- [9] Anaheim (2005). Adaptive Cruise Control system overview. 5th Meeting of the U.S. Software System Safety Working Group, Abr. 2005.
- [10] Endo, T., Iwazaki, K., Tanaka, Y. (2003). Development of reverse parking assist with automatic steering, in Proc. ITS Congr., Madrid, Spain.
- [11] Eidehall, A., Pohl, J., Gustafsson, F., Ekmark, J. (2007). Toward Autonomous Collision Avoidance by Steering, IEEE Transactions on ITS, vol. 8, issue 1, pp. 84-94.
- [12] Hausknecht, M., Au, T., Stone, P. (2011). International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), San Francisco.
- [13] Wu, S.J., Chang, H.H., Perng, J-W., Chen, C.J., Wu, B.F., Lee, T.T. (2008). The Heterogeneous Systems Integration Design and Implementation for Lane Keeping on a Vehicle, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 9, No. 2.
- [14] Travis, W., Daily, R., Bevely, D., Knoedler, K., Behringer, R., Hemetsberger, H., Kogler, J., Kubinger, W., Alefs, B. (2006). SciAutonics Auburn Engineering's Low-Cost High ATV for the 2005 DARPA Grand Challenge, Journal of Field Robotics, v.23(8), pp. 579-597
- [15] Broggi A., Bertozzi M., Fascioli A., et al. (1999). The ARGO Autonomous Vehicles Vision and Control Systems, International Journal of Intelligent Control and Systems, Vol. 3-4, p 409-441.
- [16] Hessburg T., Tomizuka M. (1994). Fuzzy Logic Control for Lateral Vehicle Guidance, IEEE Control Systems, vol 14-4, p. 55-63.

- [17] SAE “Automated driving,” Accesado en diciembre, 2017, en https://cdn.oemoffhighway.com/files/base/acbm/ooh/document/2016/03/automated_driving.pdf
- [18] SAE “J3016 - Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles Accesado en Diciembre, 2017 en http://standards.sae.org/j3016_201609/.
- [19] Hall, D. L., Lias, J. L., (2001) “Handbook of Multisensor data fusion”, CRC Press LLC.
- [20] Klein, L. A., (1993) “Sensor and Data Fusion Concepts and Applications”, SPIE Optical Engineering Press, Volume TT 14.
- [21] JDL (1991). Data Fusion Lexicon. Technical Panel for C3 (F.E. White, Code 4202, San Diego, CA).
- [22] Hall, D. L., Lias, J. L., (1997). An introduction to multisensor data fusion. Proceedings of the IEEE, 85(1), 6-23.
- [23] Luo, R., C. Luo, Chou,Y., Chen, O., (2007) “Multisensor Fusion and Integration: Algorithms, Applications, and Future Research Directions”, Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 1986-1991, August 5 - 8, 2007, Harbin, China.
- [24] Macci, D., Boni, A., Cecco, M., Petri, D. (2008) “Multisensor Data Fusion”, IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, Part 14, pp. 24-33, June 2008.
- [25] Tokoro, S., Moriizumi, K., Kawasaki, T., Nagao, T., Abe, K., . Fujita, K., (2004) “Sensor Fusion System for Pre-crash Safety System”, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, University of Parma, pp. 945-950, June 14-17, Parma, Italy, 2004.
- [26] S. Tokoro, K., Kuroda, T. Nagao, T. Kawasalti,, T. Yamamoto., (2003) “Pre-Crash Sensor for Pre-Crash Safety”, The 18th ESV Conference, Paper No.545-W, 2003.