Proyecciones

Volumen 16
Número 2
Octubre, 2018

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Rector
Ing. Héctor Eduardo Aiassa

Vice - Rector
Ing. Haroldo Tomás Avetta

Decano
Ing. Guillermo Oliveto

ISSN 1667-8400
(Versión impresa)

ISSN 1853-6352
(Versión en línea)

Registro de la
Propiedad
Intelectual
2018-44618951-APN-DNDA#MJ
(Versión impresa)

Registro de la
Propiedad
Intelectual
2018-44625937-APN-DNDA#MJ
(Versión en línea)

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Medrano 951, (C1179AAQ),
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Proyecciones

Volumen 16
Número 2
Octubre, 2018

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Director
Lic. Juan Miguel Languasco, Facultad Regional Buenos Aires

Comité Editorial
Lic. Gladys Esperanza, Facultad Regional Buenos Aires
Dr. Fernando Gache, Facultad Regional Buenos Aires

Consejo Editorial
Dr. Julio Cabero Almenara - Universidad de Sevilla, España
Dr. Ricardo Armentano Feijoo - Universidad Tecnológica Nacional/ Universidad Favaloro, Argentina
Dr. Daniel Bia Santana - Universidad de la República, Uruguay
Dra. Zulma Cataldi - Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Dra. María Cristina Donnamaría - Universidad Nacional de La Plata - CONICET, Argentina
Dr. Miguel Ángel Laborde, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Argentina
Dr. Walter Edgardo Legnani - Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Dr. Mario Gerardo Piattini Velthuis - Universidad de Castilla - La Mancha, España
Dr. Eduardo Jaime Quel - Universidad Tecnológica Nacional - CITEDEF, Argentina
Dra. Cecilia Verónica Sanz - Universidad Nacional de La Plata, Argentina
Dr. Saverio Roberto Strangis - Cyclotope, Houston, Texas, Estados Unidos
Dra. Lurdes Marlene Seide Froemming - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Río Grande do Sul, Brasil
M.Sc. Ignacio Vélez Pareja - Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

Diseño y Diagramación
Marcela Laura Ferritto, Facultad Regional Buenos Aires

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Proyecciones

Proyecciones es una publicación semestral, de libre acceso, destinada a la difusión de trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, de su enseñanza y de las ciencias conexas. Asimismo se publican trabajos originados en las tesis desarrolladas en el ámbito de las carreras de posgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires. Eventualmente son aceptadas también obras de revisión en temas específicos.

Todos los trabajos recibidos son objeto de revisión por parte de evaluadores externos, árbitros, y del Comité Editorial, según la metodología descripta en las Instrucciones para la Presentación de Artículos.

Esta publicación cuenta también con una versión en línea, de libre acceso, a la cual se puede acceder ingresando en el sitio http://www.frba.utn.edu.ar/proyecciones.

La información contenida en los artículos, así como las opiniones y los juicios vertidos, reflejan la creación y el pensamiento de los autores y no constituyen toma de posición o expresión por parte del Comité Editorial o de la Facultad Regional Buenos Aires.

Se permite la reproducción total o parcial de los artículos publicados en Proyecciones, con expresa mención de la fuente y autorización de la Dirección.

Proyecciones is a half - yearly, free-access journal aimed to publish original research papers in the field of engineering, in all its branches, its teaching and related sciences. Furthermore, theses originated from graduate degree programs of the Facultad Regional Buenos Aires - Universidad Tecnológica Nacional (National Technological University - Buenos Aires Campus) are published as well.

All papers received are submitted to external reviewers and to the Editorial Committee to be approved, modified or rejected.

This publication also has a free-access online version available from: www.frba.utn.edu.ar/proyecciones.

INDICE

9 **Editorial**

11 **Presentación**

13 **Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja.**
Parte 3: Fase experimental
Juan Rukavina Mikusic, María Cristina Di Stefano, Carlos Ferrari, Felipe Diniello, César Espinoza

33 **La incidencia del tipo de cambio en el crecimiento de una economía. Una referencia para prever ciclos económicos y tomar decisiones de inversión. El caso Argentina.**
Carlos Emilio Martínez, Alfredo Russo, Juan Ledesma

45 **Diseño de un circuito integrado digital para un portador de información RFID pasivo**
Ramiro Tomás González del Cerro, Francisco Badenas, Yao Ming Kuo, Sebastián Verrastro y Jorge Rodríguez Mallo

61 **Ensayo de turbina a gas kingtech k-100 con biodiesel**
Nicolás Lipchak, Franco Aiducic, Santiago Baieli, Gastón Bustamante y Ayelén Zanitti

73 **Preparación y caracterización de un polímero conductor: polianilina (PANI)**
César Espinoza, Juan Carlos Aphesteguy, Juan Rukavina Mikusic, María Cristina Di Stefano, Nicole Moschcovich

87 **La física detrás de la evacuación de personas**
Guillermo A. Frank, Claudio O. Dorso

99 **Aplicación de recubrimiento anticorrosivo de Sic sobre aleación de Mg AZ31 mediante la técnica de plasma**
Paula Torós , Carlos Lasorsa , María Cristina Di Stefano y Ulises E. Gilabert

113 **Indice acumulado**

Editorial

En el año en que conmemoramos el 100º aniversario de la Reforma Universitaria y trabajando desde la universidad pública, gratuita y cogobernada, me gustaría comenzar esta comunicación invitándolos a renovar el compromiso con aquellos ideales que nos obligan a ser cada vez mejores, aportando desde nuestra comunidad tecnológica al progreso educativo, social y económico de nuestro país.

Si bien estamos en un momento en que las restricciones presupuestarias son grandes, la Facultad se fijó como meta no modificar sus políticas de desarrollo prioritarias. Desde ya que eso significa un gran esfuerzo, pero estamos convencidos de que sólo así se puede continuar con los desafíos que nos permitan consolidar lo que nos propusimos cuando arrancamos esta gestión.

En ese marco, quiero destacar algunas actividades que ponen de manifiesto el compromiso de toda la comunidad educativa de la UTN.BA para seguir avanzando aún en tiempos difíciles.

En el campo del desarrollo de la investigación en la UTN.BA, y teniendo que enfrentar este año una reducción del 10% del financiamiento UTN para estas actividades, en la Convocatoria PID 2018 la Facultad presentó 39 proyectos de investigación, lo cual significa un 35% del total de proyectos activos radicados en la UTN.BA. Tal vez valga complementar esta información aclarando que el 15% del total de proyectos de investigación de toda la UTN corresponden a esta Facultad, siendo la UTN.BA la Regional con más PID UTN activos.

Por supuesto que el sostenido crecimiento de proyectos de investigación no sería posible sin el trabajo y compromiso de nuestros investigadores, quienes se sumaron activamente a esta política de desarrollo y que, además, son quienes no sólo investigan sino que también forman a nuestros estudiantes y graduados.

En esa línea, otro tema que deseo mencionar se refiere a la “Convocatoria de Becas Doctorales y Posdoctorales UTN (para fortalecimiento de las áreas de I+D+i)”. La cantidad de becas a otorgar para toda la Universidad será de veinte y comenzarán en el ciclo lectivo 2019. Imaginando la calidad de los candidatos que las facultades presentarán, me siento orgulloso de informar que la UTN.BA presentó diez postulaciones: nueve candidatos a becas doctorales y un postulante a beca posdoctoral, avaladas en su totalidad por nuestro Consejo Directivo durante su última reunión. Se trata de postulantes que son graduados de la UTN.BA, que realizarán los Doctorados que dicta la Facultad y que siguen eligiendo la formación que les brinda la Regional Buenos Aires.

Más que nunca la universidad cobra un protagonismo del que la UTN.BA puede dar cuenta a través de su sostenido aporte al sistema educativo y al desarrollo científico y tecnológico, Los saludo y los invito a renovar día a día el compromiso de continuar transitando juntos ese camino.

ING. GUILLERMO OLIVETO
Decano

Presentación

Es un gusto estar en contacto nuevamente con ustedes, cerrando el decimosexto año ininterrumpido de comunicación. Desde ya que no son pocos los esfuerzos que se deben encarar para sostener la rigurosidad de una publicación científica, y por eso agradezco a la comunidad científica por elegir a *Proyecciones* para comunicar sus avances y, por supuesto, al Comité Editorial, ya que sin su trabajo y compromiso permanente sería muy difícil sostener el estándar de calidad de nuestra Revista.

El presente número comienza con un trabajo que es continuación de una serie de aportes presentados en nuestra publicación sobre el proceso de soldadura de polímeros termoplásticos. El artículo se denomina *Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja*. *Parte 3: Fase experimental.* Son sus autores J. Rukavina Mikusic, M. C. Di Stefano, C. Ferrari, F. Diniello y C. Espinoza. Se trata de una colaboración entre la Extensión Áulica Bariloche de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), el Centro de Tecnologías Químicas (CTQ) del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad Regional Buenos Aires de la UTN (UTN.BA) y el Departamento de Ingeniería Electrónica de la UTN.BA. En el trabajo se estudiaron los procesos de inserción de mallas calefactoras de cobre, siendo los polímeros usados polipropileno macizo (PPM) y polipropileno sintáctico (PPS). Los mismos fueron soldados en las tres posibilidades: PPM-PPM, PPM-PPS y PPS-PPS. Luego se establecieron las curvas de temperatura-tiempo, desplazamiento-tiempo y ensayos de tracción y flexión para las distintas muestras.

La propuesta de Carlos Emilio Martínez, Alfredo Russo y Juan Ledesma se adentra en el análisis de la correlación entre el Producto Bruto Interno (PBI) y la Economía de la Argentina (EA) entre 1991 y 2016. El trabajo titulado *La incidencia del tipo de cambio en el crecimiento de una economía. Una referencia para prever ciclos económicos y tomar decisiones de inversión. El caso Argentina* intenta demostrar que en el caso particular la EA, la correlación entre el Tipo de Cambio (TC) y el PBI es determinante para el crecimiento de la economía. Se trata de verificar si técnicamente una depreciación o apreciación de la moneda nacional en el caso particular de la República Argentina, tiene impacto directo sobre el PBI, es decir, en la expansión o contracción de la economía. Si bien los autores consideran que las variaciones del TC no son la única variable determinante en los movimientos de una economía, éstas pueden dar una referencia de los posibles ciclos económicos, ya que en el presente estudio se revela que el nivel de correlación entre el PBI y el TC de casi 0,70, salvo en períodos como en el 2002.

El Departamento de Ingeniería Electrónica, en conjunto con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), presentan un trabajo de investigación por medio del cual desarrollan un circuito integrado que permite la comunicación entre un lector y un tag RFID. El objetivo del desarrollo fue lograr que un chip pueda cubrir las funciones de decodificación, procesamiento y codificación que satisfagan el protocolo de anticolisión. El resultado obtenido permitió corroborar que el comportamiento del dispositivo cumplió con las expectativas propuestas por sus diseñadores. El articulo se llama *Diseño de un circuito integrado digital para un portador de información RFID pasivo*, siendo sus autores Ramiro Tomás González del Cerro, Francisco Badenas, Yao Ming Kuo, Sebastián Verrastro y Jorge Rodríguez Mallo.

Los autores del siguiente trabajo de investigación, integrantes de los Departamentos de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica de la UTN.BA han desarrollado una serie de ensayos para obtener datos reales de los parámetros de trabajo de una turbina a gas KingTech K-100 al alimentarla con diferentes mezclas: la primera prueba se realizó con una composición del 50% de biodisel y 50% de diesel. La segunda con una mezcla de 90% diesel y 10 % de biodiesel. El resultado obtenido revela que los parámetros recabados son muy similares, aunque la temperatura de los gases de escape aumenta al incrementar el contenido de biodiesel. El trabajo se titula *Ensayo de Turbina a Gas Kingtech K-100 con Biodiesel*. Sus autores son Nicolás Lipchak, Franco Aiducic, Santiago Baieli, Gastón Bustamante, Gonzalo Raffa, Ayelén Zanitti y Carlos Arceri. Su contenido forma parte del PID titulado "Simulación de Turbinas de gas con bioetanol en la Central Térmica Manuel Belgrano", en ejecución en el ámbito de la UTN.BA.

El artículo subsiguiente se titula *Preparación y caracterización de un polímero conductor: Polianilina (PANI)*, y son sus autores C. Espinoza, J. C. Aphesteguy, J. Rukavina Mikusic, M. C. Di Stefano y N. Moschcovic. En este trabajo se determinaron los distintos reactivos, dopantes y condiciones para la preparación del polímero en sus formas ácidas (2) y básica. Luego se caracterizaron esos sólidos por difractometría de Rayos X y por microscopía electrónica de barrido (SEM). Asimismo, se estudió el comportamiento de la resistividad eléctrica (o su inversa, la conductividad) de los mencionados materiales a distintas temperaturas, en un amplio rango de ésta. Finalmente se proponen mecanismos de conducción unidimensional para una de las muestras y tridimensional para otras dos con dopantes orgánicos. Se trata de un desarrollo de investigadores pertenecientes al Centro de Tecnologías Químicas (CTQ) del Departamento de Ingeniería Química de la UTN.BA. Su contenido forma parte del PID titulado "Preparación y caracterización de polímeros conductores sensibles a la temperatura", en ejecución en el ámbito de la UTN.BA.

El artículo titulado *La física detrás de la evacuación de personas*, tiene por autores a Guillermo A. Frank y Claudio O. Dorso. Ellos plantean un modelo denominado de "fuerza social" que logra identificar algunos de los fenómenos e interacciones que influyen sobre el comportamiento de los individuos involucrados en un evento multitudinario. En esos casos, la presencia de obstáculos físicos y aún de vínculos afectivos afectan significativamente los patrones de conducta individuales. En el artículo se explican tres tipos de efectos.

Por último, se presenta un trabajo realizado en forma conjunta por investigadores pertenecientes al Servicio Geológico Minero (SEGEMAR), a la Facultad Regional Haedo de la UTN y al Centro de Tecnologías Químicas (CTQ) del Departamento de Ingeniería Química de la UTN.BA. En el mismo se estudia el aumento de la resistencia a la corrosión de la aleación de Mg AZ31 usada en prótesis óseas, logrado por su recubrimiento con SiC aplicado por plasma, mediante la técnica conocida como PECVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*). Dicho incremento fue caracterizado por métodos electroquímicos, determinándose también el tiempo de operación óptimo. Este artículo se denomina *Aplicación de recubrimiento anticorrosivo de SiC sobre aleación de Mg AZ31 mediante la técnica de plasma* y sus autores son P. Torós, C. Lasorsa, M. C. Di Stefano y U. E. Gilabert.

Así, con la confianza de que este nuevo número de *Proyecciones* siga sumando su aporte al incremento del conocimiento y despierte el interés de sus lectores, los saludo hasta la próxima entrega.

LIC. PATRICIA CIBEIRA
Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja. Parte 3: Fase experimental

Juan Rukavina Mikusic[1], María Cristina Di Stefano[1], Carlos Ferrari[2], Felipe Diniello[3], César Espinoza[1]

[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química, Centro de Tecnologías Químicas (CTQ), Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
[2] Universidad Tecnológica Nacional, Unidad Académica Bariloche, Fanny T. de Newbery 111, Bariloche, Río Negro, Argentina
[3] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Electrónica, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

juanrukavina@gmail.com

Recibido el 21 de mayo de 2018, aprobado el 6 de julio de 2018

Resumen

La determinación de una ventana de trabajo representativa de un correcto proceso de soldadura de polímeros termoplásticos a partir del seguimiento y control de la mera modificación de los valores relacionados a cada variable interviniente, implica un trabajo arduo, harto difícil y costoso. Soldar materiales con distintas propiedades – con o sin fase dispersa por ejemplo – complica aún más los caminos a seguir. Debido a ello se han analizado en las entregas anteriores la ocurrencia de los distintos fenómenos físicos –contacto íntimo, expansión térmica, flujo transversal de resina en la interfaz de soldadura y contracción volumétrica – intervinientes en cada una de las etapas del proceso. En este trabajo se establece el camino hacia la determinación de una ventana de trabajo fiable, basado en una certera fundamentación teórica a partir de la relación vinculante entre los fenómenos descriptos y las respuestas de las interfaces de soldadura sometidas a distintas solicitaciones mecánicas.

PALABRAS CLAVE: TERMOPLASTICOS - INSERCION - SOLDADURA - CURVAS DESPLAZAMIENTO - RESISTENCIA TRACCION

Abstract

The determination of a working window representative of a correct process of welding of thermoplastic polymers from the monitoring and control of the mere modification of the values related to each intervening variable, implies an arduous, very difficult and expensive work. Welding materials with different properties - with or without dispersed phase for example - further complicates the paths to follow. Due to this, the occurrence of the different physical phenomena - intimate contact, thermal expansion, transverse flow of resin in the welding interface and volumetric contraction - intervening in each of the stages of the process have been analyzed in the previous deliveries. This work establishes the way towards the determination of a reliable work window, based on an accurate theoretical foundation depending on the binding relationship between the phenomena described and the responses of the welding interfaces subjected to different mechanical stresses.

KEYWORDS: THERMOPLASTICS - INSERTION - WELDING - DISPLACEMENT CURVES - TENSILE STRENGTH

Introducción

La soldadura por resistencia resulta ser un proceso asociado a múltiples variables; la mayoría de ellas interdependientes y a su vez partícipes de un transitorio. Con lo cual la búsqueda de indicadores óptimos, como una secuencia de ensayos consecutivos y modificatorios de forma univariable, da por resultado un cúmulo de valores que no llegan a poder ser interpretados como representativos del sistema en estudio. Debido a ello los trabajos iniciales de experimentación condujeron en forma indubitable a la necesidad de encontrar fundamentos teóricos que pudiesen validar la ocurrencia de los mismos, principalmente en la comprensión de la influencia que los distintos parámetros ejercen sobre el propio proceso de soldadura. Luego y como se ha visto en las dos entregas anteriores (Rukavina *et al*. 2016, 2017) la temperatura y el grado de consolidación se reconocieron como aquellos factores que definen la calidad de las mismas y se ha logrado demostrar que dependen unívocamente de las variables intervinientes: la entrada de energía, la presión y el tiempo de calentamiento.

Se ha considerado a la malla calefactora no sólo como la responsable de la generación de calor y elemento sensor de la temperatura durante el proceso, sino como un componente de la interfaz de soldadura y definitorio de la calidad de las uniones soldadas. El diámetro de los alambres y el área abierta mostraron ser sus parámetros más importantes.

Particular importancia se le asignó a las características de los materiales componentes de las interfaces de soldadura; fundamentalmente la relación en volumen de la fase dispersa con respecto a la matriz (en el caso de los materiales sintácticos), el efecto del tamaño de las partículas como también los aspectos relativos a la adhesión entre ambas fases.

Determinados defectos – básicamente la generación de vacíos –y el flujo transversal de polímero dan cuenta de una modificación en el espesor de soldadura y por ende en la curva de desplazamiento vs tiempo. Superior al deseado o lógico en el caso de vacíos y caída repentina en presencia de flujo.

Todos estos mecanismos han sido tema de estudio dando posibilidad concreta a la obtención de relaciones teóricas tal que pudieran ser avaladas por sus correspondientes respuestas a obtener a partir de los ensayos mecánicos y observaciones de las interfaces de rotura.

Surgen así los datos de la curva de desplazamiento en el tiempo, los que aunados a los valores de temperatura, densidad de potencia y presión, permitieron efectuar la determinación de la ventana de trabajo para cada uno de los distintos materiales conformantes de la interfaz de soldadura.

Consideraciones fundamentales del modelo

Se ha desarrollado y validado un modelo referido a la soldadura por resistencias de polímeros termoplásticos a partir de los siguientes parámetros distintivos:

a- Malla calefactora

Desde el punto de vista del estado del arte, a partir de los trabajos de Sierksma, D. (2002) se ha observado que luego de la soldadura las superficies expuestas a la fractura mostraban una notable falta de homogeneidad en los procesos de calentamiento efectuados con mallas metálicas según alguna de sus direcciones. Fundamentalmente las temperaturas alcanzadas en la zona central de la malla eran superiores a las que se alcanzaban en sus extremos. En contrapartida, si la superficie total de los alambres constitutivos de las mallas resistivas estuviese recubierta (aislada), la homogeneidad que pudiera conseguirse a partir de la inexistencia de puntos de contacto (cortos) llevaría a una capacidad de circulación "ideal". Es decir, para el área total de la malla resistiva, resulta factible inducir la utilización de ambos sentidos de circulación (en serie) posibilitando una completa homogeneidad en la distribución de la temperatura. Por ello se adopta la utilización de una malla en serie.

b- Medición de la temperatura

La cuestión central que singulariza el diseño se establece a partir de que la malla cumpla la doble función de elemento calefactor y sensor de temperatura.

c- Cálculo de la constante del material para la relación Resistencia vs. Temperatura

Para el cobre esta relación resulta por bibliografía R (T) = R (0) x (1 + 0,0039 T)

Donde: R (T):
Resistencia en Ohm a la temperatura T (°C)
R (0): Resistencia en Ohm a 0°C
0,0039: Constante del material

Se obtuvo para el sistema el nuevo valor de la constante, Rukavina *et al*. (2017)

Luego: R (T) = R (0) x (1 + 0,0042 T)

d- Utilización de la curva de desplazamiento vs tiempo

Idealmente la curva de desplazamiento (íntimo contacto, expansión y contracción volumétrica, y flujo transversal de polímero) se utilizó para la determinación final de los parámetros definitorios de la ventana de trabajo a partir de los modelos temporales de generación y transferencia de calor durante la soldadura. Conociendo la temperatura de trabajo y las presiones asociadas a las características de los materiales a soldar resulta necesario establecer los límites a los tiempos de proceso en su vinculación directa con la densidad de potencia de entrada. En otras palabras hay un solo tiempo para el cual tanto la formación de vacíos como el flujo transversal de polímero serán inexistentes. Y esto ocurre cuando cambia de signo el valor de la pendiente de la curva de desplazamiento en función del tiempo.

e- Inserción

Las mallas metálicas utilizadas como agentes de calentamiento en la interfaz de fusión y soldadura de los materiales termoplásticos deben insertarse en la matriz polimérica a efectos de obtener valores homogéneos de temperatura en toda la superficie sometida a proceso. El efecto convectivo de la malla al aire resulta sumamente perjudicial desde el punto de vista de la homogeneidad térmica. A fin de evitar esta problemática se propone como principio de solución efectuar la inserción de las mallas en el polímero previamente a la etapa de soldadura.

Materiales y equipamiento desarrollado a escala laboratorio
a- Materiales utilizados

a1. Polipropileno macizo (PPM) grado comercial de acuerdo a las siguientes características.

Densidad	0,91 g/cm^3
Resistencia a la tracción	300 kg/cm^2
Temperatura de fusión	164 °C
Conductividad térmica	0,22 W/m°K

a2. Polipropileno sintáctico (PPS) con relleno de micro esferas huecas de vidrio (3M Glass bubbles S38XHS)

b- Probetas

Se utilizaron probetas de los materiales especificados con interfaces PPM/PPM – PPM/PPS – PPS/PPS y dimensiones estandarizadas de 40 x 40 x 40 mm (Figura 5)

c- Mallas calefactoras

Fabricadas con hilos de cobre recubiertos con una primera capa de poliéster imida y una exterior de poliamida imida. El diámetro de los alambres es de 0,35 mm, la abertura de 1,85 mm y el espesor de 0,7mm. Se trata de una malla de tamaño de área abierta intermedio. Desde un punto de vista netamente teórico debe proporcionar una distribución de temperaturas suficientemente homogénea en la interfaz no obstaculizando la difusión de las cadenas poliméricas cumpliendo con las exigencias termo-mecánicas impuestas por el proceso (Rukavina *et al*., 2016).
Superficie a soldar 16 cm^2.

d- Teje mallas

Tal como se visualiza en Figura 1 se diseñan y elaboran los teje mallas para poder fabricar las resistencias calefactoras.

e- Prensa neumática

Se ha desarrollado un equipo neumático para poder aplicar la presión de consolidación durante el proceso de soldadura. Una vez fijado su valor se mantiene constante durante toda la operatoria de calentamiento, mantenimiento de temperatura y enfriamiento. Se ha equipado con una regla magnética analógica con su res-

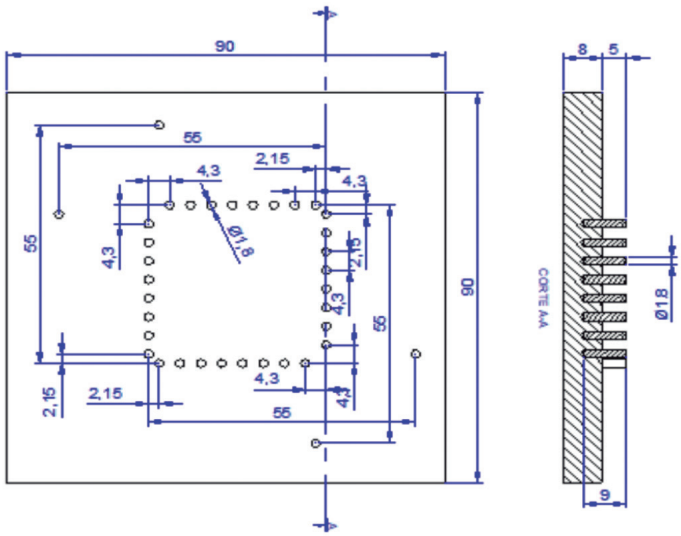


Fig. 1. Vista de teje - mallas desarrollado

Fig. 2. Vista equipo electrónico desarrollado

pectivo sensor para poder graficar en el equipo electrónico de control los efectos de contracción y expansión térmica del material (Figura 4).

f- Equipo electrónico

De desarrollo propio que vincula los siguientes elementos y variables, Figura 2.

Malla calefactora metálica: Eléctricamente caracterizada por su resistencia eléctrica y la variación de ésta con la temperatura.

Temperatura: Obtenida a través de un circuito electrónico dedicado, capaz de obtener el valor resistivo instantáneo de la malla calefactora y convertirlo en una señal analógica capaz de ser interpretada por el sistema de control.

Potencia: Circuito electrónico dedicado capaz de conectar, desconectar y modular la corriente de calentamiento de acuerdo a los requerimientos del sistema de control.

Control: Conjunto de dispositivos industriales de control (PLC + Pantalla gráfica + Fuente de alimentación), programado para ejecutar el control de corriente en la malla y la temperatura instantánea.

En el sistema propuesto y utilizado, se han aprovechado dos características intrínsecas de los metales, la posibilidad de aumentar su temperatura al circular una corriente y el incremento de la conductividad con la temperatura.

g- Limpieza de las superficies a soldar

Previo al proceso de inserción de las mallas en una de las caras de la interfaz de soldadura se efectúa una limpieza con acetona y secado a temperatura ambiente

Procedimiento experimental

La fase experimental incluye los siguientes procesos:

- Inserción de la malla en una de las caras de la interfaz a soldar

- Soldadura propiamente dicha

a- Inserción de la malla en una de las caras de la interfaz de soldadura

Tal como se ha visto en Rukavina *et al*. (2017), cuando una malla metálica es intercalada en una interfaz polimérica semicristalina, el comportamiento de la resistencia con la temperatura y en el tiempo difiere entre el primer ciclo de calentamiento y los restantes. Este fenómeno ocurre debido a los cambiantes escenarios de transferencia de calor que se suceden alrededor de la malla. Durante el primer ciclo del proceso los alambres se encuentran en pleno contacto con el aire. A la temperatura de soldadura, es decir en ciclos posteriores al primero, el flujo de resina conformante del espesor interfacial habrá podido expulsar todo el aire circundante permitiendo el embebido de la malla.

Por otro lado la unión por fusión de termoplásticos semicristalinos se viene estudiando con especial interés en procesos no isotérmicos en los que los dos adherentes a soldar son calentados a dos temperaturas diferentes antes de ser ensamblados. Para estos casos, una cara es fundida mientras que la otra es calentada pero manteniéndola en la fase sólida. En una primera aproximación, la temperatura entre caras es tomada como un valor medio entre los valores de las temperaturas mayores y menores. La adhesión resultó ser más rápida y eficiente cuando se usaban condiciones no isotérmicas en lugar de que ambos componentes fueran mantenidos a la misma temperatura. En el esquema pueden observarse las diferencias entre procesos isotérmicos y no isotérmicos. Se puede inferir que un gradiente de temperatura a través de la interfaz mejora considerablemente la resistencia de la soldadura, ya que la fusión se extiende dentro de la placa superior. En el enfriamiento posterior, la morfología de la parte inferior (placa inicialmente fundida) se altera debido a que crecen estructuras laminares continuas a través de la interfaz. La mayor fuerza que hay que aplicar para la rotura de dichas interfaces se puede atribuir por lo tanto a una buena humectación interfacial por un lado, y por una transferencia eficiente del estrés a través de las laminillas de cristal cambiando la naturaleza de la fractura de adhesiva a cohesiva.

La problemática explicada resulta ser de ocurrencia generalizada sea cual fuese el material utilizado (macizo o sintáctico).

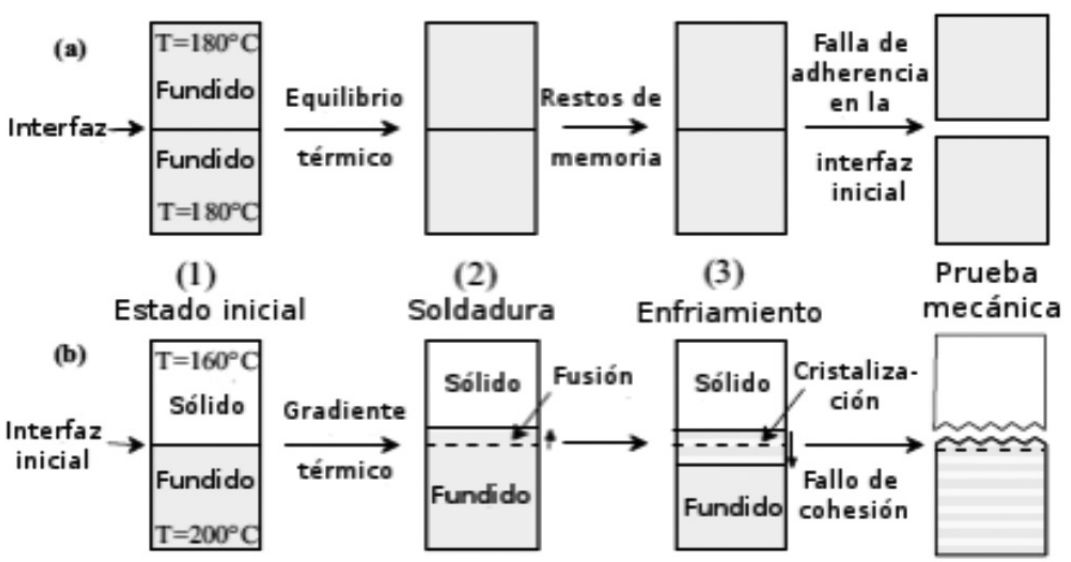


Fig. 3. Diferencias entre procesos isotérmicos y no isotérmicos

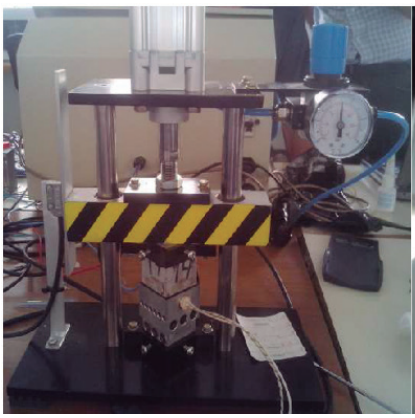


Fig.4. Prensa neumática

Fig.5. Inserción

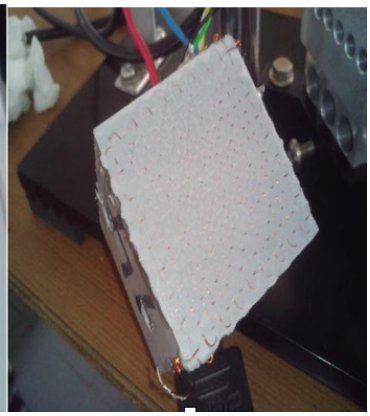


Fig.6. Malla embebida

Para solucionar este inconveniente se propone efectuar la inserción de la malla (Figura 5) en una de las caras de la interfaz previamente a la soldadura. Luego esta etapa se convierte en condicionante del proceso global dado que define el comportamiento térmico posterior y los resultados asociados a las solicitaciones mecánicas.

Ahora bien en el calentamiento para la inserción a su vez se verifica la imposibilidad de que la malla pudiera insertarse en todo su espesor dentro de la interfaz de las probetas de ensayo en una sola fase resultando necesario subdividir el procedimiento de inserción en tres etapas:

- la primera donde se eleva la temperatura de la interfaz de apoyo hasta los 80 °C aproximadamente impidiendo que en la etapa posterior un porcentaje importante de la energía a entregar por la malla al sistema no sea consumida en el calefaccionado de implemento insertor de apoyo.

- la segunda consistente en elevar la temperatura hasta un valor inferior en un 10% al de la temperatura de inserción y desconectar la energía, dejando enfriar la probeta de ensayo con un elevado nivel de desplazamiento negativo graficado en la pantalla del equipo.

- una tercera etapa donde el calentamiento llega hasta temperatura de inserción. Este se corresponde con los segundos calentamientos determinados en la fase teórica exploratoria.

b- Soldadura propiamente dicha

A partir de una malla completamente embebida (Figura 6) en la matriz polimérica se puede proceder a la soldadura con un único mecanismo controlante de transferencia de calor. El efecto convectivo originado en la interfaz malla – aire se ha desacoplado del sistema como problema luego del proceso de inserción.

Optimización del proceso

La necesidad de obtener una caracterización válida del proceso para una extrapolación posterior hacia su escalabilidad productiva ha inducido a desarrollar un modelo físico experimental eficiente y capaz de predecir el comportamiento a escala final a través de la aplicación de su correspondiente ventana de trabajo.

El desarrollo del modelo físico se ha intentado nutrir de alguna manera a partir de una determinación individual para cada componente conformando una sucesión de bloques desacoplados basada en una estrategia de simulación. Mediante el posterior acoplamiento de cada uno de los bloques, se logra construir el modelo físico global representando los parámetros de entrada generales, las correlaciones empíricas, las propiedades termo-físicas y los parámetros de salida tendiente a conseguir que el mismo pueda asociarse a un manejo libre de dificultades. El rango de validación surge del análisis de datos experimentales que ha permitido desarrollar un proceso de soldadura por resistencia a escala laboratorio – piloto y escalado a geometría de revolución real de laminados de polipropileno. Macizo y sintáctico en todas sus combinaciones posibles: PPM-PPM, PPM-PPS y PPS-PPS para laboratorio – piloto y PPM – PPM para escala real.

Los niveles de resistencia a tracción constatados en la fase experimental de ensayos mecánicos han alcanzado valores equivalentes a un 82,58% de los correspondientes a las uniones por fusión de los mismos materiales sin la presencia de agentes de calentamiento (31,75 MPa). Se han podido corroborar asimismo nulos niveles de porosidad y altos grados de homogeneidad en las interfaces.

Análisis de los ciclos de inserción y soldadura
La visión completa de los procesos de inserción y soldadura se establecen a partir de las tablas y gráficos siguientes.

Valores optimizados de los ensayos a tracción

Se han efectuado sucesivas series de ensayos hasta lograr la optimización tanto de los parámetros como de los valores de carga a rotura en tracción. Se seleccionan a modo ilustrativo los que dan lugar a las medias indicativas para cada material o combinación de materiales ensayados.

a- Material PPS / PPS

En principio se trata de un material altamente aislante con lo cual no resulta inadecuado pensar más en términos de energía que de potencia.

El calentamiento y mantenimiento a Temperatura de soldadura deben ser efectuados en el doble de tiempo que en el caso del PPM, aun llegando a temperaturas inferiores tanto en la inserción como en la soldadura. La experiencia ha confirmado estas afirmaciones. Por otro lado temperaturas superiores a los 200 ºC en la soldadura (y más aún si la presión es elevada) llevan a una "soldadura seca" debido al flujo transversal de polímero en la interfaz.
a1 - Etapa de inserción: Valores finales a considerar (Figuras 7 y 8):

. Presión de consolidación: 6,125 kg / cm^2
. Temperatura de malla seteada: 182 ºC
. Calentamiento por resistencias sin potencia eléctrica: hasta 75º C
. Calentamiento con potencia eléctrica y resistencias: desde 75º C hasta 168º C
. Intensidad: 8 A
. Enfriamiento hasta 110º C
. Calentamiento con Potencia y resistencias: desde 110ºC hasta 180º C
. Intensidad: 6,5 A
. Mantenimiento con control de T de malla hasta permanencia de desplazamiento y cambio de pendiente

Si incorporamos la tabla de avance del proceso de inserción (Tabla 1) nos indica un mantenimiento a temperatura de control y cambio de pendiente. Se corta la potencia de entrada para evitar desplazamiento lateral de polímero.
En tiempo = 180 segundos y a Temperatura

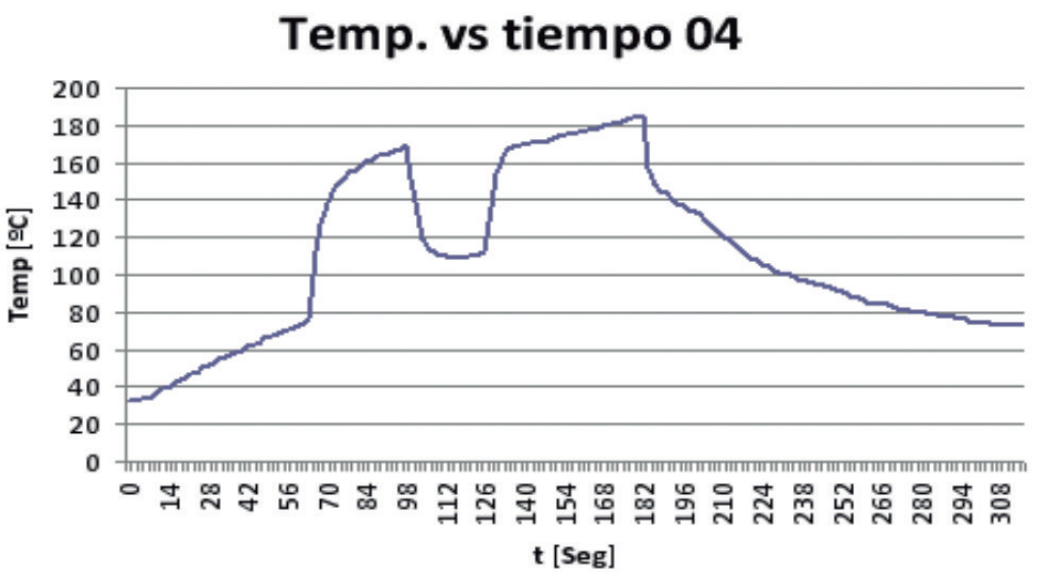


Fig.7. Inserción PPS /PPS curva Temperatura vs. Tiempo

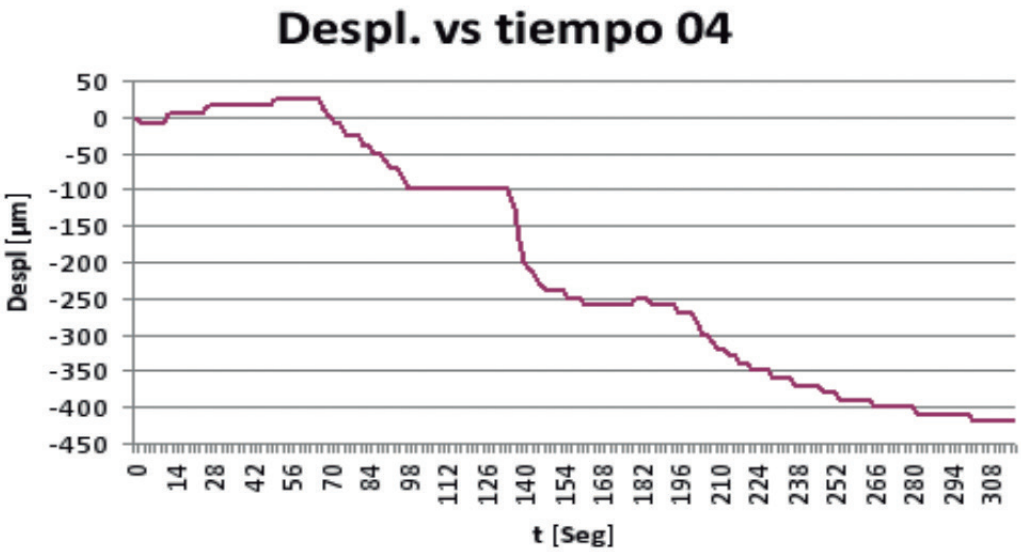


Fig.8. Inserción PPS /PPS curva Desplazamiento vs. Tiempo

Tabla 1. Valores de Temperatura / Desplazamiento en el tiempo para Inserción

Tiempo (segundos)	Temperatura (ºC)	Desplazamiento (micrones)
0	37	0
…	…	…
158	176	-250
160	176,3	-250
162	177,3	-260
164	177,6	-260
166	179	-260
168	179,6	-260
170	180,6	-260
172	181,3	-260
174	181,6	-260
176	182,6	-260
178	184	-260
180	184	-250
182	185,6	-250
184	157	-250
186	148	-260

= 184 °C cambia la pendiente de la curva de Desplazamiento: -260 micrones pasa a -250 micrones, con lo cual automáticamente el sensor de desplazamiento detecta esta situación y permite efectuar el corte de la potencia dando por finalizado el proceso. Se corresponde físicamente con el inicio de la etapa de flujo transversal de polímero en la interfaz de soldadura.

Esta condición se repite en todas las siguientes tablas donde se consigna el tiempo y la temperatura a los cuales se constata la ocurrencia de este acontecimiento fundamental en cuanto a la finalización del procedimiento en curso.
a2- Etapa de soldadura: Valores finales a considerar (Figura 9 y Figura 10)

. Presión de consolidación: 6,25 Kg / cm^2
. Temperatura de malla seteada: 192 ºC
. Intensidad: 7,5 A
. Cuando la T de malla llega a 190 ºC mantener hasta que se modifica la pendiente de desplazamiento

Si anexamos la tabla de avance del proceso (Tabla 2) se verifica que los valores de desplazamiento se mantienen constantes a temperatura de proceso (controlada) y se corta la potencia con el cambio de pendiente.
. Como se verifica en el gráfico la carga máxima

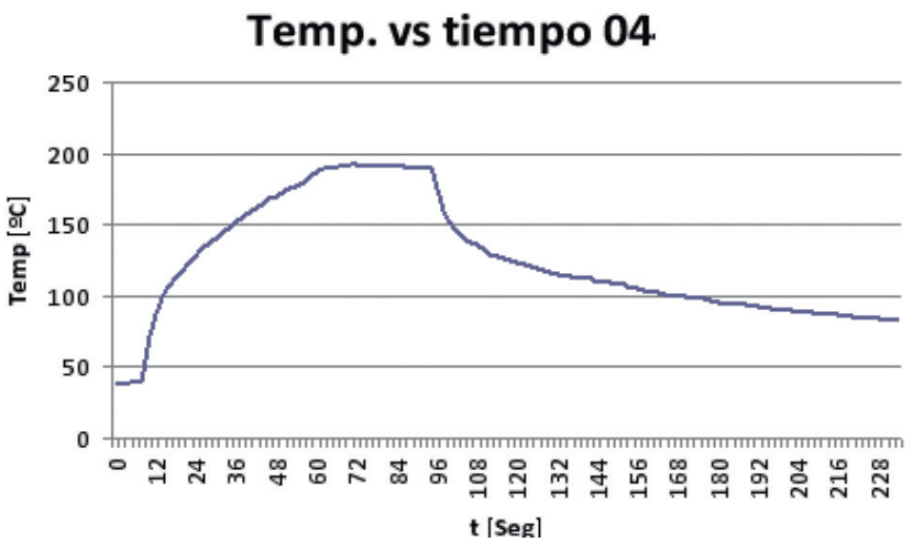


Fig.9. Soldadura PPS / PPS curva Temperatura vs. Tiempo

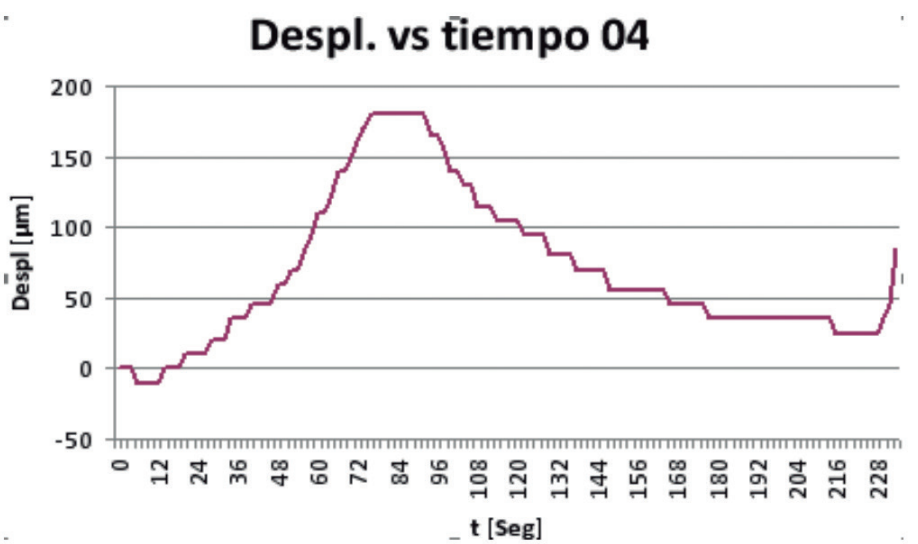


Fig.10. Soldadura PPS / PPS curva Desplazamiento vs.Tiempo

Tabla 2. Valores de Temperatura / Desplazamiento en el tiempo para Soldadura

Tiempo (segundos)	Temperatura (ºC)	Desplazamiento (microns)
0	40	0
...	...	...
72	191,9	160
74	191,3	170
76	191,3	180
78	190,6	180
80	190,9	180
82	191,3	180
84	190,9	180
86	190,6	180
88	190,3	180
90	189,9	180
92	190,3	180
94	190,6	165
96	176	165
98	159,7	155

Efectuado el ensayo de tracción se obtienen los resultados mostrados en la Figura 11.

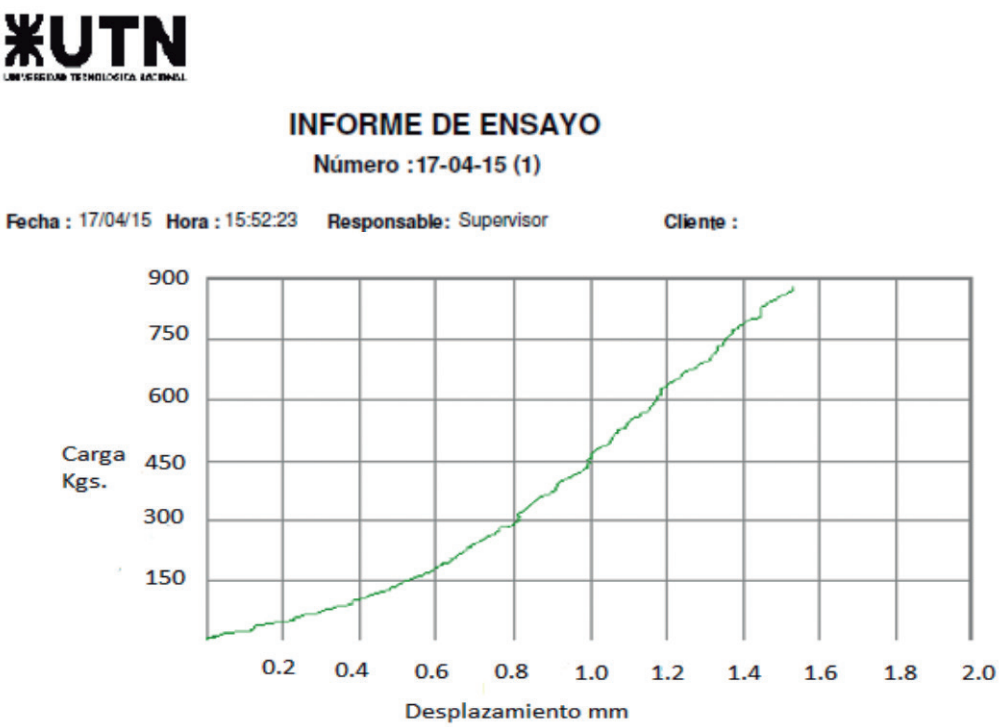


Fig.11. Ensayo de Tracción PPS / PPS

resulta ser de 877 kg.
. Si la probeta ha sido llevada a una sección de 3 cm x 3 cm = 9 cm^2.
. La Resistencia a la tracción resulta: 877 kg / 9 cm_2 = 9,74 MPa.

La Resistencia obtenida supera en un 50% a los valores asignados por el proveedor del material como límite mínimo para el proceso de fabricación por extrusión del recubrimiento polimérico de las tuberías de acero (6,3 MPa).

b- Material PPM / PPM

Su intercambio energético con el medio es grande; luego su comportamiento desde ese punto de vista es absolutamente diferente al PPS. A su vez las temperaturas necesarias para la producción de la inserción y de la soldadura son más elevadas y simultáneamente los tiempos de llegada son inferiores a los necesarios para el PPS – aproximadamente el 50% -. Llegar a las temperaturas deseadas en tiempos superiores a los realmente efectivos permite un intercambio energético mayor con el medio con una menor eficiencia en el balance energético final.

b1- Etapa de inserción – Valores finales a considerar (Figuras 12 y 13)

. Presión de consolidación: 7,35 Kg / cm^2
. Calentamiento por resistencias sin potencia eléctrica: hasta 75 ºC
. Calentamiento con potencia eléctrica y resistencias: desde 75 ºC hasta 170 ºC
. Intensidad: 9,2 A
. Enfriamiento hasta 100 ºC
. Temperatura de malla seteada: 192 º C
. Calentamiento con Potencia y resistencias: desde 100 ºC hasta 190 ºC
. Intensidad: 9,2 A
. Mantenimiento con control de T de malla hasta permanencia de desplazamiento y cambio de pendiente

Si incorporamos la tabla de avance del proceso (Tabla 3) nos encontramos que a medida que éste procede y se va llegando a la Temperatura de inserción el desplazamiento permanece constante y al momento de lograrse la inserción de la malla cambia de signo la pendiente.

Este mecanismo ocurre para todos los materiales ensayados y tanto para la etapa de inserción como para la de soldadura. Simplemente, y como resulta lógico de prever, en la inserción el desplazamiento resulta negativo mientras que durante la soldadura siempre será positivo.

Físicamente el problema puede ser visto como que el sistema llega a la temperatura necesaria, permanece bajo control de T de malla (en el equipo de medición y control) por unos segundos y exactamente en el cambio de pendiente

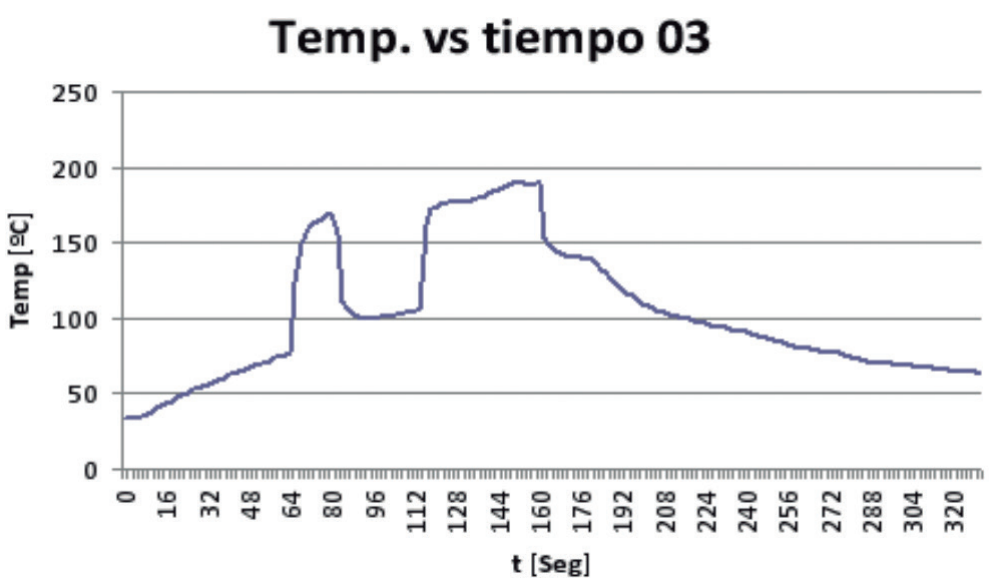


Fig.12. Inserción PPM /PPM curva Temperatura vs. Tiempo

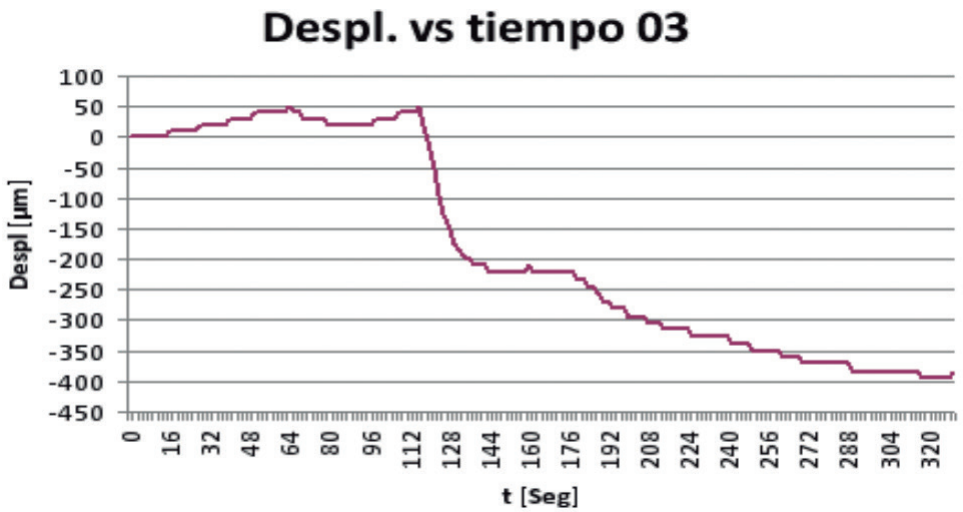


Fig.13. Inserción PPM /PPM curva Desplazamiento vs. Tiempo

comienza la fase de flujo lateral del polímero, cuestión que se evita cortando directamente la entrada de potencia. Esto es así y debe ser así porque el material que se desplaza saliendo por los laterales no es material sobrante del sistema sino que forma parte del espesor necesario ya sea para la inserción como para la soldadura. Si se continuara con la aplicación de potencia en definitiva se lograría que el espesor "autorregulado" del proceso se perdiera por los contornos de la interfaz de soldadura. Se define como autorregulado dado que llegado el sistema a la temperatura de operación, se mantiene todo el tiempo necesario para la formación del espesor calculado para cada etapa.

b2- Etapa de soldadura – valores finales a con-

Tabla 3. Valores de Temperatura / Desplazamiento en el tiempo para Inserción

Tiempo (segundos)	Temperatura (ºC)	Desplazamiento (micrones)
0	40	0
…	…	…
136	179,8	-200
138	180,1	-210
140	182,1	-210
142	183,8	-210
144	184,8	-220
146	186,1	-220
148	188,1	-220
150	189,8	-220
152	190,5	-220
154	189,2	-220
156	188,5	-220
158	189,5	-220
160	190,2	-210
162	153,7	-220
164	148,6	-220

siderar (Figuras 14 y 15):

. Presión de consolidación: 7,35 kg / cm2
. Temperatura de malla seteada: 232 ºC
. Intensidad: 9,2 A
. Cuando la T de malla llega a 230 ºC se la mantiene hasta que se modifica la pendiente
Efectuado el ensayo de tracción se obtienen los

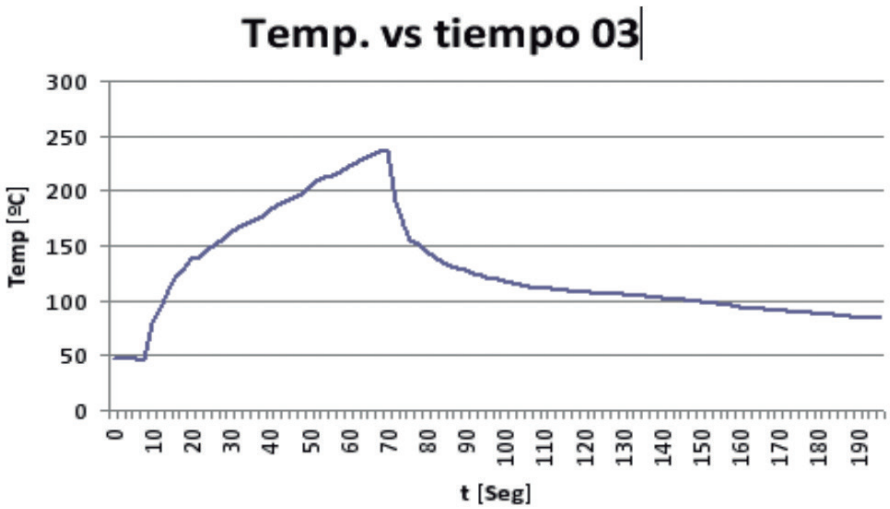


Fig.14. Soldadura PPM / PPM curva Temperatura vs. Tiempo

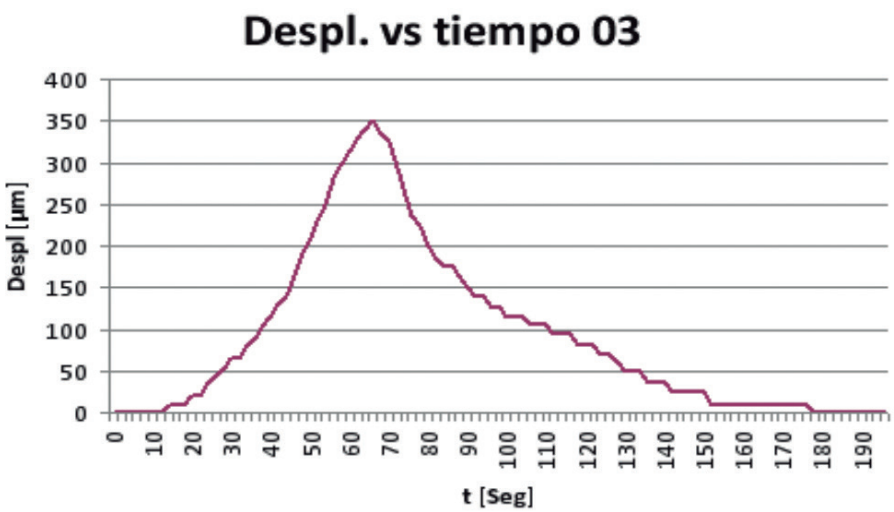


Fig.15. Soldadura PPM / PPM curva Desplazamiento vs. Tiempo

Si incorporamos la tabla de avance (Tabla 4) nuevamente resulta:

Tabla 4. Valores de Temperatura / Desplazamiento en el tiempo para Soldadura

Tiempo (segundos)	Temperatura (ºC)	Desplazamiento (micrones)
0	48	0
...	...	...
52	208,4	230
54	212,4	250
56	214,7	280
58	217,7	300
60	222,3	315
62	226,3	330
64	230,0	340
66	232,7	350
68	236,3	335
70	238,3	325
72	189,7	295

resultados mostrados en la Figura 16.

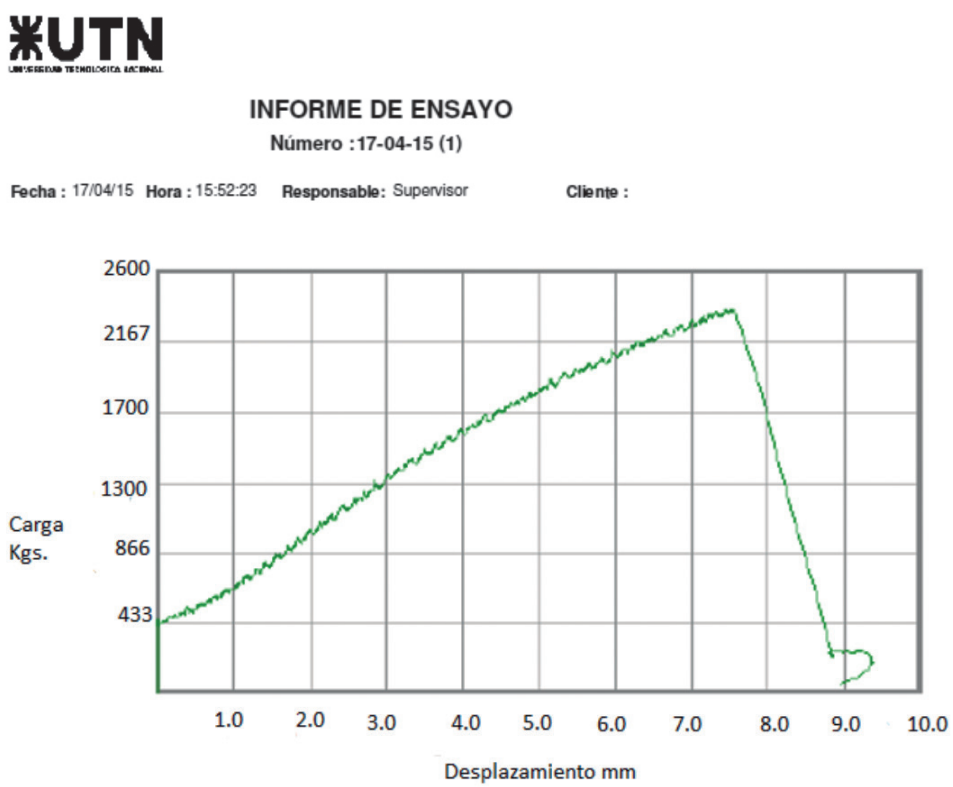


Fig.16. Ensayo de Tracción PPM / PPM

Como se verifica en el gráfico la carga máxima resulta ser de 2.360 kg.
Si la probeta ha sido llevada a una sección de 3 cm. x 3 cm. = 9 cm^2 .
La Resistencia a la tracción resulta: 2360 kg / 9 cm^2 = 26,22 MPa.

Si se compara con el dato obtenido de la soldadura por fusión sin malla incorporada en la interfaz se obtiene: 26,22 MPa / 31,75 MPa un 82,58% del valor de su resistencia a la tracción. La obtención de éste referencia un resultado de alta eficiencia. Si consideramos que el 70% de las interfaces poliméricas de soldadura con mallas entra en contacto para la autohesión y el 30% restante es malla de cobre, un valor como el obtenido resulta indicador de una notable eficiencia del proceso.

c- Material PPM / PPS

Este es un caso especial en el cual debe considerarse en qué material se efectúa la inserción de la malla. Como se estima que el material primario es PPS la inserción se efectúa en este caso en el PPM. Para ello las consideraciones a tener en cuenta son:

Etapa de inserción: las que se corresponden con PPM / PPM.
Etapa de soldadura: las que se corresponden con PPS / PPS.

Ensayos de Flexión

En principio se continúa con la geometría plana modificando las dimensiones de las probetas.

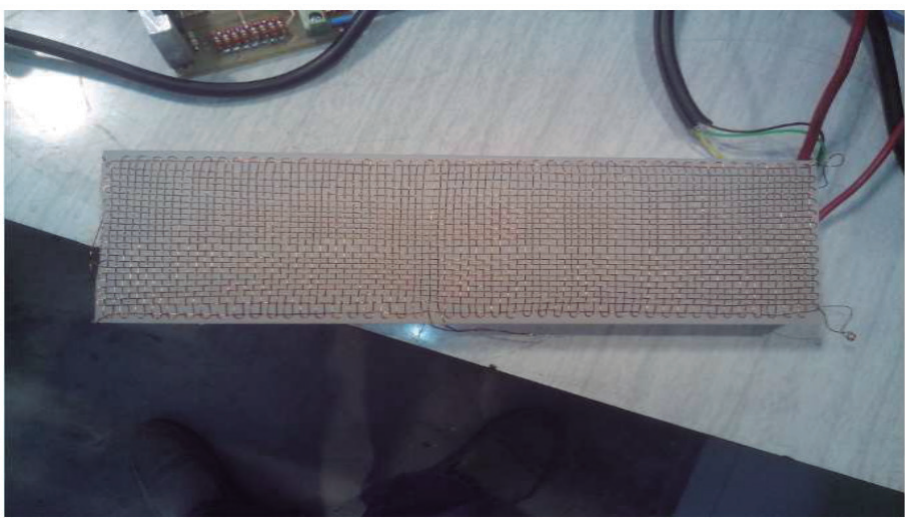


Fig.17. Vista de las probetas para su uso en ensayos de flexión

Fig.18. Vista del proceso de inserción

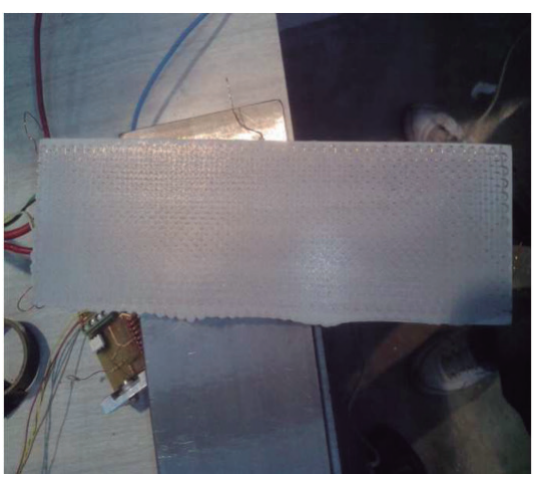


Fig. 19. Vista malla insertada

Fig. 20. Vista de las tuberías de acero recubiertas con materiales poliméricos enrolladas sobre carretel en barco para su transporte hasta estación offshore

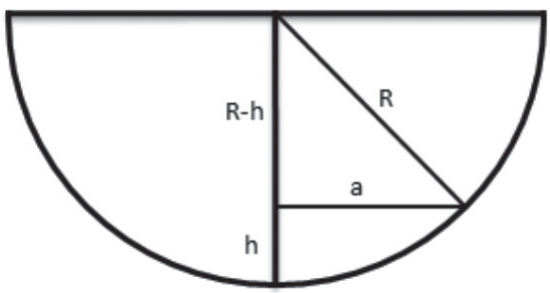


Fig. 21. Relación entre radio de curvatura y desplazamiento en deflexión

Las mismas se fabrican de 200 mm X 60 mm X 25 mm tanto en PP sintáctico como en macizo.

Dado que la Presión a ejercer sobre las probetas resulta ser de 6,125 kg/cm^2 para el PP sintáctico y de 7,35 kg/cm^2 para el PP se calculan las cargas a aplicar de acuerdo al material en proceso:

PPS: 120 cm^2 x 6,125 kg / cm^2 =735 kg
PPM: 120 cm^2 x 7,35 kg / cm^2 =882 kg

Los procesos de inserción (Figuras 18 y 19) y soldadura siguen los mismos lineamientos establecidos para las probetas de laboratorio.

Resulta interesante verificar experimentalmente lo que la teoría expuesta en párrafos anteriores afirma respecto de los cambios de pendiente en las curvas de desplazamiento como el momento exacto de la finalización de los procesos. Se ha comprobado absolutamente en todos los ensayos no dejando dudas de la validez de la incorporación de este parámetro como indicador de existencia efectiva y óptima de proceso.
La Figura 20 permite la visualización a escala real de los esfuerzos a los que están sometidas las tuberías de acero recubiertas con polímeros termoplásticos en su transporte sobre los barcos hacia las estaciones offshore. El radio de curvatura se corresponde con 7000 mm.

A partir de la Figura 21 se puede establecer la relación trigonométrica que permite calcular la deflexión que sufre la probeta de longitud 2*a (200 mm) cuando se la flexiona con un radio de curvatura R = 7000 mm.

Relación trigonométrica: $a^2 + (R - h)^2 = R^2$

Para nuestro caso: R = 7000 mm; a = 100 mm; h = 0,714 mm

Con lo cual la equivalencia de un radio de 7 metros se expresa con un desplazamiento de 0,714 mm para una probeta de 200 mm. Como para los apoyos quedan 170 mm disponibles se reduce a 0,52 mm el desplazamiento.

Los ensayos de carga vs desplazamiento que se efectuaron han sido de acuerdo a los distintos materiales soldados:

1. PPS / PPS - Se somete la probeta a una carga de 1206 kg y a 10 mm de desplazamiento.

2. PPS / PPS - Se somete la probeta a carga transversal de 1430 kg y un desplazamiento de 15 mm – Figura 23.

3. PPM / PPM - Se somete la probeta a carga de 3660 kg y desplazamiento de 14 mm – Figura 22.

4. PPM / PPS - Se efectúa el ensayo sobre ambas caras, es decir se somete a flexión primero sobre una de las caras, se lleva a cero la carga y luego se vuelve a aplicar sobre la cara opuesta. Primero se aplica la carga sobre el PPS: 2300 kg con un desplazamiento de 11 mm.

En la segunda etapa se aplica la carga sobre la cara opuesta: 1570 kg con un desplazamiento de 20 mm

Por lo tanto si tomamos en consideración el desplazamiento inicial de 0,52 mm calculado para un radio de 7 metros no cabe duda que éste ha sido superado en forma por demás amplia y sin grietas, fisuras o fracturas observables en alguna de las probetas.

En la Figuras 24 y 25 puede apreciarse la interfaz de soldadura luego del sometimiento a cargas de flexión. Se observa los hilos sin deformación con una interfaz indistinguible en la cual ha sido imposible detectar fisuras, grietas o fracturas tanto en su faz de inicio como de propagación.

Fig. 22. PPM sometido a carga

Fig. 23. PPS sometido a carga

Fig. 24. Interfaz ampliada de soldadura posterior a flexión

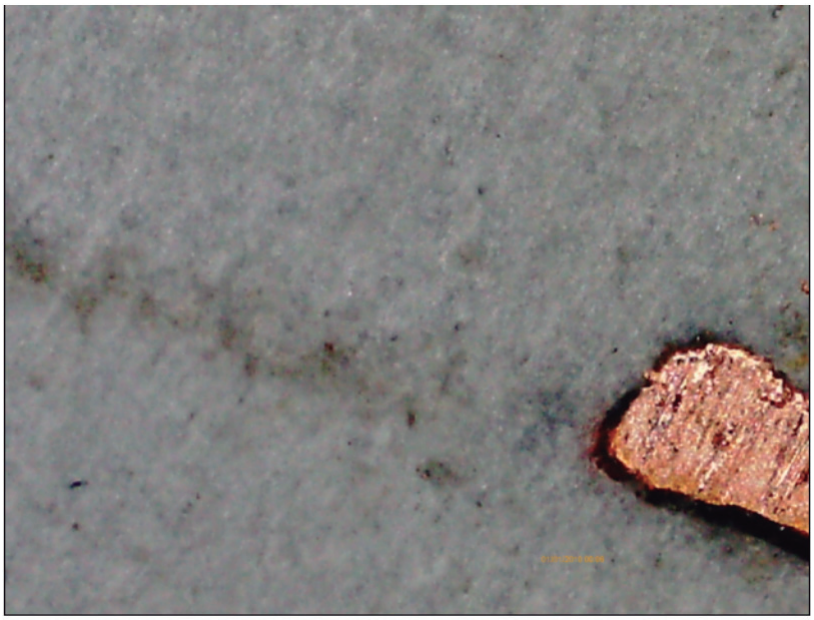


Fig. 25. Interfaz de soldadura ampliada posterior al ensayo de flexión en material PPM. Visión de un hilo para comparar con la continuidad del material.

Conclusiones

Como se ha visto en el caso de los ensayos de laboratorio se ha controlado y graficado el desplazamiento y se han utilizado sus valores como parámetro fundamental para la finalización del proceso considerando su cambio de signo (pendiente). Se ha comprobado en todos los ensayos referidos a los distintos materiales (PPM/PPM, PPS/PPS y PPM/PPS) por lo cual no deja dudas sobre la validez de la incorporación de este parámetro como indicador de la finalización efectiva y óptima de proceso.

Finalmente y a modo de conclusión puede inferirse que el modelo adoptado para el desarrollo ha permitido simular y verificar en forma correcta los procesos termomecánicos asociados a la soldadura y validarlos a través de los ensayos mecánicos y visualización microscópica de las interfaces de rotura.

Luego, pueden ser aceptadas como válidas todas las propuestas originales aplicadas y necesarias para la obtención de una valoración positiva en la toma de decisión en cuanto a la calidad final obtenida en las uniones soldadas por resistencia aplicadas al entorno de sistemas planos en el campo experimental de laboratorio.

En la próxima y última entrega se tratará la extrapolación a escala real – productiva – para su aplicación en los recubrimientos poliméricos de las tuberías de petróleo utilizadas en instalaciones de extracción y conducción *off shore* – láminas de agua profunda –.

Referencias

AGEORGE C. and L. YE, (2000). Experimental investigation of the resistance welding of thermoplastic matrix composites. Part II: optimum processing window and mechanical performance. In Composites Scince and Technology, number 60, pages 1191–1202.
RUKAVINA MIKUSIC J., DI STEFANO, M.C., HIGES, M., FERRARI, C., (2016). Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja en PROYECCIONES, UTB BA, año 14, n°2, octubre de 2016.
RUKAVINA MIKUSIC J., DI STEFANO, M.C., HIGES, M., FERRARI, C., DINIELLO FELIPE (2017). Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja en PROYECCIONES, UTN BA, año 15, n°2, octubre de 2017.
SIERKSMA D., (2002). Resistance welding of carbon fibre reinforced thermoplastic composites. Delft University of Technology, Thesis report.

La incidencia del tipo de cambio en el crecimiento de una economía. Una referencia para prever ciclos económicos y tomar decisiones de inversión. El caso Argentina.

Carlos Emilio Martínez[1], Alfredo Russo[1*], Juan Ledesma[1 **]

[1] Universidad Nacional de Quilmes, Departamento de Economía y Administración, Roque Sáenz Peña 352, Bernal, (B1876BXD), Buenos Aires, Argentina (B1876BXD)

carlos.martinez@unq.edu.ar

Recibido el 7 de mayo de 2018, aprobado el 7 de junio de 2018

Resumen

Este trabajo explora, en una primera aproximación, el efecto del Tipo de cambio sobre el Producto Bruto Interno en la economía Argentina (1991-2016). A partir del análisis de su correlación, se busca establecer si es posible tomar las proyecciones de los valores de Tipo de cambio como variable explicativa del comportamiento del ciclo económico del país. Se demuestra que en el caso particular de la economía Argentina, la correlación entre el Tipo de cambio y el Producto Bruto Interno es determinante para el crecimiento de la economía. Aun así, se destaca que la hipótesis sostenida merece un análisis más profundo que incorpore más variables en el análisis de correlación, inherentes a la estructura económica y financiera particular de cada país.

PALABRAS CLAVE: TIPO DE CAMBIO NOMINAL - PRODUCTO BRUTO INTERNO - CORRELACIÓN - TIPO DE CAMBIO REAL - CRECIMIENTO ECONÓMICO

Abstract

This paper explores, in a first approximation, the effect of the exchange rate on the Gross Domestic Product in the Argentine economy (1991-2016). From the analysis of its correlation, it is sought to establish if it is possible to take the projections of the values of the exchange rate as a variable that explains the behavior of the country's economic cycle. It is shown that in the particular case of the Argentine economy, the correlation between the exchange rate and the gross domestic product is determinant for the growth of the economy. Even so, it is emphasized that the sustained hypothesis deserves a deeper analysis that incorporates more variables in the correlation analysis, inherent in the particular economic and financial structure of each country.

KEYWORDS: NOMINAL EXCHANGE RATE - GROSS DOMESTIC PRODUCT - CORRELATION - REAL EXCHANGE RATE - ECONOMIC GROWTH

*El profesor Alfredo Russo fue autor de este trabajo desde su inicio pero lamentablemente falleció antes de su finalización.

** Son también autores de este trabajo los siguientes becarios: Alicia Asaro y Daniela Sosa.

Introducción

Objetivos y metodología

En el presente trabajo se va a analizar la relación existente entre el Tipo de cambio (TC) medido en Pesos Argentinos / Dólares, y el crecimiento económico para el caso de Argentina definido en valores a través del Producto Bruto Interno medido anualmente en dólares (PBI), con la finalidad de establecer una correlación entre estas dos variables mencionadas, con el objeto de poder establecer referencias sobre los ciclos económicos para sus consecuentes decisiones de inversión productiva. El trabajo se estructura de la siguiente forma: en la segunda sección se establecerá una breve reseña de la literatura relevante que analiza la relación entre el TC y el crecimiento económico; en la tercera sección presentaremos el caso de Argentina intentando establecer una correlación entre las variables TC y PBI en la ventana temporal 1991-2016; así mismo, agregaremos un estudio de correlación entre los valores del Tipo de cambio en Brasil y su impacto en el PBI de Argentina, dada la fuerte relación existente entre ambas economías a través del Mercosur, y en la cuarta sección y última, las conclusiones sobre este estudio preliminar.

Desarrollo

Revisión de los estudios realizados sobre la relación entre las variables TC y el PBI

Como ya hemos mencionado, el propósito del presente trabajo es, en una primera aproximación, analizar la influencia del TC sobre el crecimiento económico. Esto puede dar referencias sobre los ciclos económicos y su impacto en las decisiones de inversión productiva. En Argentina está muy instalado el debate acerca de un TC, y la determinación de sus niveles se ha transformado en un objetivo importante en la política económica, muy relacionado a la política monetaria y sus efectos sobre la inflación.

Vale aclarar en primera instancia que en la literatura económica se pueden encontrar dos visiones bien diferenciadas y contrapuestas:
- Aquellos que sostienen que una devaluación tiene efectos positivos sobre el comercio exterior y, en consecuencia, sobre el crecimiento de una economía.
- Los que indican que una devaluación del Tipo de cambio nominal tiene efectos negativos, con consecuencias contractivas sobre la demanda interna y el crecimiento económico.

Entonces, la pregunta a realizar sería ¿cuál es el efecto del tipo de cambio sobre la actividad económica? Para esto relevaremos algunas posiciones de diversos autores en cierto orden cronológico.

Uno de los autores más relevantes del siglo XX en esta materia ha sido Prebisch. En principio, se puede decir que según Prebisch (1950) en América Latina durante el proceso de "Industrialización por sustitución de importaciones" (ISI) el TC fue una variable clave en el desarrollo, dados los desequilibrios de la Balanza de Pagos, la inflación, los salarios reales y la actividad económica. Durante la década de los cincuenta, fueron claves los conceptos introducidos por Prebisch sobre la asimetría que el autor llamaba de "centro-periferia" a través de lo que se conoce como "Proceso de deterioro de los términos de intercambio", que sufrían los países de América Latina en la primera parte del siglo XX, con la consecuente disminución de la demanda de sus materias primas, la resultante baja en los precios de las mismas, y paralelamente el aumento de la demanda de productos industriales de los países centrales con el consiguiente aumento de los precios de estos bienes. Todo esto tenía como consecuencia un déficit de la Balanza de Pagos que producía continuos procesos de inflación y bajo crecimiento económico. La debilidad del comercio exterior en los países periféricos, la escasez consecuente de divisas, la falta de ahorro interno y las bajas inversiones extranjeras directas, según Prebisch pusieron en evidencia que los países de América latina debían realizar procesos de renovación tecnológica e

[1] La Balanza de Pagos es un registro de todas las transacciones monetarias producidas entre un país y el resto del mundo en un determinado período (generalmente un año). Estas transacciones incluyen ingresos por exportaciones, egresos por importaciones de bienes y servicios (Balanza Comercial), transferencia de capital o inversiones reales (Cuenta Capital) y transferencias financieras (Cuenta Financiera). http://www.expansion.com/diccionario-economico/balanza-de-pagos.html

industrialización. En este contexto, Prebisch sabía que el control del TC, la depreciación de la moneda y los aranceles eran medidas que en el corto plazo podían contener, pero no eliminar los desequilibrios, pero que así mismo sin la protección arancelaria y una moneda depreciada hubiese sido imposible llegar a la etapa de progreso industrial que se logró luego en la segunda parte del siglo XX en los países de Latinoamérica.[2]

En la línea de Prebisch, el autor Swan (1956) plantea que una devaluación puede mejorar la situación de la Balanza de Pagos de una economía, pero al mismo tiempo sostiene que para lograr un efecto de expansión o crecimiento de la misma, una devaluación de la moneda nacional debe complementarse con un incremento del gasto fiscal orientado sustancialmente a infraestructura (puertos, rutas, puentes, generación de energía).

Por otro lado, y siguiendo con la referencia de la posición de la Balanza de Pagos, pero con una mirada opuesta, los autores Krugman y Taylor (1978) plantearon que una devaluación del TC tiene un efecto negativo sobre el nivel del producto, pudiendo establecer que la depreciación del valor de la moneda puede llegar a generar efectos contractivos en el nivel de actividad económica cuando la Cuenta Corriente de la Balanza de Pagos se encuentra en una posición negativa al momento de la devaluación. En consecuencia, en este contexto se cumpliría que:

- Depreciación de la moneda ➔ Produce tasas negativas de crecimiento.
- Apreciación de la moneda ➔ Produce tasas positivas de crecimiento.

Los autores Kamin y Rogers (2000) realizaron observaciones sobre el Tipo de cambio real (TCR) y los efectos de una devaluación real sostenida de la moneda. Sobre este particular, vale aclarar y mencionar que se define el TCR como el cociente entre el nivel de precios externos y el nivel de precios internos, medidos en la misma moneda. Este concepto mide qué tan competitivo es en el comercio internacional una economía con respecto a otras.

Formalmente el TCR se define como:

$$TCR = \frac{TC\ x\ Pe}{Pd}$$

. TC = Tipo de cambio nominal (Tipo de cambio de mercado).
. Pe = Nivel de precios externo.
. Pd = Nivel de precios interno o doméstico.

Siguiendo la línea de lo desarrollado por Kamin y Rogers, la pregunta sería ¿qué pasa con los efectos de una devaluación real sostenida de la moneda? En este sentido, los autores sostienen que el mantenimiento de una depreciación real puede aumentar la probabilidad de que la producción se expanda en la medida que el sector privado crea que la devaluación real se mantendrá, incentivando de esta forma a un aumento de la inversión, principalmente en el sector de bienes transables.

En los estudios realizados por Martínez (2002) tomando referencia un estudio de Argentina, el PBI resulta explicativo del nivel del TC. Según los trabajos históricos-económicos citados por la autora, se utilizó la devaluación de la moneda como un mecanismo de impulso de las exportaciones y de la producción. De acuerdo a los resultados obtenidos en los modelos desarrollados, al disminuir el TC (devaluación de la moneda) se contribuye a incrementar los niveles de producción, concluyendo que el ajuste del TC es una herramienta muy importante de política económica, aunque al mismo tiempo Martínez marca la importancia de promover cambios estructurales en la economía tendientes a desarrollar la industria e incrementar las exportaciones de manera sostenible.

Según Gutiérrez (2005), los niveles de TC envían señales determinantes a la economía de un país, por lo que las políticas que se de-

[2] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 1949. La CEPAL fue establecida el 25 de febrero de 1948, y es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas con sede en Santiago de Chile. Se fundó para contribuir al desarrollo económico de América Latina, coordinar las acciones encaminadas a su promoción y reforzar las relaciones económicas de los países entre sí y con las demás naciones del mundo. https://www.cepal.org/es/acerca-de-la-cepal

finan sobre el régimen cambiario inciden en la viabilidad de la cuenta Balanza de Pagos y es un instrumento de estabilización económica. En este sentido, el autor sostiene que las decisiones para producir, consumir, así como también las decisiones para ahorrar e invertir, están influidas por el nivel del TCR, es decir, por un Tipo de Cambio Nominal ajustado por las tasas relativas de inflación. De este modo, la definición del Tipo de Cambio Nominal desempeña una parte decisiva en el crecimiento económico de un país.

Siguiendo con la cronología de citas de autores sobre el tema, Frenkel y Ros (2006) han resaltado la idea de utilizar el TC como variable clave para el desarrollo de una economía, dado que un incremento del Tipo de Cambio Nominal reduce el salario en el sector de bienes transables y por tanto incrementa la tasa de rentabilidad de las empresas, aumentando así la tasa de inversión y los niveles de empleo. Frenkel y Ros plantean la relación:

$$Wi = \frac{W}{E}$$

donde:

. Wi = Salario medido en moneda extranjera.
. W = Salario nominal en moneda local o doméstica.
. E = Tipo de cambio nominal o Tipo de cambio de mercado.

En este contexto, cuando se devalúa la moneda nacional disminuye el salario medido en términos de la moneda internacional (Wi), y esa disminución en el salario internacional produce una reubicación del capital y del trabajo hacia la producción de bienes transables intensivos en mano de obra. Aún así, los autores Frenkel y Ros ponen el acento en que una devaluación del Tipo de cambio nominal puede ser diferente en cada caso, dependiendo de la estructura financiera del país en cuestión.

López y Perrotini (2006) destacan que frente a una devaluación de la moneda nacional, las exportaciones se vuelven más competitivas aumentando la demanda externa, pero establecen algunas limitaciones a los efectos positivos que puede tener una devaluación haciendo mención a los efectos negativos que una variación del Tipo de cambio nominal puede llegar a tener sobre los mercados de dinero y mercados de capitales, pudiendo impactar directamente en los niveles de tasas de interés y consecuentemente sobre los niveles de inversión y producción.

Siguiendo un orden cronológico a los trabajos realizados en la materia, los autores Oskooee y Hajilee (2013) realizaron estudios empíricos en cincuenta países durante el período 1975-2006, y encontraron que en el 85 % de los casos existe una relación significativa entre el TCR y el aumento de la inversión en el corto plazo, relación que se mantiene en el largo plazo en cerca del 50 % del total de casos estudiados. Sobre este último punto, la totalidad de los países que tienen una significativa correlación entre TCR e inversión, son periféricos, países emergentes o en vías de desarrollo, varios de América Latina como México, Brasil, Argentina, entre otros.

Por último, en el sentido de análisis planteado por los autores Kamin y Rogers sobre el TCR, otros trabajos como el de Ibarra (2016), han mostrado que la constante apreciación detiene el crecimiento económico en el largo plazo, indicando que la política económica encaminada a apreciar la moneda con el propósito de reducir los niveles de inflación ha tendido a disminuir la rentabilidad de los negocios, con la consecuente baja de los niveles de inversión directa. En este sentido, como resultado de la apreciación de la moneda nacional, el autor sostiene que la reducción de los niveles de inversión impacta directamente en una caída de las exportaciones, acentuando una baja de la tasa de crecimiento económico.

¿Cómo se correlacionan el TC y el PBI? El Caso de Argentina 1991-2016

Para analizar qué ha ocurrido en la República Argentina en el período 1991-2016[3], se ha levantado la información disponible en el cuadro

[3] Se ha tomado una ventana temporal de 25 años, dado que los procesos inflacionarios en Argentina y los varios cambios en la nominación de la moneda, hacen complejo homogeneizar el análisis de la información respecto de los valores de Tipo de cambio con series históricas más grandes. Los análisis habría que hacerlos por períodos que no superan los 10 años.

descriptivo que se incluye en la Tabla 1. Se refiere a las variables que marcan la relevancia del presente trabajo, que son:
. Producto Bruto Interno (PBI) anual, medido en dólares.
. Tipo de cambio nominal (TC) medido en $ / US$.

Es importante mencionar que analizaremos qué sucede únicamente entre estas dos variables (TC y PBI), pero sin embargo es prudente resaltar que esta correlación planteada en el análisis no es taxativa ni lineal, y debería ajustarse el modelo en futuros trabajos agregando más variables en el análisis. La idea primaria y fundamental de este estudio es poner en evidencia si el tipo de cambio puede llegar a ser determinante para analizar su impacto en el PBI, y de esta forma tener una referencia del comportamiento futuro de los ciclos económicos con el objeto de tomar decisiones de inversión, pero recalcando y sabiendo de antemano que hay otros factores que influyen en este análisis que complejizan el modelo de decisión.

Antes de entrar en la Tabla 1 y su análisis, creemos conveniente introducir el concepto de coeficiente de correlación que se aplicará en el análisis a las variables ya mencionadas.

Coeficiente de correlación lineal de Pearson

El coeficiente de correlación lineal de Pearson es una medida de regresión que intenta cuantificar la dependencia lineal entre dos variables. Si se representaran en un diagrama de dispersión los valores que toman dos variables, el coeficiente de correlación lineal señalaría si el conjunto de puntos puede llegar a estar representados por una recta. En consecuencia, mide el grado de intensidad de la relación entre dos variables, y matemáticamente el coeficiente de correlación lineal se representa por el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones de ambas variables.

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$-1 \leq r \leq 1$$

donde:
. **r =** Coeficiente de correlación lineal de Pearson.
. **σ(x;y) = Cov (x;y) =** Covarianza entre el valor "x" e "y".
. **σ(x) =** Desviación típica de los valores de "x".
. **σ(y) =** Desviación típica de los valores de "y".
Siendo además la Covarianza de (x;y) la media aritmética de los productos de las desviaciones de cada una de las variables respecto a sus medias respectivas.

$$\sigma(x;y) = \frac{\sum_j^n (x_j - \underline{x}) \cdot (y_j - \underline{y})}{N}$$

donde:
$\underline{x} = Media\ de\ los\ valores\ de\ x\ .$
$\underline{y} = Media\ de\ los\ valores\ de\ y\ .$

N = Cantidad de muestras tomadas.

En cuanto a las Propiedades del coeficiente de correlación lineal de Pearson, podemos mencionar:

1.El coeficiente de correlación de Pearson no varía al hacerlo la escala de medición. Es decir, si expresamos un peso en kilogramos o en gramos, el coeficiente de correlación no varía.

2.Si el coeficiente de correlación lineal toma valores cercanos a "−1" la correlación es fuerte e inversa, y será tanto más fuerte cuanto más se aproxime al valor "−1".

3.Si el coeficiente de correlación lineal toma valores cercanos a "1" la correlación es fuerte y directa, y será tanto más fuerte cuanto más se aproxime al valor "1".

4.Si el coeficiente de correlación lineal toma valores cercanos a 0, la correlación es débil.

5.Si r = 1 ó r = −1, entre ambas variables hay una dependencia funcional.

Dado este marco teórico sobre el Coeficiente de correlación, podemos pasar ahora a los valores relevados en Argentina entre 1991-2016, respecto de las variables PBI y TC, observados en la Tabla 1 y la Figura 1.

Tabla 1. Cuadro descriptivo de Producto Bruto Interno en Argentina y Tipo de cambio nominal en Argentina. Período 1991-2016.

Año	PIB (US$) Argentina	Tipo de cambio Argentina en $ / US$
1991	189.719.984.268,49	1,00
1992	228.788.617.201,70	1,00
1993	236.741.715.015,02	1,00
1994	257.440.000.000,00	1,00
1995	258.031.750.000,00	1,00
1996	272.149.750.000,00	1,00
1997	292.859.000.000,00	1,00
1998	298.948.250.000,00	1,00
1999	283.523.000.000,00	1,00
2000	284.203.750.000,00	1,00
2001	268.696.750.000,00	1,00
2002	97.724.004.251,86	3,06
2003	127.586.973.492,18	2,90
2004	164.657.930.452,79	2,92
2005	198.737.095.012,28	2,90
2006	232.557.260.817,31	3,05
2007	287.530.508.430,57	3,10
2008	361.558.037.110,42	3,14
2009	332.976.484.577,62	3,71
2010	423.627.422.092,49	3,90
2011	530.163.281.574,66	4,11
2012	545.982.375.701,13	4,54
2013	552.025.140.252,25	5,46
2014	526.319.673.731,64	8,08
2015	584.711.485.367,27	9,23
2016	545.866.164.478,05	14,60

Argentina. Información revisada al 06/ABR/2017. Fuentes: FMI: Fondo Monetario Internacional - CD-ROM de Estadísticas nancieras internacionales

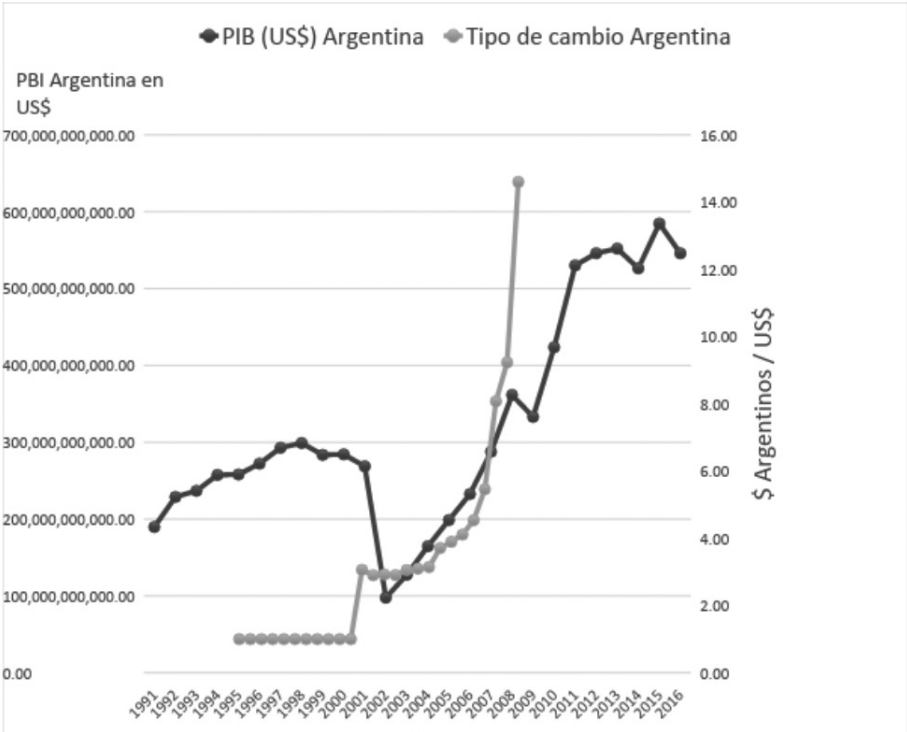


Fig. 1. Producto Bruto Interno en Argentina y Tipo de cambio nominal en Argentina. Período 1991-2016. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cálculo del coeficiente de correlación entre ambas variables
Fuente: Elaboración propia – Función Coeficiente de correlación en Microsoft Excel.

	PIB (US$) Argentina	Tipo de cambio Argentina
PIB (US$) Argentina	1	
Tipo de cambio Argentina	0,696333182	1

En particular, del presente estudio se puede remarcar que el nivel de correlación (0,696333182) de casi 0,70 (Tabla 1) entre el Producto Bruto Interno y el Tipo de cambio nominal o Tipo de cambio del mercado es muy alto, la correlación es fuerte y directa, observándose casi una dependencia funcional, por lo que de esta forma podría decirse que, al menos en el caso argentino, la definición de los niveles del Tipo de cambio nominal incide claramente sobre el PBI, y el consecuente crecimiento económico. Puede observarse en la Figura 1 que en el período entre 1991-2001 que en Argentina hubo como régimen cambiario un Tipo de cambio nominal fijo (Plan de Convertibilidad 1 $ / US$), el PBI tuvo una relativa constancia en sus niveles, y luego, salvo en algunos períodos puntuales como el 2002 donde justamente se produce la salida del Plan de Convertibilidad pasando de un régimen de TC fijo a un régimen de TC flotante "sucio", la correlación y la tendencia al alza se observa nítidamente en ambas variables.

Por otro lado, a modo de introducción de próximos trabajos, agregaremos en el análisis otra variable importante a tener en cuenta y que tiene relación con la definición de niveles de TC y su impacto en expansiones o contracciones en una economía. En el caso de Argentina existe una relación comercial directa y muy importante con Brasil a través del Mercosur, que tiene

Tabla 3. Cuadro descriptivo de Producto Bruto Interno en Argentina y Tipo de cambio nominal en Brasil. Período 1991-2016

Año	PIB (US$) Argentina	Tipo de cambio Brasil en Reales / US$
1991	189.719.984.268,49	
1992	228.788.617.201,70	
1993	236.741.715.015,02	
1994	257.440.000.000,00	0,66
1995	258.031.750.000,00	0,92
1996	272.149.750.000,00	1,01
1997	292.859.000.000,00	1,08
1998	298.948.250.000,00	1,16
1999	283.523.000.000,00	1,81
2000	284.203.750.000,00	1,83
2001	268.696.750.000,00	2,35
2002	97.724.004.251,86	2,92
2003	127.586.973.492,18	3,08
2004	164.657.930.452,79	2,93
2005	198.737.095.012,28	2,43
2006	232.557.260.817,31	2,18
2007	287.530.508.430,57	1,95
2008	361.558.037.110,42	1,83
2009	332.976.484.577,62	2,00
2010	423.627.422.092,49	1,76
2011	530.163.281.574,66	1,67
2012	545.982.375.701,13	1,95
2013	552.025.140.252,25	2,16
2014	526.319.673.731,64	2,35
2015	584.711.485.367,27	3,33
2016	545.866.164.478,05	3,52

Brasil. Información revisada al 06/ABR/2017. Fuentes: FMI: Fondo Monetario Internacional - CD-ROM de Estadísticas financieras internacionales

[4] Jorge Remes Lenicov (2015) - Boletín Nº19 - Observatorio de la Economía Mundial que publica la Escuela de Economía y Negocios de la Universidad Nacional de San Martín. http://www.mercado.com.ar/notas/8018558

Fig. 2. Producto Bruto Interno en Argentina y Tipo de cambio nominal en Brasil. Período 1991-2016 Fuente: Elaboración propia.

un impacto muy elevado en el PBI a través de las importaciones y exportaciones que se dan entre ambos países. Para Argentina, las exportaciones a Brasil representan cerca del 21% del total, en su mayoría son manufacturas de origen industrial (principalmente del sector automotriz). En lo que va del siglo XXI, las ventas de Argentina a Brasil crecieron un 113%. En esta línea de relación comercial, fueron observados los datos relevados en el Tabla 3 y Figura 2.

En la Figura 2 se tiene la serie de evolución anual del PBI y el Tipo de cambio nominal en Brasil (medido en Reales / US$), pudiéndose observar que desde 2003 y hasta 2012 el Real se mantuvo revaluado como consecuencia del fuerte aumento de los precios de las commodities exportadas por Brasil, y al fuerte ingreso que tuvo el país de inversiones extranjeras directas y también de capitales financieros. Luego, la situación no fue sostenible desde el punto de vista de la economía real, con muy bajos índices de crecimiento, casi estancamiento, por lo que luego de 2012 se comienza en Brasil una política de devaluación de la moneda brasileña. En este contexto, del análisis de la Figura 2 puede evidenciarse una relación inversa, es decir, cuando se ha devaluado la moneda en Brasil la actividad económica en Argentina desacelera.

Conclusiones

En primer término, vale aclarar que con el presente trabajo no se ha pretendido generar un aporte que no fuera ya encarado en las teorías económicas existentes, sino que se trata de una introducción a un tema ya analizado, que ha querido observar en una primera aproximación si técnicamente una depreciación o apreciación de la moneda nacional en el caso particular de la República Argentina, tiene impacto directo sobre el PBI, es decir, en la expansión o contracción de la economía. Volvemos a ha-

cer hincapié en que las variaciones del Tipo de cambio no es la única variable determinante en los movimientos de una economía, pero de acuerdo a su incidencia, sí pueden dar una referencia de los posibles ciclos económicos que puedan llegar a darse como para tener otro elemento de decisiones de inversión productiva. En particular, del presente estudio se puede resaltar que el nivel de correlación de casi 0,70 (0,696333182) entre el PBI y el TC es realmente muy alto, observándose casi una dependencia funcional entre el TC y el PBI y el consecuente crecimiento económico. Salvo algunos períodos como en el 2002, la correlación y la tendencia al alza de ambas variables en la economía Argentina, es notoria.

Dada esta circunstancia, el nivel del TC afecta los precios de los bienes y servicios, tanto de exportación como de importación, por lo que las señales que se tengan sobre los precios de una economía tienen efecto directo sobre las decisiones de producción, influyendo directamente en las decisiones de inversión productiva, y consecuentemente en la expansión de una economía.

Resultaría muy interesante profundizar los estudios sobre esta relación analizada en el presente trabajo, para poder observar qué otras variables podrían llegar a afectar la correlación fuerte y alta entre el TC y el PBI (realizar un análisis de múltiples variables), analizando además sector por sector de la economía, para poder establecer en definitiva si esta correlación fuertemente positiva es sólo un fenómeno particular de la economía Argentina o puede llegar a extrapolarse como una tendencia general en cualquier otra economía, con lo que se pueda anticipar ciclos y decisiones de inversión.

Como comentario final, podría agregarse que para ser competitivos a nivel internacional se debería requerir algo más que un ajuste en el Tipo de Cambio Nominal. La competitividad es un concepto mucho más amplio, que debiera incluir conceptos importantes como la educación, la investigación y desarrollo, la innovación tecnológica, la disponibilidad de recursos humanos capacitados en las nuevas tecnologías, la infraestructura y logística, la conectividad digital y física, etcétera. Para todo esto es importante el papel que debe jugar el Estado incentivando el desarrollo, la producción y la comercialización de aquellos bienes y servicios en que se tengan ventajas comparativas, definiéndose de esta forma políticas direccionadas en la capacitación, en el financiamiento de proyectos productivos, e incentivos impositivos que otorguen las condiciones para ganar mercados vía productividad, y no solamente vía devaluación o depreciación de la moneda nacional.

Financiamiento

Este trabajo ha sido financiado con un subsidio para la investigación otorgado por la Secretaría de Investigación de la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina.

Dedicatoria

Los autores dedican este trabajo a su querido amigo Alfredo Russo.

Referencias

BAHMANI-OSKOOEE, M. y HAJILEE M., (2013), "Exchange rate volatility and its impact on domestic investment", In Research in Economics, Vol. 67, Issue 1, Pages 1-12, ISSN 1090-9443.
FRENKEL, R. y ROS, J., (2006), "Unemployment and the real exchange rate in Latin America", In World Development, Vol. 34, Issue 4, Pages 631-646, ISSN 0305-750X.
GUTIÉRREZ, A. (2005), "¿Cómo afecta al crecimiento un tipo de cambio sobrevaluado?", Publicado en http://hoy.com.do/como-afecta-al-crecimiento-un-tipo-de-cambio-sobrevaluado/
IBARRA, C., (2016), "Tipo de cambio real y crecimiento: una revisión de la literatura", Revista de Economía Mexicana, Núm. 1, UNAM.
KAMIN, S. y ROGERS J., (2000), "Output and the real exchange rate in developing countries: an application to Mexico", Journal of Development Economics, Vol. 61, issue 1, 85-109.
KRUGMAN, P. y TAYLOR, L., (1978), "Contractionary effects of devaluation", In Journal of International Economics, Vol. 8, Issue 3, Pages 445-456.
LÓPEZ, J. y PERROTINI I., (2006), "On floating exchange rates, currency depreciation and effective demand", BNL Quarterly Review, Vol. LIX, no. 238, pp. 221-42.
MARTÍNEZ, C., (2002), "Tipo de cambio, inflación y crecimiento del PIB en Argentina. 1979-2000", Estudios Económicos de Desarrollo Internacional. AEEADE. Vol. 2, núm. 2.
MORALES, P., (2011), "El Coeficiente de correlación", Documento de la Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
PREBISCH, R. (1951), "Crecimiento, desequilibrio y disparidades: interpretación del proceso de desarrollo", Estudio Económico de América Latina 1949, CEPAL.
SWAN, T. W. (1956), "Economic growth and capital accumulation", The Economic Record, Vol. 32, issue 2, 334-361.

Diseño de un circuito integrado digital para un portador de información RFID pasivo

Ramiro Tomás González del Cerro[1], Francisco Badenas[1], Yao Ming Kuo[1,2], Sebastián Verrastro[1] y Jorge Rodríguez Mallo[1]

[1] Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
[2] Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Av. Gral. Paz 5445, General San Martín, Buenos Aires, Argentina

rgonzalezdelcerro@est.frba.utn.edu.ar

Recibido el 14 de junio de 2018, aprobado el 26 de julio de 2018

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un circuito integrado digital que permite la comunicación entre un lector y un tag RFID. El chip cubre las funciones de decodificación, procesamiento y codificación, y satisface con el protocolo de anticolisión. Está basado en norma ISO/IEC 14443-3 tipo A y se lo ha implementado utilizando la tecnología de fabricación Global Foundries 8RF de 130 nm. Su diseño final alcanza un consumo de 31 µW y ocupa un área de celdas de 43597 µm^2.

PALABRAS CLAVE: PORTADOR RFID - DISEÑO DIGITAL - CIRCUITO INTEGRADO - ISO 14443 - PROTOCOLO DE ANTICOLISIÓN

Abstract

This work presents the development of a digital integrated circuit that allows communication between a reader and an RFID tag. The chip covers the functions of decoding, processing and coding, and satisfies the anti-collision protocol. It is based on ISO / IEC 14443-3 type A and has been implemented using the Global Foundries 8RF 130 nm manufacturing technology. Its final design reaches a consumption of 31 µW and occupies a cell area of 43597 µm^2.

KEYWORDS: TAG RFID - DIGITAL DESIGN - INTEGRATED CIRCUIT - ISO 14443 - ANTI-COLLISION PROTOCOL

Introducción

La tecnología RFID se ha insertado exitosamente en nuestras vidas. Gran cantidad de productos y sistemas han incorporado esta tecnología logrando de esta manera ofrecer nuevas prestaciones, abaratar costos logísticos y facilitar el desarrollo, entre otras cosas. En términos generales, un sistema de comunicación RFID define una manera para diferenciar objetos y personas utilizando ondas electromagnéticas mediante identificadores únicos. También, permite almacenar y leer información automáticamente. En este sentido, son tres los componentes principales de un sistema RFID:
1. Lector de la información o transceptor. Es capaz de leer la información y además de escribir información.
2. Portador de la información o transpondedor. Está ubicado en el objeto a identificar y es quien posee la información.
3. Subsistema de procesamiento de datos. Es quien utiliza la información obtenida del lector otorgándole un determinado fin.

El espectro electromagnético incluye todas las formas de energía electromagnética: ondas eléctricas, ondas de radio, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X, rayos Gamma y rayos cósmicos. Éstas están definidas en la Figura 1. Las ondas utilizadas en radiofrecuencia están limitadas a un pequeño grupo que incluye las bandas de: 125-134 KHz, 13.56 MHz, 915 MHz, 2.4 y 5.8 GHz (Lehpamer, 2012). La existencia de varias bandas se debe a las diferentes características de propagación. Las ondas con frecuencias más altas se atenúan más rápido. Las LF (baja frecuencia) tienen capacidades de penetración a través de todos los materiales, inclusive el metal y, además, su alcance es mayor. Un ejemplo de esto son las radios AM (580-1700 KHz) que tienen un alcance más amplio que las FM (88-108 MHz).

La regulación es necesaria para mantener un control en el uso del espectro y soportar la compatibilidad o interoperabilidad entre sistemas RFID. Existen múltiples normas que regulan los circuitos integrados para identificación por radiofrecuencia. Entre ellas se destacan:

1) ISO 14443, para tarjetas de identificación por proximidad (ISO, 2001a).
2) ISO 15693, para tarjetas de identificación por vecindad (ISO, 2000).
3) EPC global Class 1 Gen 2, para comunicaciones entre 860 MHz y 960 MHz (Global, 2008).

En todos los casos existen coincidencias en cuanto a los dispositivos, las funcionalidades y las instrucciones de trabajo. Las diferencias entre sí radican en los parámetros elegidos para trabajar y en cómo se implementan cada una de las funciones. En la Tabla 1 se detallan los aspectos más importantes de cada uno.

La norma elegida para este trabajo es la ISO 14443A para tarjetas con comunicación por proximidad, la cual es descripta en detalle en las siguientes secciones. Para más información respecto a las otras tres normas se recomienda recurrir a las referencias ya mencionadas.

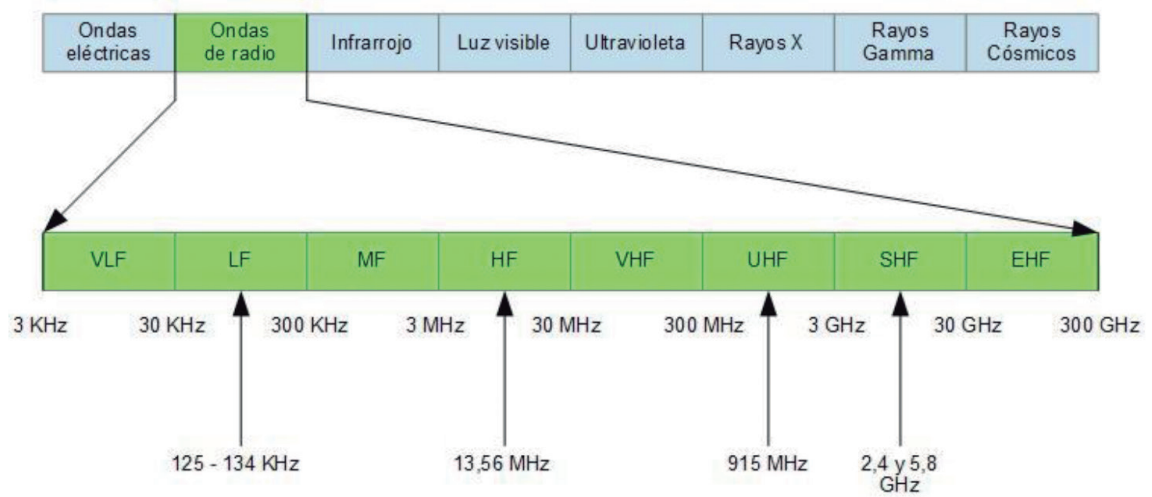


Fig. 1. Espectro de frecuencias electromagnéticas

Tabla 1. Normas en la comunicación RFID

Norma	ISO 14.443A	ISO 14.443B	ISO 15.693	EPC global Class 1 Gen 2
Frecuencia de trabajo	13,56 MHz		13,56 MHZ	860 a 960 MHz (depende de regulaciones locales)
Máximo alcance	10 cm		1 m	7 m
Ancho de banda	106 Kbit/s		1,65 a 26 Kbit/s	5 a 128 Kbit/s
Aplicaciones típicas	Tarjetas de crédito, pago electrónico, documentos de identidad		Logística, transporte, localización, seguridad	Identificación de vehículos, logística, seguridad, control de objetos
Modulación del lector	ASK 100%	ASK 10%	ASK 10% ASK 100%	ASK
Modulación del portador	De carga OOK	De carga BPSK	De carga	ASK – PSK
Codificación del lector	Miller modificada	NRZ	PPM	PIE
Codificación del portador	Manchester	Manchester	Manchester	FM0 – Miller

Los bloques más importantes que componen un chip RFID están representados en la Figura 2. Las funciones de cada uno de estos subsistemas son las siguientes:

a) Antena y Adaptación de circuito: son elementos esenciales para la sintonía del circuito en la frecuencia de trabajo y para la cantidad de energía que puede ser absorbida por el chip.

b) Fuente de energía: es quien le otorga la energía al portador para que éste funcione. No se utiliza en portadores RFID pasivos.

c) Regulador de tensión: mantiene el suministro de energía en un determinado nivel. De esta manera previene malfuncionamientos y posibles sobre excitaciones que puedan dañar el chip.

d) Modulador: es el último paso en la transmisión antes de ser enviado el mensaje a través de la antena.

e) Demodulador: es el primer paso en la recepción luego de ser capturado a través de la antena.
f) Extracción de portadora: es quien genera la señal de reloj para el funcionamiento del chip a través de la frecuencia de la portadora recibida.

g) Rectificador: transforma la corriente alterna en corriente continua.

h) Reset de encendido: genera una señal para el reinicio del circuito digital en el instante que este es energizado.

i) Decodificador: es quien interpreta la señal que ya fue demodulada para que pueda ser procesada posteriormente.

j) Codificador: prepara la información que luego será transmitida para que pueda ser comprendida por el lector RFID.

k) Memoria: almacena información referida a instrucciones válidas, identificador numérico y otros datos que sean relevantes para el correcto funcionamiento.

l) Protocolo de anticolisión: realiza las tareas correspondientes a una correcta lectura cuando varios dispositivos estén presentes en un mismo rango de lectura.

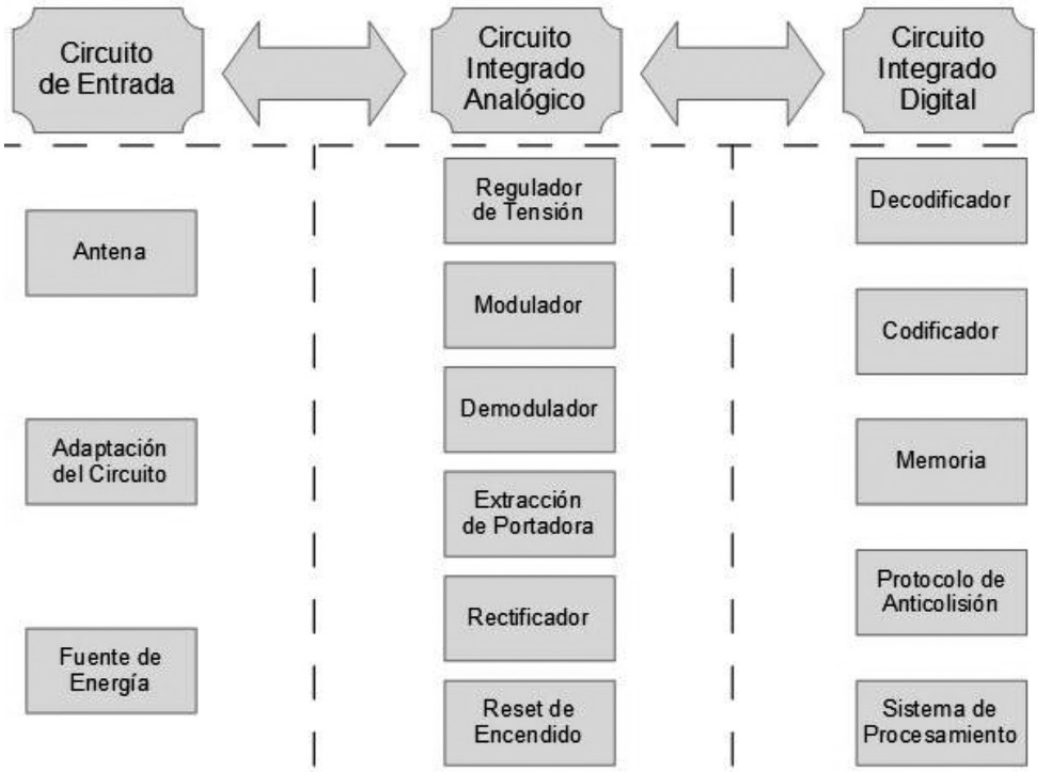


Fig. 2. Bloques y funciones principales en un portador RFID

m) Sistema de procesamiento: este subsistema se encarga de todas las tareas referidas a la lectura de la información, interpretación y generación de su correspondiente respuesta. Esto quiere decir que es quien finalmente logra la vinculación entre todos los subsistemas que componen el bloque digital.

En los portadores pasivos, la corriente eléctrica transmitida por el lector alimenta inductivamente el dispositivo debido a la ausencia de una fuente propia. Su transmisión en términos de alcance y de cantidad de información, es mucho más limitada que la de un portador activo porque su suministro de energía es escaso. La ventaja principal de los portadores pasivos frente a los activos es su menor costo de implementación.

Este trabajo consiste en la investigación y el desarrollo de un circuito integrado digital que solucione parte de la comunicación entre un lector y el portador RFID. Esto es desde que la señal ya fue captada y demodulada hasta que se envía hacia el modulador para ser transmitida. La Figura 2 ejemplifica los bloques más importantes que integran el circuito integrado digital de un portador RFID.

Especificaciones de la norma

Esta sección y las subsiguientes describen los aspectos más importantes relacionados con la implementación de la ISO/IEC 14443-3 (ISO, 2001b). Este estándar define la comunicación para tarjetas RFID por proximidad. Por esta razón no habla de portadores ni de lectores de la información, sino que los renombra específicamente:

a. El lector se llama PCD *(Proximity Coupling Device o Dispositivo Acoplado por Proximidad).*
b. El portador es el PICC *(Proximity Integrated Circuit Card o Tarjeta con Circuito Integrado por Proximidad).*

La comunicación entre el lector y el portador siempre se realiza de a pares. El primero es quien pregunta y recibe la respuesta (transceptor). El segundo es quien escucha y responde (transpondedor). Un resumen de la comunicación entre ambos dispositivos se define a continuación:

1. Trama PCD (El lector envía la pregunta con su protocolo)
a. Comienzo de la comunicación PCD.

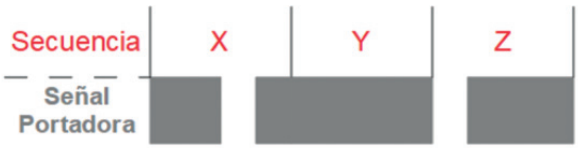


Fig. 3. Secuencias para codificación Miller modificada

b. Información (más bits de detección de error, si se requieren).
c. Fin de la comunicación PCD.

2. Trama de demora de PCD a PICC (El lector establece un tiempo para que el portador responda)
Este tiempo es variable y depende no sólo del tipo de instrucción que se esté enviando sino también de cuál fue el último bit transmitido por el lector. Para el caso de las instrucciones de uso común definidas en ISO/IEC 14443-3 Tipo A, la trama de demora puede tener dos valores posibles que depende únicamente de cuál fue el estado del último bit recibido:
a. Si último bit = 1, la trama de demora es de: 1236/fc = 91,15 µs
b. Si último bit = 0, la trama de demora es de: 1172/fc = 86,43 µs

Todos los PICC deben responder sincrónicamente. Además, la trama de demora varía para otro tipo de instrucciones que corresponden a ISO/IEC 14443-4 (ISO, 2001c), las cuales el chip ignora por no soportar las mismas.

3. Trama PICC (El portador responde con su protocolo)
a. Comienzo de la comunicación PICC.
b. Información (más bits de detección de error, si se requieren).
c. Fin de la comunicación PICC.

4. Trama de demora de PICC a PCD (El portador establece un tiempo para que el lector envíe la siguiente pregunta)
En este caso, la trama de demora es fija y vale por lo menos 1172 / fc.

En resumen, para esta norma, la comunicación RFID es una repetición de estas cuatro instancias por cada pregunta que el lector haga. El número de iteraciones en una comunicación dependerá de la cantidad de información que el lector requiera y de la calidad de la comunicación. Cuando la comunicación es débil a causa de vulnerabilidades, como por ejemplo interferencias o desgaste de alguno de los materiales que componen el sistema, entonces podría aumentar la cantidad de preguntas porque el lector no alcanza a leer correctamente las respuestas. Entra en juego, en este caso, el protocolo de anticolisión que será descripto más adelante.

Sistema de codificación desde el PCD hacia el PICC

Esta sección describe el sistema de codificación cuándo el lector realiza una pregunta. Su tasa de bit alcanza los fc/128 = 106(Kb/s), por lo tanto, la duración del bit es de 9,44 µs.

Asimismo, utiliza una codificación tipo Miller modificada. Para la misma existen tres secuencias diferentes. Estas se muestran en la Figura 3 y se explicitan a continuación:
- Secuencia 'x': Ocurre una pausa luego de t = ½ bit.
- Secuencia 'y': No hay pausa.
- Secuencia 'z': Ocurre una pausa al comienzo del bit.

Además, cada una de las secuencias recibidas se deberá decodificar dependiendo de cuál fue el último bit recibido (Ver Figura 4):

- Si el bit = '1', entonces Secuencia 'x'.
- Si el bit = '0':
  . Si el bit anterior fue '1', entonces Secuencia 'y'.
  . Si el bit anterior fue '0', entonces Secuencia 'z'.
  . Si el bit anterior fue SOF, entonces Secuencia 'z'.
- Para SOF (Comienzo de la comunicación), entonces Secuencia 'z'.
- Para EOF (Fin de la comunicación), entonces Lógica '0' + Secuencia 'y'.
- Si no hay información, entonces al menos 2 secuencias 'y'.

En la Figura 5 se observa un ejemplo del sistema. En este caso, es la existencia y ubicación

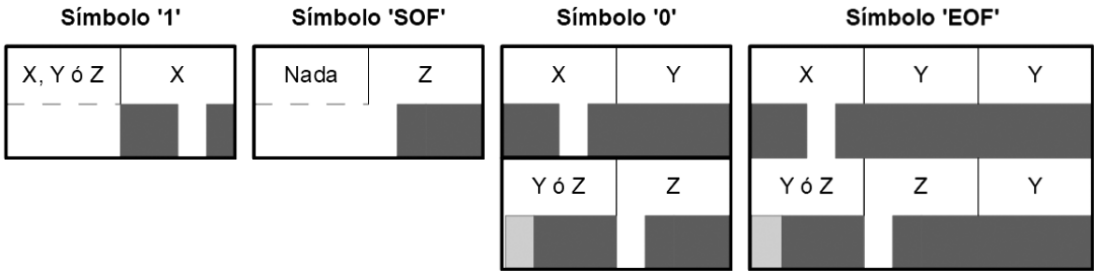


Fig. 4. Símbolos para codificación Miller modificada

Fig. 5. Ejemplo de codificación Miller modificada

de la pausa la que define el símbolo representado. Por un lado, la pausa en el uno siempre existe y se ubica en el mismo lugar, luego del comienzo de la segunda mitad del bit. Por otro lado, la pausa en el cero se ubica al comienzo del bit y sólo existe si el anterior símbolo fue un cero (o un SOF).

Sistema de codificación desde el PICC hacia el PCD

Esta sección describe el sistema de codificación cuándo el portador responde a una pregunta. Su tasa de bit es también fc/128 = 106(Kb/s). Además, utiliza una subportadora para transmitir la información. En un bit hay 8 períodos de subportadora donde: fs = fc/16 = 847(KHz) entonces Ts = 1,18 µs.

Asimismo, utiliza una codificación tipo Manchester. Para la misma existen 3 secuencias diferentes (Ver Figura 6):
• Secuencia 'D': La subportadora modula la portadora sólo la primera mitad del bit.
• Secuencia 'E': La subportadora modula la portadora sólo la segunda mitad del bit.
• Secuencia 'F': No existe modulación, solamente la portadora.

El sistema de codificación se completa con la siguiente información (Ver Figura 7):
- Si el bit = '1', entonces Secuencia 'D'.
- Si el bit = '0', entonces Secuencia 'E'.
- Para SOF, entonces Secuencia 'D'.
- Para EOF, entonces Secuencia 'F'.
- Si no hay información, entonces no hay subportadora.

En la Figura 8 se observa un ejemplo del sistema. Según el símbolo que se represente se modula la primera o la segunda mitad del bit con la subportadora. Como en un bit existen 8 períodos de subportadora, es lógico que en cada símbolo se alcancen a ver 4 períodos nada más.

Tramas recibidas

Las instrucciones recibidas por el chip pueden ser enviadas por el PCD a través de tres tramas diferentes:

1. Trama corta: SOF + 7 bits + EOF
Las instrucciones existentes con trama corta que soporta el chip diseñado son las siguientes:
- REQA = 26h = 010 0110b
- WUPA = 52h = 101 0010b

2. Trama estándar: SOF + n. (8 bits +1 bit de paridad) + EOF
Se utiliza para comandos regulares.

3. Trama de anticolisión orientada a bit:
Son 7 bytes de datos (56 bits) divididos en 2 partes. Una parte es desde el PCD hacia el PICC y la otra viceversa. El largo de la primera parte varía de 16 a 55 bits y el de la segunda, de 1 a 40 bits. En la Tabla 2 se observa un ejemplo de la trama de anticolisión.
El BCC (Byte Cascade Check) es un byte de

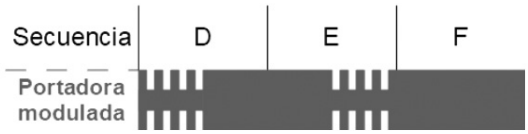


Fig. 6. Secuencias para codificación Manchester

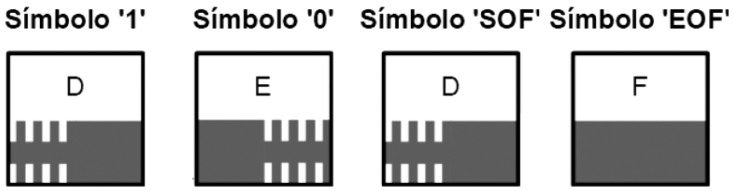


Fig. 7. Símbolos para codificación Manchester

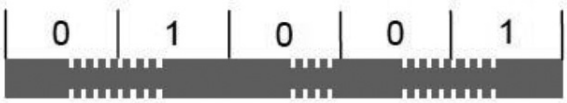


Fig. 8. Ejemplo de codificación Manchester

.

chequeo del UID. Se calcula como la OR-Exclusiva de los UID. Observar, además, que cada byte transmitido está acompañado por su bit de paridad y que la comunicación comienza y termina con el SOF y EOF, respectivamente.

Tabla 2. Trama de anticolisión orientada a bit

Trama PCD -> PICC

	SEL		NVB		uid0		uid1		
S	1100 1001	1	0000 0010	0	0100 1100	0	0000 1000	0	E
	93h		40h		32h		10h		

Trama PCD <- PICC

	uid2		uid3		BCC		
S	1101 0101	0	1011 0011	0	0010 0010	1	E
	ABh		CDh		44h		

Trama de respuesta ATQA (Answer To Request)

En el caso de haber leído las instrucciones REQA o WUPA. El chip debe responder con una trama constante propia denominada ATQA. Ésta se define en la Tabla 3.

Los bits RFU (Reservados para Futuros Usos) deben permanecer siempre en cero. La trama de bits de anticolisión debe indicar a partir del seteo de alguno de sus bits que soporta el protocolo de anticolisión. La trama de bits del tamaño del UID indica cuál será la extensión de éste. Por ejemplo, en este caso, este campo es igual '00' porque se trata de un UID corto con una extensión de cuatro bytes. Para este chip, el ATQA corresponde a 0x0001.

Lazo de anticolisión

En caso de haber recibido el Comando de selección (SEL) debe operar entonces el lazo de anticolisión y selección. El SEL siempre aparece junto con el comando NVB (Número Válido de Bits). Este último debe decodificarse dividiéndolo en dos partes. El primer nibble indica la cantidad de bytes válidos y el segundo nibble indica la cantidad de bits válidos. Sus posibles valores se indican en la Tabla 4.

Tabla 3. Trama de respuesta ATQA

b16	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1
Reservado para usos futuros				Reservado para el uso del propietario				Indicador del tamaño del UID		RFU	Bits para uso del protocolo de anticolisión				

Tabla 4. Tabla de codificación del NVB

Primer nibble

Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Significado
0	0	1	0	2 bytes
0	0	1	1	3 bytes
0	1	0	0	4 bytes
0	1	0	1	5 bytes
0	1	1	0	6 bytes
0	1	1	1	7 bytes

Segundo nibble

Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Significado
0	0	0	0	0 bits
0	0	0	1	1 bits
0	0	1	0	2 bits
0	0	1	1	3 bits
0	1	0	0	4 bits
0	1	0	1	5 bits
0	1	1	0	6 bits
0	1	1	1	7 bits

Tabla 5. Trama de respuesta SAK

Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Significado
x	x	x	x	x	1	x	x	Bit de cascada. Indica que el UID no está completo.
x	x	1	x	x	0	x	x	UID completo. Soporta la norma ISO 14.443-4.
x	x	0	x	x	0	x	x	UID completo. No soporta la norma ISO 14.443-4.

El protocolo de anticolisión es descripto a continuación:

1. El PCD envía trama con SEL = '93' y NVB = '20'. Esto quiere decir que le pide a todos los PICC presentes que envíen su UID.

2. Cuando haya colisión, el PCD tiene que detectar a partir de cuál bit ocurrió.

3. El PCD vuelve a enviar SEL y NVB. Pero ahora NVB indica a partir de qué momento hubo colisión. Esto quiere decir:
- El PCD ahora envía parte del UID leído antes de la colisión.
- El PICC entiende esa parte del UID como propia y responde con el resto.

4. El PCD envía una última trama con SEL, NVB=0x70 y el UID completo.
5. El PICC entiende su UID y responde con su trama Select AcKnowledge (SAK). El SAK indica si el UID es más extenso y si el PICC soporta la norma 14443-4.

Trama de respuesta SAK

Esta trama debe enviarse cuando se reciben los bytes indicados a continuación y además coinciden los valores de UID y BCC con los del chip:

SEL (93h) + NVB (70h) + uid0 + uid1 + uid2 + uid3 + BCC + CRC_A
La trama de respuesta está compuesta por tres bytes. El primero corresponde al SAK y los últimos dos al chequeo de errores de Redundancia cíclica (CRC) de ese byte. El byte SAK debe codificarse teniendo en cuenta la información en la Tabla 5. Para este chip, el SAK corresponde a un valor de 0x00.

Contenido y significado del UID corto (sin cascada)

Cuando se elige el valor de un UID corto, o sea de 4 bytes, su byte menos significativo define más información. Ésta se resume la Tabla 6. Para este chip, uid0 corresponde a 0x08 y los bytes uid1, uid2 y uid3, a 0x02.

Técnicas de diseño digital y de bajo consumo

Este proyecto implica el desarrollo de un portador RFID pasivo. Por lo tanto, toda la energía que utiliza para su funcionamiento debe provenir del campo magnético creado por el lector y debe ser absorbido a través de la antena. Cuando el consumo de energía en un portador RFID es mayor del disponible, la tensión de alimentación comienza a disminuir. Si ésta alcanza niveles por debajo de un determinado valor, el circuito deja de funcionar y no es

Tabla 6. Significado del uid0 para un UID corto

uid0	Descripción
8	Los bytes uid1 a uid3 son números aleatorios generados dinámicamente.
x0 - x7	Números fijados por el propietario.
x9 - xE	Para uso del propietario.
18 - F8	RFU (Reservado para usos futuros, excepto 88).
xF	Para uso del propietario.
88	Cascade Tag. Indica que el UID es más extenso y tiene más bytes en cascada.

posible la comunicación con el lector. Por esta misma razón, es necesario implementar diferentes técnicas para el ahorro en el consumo de energía por parte del circuito digital.

Para comenzar con el análisis se debe hablar primero sobre cuál es el consumo en un circuito digital y de dónde proviene. Según Ki y colaboradores (2013), el consumo total está compuesto por un consumo de potencia dinámica y un consumo de potencia estática o por pérdidas. Esto se expresa en la Ecuación 1.

$$P_{TOTAL} = P_{dinámica} + P_{estática} \quad (1)$$

El consumo dinámico aparece cuando las señales cambian su estado lógico. Esto produce la carga y descarga de los capacitores en cada una de las líneas afectadas y se calcula según la Ecuación 2.

$$P_{dinámica} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot C_L \cdot V_{DD}^2 \cdot f \quad (2)$$

Donde:
α es la actividad de conmutación,
C_L es la capacidad de carga,
V_{DD} es la tensión de alimentación y
f es la frecuencia del reloj.

Las principales razones de las potencias por pérdidas son las corrientes de *sub-threshold* (o sub-umbral) y los diodos polarizados en inversa en un transistor CMOS. Sin embargo, la potencia de pérdida en la tecnología de 130 nm difícilmente afecta el consumo de potencia total. Por esta razón, no es tenida en cuenta en las estimaciones finales. En conclusión, según lo visto anteriormente, es necesario disminuir la potencia dinámica a través de: la frecuencia de reloj, la actividad de conmutación y la tensión de alimentación.

1. Tensión de alimentación (V_{DD})
Esta componente es quien tiene la mayor influencia en el consumo de potencia total donde el resultado final depende cuadráticamente. Lamentablemente, el diseñador no tiene manera de modificarlo salvo que decida cambiar la tecnología y utilizar un proceso de fabricación que requiera tensiones de alimentación más pequeñas.

2. Frecuencia del reloj (f)
La influencia de la frecuencia del reloj afecta directamente sobre el consumo final de la potencia dinámica. Para trabajar con un diseño óptimo es necesario disminuir lo máximo posible esta componente. Sin embargo, ésta alcanzará un límite que está dado por la implementación que se le quiera dar al circuito y cuáles son las especificaciones que debería cumplir. Para este chip, la frecuencia de reloj fue establecida en fc/4 (3,39 MHz).

3. Actividad de conmutación (α)
Cuando ya no es más posible disminuir la frecuencia del reloj de trabajo, entonces se recurre a técnicas para afectar la influencia del reloj sobre el consumo total (He y colaboradores, 2010). La más importante es la técnica de *clock gating* o bloqueo de reloj (ver Figura 9). Ésta consiste en reducir la actividad de conmutación de celdas secuenciales mediante la remoción de flancos inútiles de reloj. De esta manera, bloquea módulos y registros que momentáneamente no son utilizados por el sistema. En este sentido, utiliza señales de habilitación que impiden el paso de la señal de reloj.

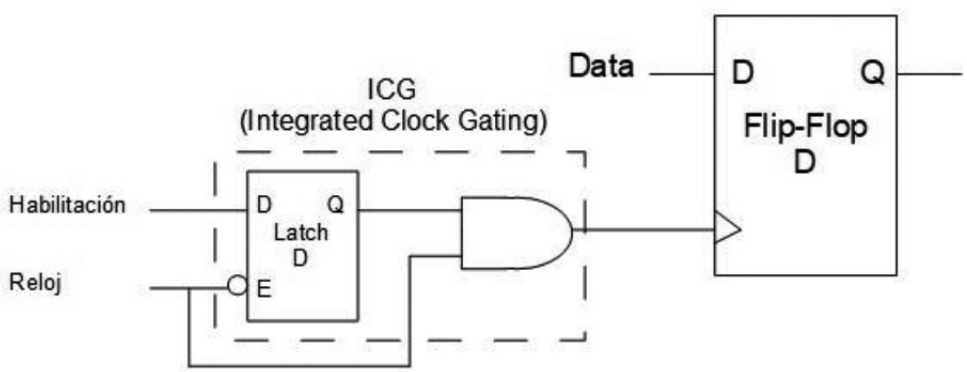


Fig. 9. Técnica de clock gating o bloqueo de reloj

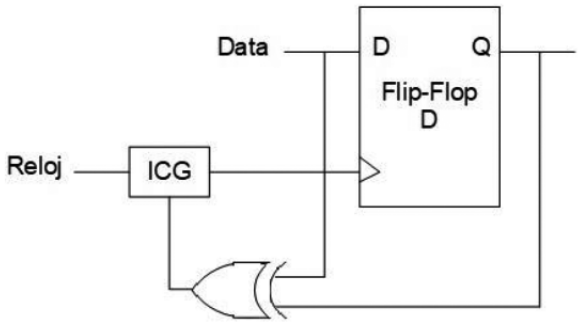


Fig. 10. Técnica de *xor gating*

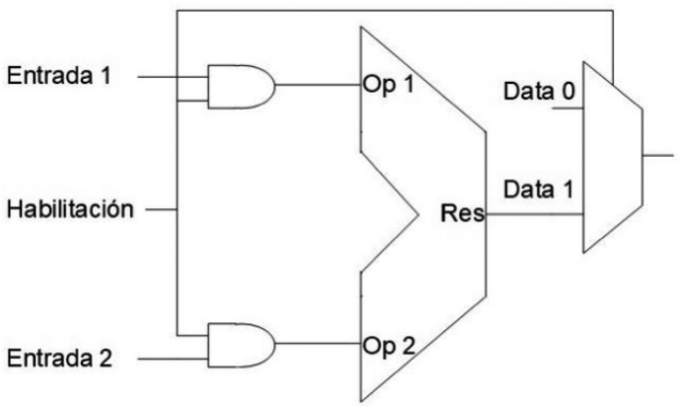


Fig. 11. Técnica de aislación de operandos

Asimismo, la técnica de *clock gating* puede mejorarse mediante la técnica de *xor gating* (Figura 10). En este caso, tanto la entrada como la salida del registro son muestreadas. Si ambas coinciden, entonces no se produce un cambio del estado final y por lo tanto es posible mantener la señal de reloj apagada para que el circuito no consuma potencia dinámica. En el caso en el que ambas difieran entre sí, se activará la señal de reloj y se procederá al cambio de estado.

Otra técnica utilizada en este sentido es el aislamiento de operandos y entradas. Ésta utiliza señales de habilitación para bloquear entradas cuando se conoce que su salida no es utilizada (Roostaie y colaboradores, 2008). Esta lógica de optimización es aplicable a módulos aritméticos para reducir el consumo dinámico de celdas combinacionales (Figura 11).

En estos casos, entra en juego la habilidad del diseñador para describir el circuito de manera que el programa de diseño de circuitos integrados pueda sintetizar con mayor eficiencia energética el prototipo final. Es importante señalar que todas estas técnicas conllevan a un aumento en la complejidad del sistema, en la cantidad de compuertas utilizadas y, por lo tanto, en el área de silicio. Cuando el consumo de potencia no sea una prioridad entonces se podrá disminuir la superficie total utilizada del chip.

Finalmente, el consumo estará también atado al desempeño del diseñador y al uso que éste les dé a los recursos disponibles. En algunos casos, los sistemas intervinientes en un mismo circuito podrán compartir bloques de funcionamiento (Bouklis y colaboradores, 2015). Por ejemplo, es natural pensar que tanto el codificador como el decodificador puedan compartir funciones de trabajo, como por ejemplo los contadores, ya que ambos no actúan al mismo tiempo. De esta manera, sería posible implementar un ahorro de la energía.

Parte experimental

Diseño del circuito integrado digital

Para el desarrollo del chip se utilizó la suite de Synopsys para el diseño de circuitos integrados. A su vez, por tratarse de un circuito digital, éste utiliza un lenguaje de descripción de hardware (HDL – Hardware Description Language), el cual en este caso se emplea Verilog.

En la Figura 12 se puede observar el módulo superior del circuito que detalla cuáles son las salidas y las entradas del mismo. Las entradas son tres:
- Muestra: señal proveniente de la salida del demodulador.
- Portadora: señal de reloj obtenida por el circuito de generación de reloj.
- Reset: señal común a todos los circuitos digitales que asegura el retorno a un estado inicial.

En la Figura 13 se representa cada uno de los bloques que componen el circuito diseñado. Estos se describen a continuación:

- Sincronizador de reset. Este bloque asegura que ningún registro permanezca en un estado de metaestabilidad cuando el sistema se reinicia.
- Sincronizador de pausa. Garantiza que ninguna entrada genere metaestabilidad.
- Habilitador para lectura/escritura. En base al estado actual del sistema y a las entradas recibidas, estos bloques definen la habilitación de una parte del circuito.
- Contador para demora. Funciona en simultáneo a la lectura y determina el momento exacto en el que el portador debe comenzar a escribir.
- Decodificador. Este bloque analiza en base a las señales recibidas cuál es la información que está enviando el lector.
- Lector de bits. Recibe los bits decodificados y los guarda en registros para su posterior lectura.
- Detector de instrucción. Luego de haber alcanzado el EOF, analiza si la información recibida corresponde a una instrucción válida.
- Generador bits de respuesta. Analiza cuál fue la instrucción detectada y en base a eso genera su respuesta correspondiente en registros de memoria.
- Codificador. Es quien recibe los bits de respuesta y envía hacia el exterior esa misma información codificada.

- Divisor de frecuencia. Toma la señal de reloj y crea cocientes de ésta para enviar la respuesta hacia la salida.

El circuito trabaja alrededor de cinco estados posibles (Figura 14). Esto depende no solo del

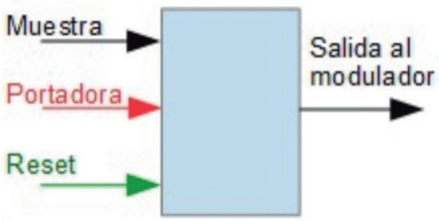


Fig. 13. Diagrama en bloques del circuito diseñado

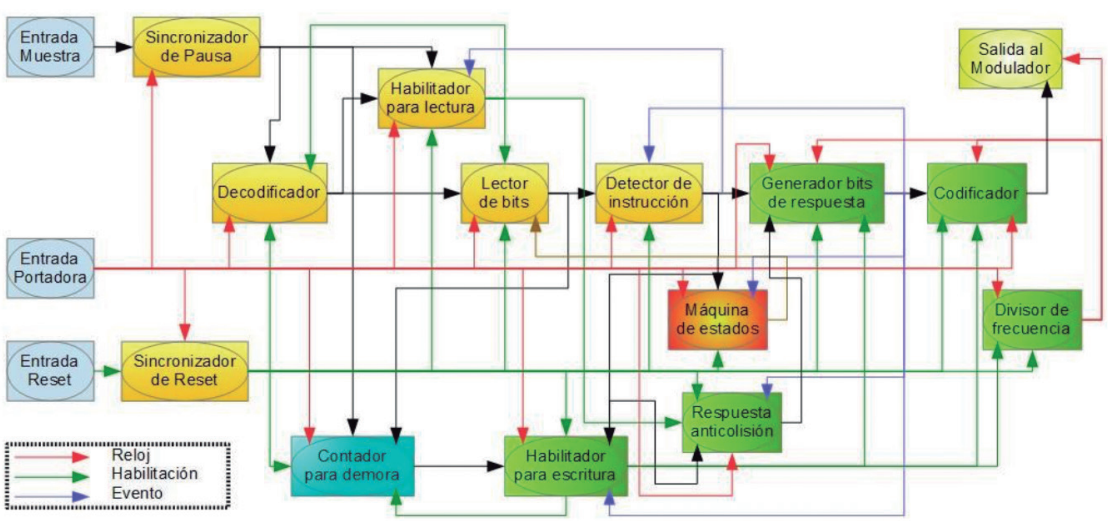


Fig. 12. Módulo superior del diseño

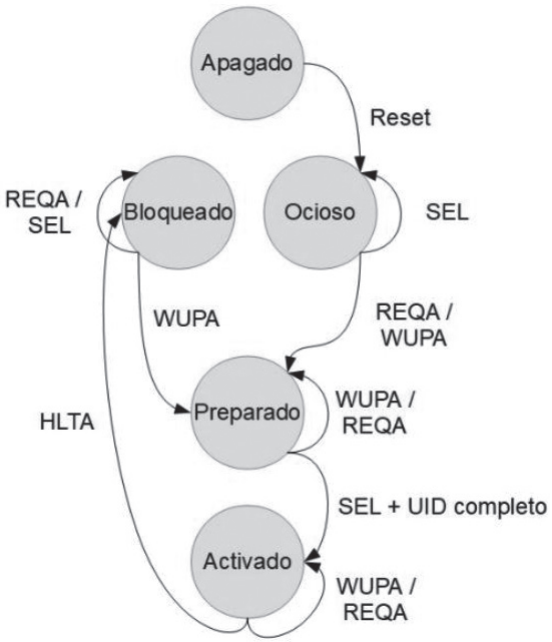


Fig. 14. Máquina de estados

estado actual sino también las instrucciones recibidas.
1. Apagado. El circuito no se encuentra alimentado eléctricamente.
2. Ocioso. El circuito está esperando su primera instrucción válida.
3. Preparado. En este estado, el circuito ya ha recibido su primera trama válida.
4. Activado. El chip alcanza esta instancia de trabajo luego de completarse la trama de selección.
5. Bloqueado. Este estado solo puede ser alcanzado por un chip que ya haya sido seleccionado.

Simulaciones

El objetivo de las simulaciones es garantizar que el circuito diseñado cumpla por completo con cada una de las especificaciones de la norma. Al igual que para el diseño del circuito se utilizó el lenguaje de descripción Verilog y los programas asociados a simulaciones como es el caso de Menthor Graphics Modelsim o Xilinx ISim. En la Figura 15 se presenta un resumen de las simulaciones. Se ha enviado cada una de las posibles instrucciones bajo diferentes situaciones.

Resultados y mediciones

El primer resultado obtenido es la síntesis del circuito y su implementación en silicio a través de Synopsys IC Tool Suite. Su diseño final se encuentra en la Figura 16. La tecnología de fabricación utilizada corresponde a Global Foundries 8RF de 130 nm. Los reportes de síntesis

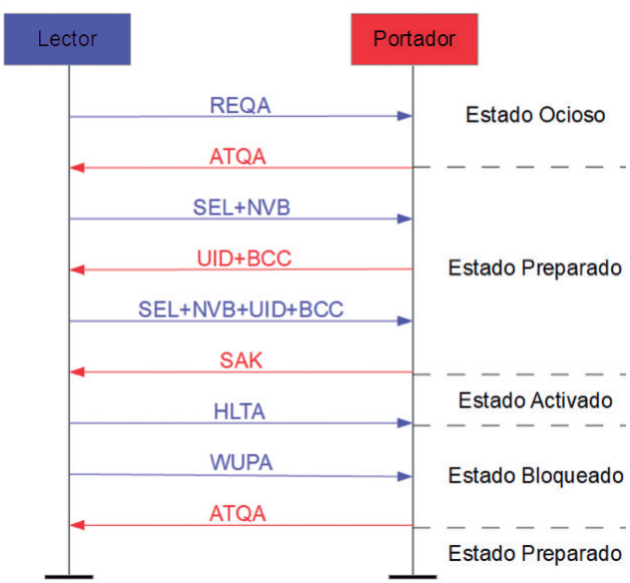


Fig. 15. Resumen de comunicación ISO/IEC 14.443-3 Tipo A

establecen un total de 4.103 celdas, lo cual se traduce en un área de celdas total de 43.597 µm2. Además, el programa de diseño en base a las simulaciones hechas determina un consumo de 31 µW.

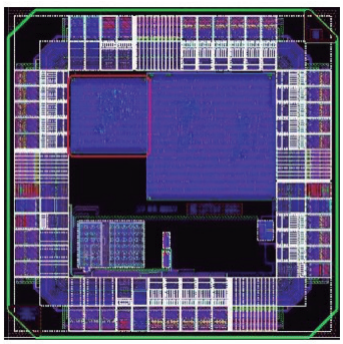


Fig. 16. Layout del chip

La prueba del circuito integrado digital diseñado se realizó mediante la interconexión con el circuito integrado analógico también elaborado por alumnos del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UTN FRBA (Kuo y colaboradores, 2018) y la utilización del módulo Adafruit PN532 como lector RFID (NFC, 2018). Otras herramientas utilizadas para las mediciones corresponden a fuentes de alimentación, osciloscopios y un analizador lógico para evaluar las señales de salida y entrada.
Para alcanzar este objetivo se estableció una comunicación estándar para la norma ISO/IEC 14443A utilizando el módulo Adafruit. La comunicación se divide, básicamente, en dos partes. Durante la primera parte, el lector realiza una encuesta abierta para la cual el chip debe responder con una trama general que denota simplemente la presencia de alguien alrededor sin poder ser identificado todavía. Durante la segunda parte, el lector intenta conocer el identificador numérico del dispositivo o los dispositivos que le hayan contestado en el paso anterior.

Para demostrar el correcto funcionamiento de todo el circuito, se muestran tanto la trama de lectura REQA como la trama de escritura ATQA. El resto de las tramas no se explicitan para no extender aún más este documento. Asimismo, los resultados obtenidos con el lector estándar demuestran que la comunicación fluye según la Figura 15.

1) Primero, el lector envía la trama REQA. En la Figura 17 se muestra la señal medida con un analizador lógico a la entrada del chip.

2) Segundo, el chip detecta la trama recibida y genera su respuesta. La Figura 18 muestra la señal medida con un analizador lógico a la salida del chip.

Discusión

En primer lugar, la etapa de lectura detectó cada una de las instrucciones enviadas por el lector. Éstas están explicitadas en la Figura 15. En segundo lugar, la etapa de respuesta fue la esperada y el portador respondió cada una de las preguntas. Los divisores de frecuencia funcionaron perfectamente, al igual que el generador de bits de salida. Esto se vio reflejado en la señal de salida enviada hacia el modulador la cual representaba lo estipulado por la norma. Por último, el sistema que calcula la demora entre el

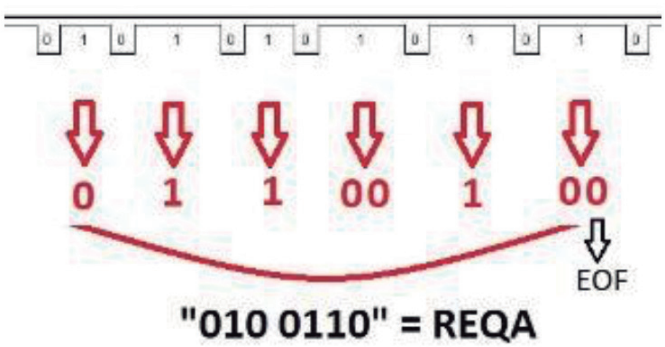


Fig. 17. Diagrama en bloques del circuito diseñado

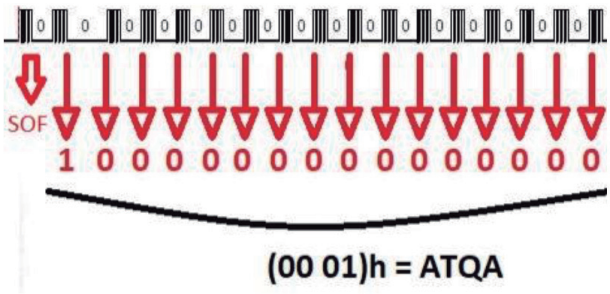


Fig. 18. Trama ATQA medida a la salida del chip

final de la etapa de lectura y el comienzo de la etapa de escritura funcionó correctamente. Este tiempo fue exacto al simulado y por lo tanto se mantuvo entre las exigencias establecidas por la norma.

Por otro lado, la hoja de datos del módulo Adafruit establece que soporta todas las variantes de portadores RFID con normas MIFARE que corresponden al mismo fabricante. Más adelante afirma que soporta la norma ISO/IEC 14.443A/MIFARE y NTAG. Esto significaría que no debería haber inconvenientes para trabajar con un chip RFID genérico como el que fue diseñado para este trabajo. Por su parte la nota de aplicación AN10833, afirma que las tarjetas RFID MIFARE son compatibles con norma ISO/IEC 14.443.

En cuanto a la síntesis e implementación del circuito en silicio se alcanzó un total de 4103 celdas con un área de éstas de 43.597,4 μm^2. Éstos valores se encuadran dentro de trabajos previos (Wanggen y colaboradores, 2009). El consumo estimado alcanza los 31 µW, el cual es un poco elevado comparado con algunos trabajos. Sin embargo, esto último se debe a que la tecnología de fabricación utiliza una tensión de alimentación un poco más elevada, siendo ésta de 1,2 (V), comparándola con otros trabajos donde utilizan 1 (V). Con respecto a este tema, los reportes de implementación del clock gating establecen un 96% de los registros alcanzados por esta técnica de diseño digital, lo cual supone un ahorro en el consumo de potencia dinámica.

Conclusiones

El circuito funcionó en base a lo esperado. Se generó la respuesta para cada una de las instrucciones válidas presentadas a su entrada. Esto quiere decir que cada uno de los bloques desde la etapa de decodificación hasta la etapa de codificación trabajaron de acuerdo con lo simulado.

Por su parte, la etapa de prueba de la comunicación exterior, con el circuito integrado analógico que resuelve las demás etapas del portador RFID y también con el lector RFID fue el esperado. Se alcanzó una comunicación satisfactoria según norma ISO/IEC 14443-3 Tipo A.

Por último, los valores correspondientes al área del chip y su consumo energético rondan los valores esperados y similares a otros desarrollos. Es posible disminuir aún más estas características del diseño. Para este fin es indispensable optimizar el código de descripción de hardware de manera que el software pueda implementar más ampliamente las técnicas de diseño digital como, por ejemplo, *clock gating.*

Agradecimientos

Los autores le agradecen al Laboratorio de Nanoelectrónica de la UTNBA por el apoyo y por facilitar el uso del instrumental de laboratorio. También, agradecemos a MOSIS (MOSIS, 2018) y Synopsys (Synopsys, 2018) por sus programas académicos. El chip fue realizado a través del MOSIS Educational Program (MEP).

Referencias

ISO (2000). Identification cards - contactless integrated circuit(s) cards - vicinity cards - part 2: Air interface and initialization.
ISO (2001a). Identification cards - contactless integrated circuit(s) cards - proximity cards - part 2: Radio frequency power and signal interface.
ISO (2001b). Identification cards - contactless integrated circuit(s) cards - proximity cards - part 3: Initialization and anticollision.
ISO (2001c). Identification cards - contactless integrated circuit(s) cards - proximity cards - part 4: Transmission protocol.
BOUKLIS, P.; KATSELAS, L. and HATZOPOULOS, A. A. (2015). Design of digital circuit for a passive rfid tag. In 4th International conference on Modern Circuits and Systems Technologies.
GLOBAL, E. (2008). Specification for rfid air interface epc™ radio-frequency identity protocols class-1 generation-2 uhf rfid protocol for communications at 860 mhz-960 mhz. Technical report, Technical report, GS1.
HE, Z.; ZHU, X.; XIAN, L.; LI, G. and WEN, G. (2010). Design and implementation of a 2.62 uw low-power baseband processor for passive uhf rfid tags. In Advanced Communication Technology (ICACT), 2010 The 12th International Conference on, volume 2, pages 1533–1536. IEEE.
KI, T.; KIM, H.,; CHUNG, C.; KIM, Y.H.; BAE, K. and KIM, J. (2013). Design of a low-power digital processor for a security passive rfid tag. In Industrial Electronics Society, IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE, pages 5450–5454. IEEE.
KUO, Y. M.; GROSSO, A.; GALIMBERTI, F.; TANTERA, J.; MALLO, J. and VERRASTRO, S. (2018). Analog front-end design of contactless rfid smart card iso/iec14443a standard compliant. In 9th Latin American Symposium on Circuits Systems.
LEHPAMER, H. (2012). RFID design principles. Artech House, USA, second edition.
Mosis (2018). [Online]. Available: http://www.mosis.com/
NAIJA, Y.; BEROULLE, V.; HELY, D. and MACHHOUT, M. (2016). Implementation of a secured digital ultralight 14443-type a rfid tag with an fpga platform. In Design and Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS), 2016 International Conference on, pages 1–3. IEEE.
NFC, A. P. (2018). Rfid controller shield for arduino+ extras.
ROOSTAIE, V.; NAJAFI, V.; MOHAMMADI, S. and FOTOWAT-AHMADY, A. (2008). A low power baseband processor for a dual mode uhf epc gen 2 rfid tag. In Design and Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era, 2008. DTIS 2008. 3rd International Conference on, pages 1–5. IEEE.
Synopsys (2018). [Online]. Available: http://www.synopsys.com/
WANGGEN, S.; YIQI, Z.; XIAOMING, L.; XIANGHUA, W.; ZHAO, J. and DAN, W. (2009). Design of an ultra-low-power digital processor for passive uhf rfid tags. Journal of Semiconductors, 30(4):045004.

Ensayo de turbina a gas kingtech k-100 con biodiesel

Nicolás Lipchak [1], Franco Aiducic [2], Santiago Baieli [2], Gastón Bustamante [1] y Ayelén Zanitti[1*]

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires,
[1] Departamento de Ingeniería Industrial,
[2] Departamento de Ingeniería Mecánica, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

lipchakster@gmail.com

Recibido el 4 de junio de 2018, aprobado el 12 de julio de 2018

Resumen

Este trabajo apunta a experimentar el uso de biodiesel en una turbina a gas KingTech K-100 para verificar la correcta operación de la misma. En este sentido, los ensayos han sido desarrollados para obtener datos reales de los parámetros inherentes al ciclo de trabajo, para poder utilizarlos luego como parámetros de comparación y análisis de funcionamiento.
En primer lugar, el estudio consistió en operar la turbina con una mezcla de composición 50% Biodiesel y 50% Diesel (B50). Los parámetros surgidos de las mediciones realizadas fueron comparados con los parámetros de funcionamiento de la turbina utilizando una mezcla de composición 90% Diesel y 10% Biodiesel (B10).
En segundo lugar, los parámetros medidos fueron utilizados para calcular la potencia generada y la eficiencia de propulsión de la turbina KingTech K-100. La turbina también fue inspeccionada para verificar el estado de los componentes internos luego de su funcionamiento con biocombustibles.
La conclusión obtenida permite demostrar empíricamente que es factible usar biodiesel en este tipo de turbinas de gas, sin una pérdida de potencia significativa o deterioro de sus componentes.

PALABRAS CLAVE: BIODIESEL – EFICIENCIA – KINGTECH - TURBINA

* Tambien participaron de este trabajo Gonzalo Raffa y Carlos Arceri

Abstract

This work aims to experiment with biodiesel in a gas turbine KingTech K-100 to verify the correct operation of it. In this sense, tests have been developed to obtain real data of parameters inherent to the work cycle, to be used as parameters of comparison and performance analysis.
On the first instance, the study consisted in testing the gas turbine with a mixture composition of 50% Biodiesel and 50% Diesel (B50). The parameters arising from the measurements made were compared with the parameters of the gas turbine with a composition of 90% Diesel and 10% Biodiesel (B10).
On the second instance, the measured parameters were used to calculate the power generated and the propulsion efficiency of the KingTech K-100 turbine. The turbine was also inspected to verify the status of the internals due to the use of biofuels.
The conclusions obtained allow us to empirically demonstrate that it is feasible to use biodiesel in this type of gas turbines. The use of this fuel does not generate a significant loss of power or degradation of internals.

PALABRAS CLAVE: BIODIESEL – EFFICIENCY – KINGTECH - TURBINE

Introducción

El fuerte aumento de la demanda de energía hace necesaria la generación de soluciones flexibles que permitan satisfacerla. El Biodiesel es una alternativa de origen vegetal que se utiliza en diferentes proporciones para reemplazar al gas oil convencional en turbinas de gas, logrando resultados de operación óptimos.

Este trabajo experimental consistió en ensayar una turbina de gas KingTech K-100 con una mezcla de 50% Biodiesel y 50% Diesel (B50). Esta turbina fue previamente instrumentada con el fin de poder medir los parámetros inherentes al ciclo de trabajo tales como temperaturas, presiones, caudales de aire y combustible, empuje y r.p.m.

El objetivo principal es demostrar la viabilidad técnica de operar estas turbinas con biocombustibles sin realizar modificaciones en su diseño, logrando una eficiencia y un empuje similar al logrado con el uso de diesel comercial (B10), que en Argentina tiene un corte obligatorio del 10% de biodiesel (Ministerio de Planificación Federal, 2013).

Materiales y métodos

A. Configuración experimental

Para esta investigación, se ha utilizado una micro-turbina a gas KingTech K-100, que puede funcionar con Diesel, Kerosene y Jet-A. Esta turbina es utilizada normalmente en aviones a radiocontrol. Tiene un compresor radial, una cámara de combustión anular y una turbina axial de una etapa.

La turbina está montada sobre rodamientos lineales y tiene colocada una celda de carga FLEXAR CZA-30 entre la turbina y la superficie fija, la cual es utilizada para medir el empuje. Esta celda de carga está conectada a un transductor que lee los valores recibidos de la celda y los transforma en datos digitales.

En la admisión, se coloca un conducto del mismo diámetro que el de la carcasa de la turbina para montar otros dispositivos de medición.

Junto a la segunda termocupla, un sensor industrial de presión, ADZ-Nagano GmbH. / SML-10.0-0000400-BAR-G-G14E-22-MVS/C, está montado para medir la presión de compresión. Este sensor de presión se encuentra unido a un tubo flexible que se conecta a una perforación en la carcasa y una señal de 4-20mA es enviada a una pantalla de monitoreo PIXSYS SNC / ATR121-AD. La configuración es tal que es posible la medición de presión estática y dinámica.

En el conducto de admisión se coloca un tubo Pitot. Este tubo tiene dos entradas de aire. La primera de ellas en la dirección de la corriente de aire, y mide la presión total. La segunda se coloca en forma perpendicular a la corriente de

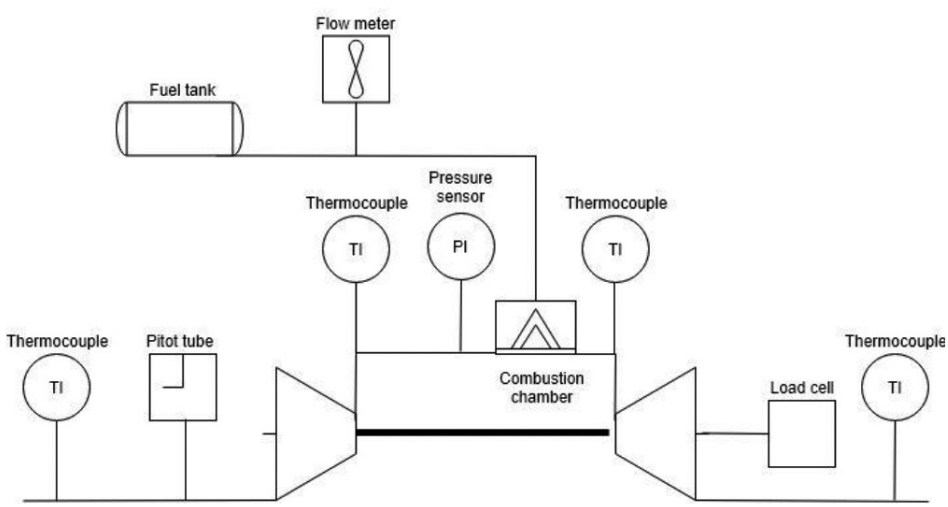


Fig. 1. Diagrama esquemático

aire, y así mide la presión estática. Ambas presiones son detectadas por un sensor de presión diferencial MPXV7002DP. El MPXV7002DP que está diseñado para medir presiones positivas y negativas: -2 a +2 kPa (-0,3 a +0,3 psi) que se corresponden con 0,5 a 4,5 V lineales en la salida.

Para medir el consumo de combustible se coloca un caudalímetro del tipo SEA YF-S401 entre el tanque y la bomba de combustible. Este caudalímetro funciona bajo el principio del efecto Hall y posee internamente una rueda para medir la cantidad de líquido que circula a través de ella. El sensor de efecto Hall magnético integrado emite un pulso eléctrico en cada revolución de la rueda.

El transductor de la celda de carga (FLEXAR CZA-30), el caudalímetro y el sensor diferencial de presiones del tubo Pitot están conectados a un microcontrolador que registra los valores. Este microcontrolador está también conectado a una computadora que, mediante una aplicación, muestra los valores y los graba para procesarlos y analizarlos posteriormente.

Para medir la temperatura, se utilizan cuatro termocuplas-K, colocadas en diferentes ubicaciones. La primera de ellas se ubica en el tubo de admisión. La segunda, se encuentra instalada a la salida del compresor mediante una perforación en la carcasa de la turbina. La tercera también se encuentra instalada en una perforación de la carcasa, pero a la salida de la cámara de combustión. La cuarta y última, se ubica a la salida de la turbina.

Las termocuplas están conectadas a una unidad de control y a una unidad de medición, Kyowa EDX-10 and EDX13A, que convierte la señal analógica a una señal de salida digital. Estas unidades también están conectadas a una computadora que recibe los valores, los grafica y los almacena.

B. Especificaciones técnicas del Diesel comercial

Se ha utilizado diesel comercial para preparar la mezcla B50 con las siguientes especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante (Ficha técnica Shell).

Tabla 1. Especificaciones técnicas del diesel comercial

Propiedad	Norma	Valor
Densidad a 15°C	ASTM D1298	0,84 g/cc
Recuperado a 360 °C	ASTM D86	93,1 % v/v
Color	ASTM D1500	1,5
Número de cetano	ASTM D976	52
Punto de inflamabilidad	ASTM D93	>45 °C
Viscosidad a 40°C	ASTM D445	3,3 cSt
Azufre	ASTM D4294	< 0,140 % p/p
Biodiesel	-	10%

Tabla 2. Especificaciones técnicas del biodiesel puro

Propiedad	Norma	Valor
Densidad a 15°C	ASTM D4052	0,85537 g/cc
Ésteres	EN 14103	98,3 % m/m
Número de cetano	ASTM D6890	47
Punto de inflamabilidad	ASTM D93	180 °C
Viscosidad a 40°C	ASTM D445	4,253 cSt
Acidez	ASTM D664	0,42 mg KOH/g
Azufre	ASTM D5453	0,0001 % m/m
Fósforo	ASTM D4951	0,0002 % m/m
Na + K	EN 14538	0,3 mg/kg
Ca + Mg	EN 14538	nd
Agua	ASTM D4927	0,014 % m/m
Glicerina total	EN 14105	0,19 % m/m
Yodo	EN 14111	131,8 gI_2/100g

C. Especificaciones técnicas del biodiesel

Se ha utilizado biodiesel puro para preparar la mezcla B50 con las siguientes especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante (Ficha técnica UITEC).

D. Leyes fundamentales y ecuaciones

La relación de presiones (P_r) puede obtenerse con la presión del aire (P_c) comprimido y la presión atmosférica según (1).

$$P_r = \frac{P_c}{P_a} \quad (1)$$

El caudal másico de aire ($\dot{m}_a$) puede obtenerse con la velocidad del aire entrante (V_a), la sección de la entrada al compresor A_i y la densidad del aire a presión atmosférica (δ_a)según (2):

$$\dot{m}_a = v_a \times A_i \times \delta_a \quad (2)$$

El caudal másico de combustible ($\dot{m}_f$) puede obtenerse con el caudal volumétrico del mismo y de su densidad (V_f) según (3):

$$\dot{m}_f = \dot{V}_f \times \delta_f \quad (3)$$

La potencia de compresión (P_r) puede obtenerse del caudal másico de aire, su calor específico a presión constante (C_p) y la diferencia entre la temperatura de compresión (T_c) y la temperatura de aire atmosférico (T_a) según (4).

$$P_c = \dot{m}_a \times c_p \times \left(T_c - T_a\right) \quad (4)$$

El poder calorífico (P_h) puede obtenerse a partir del caudal másico de aire, el calor específico a presión constante y de la diferencia entre la temperatura en la cámara de combustión (T_{cc}) y la temperatura de compresión (T_c) según (5).

$$P_h = \dot{m}_a \times c_p \times \left(T_{CC} - T_c\right) \quad (5)$$

La velocidad de los gases de combustión a la salida de la turbina (C_g) se puede obtener mediante el empuje (T), el caudal másico de aire másico y la velocidad del aire de admisión (C_a) según (6).

$$C_g = \frac{T}{\dot{m}_a} + C_a \quad (6)$$

La potencia de propulsión (P_p) puede obtenerse a partir del empuje y la velocidad del aire de admisión según (7).

$$P_P = T \times C_a \quad (7)$$

La diferencia de energía cinética (ΔE_k) entre el caudal de aire entrante y el saliente, puede obtenerse a partir del caudal másico de aire según (8).

$$\Delta E_k = 0{,}5 \times \dot{m}_a \times \left(C_g - C_a\right)^2 \quad (8)$$

La eficiencia de propulsión puede calcularse según (9):

$$n_p = \frac{P_p}{\left(P_p + \Delta E_k\right)} \quad (9)$$

Resultados

A. Temperatura de compresión
La temperatura del aire comprimido para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50 se muestran en la Figura 2. Como es de esperarse, no se observan variaciones significativas con el uso de ambas mezclas.

B. Temperatura de la cámara de combustión
La temperatura de los gases a la salida de la cámara de combustión para diferentes aceleraciones de la turbina con mezclas B10 y B50 se muestra en la Figura 3. Los resultados con B10 son menores que con B50 debido a la dinámica de combustión.

C. Temperatura de los gases de escape
En la Figura 4 se muestra la temperatura de los gases de combustión a la salida de la turbina para diferentes aceleraciones con B10 y B50. Los resultados con B10 son menores que con B50 debido a la dinámica de combustión.

D. Termografía
En la Figura 5 se muestra la distribución de temperaturas en la turbina funcionando a 130.000 rpm con B10 y B50.

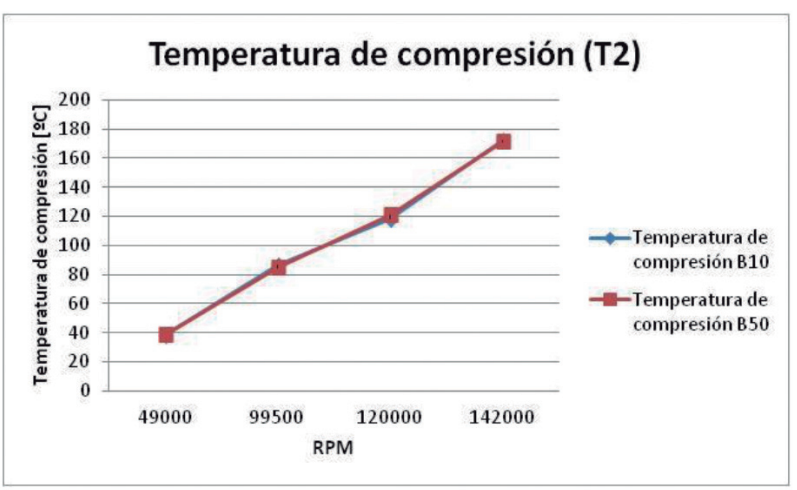


Fig. 2. Temperatura de compresión

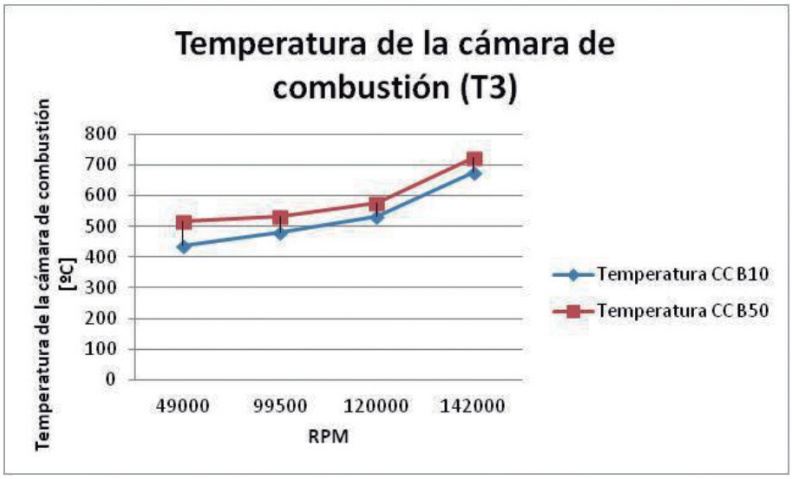


Fig. 3. Temperatura de la cámara de combustión

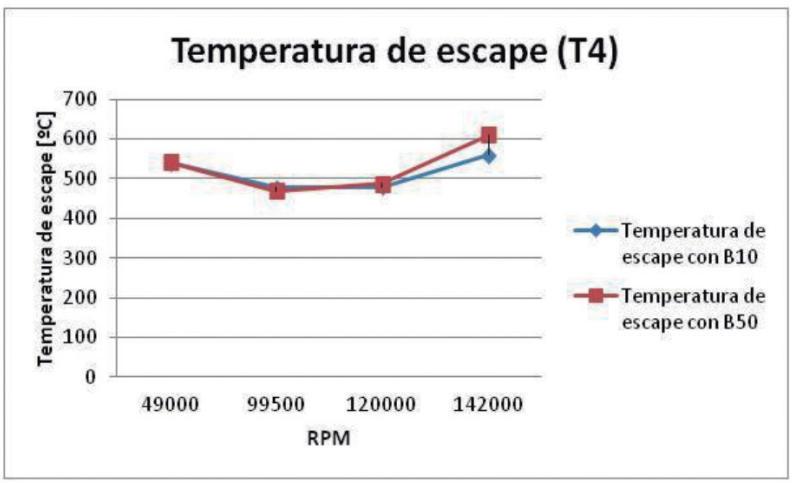


Fig. 4. Temperatura de gases de escape

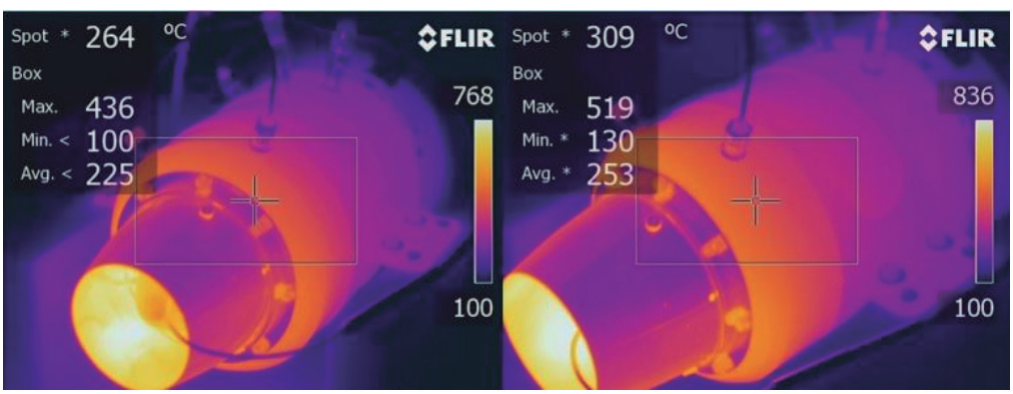


Fig. 5. Termografía

E. Relación de presión
En la Figura 6 se muestra la relación de presión para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Como es de esperarse, no se observan cambios significativos utilizando ambas mezclas.

F. Caudal de aire
En la Figura 7 se muestra el caudal de aire para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Como es de esperarse, no se observan cambios significativos utilizando ambas mezclas.

G. Consumo de combustible
En la Figura 8 se muestra el consumo de combustible para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Los resultados con B50 son menores que con B10 debido a la dinámica de combustión.

H. Potencia de compresión
En la Figura 9 se muestra la potencia de compresión para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Los resultados con B10 son levemente mayores que con B50.

I. Potencia calórica
En la Figura 10 se muestra la potencia calórica para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Los resultados con B50 son levemente mayores que con B10 debido a la dinámica de combustión.

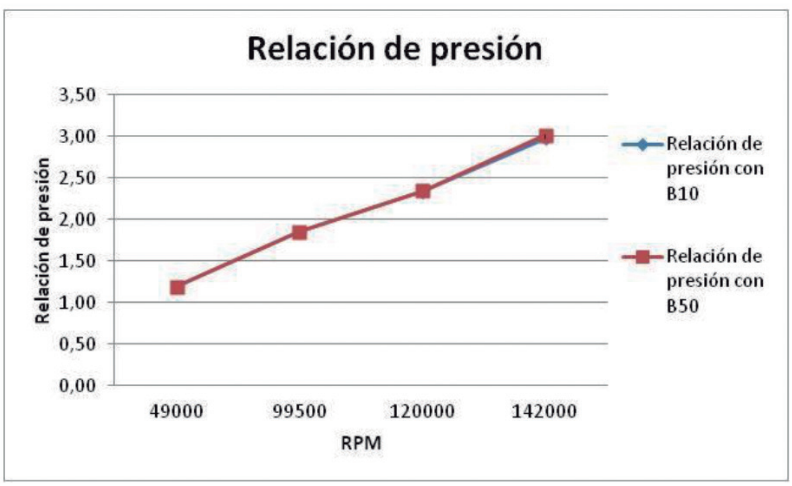


Fig. 6. Relación de presión

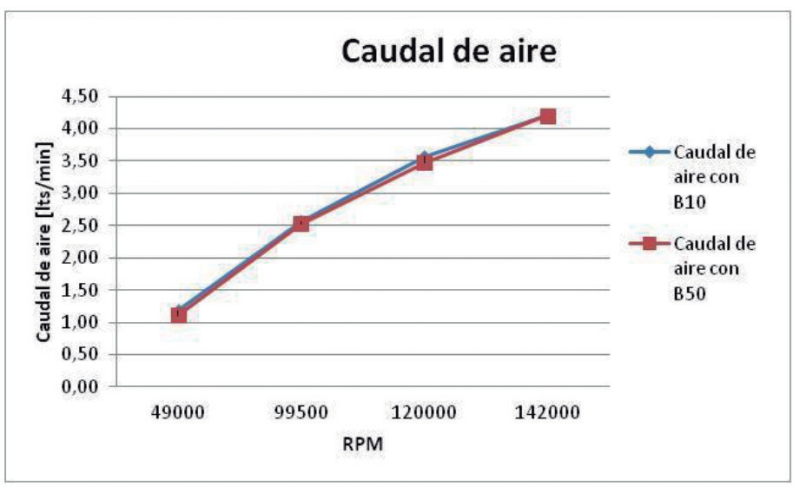


Fig. 7. Caudal de aire

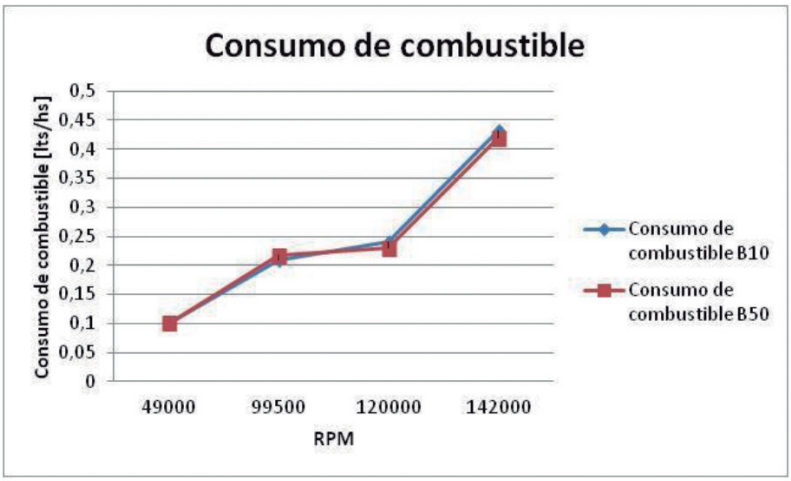


Fig. 8. Consumo de combustible

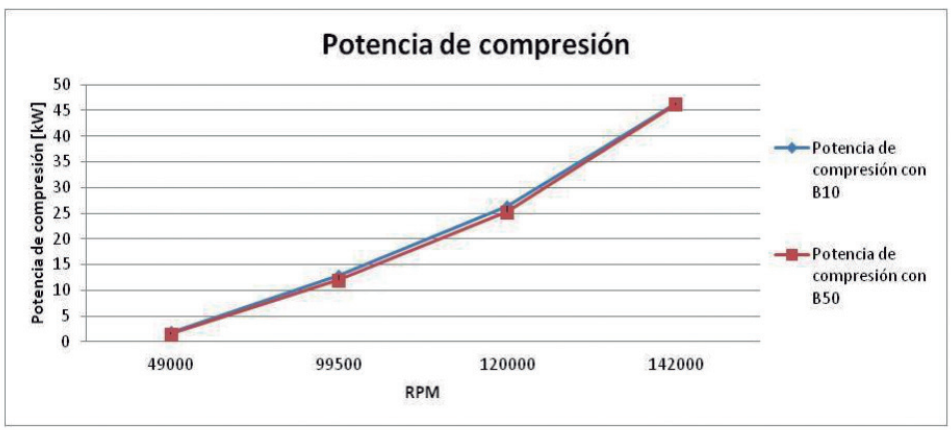


Fig. 9. Potencia de compresión

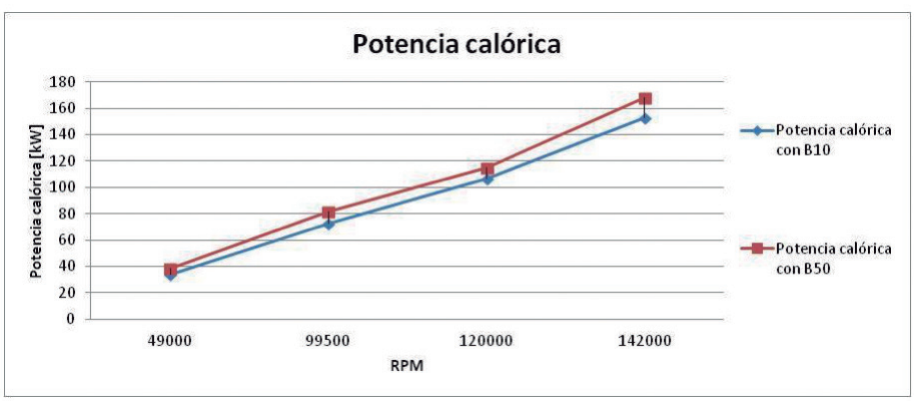


Fig. 10. Potencia calórica

J. Empuje

En la Figura 11 se muestra el empuje para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Los resultados con B50 son similares a los obtenidos con B10, sin cambios significativos.

K. Eficiencia de propulsión

En la Figura 12 se muestra la eficiencia de propulsión para diferentes aceleraciones de la turbina con B10 y B50. Los resultados con B50 son similares a los obtenidos con B10.

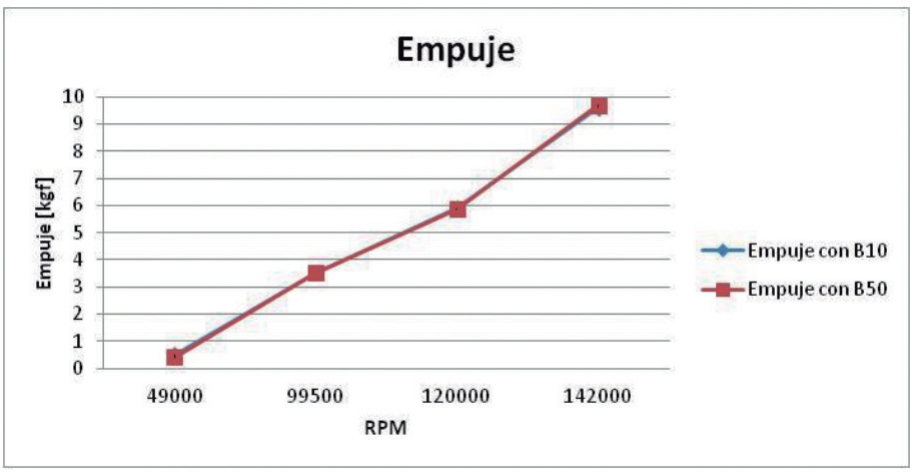


Fig. 11. Empuje

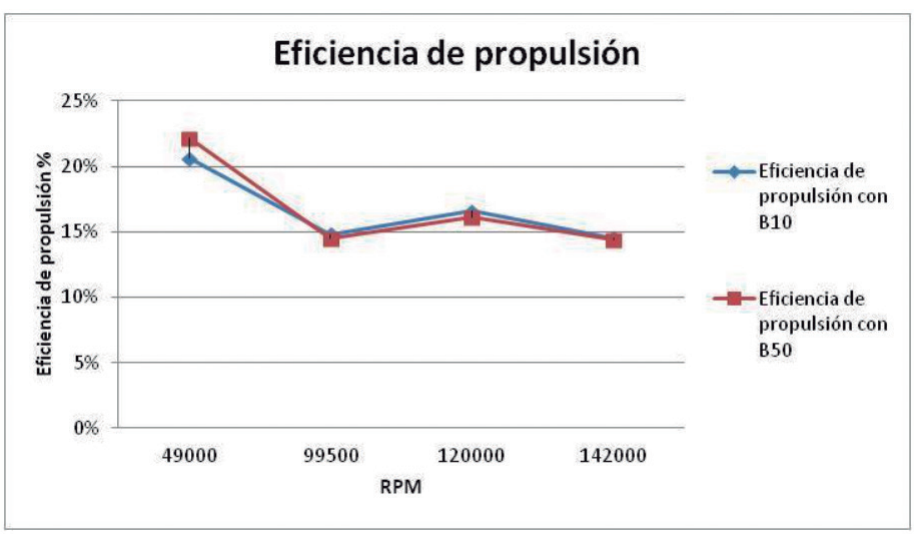


Fig. 12. Eficiencia de propulsión

Conclusiones

A partir de los resultados, se puede notar que la mayoría de los parámetros de operación son muy similares para ambas mezclas empleadas.

La temperatura de los gases de escape aumenta al incrementar el contenido de biodiesel en la mezcla. Esto se debe al proceso de combustión, ya que los parámetros de operación en la ECU de la turbina fueron establecidos para el uso de diesel y un cambio en la composición del combustible puede llevar a una dinámica de combustión diferente.

Este fenómeno también puede observarse en la temperatura obtenida en la cámara de combustión. La diferencia de la temperatura es notable. Por ejemplo, a 120.000 RPM, la diferencia de temperatura de la cámara de combustión usando los dos tipos diferentes de mezclas de combustibles es de aproximadamente un 10%. Para otros parámetros, como el empuje, los valores obtenidos son casi iguales.

A 142.000 RPM, el empuje difiere tan sólo en 0,1 kg. Esta diferencia es pequeña, teniendo en cuenta que la celda de carga, como cualquier instrumento de medición, tiene una determinada precisión.

Las conclusiones obtenidas permiten demostrar empíricamente que es posible utilizar biodiesel en este tipo de turbinas. Para estos niveles de potencia, casi no hay pérdida de la misma y, en el corto plazo, no se observa deterioro en los componentes internos. Para demostrar si este tipo de combustibles afecta o no dichos componentes internos, es necesario hacer funcionar múltiples turbinas durante un tiempo más prolongado, utilizando en cada una de ellas diferentes mezclas.

Agradecimientos

El equipo de investigación agradece enormemente al Ing. Raúl Sack, a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UTN.BA y a la Cámara Argentina de Biocombustibles por el apoyo brindado en el transcurso de la investigación.

Referencias

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Resolución Nº 1125/2013.
Shell, Ficha técnica "Gas Oil 1500".
UNITEC, "Ficha técnica Biodiesel".

Preparación y caracterización de un polímero conductor: polianilina (PANI)

César Espinoza, Juan Carlos Aphesteguy, Juan Rukavina Mikusic, María Cristina Di Stefano, Nicole Moschcovich[1]

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,
Departamento de Ingeniería Química, Centro de Tecnologías Químicas (CTQ)
Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

espinoza_cesar2@hotmail.com

Recibido el 7 de junio de 2018, aprobado el 28 de junio de 2018

Resumen

El objetivo de este trabajo consiste en preparar mediante un proceso de oxidación química Polianilina (PANI), un polímero de notable estabilidad química que aporta altos valores de conductividad cuando es utilizado como relleno de un material compuesto. El polímero obtenido es caracterizado a través de DRX (difracción por rayos X) y medida su conductividad a distintas temperaturas, permitiendo verificar un comportamiento semiconductor con mecanismos de conducción uni y tridimensionales de acuerdo a los dopantes utilizados.

PALABRAS CLAVE: POLÍMERO CONDUCTOR – DOPADO - POLIMERIZACIÓN QUÍMICA

Abstract

The objective of this work is to prepare by means of a chemical oxidation process Polyaniline (PANI), a polymer of remarkable chemical stability that provides high conductivity values when it is used as a filling of a composite material. The polymer obtained is characterized through XRD (X-ray diffraction) and its conductivity is measured at different temperatures, making it possible to verify a semiconductor behavior with uni and tri-dimensional driving mechanisms according to the dopants used.

KEYWORDS: CONDUCTOR POLYMER – DOPED – CHEMICAL POLYMERIZATION

1 Han participado de la elaboración de este trabajo: Matías Klaparda, Alexander Maritato, Claudio Labandeira, Juan Targize, Fabricio Mosca e Ignacio Manfredini

Introducción

Un polímero es un compuesto químico, natural o sintético, formado esencialmente a partir de la repetición de unidades estructurales idénticas. Su versatilidad ha abierto la posibilidad de fabricar compuestos capaces de ofrecer una combinación de propiedades y una diversidad de aplicaciones imposibles de obtener con metales, cerámicos o polímeros solos.

Los materiales compuestos muestran una enorme relevancia desde el punto de vista de la ingeniería. Sus atributos son superiores o de algún modo más importantes que los de sus componentes considerados individualmente. La mayoría de ellos están formados por dos fases: una continua, la matriz, y otra dispersa integrada por partículas o por fibras (cortas o largas).

Dentro de los materiales compuestos, los conductores resultan de vital importancia (Sánchez, 2017; Flinn, 1991). En esencia, el carácter intrínsecamente aislante ha sido desde siempre el limitante fundamental para el desarrollo industrial de los polímeros. Por esta razón, desde su descubrimiento en el año 1977 (Sirakawa, 2001; Heeger, 2001), han sido motivo y tema fundamental en numerosos trabajos de investigación.

Los polímeros utilizados como conductores se componen de un "esqueleto" con átomos de carbono e hidrógeno, unidos entre sí por una serie alternativa de enlaces dobles y simples (…=C-C=C-C=C-…). Es decir, presentan hiperconjugación de enlaces que permiten el paso de un determinado flujo de electrones. Suelen portar también otros átomos, nitrógeno o azufre por ejemplo.

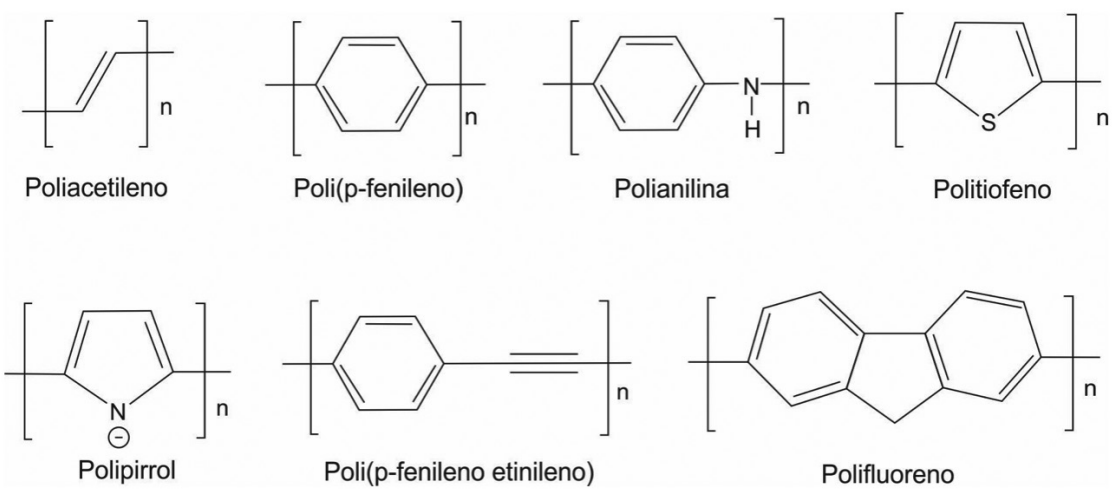


Fig. 1. Monómeros de polímeros conductores

Tabla 1. Conductividad de algunos polímeros

Polímero	Conductividad Máxima (S/cm)	Estructura
Poliacetileno	$1{,}5.10^{7}$	Enlaces C-C simples y dobles alternados
Polipirrol	$2{,}0.10^{5}$	Cinco anillos asociados conteniendo átomos de N y alternadamente simples y dobles enlaces C-C
Politiofeno	$1{,}0.10^{4}$	Cinco anillos asociados conteniendo átomos de S y alternadamente simples y dobles enlaces C-C
Polianilina	$1{,}0.10^{3}$	Anillos bencénicos unidos por átomos de N

En la Figura 1 se observan los monómeros de los respectivos polímeros conductores: poliparafenilo, politiofeno, polipirrol y la polianilina.

En la Tabla 1 se muestran valores de conductividad y la constitución básica de algunos polímeros conductores (Gerstle, 1985).

Síntesis de polímeros conductores

Resulta factible sintetizarlos y doparlos a partir de medios tanto químicos como electroquímicos.

Básicamente a partir del dopado de alguno de los polímeros mencionados en la Tabla 1, proveedores de enlaces dobles conjugados, se logra incrementar su conductividad eléctrica a niveles similares a la de algunos metales. Esta propiedad – transformación en polímeros intrínsecamente conductores – abre la posibilidad también de su utilización en un sinnúmero de distintas aplicaciones, algunas de ellas absolutamente especializadas.
Dentro de los polímeros conductores la polianilina (PANI) es uno de los más utilizados como relleno debido a su estabilidad química y alta conductividad. No sufre degradación cuando se la mezcla a su vez con diferentes polímeros.

Resulta conocida la existencia en el mercado de complejos conductores a base de PANI los que:

- Son solubles en ciertos solventes de uso común.
- Pueden ser procesados fácilmente por métodos térmicos, extrusión por ejemplo. La utilización de determinados aditivos permite disminuir la viscosidad en su mezcla con otros polímeros termoplásticos. Enorme grado de ventaja en cuanta comparación se efectúe con otros tipos de rellenos conductivos (ej., negro de humo, partículas metálicas, etc.).
- Pueden también ser utilizados en la preparación de mezclas poliméricas conductivas a partir de límites de percolación muy bajos.

En la Tabla 2 se muestran las principales propiedades físicas de la anilina (C_6H_7N):

La fórmula que mejor representa a la estructura de una cadena (considerando cuatro anillos entre bencénicos y quinónico) de PANI es:

$[(C_6H_4\text{- NH - }C_6H_4\text{ - NH - })_{1-x}(C_6H_4\text{ - N = }C_6H_4\text{ = N - })_x]_n$

La nomenclatura de las diferentes estructuras de la polianilina y sus respectivas abreviaturas se indican en la Tabla 3.

Tabla 2. Propiedades físicas de la anilina

Masa Molar	93,12 g/mol
Densidad	1,022 g/cm^3
Punto de ebullición	184,4 ºC
Punto de fusión	-6,2 ºC
Solubilidad en H_2O (T ambiente)	3,5 % m/m

Tabla 3. Nomenclatura de las diferentes estructuras de PANI

Nombre	Abreviatura
Leucoemeraldina sal	LES
Leucoemeraldina base	LEB
Emeraldina sal	ES
Emeraldina base	EB
Pernigranilina sal	PNS
Pernigranilina base	PNB

PANI – Polianilina

Preparación

La polianilina (PANI) se prepara por oxidación química o electroquímica a partir de anilina líquida. Los oxidantes químicos utilizados son: persulfato de sodio, persulfato de amonio o peróxido de hidrógeno. Dada la baja solubilidad del monómero en agua se lo solubiliza en ácido clorhídrico con obtención de cloruro de anilonio.

Oxidación química con persulfato de sodio

Forma ácida: ES-HCl
En un vaso de precipitados se mezcla con agitación magnética 1,20 g ($5{,}04.10^{-3}$ moles) de persulfato de sodio ($Na_2S_2O_8$) y 20 ml (0,02 moles) de ácido clorhídrico (HCl) 1 M a 0 °C en baño de hielo (solución A). En otro vaso de precipitados se mezclan también con agitación magnética 2 ml de anilina (0,022 moles) y 30 ml de HCl 1 M a 0 °C en baño de hielo (solución B). La relación molar persulfato/anilina es de 0,23. Se agrega la solución B a la solución A y agita magnéticamente durante una hora. Inicialmente la solución resultante incrementa su temperatura en aproximadamente 5 ºC para luego ser estabilizada en 0 ºC mediante baño de hielo. Al comienzo del proceso, la solución presenta una coloración verde, dando por resultado finalmente un color azul profundo. El precipitado obtenido se filtra con papel (banda blanca), lavándolo en reiteradas ocasiones con agua destilada, Luego metanol. Se seca en estufa de vacío a 60 °C. El sólido final toma una coloración verde oscura.

Forma básica: EB
Para obtener la polianilina en su forma básica, al sólido obtenido se lo suspende en un vaso de precipitados con 60 ml (0,06 moles) de NH_3 1 M. Se lo deja bajo agitación hasta el día siguiente. Se vuelve a filtrar con papel banda blanca. El sólido final obtenido es de color azul.

Oxidación con cloruro de hierro (III): ES-DBSA

La diferencia fundamental respecto al método anterior radica en que la polimerización de la anilina se realiza mediante cloruro de hierro (III) hexahidratado ($FeCl_3.\ 6H_2O$). Además en este caso se agrega ácido dodecilbencensulfónico (DBSA) que actúa como surfactante y participa en el dopaje de la polianilina.

Solución A: se agregan a temperatura ambiente 35 g (0,129 moles) de $FeCl_3.6H_2O$, 36 ml de agua destilada y 9 ml de HCl1 M. Se mezclan con agitación magnética.

Solución B: se agregan en un vaso de precipitados 5,6 g (0,06 moles) de anilina líquida, 3 g ($9{,}19.10^{-3}$ moles de ácido dodecilbencenosulfónico (DBSA; $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H$), 20 ml de H_2O destilada y 4,5 ml de HCl 1 M, agitándose magnéticamente durante 15 minutos.

Luego se agrega gota a gota a través de una ampolla de decantación la solución A a la solución B. Una vez finalizada esta operación, continúa la agitación hasta el día siguiente, manteniéndose el pH ácido. Luego de quitar del agitador, se filtra y lava primero con agua destilada y luego con metanol. Se seca en estufa de vacío a 65 °C. El color de la muestra sólida es verde oscuro.

Caracterización de los sólidos obtenidos

Análisis de difracción de Rayos X (DRX)

La difracción de Rayos X se realiza con un difractómetro modelo Rigaku equipado con un tubo de cobre con una longitud de onda de ≈ 0,154 nm. La intensidad de la difracción se mide para ángulos 2θ desde 10 a 60 grados con intervalos de 0,05 grados para las muestras EB y ES-HCl y desde 20 grados para la muestra ES-DBSA. Se examinan los polvos de las muestras previamente molidos y ubicados homogéneamente sobre un vidrio con ayuda de grasa de vacío.

En los Figuras 2, 3 y 4 correspondientes a los tres difractogramas se observan principalmente las señales características de las regiones cristalinas tanto de las formas ácidas como básica de la polianilina.

En los tres casos a partir de 2θ = 30º y hasta el final del barrido, los tres gráficos presentan un comportamiento típico de un material amorfo, siendo que la cristalinidad de la polianilina depende de la forma de obtención, la humedad residual de la muestra y del dopante utilizado.

Los picos en las dos muestras ácidas son más pronunciados comparados con la muestra básica. La intensidad de los picos está relacionada con las condiciones empleadas durante el proceso de polimerización.

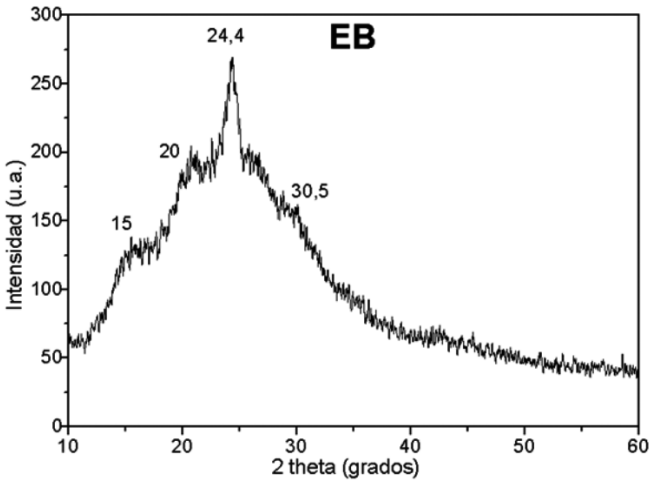


Fig. 2. Difractogramaindividual de la muestra EB

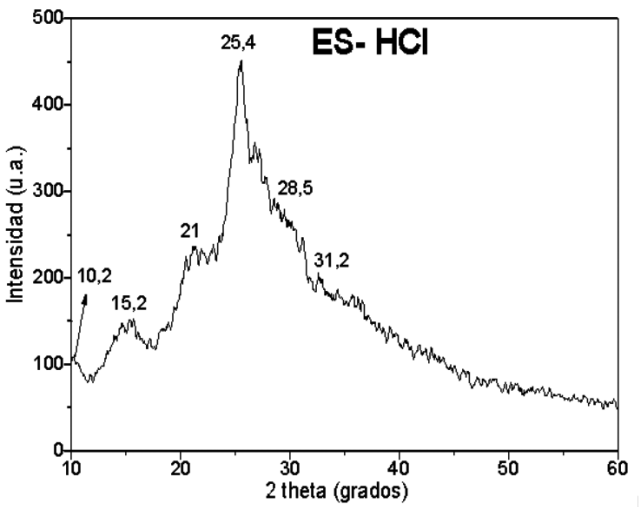


Fig. 3. Difractograma individual de la muestra ES-HCl

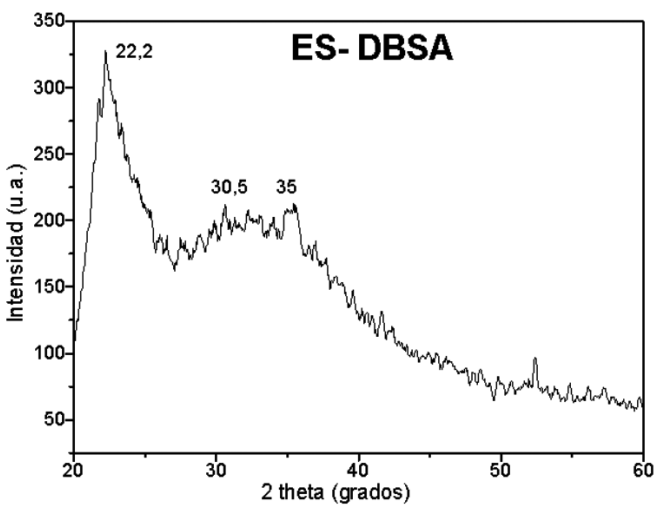


Fig. 4. Difractograma individual de la muestra ES-DBSA

El pico que siempre se presenta, independientemente de la forma final (ácida o básica) y del método utilizado para sintetizarla, se establece para el entorno de 2θ = 22º- 26°:

- Para la muestra EB (Figura 2), el pico de mayor intensidad se encuentra en un valor de 2θ = 24,4º, ubicándose los restantes aproximadamente en 15º, 20º y 30,5º respectivamente. Estos últimos son de muy baja intensidad.
- En la muestra ES-HCl (Figura 3) los picos se encuentran para valores aproximados de 2θ (y sus respectivas direcciones cristalográficas): 10,2º (001); 15,2º (011); 21º (020); 25,4º (200); 28,5º y 34,8º (311) respectivamente.
- En la muestra ES-DBSA (Figura 4), los picos se encuentran en $2\theta \approx$ 22,2º; 30,5º y 35º. Estos dos últimos aparecen prácticamente superpuestos, dada la obtención de una zona de pico amplio.

Luego:

- La muestra ES-HCl presenta el perfil mejor definido de las tres, siendo esto indicativo de una mayor cristalinidad. Al tener el ácido clorhídrico dopante una estructura simple en comparación con el DBSA, se favorecería el crecimiento homogéneo de las cadenas de PANI.
- La muestra EB, es la que presenta picos de menor intensidad y más anchos, lo que se relaciona con una pobre cristalinidad.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

En las Figura 5 se muestra una micrografía SEM para la muestra ES-DBSA cuya morfología presenta partículas esféricas de tamaño uniforme entre 50 y 100 nm.

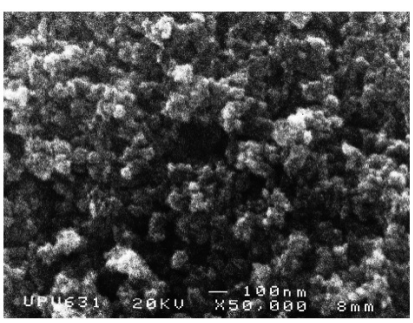


Fig. 5. Micrografía SEM de polvos de ES-DBSA

Propiedades de transporte: Resistividad (ρ) vs. Temperatura

Para temperaturas correspondientes a comportamientos típicamente de semiconductor, la dependencia de la conductividad con la temperatura tanto para pastillas como para películas de PANI, puede expresarse a partir de la expresión de Arrhenius. Además, y dado que el mecanismo de conducción en un sistema poco cristalino (caso de los polímeros semiconductores) está regido por el denominado "arreglo de saltos variable" (VHR), la conductividad puede ser expresada por la expresión de Mott:

$$\sigma(T) = \sigma_o \exp\left[-\left(\frac{T_o}{T}\right)^{1/n}\right]$$

Donde:

σ: conductividad [S.cm^{-1}] y
n puede tomar los valores:

- 2 si la conducción es en una dimensión a lo largo de la cadena polimérica
- 3 si es en dos dimensiones y
- 4 si es en tres dimensiones (conductividad entre cadenas del polímero).

La constante T_0 se denomina temperatura de Mott y tiene la siguiente expresión:

$$T_0 = 8/L_C Z N(E_F) k_B$$

Para n = 2, y

$$T_0 = 16/L_C^3 Z N(E_F) k_B$$

En el caso que n = 4,

Donde resultan ser:

L_C: longitud de localización[m]
$N(E_F)$: densidad de estados en el nivel de Fermi [J^{-1}]
k_B: es la constante de Boltzmann [J.K^{-1}]
Z: número de cadenas vecinas más próximas

Así, del gráfico ln σ vs. $T^{-1/n}$, se puede obtener la temperatura característica de Mott T0, valor correspondiente a una energía efectiva de separación entre los estados localizados. Resulta ser en definitiva una medida del grado de desorden en la región amorfa.

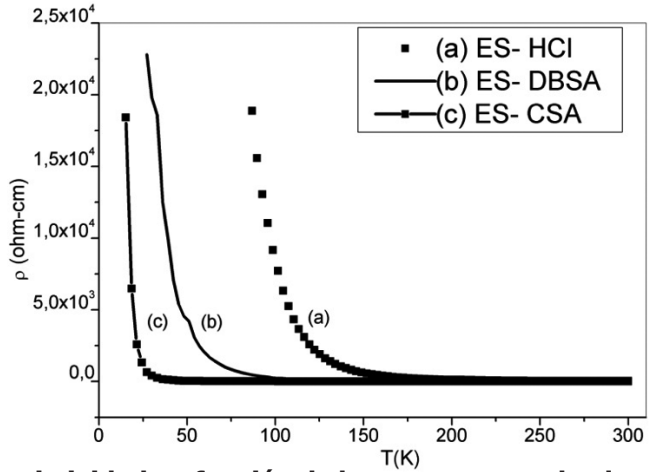


Fig. 6. Curvas de resistividad en función de la temperatura absoluta para: (a) ES- HCl, (b) ES-DBSA y (c) ES- CSA

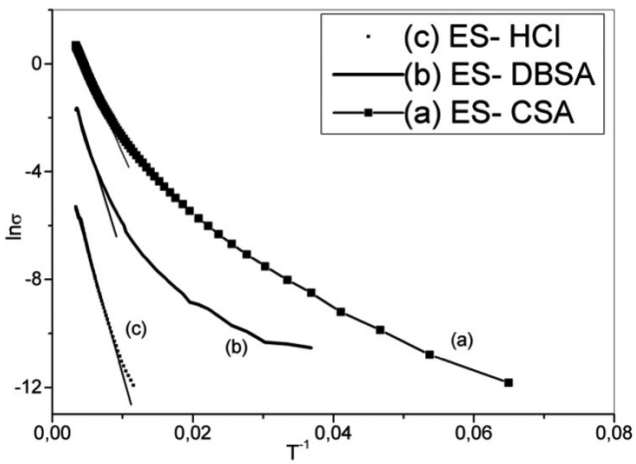


Fig. 7. Curvas del logaritmo natural de la conductividad en función de la inversa de la temperatura absoluta para: (a) ES-HCl, (b) ES-DBSA y (c) ES-CSA

En la Figura 6 se muestra la dependencia de la resistividad con la temperatura de las tres muestras, medidas en el rango de temperaturas comprendido entre 10 y 300 K, con el equipo PPMS (Quantum Design). La medición se realiza sobre las muestras en forma de pastillas compactadas de polianilina dopada con ácido clorhídrico, con ácido dodecilbencenosulfónico (DBSA) y HCl y con ácido canforsulfónico (CSA). Sobre las pastillas se adhieren contactos de cobre mediante pintura de plata.

- En la muestra dopada con ácido clorhídrico (ES-HCl) desde temperatura ambiente y hasta los 160 K la resistividad se mantiene aproximadamente constante, incrementándose luego abruptamente a medida que la temperatura desciende. Finalmente, 87 K es la última temperatura de medición.
- En el caso de la muestra (ES-DBSA) hasta los 97 K la resistividad con la disminución de la temperatura se mantiene aproximadamente constante. A temperaturas menores la resistividad aumenta constantemente hasta alcanzar el valor máximo a los 27 K.
- Por último, la muestra (ES-CSA), presenta resistividad aproximadamente constante hasta 36 K, para finalmente llegar a una temperatura mínima de medición de 15 K.

La energía de activación (Ea) de la expresión de Arrhenius se corresponde con el *gap* banda llena- banda vacía. A fin de poder calcularla se grafica en primer lugar (Figura 7) el logaritmo natural de la conductividad en función de la inversa de la temperatura absoluta para las tres muestras analizadas previamente. Luego, se ajusta mediante una función lineal cada una

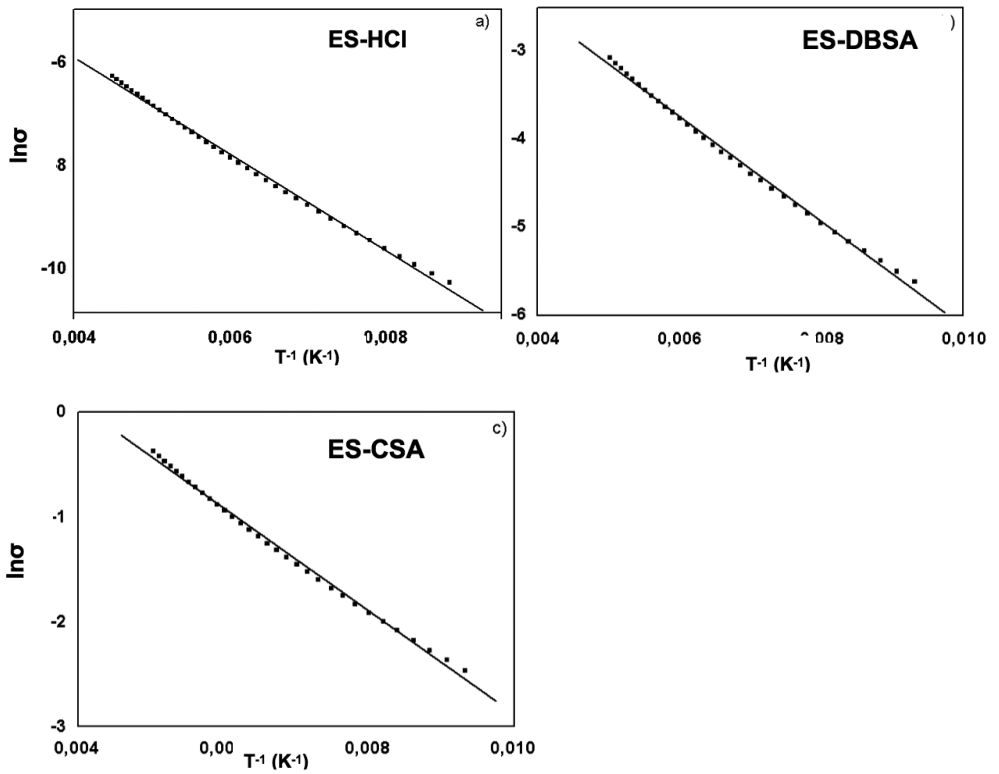


Fig. 8. Ajuste de las curvas de conductividad (ln σ) en función de la inversa de la temperatura absoluta para: (a) ES-HCl, (b) ES-DBSA y (c) ES-CSA

Tabla 5. Valores de temperatura de Mott (en Kelvin) para n=2 y n=4

Muestra	R (ajuste n= 2)	To (K) n = 2	R (ajusten=4)	To (K) n = 4
ES- HCl	0,9985	$2,0\ 10^4$	0,9969	$3,8\ 10^7$
ES- CSA	0,9960	$4,6\ 10^3$	0,9998	$4,9\ 10^6$
ES-DBSA	0,9978	$1,0\ 10^4$	0,9999	$1,1\ 10^7$

de las curvas en el rango de temperaturas en el que la muestra presenta comportamiento semiconductor. El valor de la pendiente de la recta de ajuste multiplicado por la constante de Boltzmann permite obtener un valor numérico para la energía de activación.

A partir de la Figura 8 (a, b y c) se obtiene el término independiente y la pendiente, que representan la conductividad a 300 K (σ 300K) y la Energía de activación (Ea), respectivamente.

En la Tabla 4 se muestran los valores de conductividad y energía de activación (Ea) obtenidos a partir de los gráficos de las Figuras 6 y 8 respectivamente.

Tabla 4. Valores de conductividad y energía de activación para las tres muestras

muestra	σ_{300K} (S.cm^{-1})	Ea (ev)
ES- HCl	0,005	0,080
ES-DBSA	0,18	0,051
ES- CSA	2,0	0,042

Los valores de pendientes obtenidos se encuentran en concordancia con los perfiles térmicos que se observan en las curvas de resistividad (Figura 6)porque la muestra menos conductora (ES-HCl) es la que presenta mayor E_a y por ello mayor pendiente (en valor absoluto).

A continuación se grafica para cada una de ellas el logaritmo natural de la conductividad

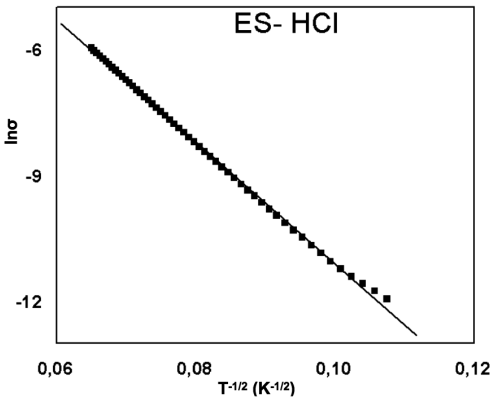


Fig. 9. Ajuste de la curva de conductividad con $T^{-1/2}$ para ES-HCl

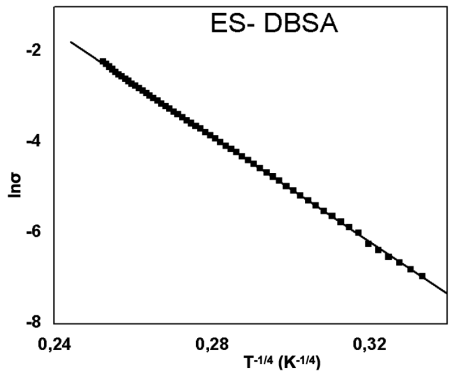


Fig. 10. Ajuste de la curva de conductividad con $T^{-1/4}$ para ES-DBSA

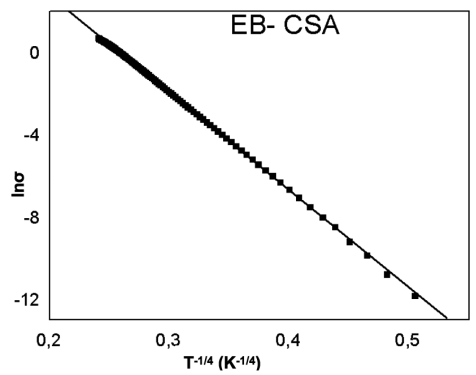


Fig.11. Ajuste de la curva de conductividad con $T^{-1/4}$ para ES-CSA

(ln σ) vs $T^{-1/n}$ para n = 2 y 4 (Figuras 9, 10 y 11). Luego, de la pendiente de dicha recta de ajuste elevada al cuadrado o a la cuarta, puede estimarse la temperatura de Mott (T0) para cada sistema.

Estos valores se muestran en la Tabla 5.

La Figura 6 muestra el comportamiento semiconductor de las tres muestras ya que la conductividad decrece al disminuir la temperatura.

En primer lugar puede deducirse que:

- La muestra más conductora a Tambiente es la de polianilina básica dopada en estado sólido con CSA.
- En segundo lugar la muestra sintetizada utilizando cloruro férrico como agente oxidante y dopado con DBSA.
- Por último la de polianilina dopada con ácido clorhídrico.

En los tres casos, las curvas de resistividad muestran perfiles térmicos similares.

A medida que la temperatura desciende aparece un ligero incremento hasta un cierto valor a partir del cual la resistividad registra un incremento considerable.

Todo lo descrito se ve corroborado por el mejor ajuste de la curva de conductividad con $T^{-1/2}$, lo que implica conductividad unidimensional.

En la muestra ES-DBSA, los iones Fe^{2+}/Fe^{3+} se ubicarían entre cadenas paralelas de PANI mientras se produce la reacción química para obtener PANI, siendo éste el vehículo para el transporte intercadenas.

La Figura 8 muestra el ajuste lineal de la conductividad de todas las muestras en función de la inversa de T. Se observa un comportamiento lineal desde T ambiente hasta valores de T > 100 K y no lineal para T < 100 K. Por lo tanto la ecuación de Arrhenius es válida para T > 100 K. En ese rango la Ea se puede considerar independiente de la temperatura.

La muestra con mayor energía de activación, ES-HCl, es por ende la menos conductora.

En lo referente al mecanismo de transporte, se puede inferir que la muestra ES-HCl se comporta de manera diferente a ES-DBSA y ES-CSA. La primera presenta un mecanismo unidireccional (n=2) y las otras dos en tres dimensiones (n=4), en la mayor parte del rango de temperatura.

El mecanismo unidimensional ($T^{-1/2}$) se refiere

al transporte intracadena, para lo cual es necesario que éstas estén estiradas. El mecanismo tridimensional ($T^{-1/4}$) es intercadena, debiendo para ello estar las cadenas unidas mediante los agentes dopantes.

Estas dos condiciones justificarían el hecho que, hasta relativamente bajas temperaturas, principalmente las muestras ES-DBSA y ES-CSA presentan valores altos de conducción.

La To (Mott) a su vez es indicativa del grado de desorden del polímero en cada una de ellas.

Efectos de los distintos dopantes

Los dopantes orgánicos (CSA y DBSA) tienen como función adicional al dopaje incrementar la solubilidad de PANI en solventes orgánicos (m-cresol, cloroformo) a fin de favorecer el procesamiento de estos materiales y formar películas.

- El CSA se une a la PANI a través del ion hidrógeno quedando el anión canforsulfonato como contraión. Esto produciría un aumento de la conductividad en tres dimensiones (n= 4) comparado con las otras dos muestras.
- El DBSA actúa como dopante al mismo tiempo que como surfactante durante el mecanismo de polimerización de PANI permitiendo un mejor ordenamiento de las cadenas del polímero.

En el caso del dopaje con HCl:
- Al tener éste una estructura simple no logra ser tan efectivo en la interconexión entre cadenas como para conducir en tres dimensiones.
- No permite estirar las cadenas enrolladas del polímero al momento de efectuarse el dopaje en solución, de manera tal que se puedan unir los iones hidrógeno a los átomos de nitrógeno de la PANI.
- Las cadenas de PANI "estiradas" se encontrarían dentro de las regiones cristalinas, guardando entre ellas cierto paralelismo y estando no muy cercanas unas de otras. Por lo tanto la conductividad va a ocurrir a lo largo de cada cadena comprendida dentro de los límites de la zona cristalina donde efectivamente la unión entre cadenas sería muy pobre.
- Con el descenso de la temperatura el pasaje de electrones de una cadena a la otra, para que la conducción se efectúe en tres dimensiones, sería también casi nulo.
- Dentro de las zonas amorfas (S), las cadenas están entrelazadas. Por lo tanto no pueden formar un camino que permita desplazar a los polarones o bipolarones.

A partir del análisis de de los distintos dopantes, resulta ser la muestra dopada con HCl la de menor conductividad.

Metodología de medición de la conductividad a altas temperaturas

Para determinar la conductividad (resistividad) a temperaturas superiores (entre 0 y 160 ºC) de una muestra de PANI (ES-HCl) compactada se diseña y efectúa el siguiente procedimiento en el laboratorio. Se apoya la muestra sobre una su-

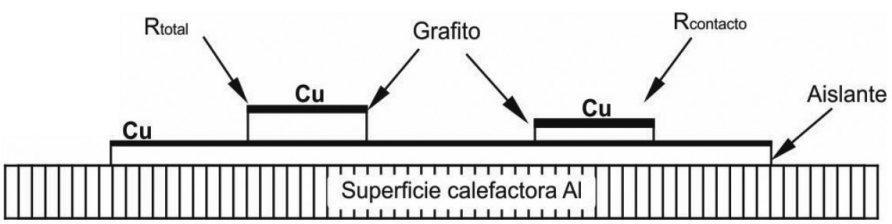


Fig. 12. Esquema del dispositivo para medición de resistividad en función de la temperatura

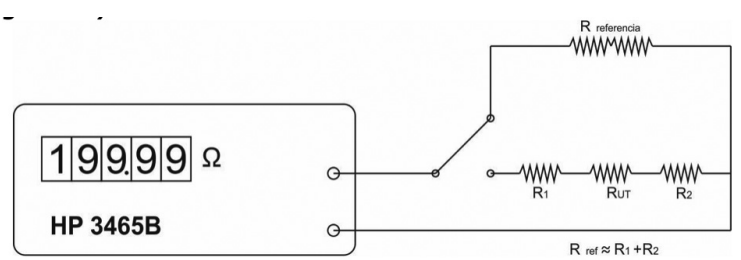


Fig. 13. Circuito equivalente para medición de conductividad

perficie plana de cobre plateada interponiendo pintura conductora de grafito. Sobre la cara superior se adhiere una sección cuadrada de cobre con la misma pintura a modo de adhesivo conductor. A corta distancia de la muestra se realiza una unión de referencia de las mismas dimensiones que la muestra con pintura conductora de un espesor aproximado a dos uniones con el objeto de tener una medición permanente del comportamiento de la pintura de grafito en las mismas condiciones de la muestra.

Esta unión permite a su vez generar información para la obtención de una medición diferencial, descontando la resistencia de la pintura conductora. Para evitar que se desarme el prototipo al subir la temperatura, se le agrega un fleje que mantiene ligeramente presionado el conjunto.

Un esquema del dispositivo se muestra en la Figura 12.

Se efectúa a su vez un esquema del circuito equivalente necesario para el ensayo (Figura 13).

En la siguiente Tabla 6 se incorporan los valores de resistencia, resistividad y conductividad, medidos desde 0 hasta 160 °C

Donde:

Temp: Temperatura [ºC]
R_TOT: Resistencia total [Ω]
R_Cnt: Resistencia de contacto [Ω]
R_MUT: Resistencia media útil [Ω]
RE: Resistividad [Ω.m]
C: Conductividad [Ω-1.m-1]

Tabla 6. Valores obtenidos de Resistividad en función de la temperatura para una muestra de PANI

Temp [°C]	R_TOT[Ω]	R_Cnt[Ω]	R_MUT[Ω]	RE [Ω.m]	C [$\Omega^{-1}.m^{-1}$]
0	28,61	2,14	26,47	0,794	1,259
5	28,47	2,15	26,32	0,790	1,266
10	28,00	2,20	25,80	0,774	1,292
15	27,68	2,20	25,48	0,764	1,308
20	27,43	2,20	25,23	0,757	1,321
25	26,68	2,50	24,18	0,725	1,379
30	26,20	2,44	23,76	0,713	1,403
35	25,13	2,62	22,51	0,675	1,481
40	24,31	2,66	21,65	0,650	1,540
45	23,86	2,69	21,17	0,635	1,575
50	22,54	2,72	19,82	0,595	1,682
60	21,76	2,66	19,10	0,573	1,745
70	20,35	2,69	17,66	0,530	1,888
80	19,88	2,66	17,22	0,517	1,936
85	18,65	2,64	16,01	0,480	2,082
85	17,73	2,64	15,09	0,453	2,209
90	17,08	2,65	14,43	0,433	2,310
95	16,71	2,63	14,08	0,422	2,367
100	15,92	2,61	13,31	0,399	2,504
110	14,44	2,48	11,96	0,359	2,787
120	13,40	2,44	10,96	0,329	3,041
130	12,88	2,41	10,47	0,314	3,184
140	11,27	2,39	8,89	0,267	3,750
150	10,25	2,30	7,95	0,239	4,193
160	9,21	2,30	6,91	0,207	4,824

Tabla 7. Resistividad de metales y grafito a temperatura ambiente

Material	Resistividad a 25° C (Ω.m)
Plata	$1{,}59.10^{-8}$
Cobre	$1{,}71.10^{-8}$
Oro	$2{,}35.10^{-8}$
Alumnio	$2{,}82.10^{-8}$
Wolframio	$5{,}65.10^{-8}$
Niquel	$6{,}40.10^{-8}$
Hierro	$9{,}71.10^{-8}$
Platino	$10{,}60.10^{-8}$
Estaño	$11{,}50.10^{-8}$
Grafito	$60{,}00.10^{-8}$

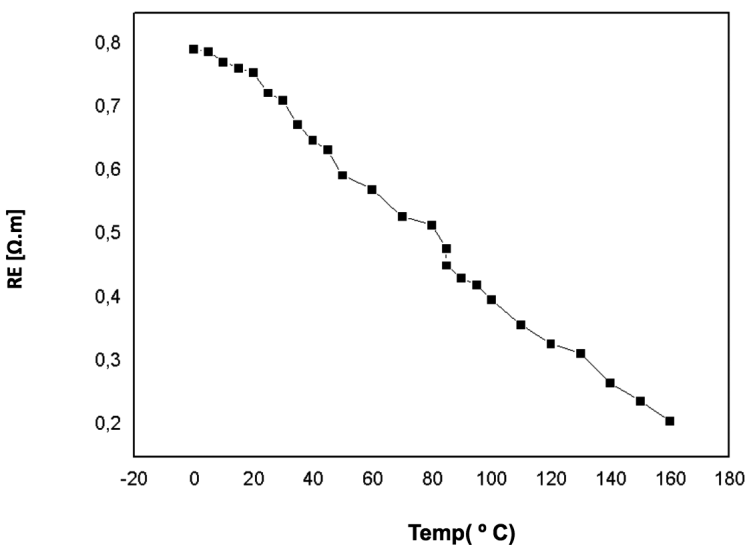


Fig. 14.Resistividad en función de la temperatura para una muestra de PANI

A modo comparativo, en la Tabla 7 se muestran los valores de resistividad a temperatura ambiente, de los principales metales (excepto el grafito) conductores.

En la Figura 14 se representa la curva obtenida de Resistividad en función de la Temperatura, a partir de los datos de la Tabla 6.

A partir del diseño, desarrollo e implementación de la metodología de medición de conductividad a altas temperaturas se logra determinar la conductividad (resistividad) para temperaturas superiores (entre 0 y 160ºC) de una muestra de PANI - ES-HCl. Resulta factible corroborar el aumento de la conductividad con el incremento de temperatura.

Conclusiones

A partir del análisis de por difracción de rayos X se puede deducir que:

1. Todas las muestras preparadas indican una baja cristalinidad.
2. Todas las muestras presentan únicamente los picos correspondientes a la polianilina indicando la ausencia de sales eliminadas por el lavado.
3. El pico que siempre se encuentra en la polianilina, independientemente de la forma final (ácida o básica) y del método utilizado para sintetizarla, se encuentra en el entorno de 2θ = 22º- 25°.
4. La muestra ES-HCl presenta el perfil mejor definido indicativo de una mayor cristalinidad.
5. Los estudios de transporte muestran mayor conductividad para las muestra con dopantes orgánicos ES-DSBA y ES-CSA frente a la dopada con ácido mineral (HCl).
6. Los estudios de conductividad a diferentes temperaturas indican un comportamiento semiconductor del polímero dopado:
   - Un mecanismo de conducción unidimensional para la muestra ES-HCl y
   - Un mecanismo tridimensional para las muestra con dopantes orgánicos ES-DSBA y ES-CSA
7. A partir del Figura 14 se puede observar que la polianilina tiene el comportamiento de un material con un coeficiente de temperatura negativo (NTC), es decir que a medida que aumenta la temperatura la resistividad disminuye.

Referencias

FLINN R.A,TROJANP.K., (1991). Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones. Ed McGraw-Hill.
GERSTLEF. P., KROSCHWITZJ. I., MARKH. F., BIKALESN. M., OVERBERGERC. G., and MENGESG., eds. New Cork: John Willey and Sons, (1985). "Composites" in Encyclopedia of Polymer Science and Technology, vol. 3.
HEEGERA. J., (2001). AngewandteChemie International Edition, vol. 40, 2591-2611.
SÁNCHEZ JIMÉNEZ M., (2017). Estudio de mejora de las propiedades de polímeros conductores electrogenerados. Verificación de parámetros de aplicación tecnológica, Universidad Politécnica de Catalunya, Tesis doctoral Grupo Innovación en Materiales e Ingeniería Molecular (IMEM).
SIRAKAWA, H. (2001). "Angewandte Chemie Internacional Edition", vol. 40, 2574- 2580.

La física detrás de la evacuación de personas

Guillermo A. Frank[1], Claudio O. Dorso[2]

[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Unidad de Investigación y Desarrollo de las Ingenierías (UIDI), Av. Medrano 951, (C1179AAQ) Buenos Aires, Argentina
[2] Instituto de Física de Buenos Aires, Pabellón I, Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina

guillermo.frank@gmail.com

Recibido el 10 de junio de 2018, aprobado el 27 de julio de 2018

Resumen

Las catástrofes en eventos multitudinarios motivaron a investigadores en el área de las ciencias físicas a estudiar (y eventualmente prevenir) los fenómenos que surgen cuando se produce una situación de pánico. En particular, el modelo de Fuerza Social (SFM) es capaz de describir con realismo el comportamiento colectivo de un conjunto de personas, agregando los ingredientes específicos para cada situación. En este artículo seleccionamos tres fenómenos relevantes que se pueden dar en situaciones de pánico. Éstos tienen consecuencias paradojales, y que habitualmente se ignoran al momento de prevenir catástrofes. Los fenómenos detallados son el *faster is slower* (más rápido es más lento), faster is faster (más rápido es más rápido), *clever is not always better* (lo inteligente no es siempre mejor) y los relacionados con sentimientos afectivos.

PALABRAS CLAVE: EVACUACIÓN - PÁNICO - BLOQUEO - MODELO DE FUERZA SOCIAL

Abstract

Disasters around multitudinous events called the attention of researchers in the field of Physics. Many were moved to study (and eventually prevent) phenomena associated to panic situations. Specifically, the Social Force Model (SFM) appears to be accurate enough for attaining the basics of the collective dynamics and seems to fit in a wide range of situations. This article focuses on three relevant phenomena somewhat paradoxical (and not entirely considered while designing evacuation strategies). The phenomena are: the faster is slower effect, faster is faster effect, the clever is not always better paradox, and effect related to attractive feelings between couples.

KEYWORDS: EVACUATION – PANIC – BLOCKING - SOCIAL FORCE MODEL

Introducción

La evacuación de individuos en situaciones de pánico suscita preocupación creciente debido al aumento sostenido de víctimas año tras año (Fruin, 1993). La problemática es antigua y ya se encuentra documentada en regulaciones mandatorias de la última dinastía Qing en China (1644-1911 D.C.) (Cheng, 2004). En ellas se establece la necesidad de dos puertas para casos de incendio.

Los eventos multitudinarios son los que más llaman la atención de investigadores y de la opinión pública en general. Recordemos que en el presente se cumplen 50 años de la tragedia de "Puerta 12", ocurrida en el estadio de River Plate (Buenos Aires, Argentina). En años más recientes sobresalen también las catástrofes del recital de Callejeros en el establecimiento "República Cromañón" (Buenos Aires, 2004) y del recital del Indio Solari en el predio "La Colmena" (Olavarría, 2017).

Desde hace varios años se desarrollan modelos de comportamiento de individuos en estado de pánico para recrear escenarios de riesgo e intentar prevenir catástrofes. Las primeras investigaciones consideraban a la multitud de individuos como un fluido o un gas (Henderson, 1971; Hughes, 2000). Sin embargo, este nivel de aproximación no resultó del todo adecuado para un sistema (humano) en el que no se conserva la energía o el momento total. Un modelo alternativo consistió en representar el movimiento de personas como si fueran entes magnéticos atraídos (magnéticamente) hacia los puntos de evacuación (Okazaki, 1993). El inconveniente con este modelo es que los parámetros que usa no son directamente estimables (es decir, no tienen un correlato directo con magnitudes medibles).

El modelo de (SFM) propuesto por Helbing y colaboradores (Helbing, 2000) aborda la problemática del movimiento de personas desde una perspectiva microscópica, es decir, como verdaderos entes que interactúan entre sí. Las interacciones tienen una naturaleza socio-sicológica y física (ver siguiente sección). El movimiento de los individuos es de tipo no coordinado y todos los individuos pueden presentar fluctuaciones de velocidad entre sí, o algún otro parámetro que los distinga.

El presente artículo trata algunos posibles escenarios de evacuación de personas en estado de pánico, basándonos en el modelo de (SFM) La aproximación a esta problemática por medio de este modelo resulta atractiva por dos motivos: (a) permite la construcción e integración de ecuaciones formales cuyos parámetros mantienen un significado físico directo; (b) no se encuentran disponibles (hasta donde tenemos conocimiento) otros modelos que logren capturar un nivel de realismo similar al de la (SFM). En este sentido, los modelos de autómatas (i.e. modelos tipo "tablero de ajedrez") distan mucho del realismo del SFM, aunque son numéricamente más simples de resolver.

Se mostrará en la sección de Resultados que es posible identificar, por medio de la simulación numérica del SFM, las causas de tragedias ocurridas durante la evacuación. Algunos de estos resultados pueden hallarse en Frank y Dorso (2011, 2015). Se recomienda también la lectura de Parisi y Dorso (2005, 2007).

Marco teórico

El modelo de (SFM)

El modelo básico de Helbing (2000) propone que la dinámica peatonal es el resultado de la interacción de cada individuo con su propio ambiente (tanto de manera socio-sicológica como física) combinado con su deseo de dirigirse hacia un determinado lugar. Estos tres elementos alteran la dinámica de la persona de manera similar a como lo hacen las fuerzas en la ecuación de Newton:

$$m_i \, dv_i/dt = f_s + f_g + f_d \qquad (1)$$

donde:
f_s es la (SFM) de interacción con el ambiente (i.e. otros individuos, paredes, etc.),
f_g es la fuerza granular o fricción física, y
f_d es la fuerza de deseo.

La interacción con el ambiente o se basa en el principio de que la persona reacciona cuando ve vulnerada su esfera de privacidad. La esfera de privacidad es aquella distancia con los demás (o con los objetos) a la que nos sentimos cómodos. Si esta distancia se reduce, experimentamos una incomodidad y tratamos de alejarnos hacia una distancia más confortable. Por lo tanto, la esencia de este comportamiento socio-sicológico se identifica con una fuerza de tipo social que tiene un carácter repulsivo. Se

puede modelar como una función exponencial decreciente del siguiente modo:

$$f_s(ij) = A_i\, e^{(rij - dij)/Bi}\, n_{ij} \qquad (2)$$

donde: i representa alguna de las partículas (peatones) y j puede ser otra de ellas, o bien, una pared.
d_{ij} representa la distancia entre los centros de masa de los peatones.
n_{ij} es el versor en la dirección ji y $r_{ij} = r_i + r_j$ es la suma de los radios de los peatones i y j. Los parámetros Ai y Bi se fijan experimentalmente.

El balance entre la (SFM) y nuestro deseo de dirigirnos en una determinada dirección queda registrado habitualmente por la distancia de confort que mantenemos en distintas circunstancias. La distancia que nos separa con la persona de adelante en una cola de espera corresponde, por ejemplo, al balance entre nuestro deseo por avanzar y la necesidad por mantener nuestro espacio de privacidad. Esta distancia permite obtener valores experimentales de los parámetros A_i y B_i.

La fuerza de deseo que nos lleva a dirigirnos hacia un determinado objetivo puede ser más o menos intensa, según el nivel de ansiedad de la persona. Ésta es la aceleración requerida para pasar de la velocidad actual (incompatible con nuestro nivel de ansiedad) a la velocidad deseada vd. La velocidad deseada es aquella en la que nos sentimos cómodos, según el nivel de ansiedad que tengamos. Por lo tanto, la fuerza de deseo es proporcional a la diferencia entre la velocidad deseada vd(t) y la velocidad actual v(t) según la expresión:

$$fd^{(i)} = mi[v_d(t)e_d(t) - v_i(t)]/\tau \qquad (3)$$

donde:
τ es un tiempo de relajación (estimado en 0,5 segundos),
e_d es el versor dirección de deseo y
mi es la masa del individuo i.

El modelo incluye una fuerza de fricción (o fuerza granular) entre individuos en contacto, de la forma:

$$f_g(ij) = \kappa\, g(r_{ij} - d_{ij})\, \Delta v_{ij} \cdot t_{ij} \qquad (4)$$

donde:
$\Delta v_{ij} = v_j - v_i$ es la diferencia de velocidad entre los peatones i
j, y t_{ij} es el versor tangencial. κ es un parámetro experimental y g(.) es una función nula si $r_{ij} < d_{ij}$ o igual a su argumento en caso contrario.

Para una descripción más detallada de los parámetros, véase Parisi y Dorso (2005,2007).

Clusters sociales

La ecuación (1) representa la evolución temporal de cada persona dentro de una multitud. Esto conduce a la formación de estructuras transitorias de individuos que se encuentran en contacto entre sí. Estas estructuras o *clusters* sociales cumplen distintos roles dentro de la multitud, como por ejemplo, bloquear la salida de otros individuos.

Un *clusters* social se define como aquel grupo de personas G tal que si un individuo i pertenece al grupo, entonces existe otro individuo j del grupo que está en contacto con el primero (i). En términos formales

$$i \in G \Leftrightarrow \exists\, j \in G \,/\, d_{ij} < r_i + r_j \qquad (5)$$

El cluster social que bloquea completamente una salida es el responsable por las demoras en los tiempos de evacuación. Dentro de este cluster social, resulta particularmente relevante el sub-conjunto mínimo de personas en contacto entre sí, que bloquean la salida de lado a lado. A este número mínimo lo identificamos como una estructura bloqueante.

Vínculo afectivo entre personas

Los vínculos afectivos entre personas son sentimientos de alguna manera opuestos a la (SFM). Mientras que esta última corresponde a la incomodidad debida a la invasión de nuestra esfera de privacidad, los vínculos afectivos corresponden a la comodidad que sentimos en compartir un espacio común con el otro. El vínculo afectivo actúa como una fuerza restitutiva, si este espacio común se rompe. Los sentimientos opuestos de preservación de la privacidad alcanzan un balance con los sentimientos opuestos de espacio común.

Según la argumentación dada en Frank y Dorso (2016), el vínculo afectivo puede ingresar en la ecuación (1) como una fuerza adicional al modelo básico de Helbing (2000). La expresión es la siguiente

$$fa^{ij)} = (\varepsilon/4D_i) \cosh^{-2}[(C_i - d_{ij})/(2Di)] \quad (4)$$

donde:
ε y C_i, D_i son parámetros ajustables.

El parámetro ε fija la amplitud de la fuerza, y por lo tanto, se interpreta como la "intensidad" del vínculo afectivo entre dos personas.

Métodos

La investigación de escenarios de evacuación de personas se realiza por medio de métodos computacionales, y en la medida de lo posible, se contrasta con datos obtenidos de material fílmico. La implementación computacional consiste en integrar numéricamente la ecuación (1) para cada individuo. Si se estudia una multitud de N individuos, entonces se deberá integrar temporalmente N ecuaciones instante a instante. Típicamente la integración temporal se realiza con un tamaño de paso de Δt = 0,0001 s. El integrador temporal usado es el de Verlet en velocidades.

$$r_i(t+\Delta t) = r_i(t) + v_i(t)\,\Delta t + \tfrac{1}{2}\, ai(t)\,\Delta t^2 ,$$
$$v_i(t+\Delta t) = v_i(t) + a_i(t)\,\Delta t \quad (6)$$

donde:
r_i, v_i y a_i son las posiciones, velocidades y aceleraciones, respectivamente.

Las aceleraciones se obtienen a partir de la evaluación de todas las fuerzas entre individuos (y con los obstáculos). La velocidad deseada $v_d(t)$ debe actualizarse con cada paso temporal. Ésta se fija según la estrategia asignada a cada individuo. La estrategia más simple posible consiste en asignarle a cada individuo una velocidad deseada vd(t) con dirección hacia la salida de emergencia más cercana. Pero son posibles otras, como seguir a un líder (comportamiento "en manada"), o bien, elegir entre múltiples salidas según el nivel de congestión en cada una.

En la Figura 1 se muestra un instante en la evacuación de 225 personas, a través de una única salida. Esta escena ejemplifica la estrategia correspondiente a que todos los individuos se dirigen a un lugar común (la salida). El cluster resaltado en otra tonalidad corresponde al número mínimo de personas capaces de impedir (bloquear) el paso de los demás, provocando una demora en la evacuación.

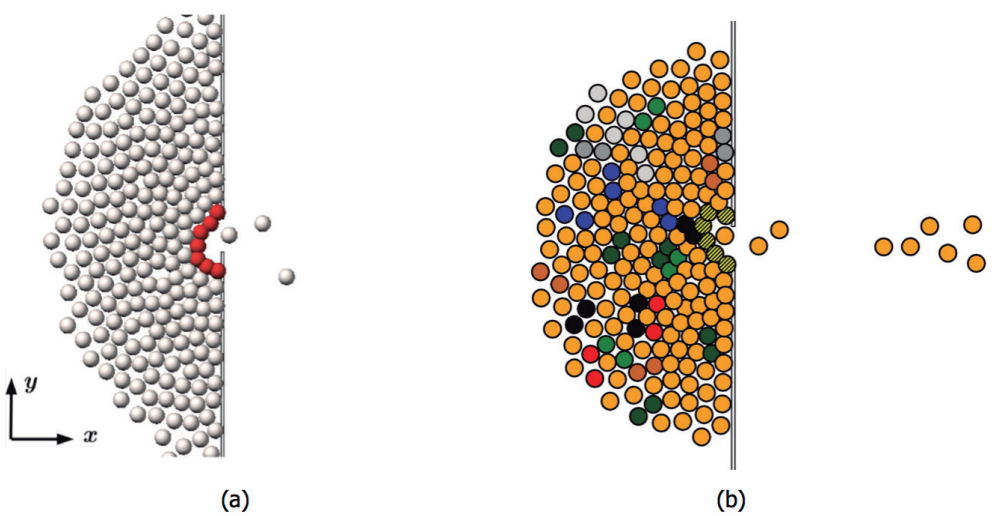


Fig. 1. Escena de evacuación de 225 personas (en un recinto de 20 m x 20 m) a través de una puerta de 1,2 m. El módulo de la velocidad de deseo es 4 m/s. (a) Se resaltó el conjunto de individuos que bloquean la salida, impidiendo el paso de los demás. Este conjunto se definió como "estructura bloqueante" en la sección correspondiente a los *clusters* sociales. (b) Escenario similar al caso (a) pero con un 25% de individuos con algún tipo de lazo afectivo. Cada color indica los individuos unidos por un vínculo afectivo.

La simulación de un proceso de evacuación con individuos en estado de pánico se realiza del siguiente modo. Se parte de N individuos distribuidos uniformemente en un recinto con velocidad aleatoria (con módulo 1 m/s). En el instante t=0 se asignan las velocidades deseadas vd (según el tipo de estrategia asignada a este escenario) y se deja evolucionar el sistema. Se toman muestras de posiciones y velocidades cada 0,05 s. El proceso se termina cuando una cierta cantidad de personas lograron evacuar. No se permite el reingreso de individuos en la simulación. Se repite este experimento una cierta cantidad de veces (recordar que las condiciones iniciales son aleatorias) y se efectúan los correspondientes promedios estadísticos de las magnitudes de interés.

En la siguiente sección se detallan algunas paradojas surgidas en distintos escenarios de evacuación.

Resultados

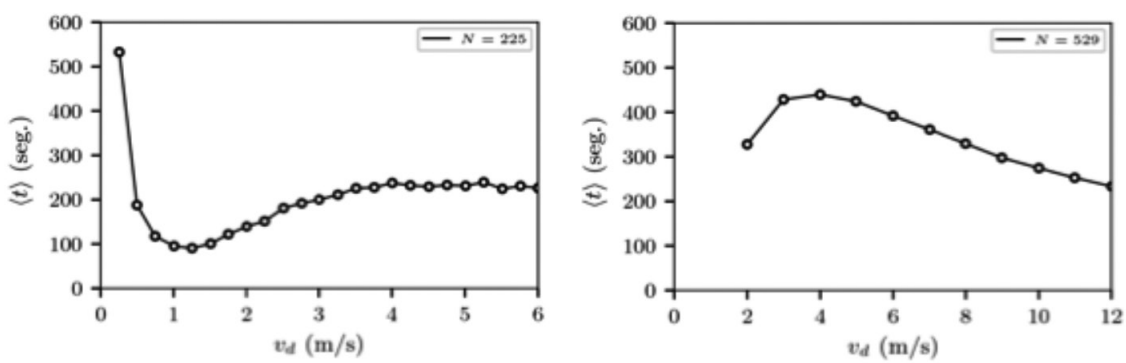
El efecto *faster is slower* (más rápido a más lento) y *faster is faster* (más rápido á más rápido)

En la Figura 2 se muestra el tiempo evacuación de aproximadamente 160 personas a través de una única salida como función de la velocidad de deseo vd de los individuos. La situación es similar a la representada en la Figura 1(a).

Las curvas representadas en la Figura 2 corresponden al primer fenómeno reportado a partir del modelo de (SFM): el hecho de que cuanto mayor es la ansiedad de una multitud por escapar a través de una salida (i.e. mayor velocidad de deseo v_d), mayor es el tiempo que demoran en hacerlo (efecto f*aster is slower*). Observar en la Figura 2(a) que esto ocurre para la región de v_d>1 m/s. Los tiempos de evacuación crecen hasta velocidades de deseo de 6 m/s aproximadamente. Por el contrario, si la multitud sale con un bajo nivel de deseo (i.e. baja ansiedad por salir), los tiempos de salida se reducen con su interés por salir (ver región de v_d< 1 m/s en la Figura 2(a).

Parisi y Dorso (2005,2007) definieron los *clusters* sociales y asociaron el fenómeno de *faster is slower* a los bloqueos producidos por un *cluster* mínimo de individuos entorno a la salida (llamadas "estructuras bloqueantes").

La presencia de estructuras bloqueantes de personas (como la mostrada en la Figura 1(a) en otro color) está vinculada, según el modelo de (SFM), al incremento de la fricción entre los individuos que bloquean el paso. Éstos están presionados por detrás por una multitud que empuja por salir, pero no pueden avanzar debido a la fricción con sus vecinos a ambos costados. De tanto en tanto, alguno de ellos logra liberarse y sale. Inmediatamente después, se forma otro bloqueo entre los que aún permanecen atrapados. Por lo tanto, el



(a) (b)

Fig. 2. Tiempo de evacuación de 160 individuos (s) como función de la velocidad de deseo vd (todos los individuos tienen la misma velocidad de deseo en módulo, con dirección a la puerta). La puerta de salida es de 1,2 m. La cantidad inicial de individuos es: (a) de 225 personas para un recinto de de 20 m x 20 m y (b) de 529 personas para un recinto de recinto de 30 m x 30 m. El escenario es similar al mostrado en la Fig. 1. Los resultados corresponden a valores medios sobre 30 realizaciones.

tiempo de evacuación es la suma de todas las demoras ocasionadas por la estructura bloqueante.

Si bien las mayores multitudes producen presiones mayores, el modelo de (SFM) prevé que los tiempos de huida disminuyen con el aumento de la cantidad de individuos en la multitud. En la Figura 2(b) se observa que para una multitud cercana a 500 personas, la pendiente de la curva *faster is slower* cambia de signo para vd > 6 m/s. Resultados similares se pueden observar en Sticco (2017) para multitudes entre 225 y 1000 personas. Este fenómeno corresponde a un régimen *faster is faster*, dado que cuanto mayor es el deseo por salir, más rápido lo hacen.

La existencia de un efecto *faster is faster* a altísimas presiones (y sin considerar que los individuos pueden desvanecerse por asfixia ante tanta presión) solo puede estudiarse por medio de simulaciones numéricas (por el momento). Éstas muestran que en este régimen, las estructuras de individuos bloqueantes se rompen con mayor facilidad. El balance de fuerzas dentro de estas estructuras indica que la fricción entre sus miembros no es capaz de contrarrestar la presión de la muchedumbre (aquella indicada en color blanco en la Figura 1(a)). Por lo tanto, los individuos bloqueantes son empujados (dificultosamente) hacia adelante, produciéndose roturas de la estructura más frecuentemente.

Si bien la Figura 2(b) parece indicar que es necesario estar ante un escenario con un nivel de ansiedad (i.e. velocidad de deseo) altísimo para alcanzar el efecto *faster is faster*, esto no es del todo cierto. Los eventos multitudinarios (de varios miles de personas) son capaces de generar presiones altísimas con bajos niveles de ansiedad. Por lo tanto, la física de multitudes (en particular el modelo de (SFM)) nos previene de que esto puede llegar a ocurrir.

La presencia de un obstáculo

Los obstáculos son una causa importante por la que individuos en pánico pueden cambiar su conducta. Algunas personas simplemente huyen en dirección a la salida, hasta chocar con un obstáculo. Otras, en cambio, pueden prever esta situación y esquivarlo. Analizamos ambos comportamientos, dentro del modelo de (SFM), del siguiente modo: se asumió que los individuos sin estrategia simplemente desean ir hacia la salida, mientras que aquellos con estrategia intentan dirigirse hacia los lados (más cercanos) del obstáculo que tienen delante. En la Figura 3 se ejemplifica esta situación para un obstáculo plano-paralelo a la sa-

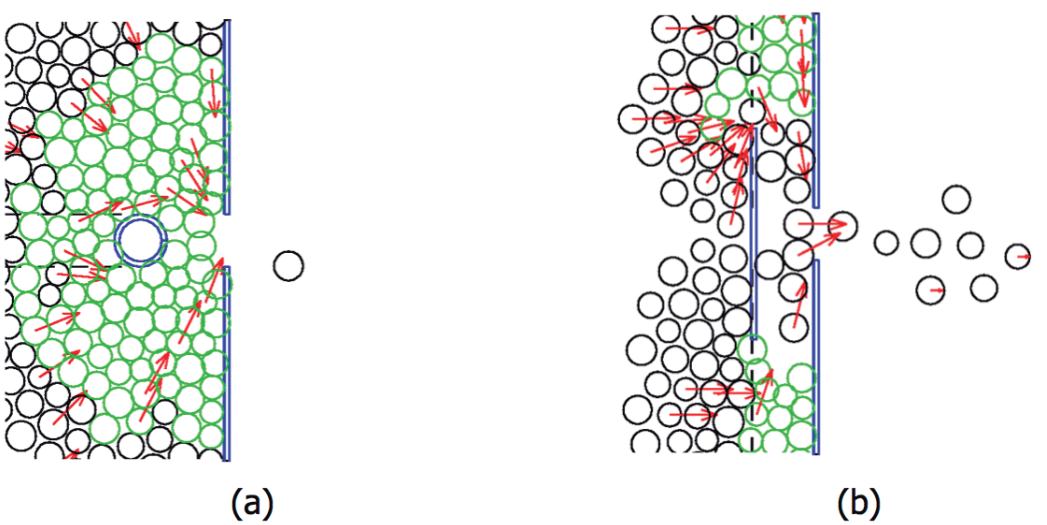


Fig. 3. Dos ejemplos de evacuación de 225 personas a través de una salida de L=1,2 m. (a) Se colocó un obstáculo circular de aproximadamente 1,2 m de diámetro. (b) se colocó un obstáculo plano (paralelo a la salida) de aproximadamente 4,8 m de largo. Ambos obstáculos se encuentran a 0,866 L (L=1,2m) de la salida, medida desde el punto más cercano del obstáculo a la salida. Las flechas indican la dirección hacia donde desean ir los individuos (i.e. esquivan el obstáculo).

lida. Para mayores detalles puede consultarse Frank y Dorso (2011).

Se estudiaron los tiempos que demora la evacuación para el caso de una columna circular y de un panel plano-paralelo. Se ubicaron ambos tipos de obstáculos en tres posiciones, de manera que su punto más cercano a la salida esté a 0,866 L, 1,1 L y 2 L (L=ancho de la salida), respectivamente.

En la Figura 4 se muestran los tiempos de evacuación para cada tipo y para individuos sin estrategia y con estrategia.

En la Figura 4 se observa que cualquiera sea la estrategia, los obstáculos (ubicados a 0,866 L) mejoran la performance de la evacuación si el nivel de ansiedad de los individuos hace que su velocidad de deseo vd supere los 2 m/s. Esto es válido tanto para individuos sin estrategia como con estrategia. El obstáculo plano-paralelo parece mejorar aún más los tiempos de salida cuando el deseo por huir es muy alto.

Si bien los resultados mostrados en la Figura 4(a) son sorprendentes, no parecen ser óptimos. Es decir, la distancia que separa el punto más cercano del obstáculo con la salida podría regularse para mejorar aún más la performance de la evacuación. En la Figura 4(b) se muestran los tiempos de evacuación cuando el obstáculo plano-paralelo se ubica a 1,1 L. No se muestran los resultados para un obstáculo en forma de columna circular porque no presentan interés.

Se observa en la Figura 4(b) que los dos tipos de comportamientos estudiados tienen tiempos de evacuación bien distintos para una separación de 1,1 L. Los individuos que huyen sin estrategia alcanzan la salida (en su conjunto) más rápido que aquellos que esquivan el obstáculo. Éste fenómeno es completamente inesperado, dado que la primera impresión indicaría que esquivar al obstáculo sería la estrategia más inteligente. El modelo de (SFM) (y la física asociada) muestra que otros efectos más complejos pueden ocurrir, como se detalla a continuación.

Si se observa (y registra) el instante que un grupo de individuos bloquea el paso de los demás (i.e. estructura bloqueante) y la distancia respecto de la puerta de ese bloqueo, se obtiene un conjunto de eventos como los mostrados en la Figura 5. Allí se representa la situación en que el panel plano-paralelo se encuentra a 1,1 L de la salida. Los gráficos superiores (casos (a) y (b)) corresponden a eventos de bloqueos registrados entre el obstáculo y la pared del recinto. Los gráficos inferiores (casos (c) y (d)) corresponden a eventos de bloqueos ocurridos únicamente alrededor de la salida (es decir, entre las paredes del recinto a ambos lados de la puerta).

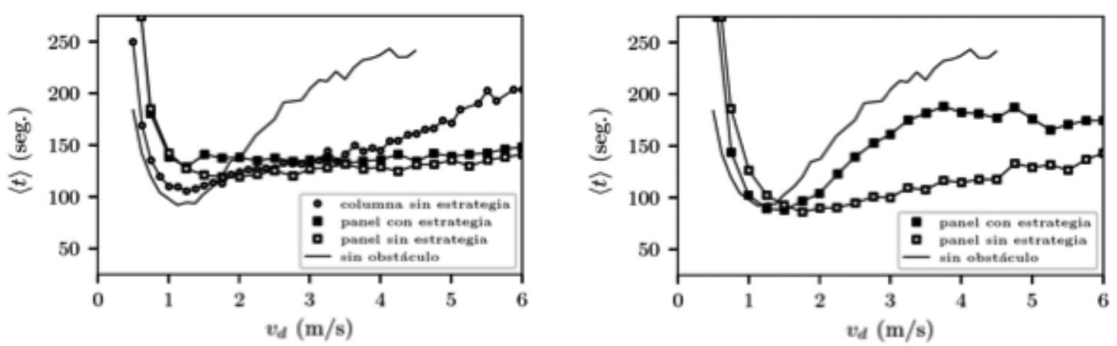


Fig. 4. Tiempo de evacuación (s) de 160 individuos como función de la velocidad de deseo vd (m/s). La salida tiene L=1,2 m de ancho. (a) Un obstáculo se coloca delante de la puerta a una distancia 0,866 L. Las líneas con círculos corresponden a una columna, mientras que los rectángulos corresponden a un panel largo (paralelo a la salida). (b) Un obstáculo en forma de panel se coloca delante de la puerta a la distancia de 1,1 L. En ambos gráficos los símbolos llenos (en negro) representan una situación en que los individuos intentan esquivar el obstáculo. Los símbolos vacíos, en cambio, representa la situación en que los individuos "chocan" contra el obstáculo. La línea negra sin símbolos corresponde a una situación libre de obstáculos.

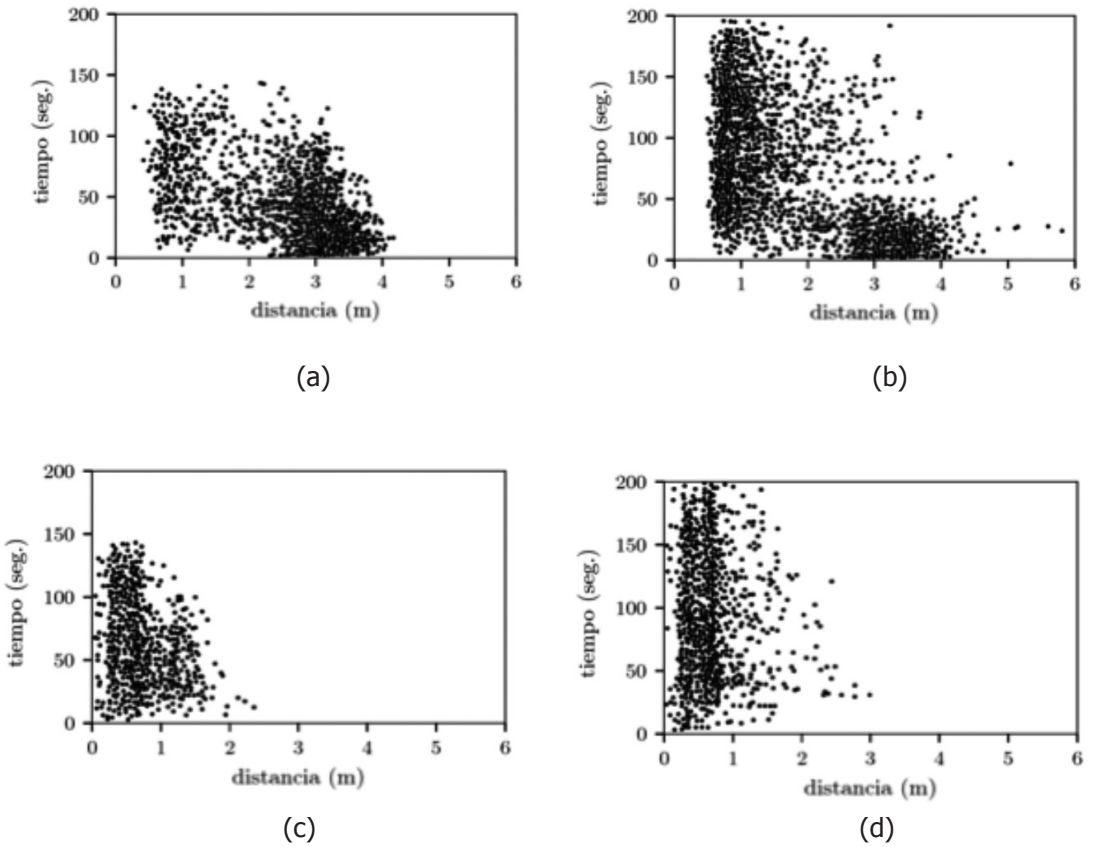


Fig. 5. Instante en que ocurre un bloqueo (s) como función de la distancia entre esa estructura bloqueante y la salida. Cada punto corresponde a un único bloqueo. La situación corresponde a un obstáculo plano-paralelo ubicado a 1,1 L de la salida. En los gráficos superiores se representan las estructuras bloqueantes entre la pared (de la salida) y el obstáculo. En los gráficos inferiores se representan las estructuras bloqueantes entre las paredes a ambos lados de la salida.

Se observa que los patrones de los gráficos superiores (o sea, eventos obstáculo-pared) son cualitativamente diferentes para individuos sin estrategia respecto de los que estratégicamente esquivan al obstáculo.

La cantidad de eventos (o sea, puntos) en la Figura 5 es algo superior a 3650. Los bloqueos de los sin estrategia (más de 1600) ocurren a una distancia mayor que 2 m de la salida (ver Figura 5(a)). En cambio, si los individuos se comportan estratégicamente la mayoría de los bloqueos ocurren lejos de la salida en los primeros instantes (<50 s) y más cerca de ésta para instantes largos (>50 s), según se muestra en Figura 5(b). Esto indica que ocurre un desplazamiento de las estructuras bloqueantes desde los extremos del obstáculo (lejos de la salida) hacia el interior del pasillo entre éste y las paredes del recinto (cerca de la salida). La intención de los individuos de esquivar al obstáculo termina generando una congestión o bloqueos entre el obstáculo y la pared, perjudicando la evacuación de toda la multitud. Podemos decir que, en estas circunstancias, *clever is not always better.*

El proceso de congestión o bloqueo entre el panel plano-paralelo y las paredes de la salida lo llamamos llenado del canal. A medida que transcurre el tiempo, esta región se llena cada vez más de personas apuradas por salir, trasladándose los bloqueos a la zona adyacente a la salida. En las Figura 5(c) y 5(d) se observa que los bloqueos alrededor de la salida son más abundantes en el caso de individuos estratégicos respecto de aquellos sin estrategia.

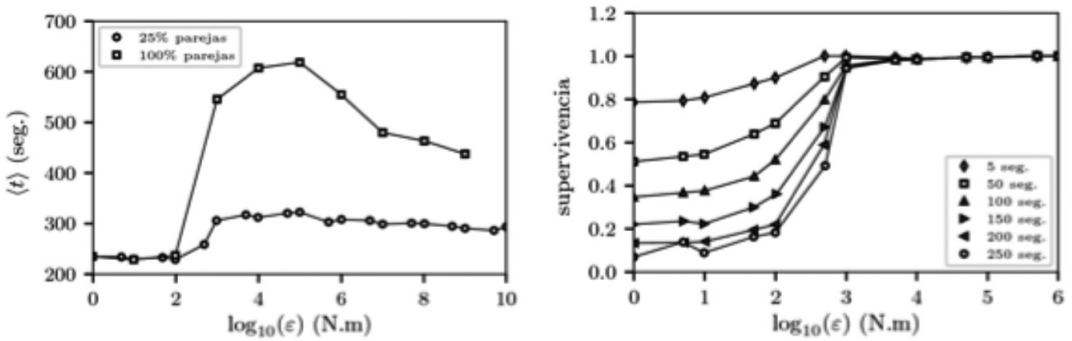


Fig. 6. (a) Tiempo de evacuación para 160 personas (medido en s) como función de la intensidad del lazo afectivo (en escala logarítmica). La curva con círculos corresponde a una población con un 25% de parejas. La curva con rectángulos corresponde a una población con 100% de parejas. (b) fracción de parejas (con distancia menor a 1,3 m entre ambos) como función de la intensidad del lazo afectivo (en escala logarítmica). Cada curva fue medida a tiempos distintos: 5 s (rombos), 50 s (rectángulos), 100 s (triángulos verticales), 150 (triángulos derechos), 200 s (triángulos izquierdos) y 250 s (círculos). La población tenía inicialmente 25% de parejas. En todos los casos la velocidad de deseo fue de 4 m/s

El llenado del canal solo es posible si el espacio obstáculo-pared admite el ingreso simultáneo de dos o más personas. Por eso, este fenómeno se registra cuando la separación obstáculo-pared es 1,1 L (recordar que L=diámetro de dos personas). Si esta separación es 0,866 L (menor al diámetro de dos personas), los bloqueos ocurren a los costados del obstáculo. Pero si la separación supera el diámetro de varios individuos, la presencia del obstáculo deja de notarse y los bloqueos ocurren exclusivamente cerca de la salida.

El modelo de (SFM) permite entender que muchas veces un obstáculo puede actuar como válvula reguladora de la cantidad de individuos capaces de avanzar hacia la salida, y por lo tanto, controla en cierto sentido el nivel de congestión cercano a la salida.

Efecto del vínculo afectivo

Estudiamos situaciones en las que los vínculos afectivos solo ocurren entre dos personas. Éstas pueden tener distinto grado de cercanía según la intensidad del vínculo. Se analizaron dos escenarios: uno con un 25% de individuos vinculados, y otro con un 100%. Se simuló la huida por pánico a través de una única salida. En la Figura 6 se muestran los tiempos de evacuación como función de la intensidad del vínculo. Se observa un incremento abrupto en los tiempos de evacuación para intensidades entre 10^2 y 10^3 N.m. Este fenómeno es más notorio cuanto mayor es la proporción de individuos vinculados afectivamente respecto de individuos solitarios. Sin embargo, para niveles de intensidad muy altos (10^6 N.m) se registra una mejor performance en los tiempos de salida (aunque no tan buena como en los casos de intensidades casi nulas).

El incremento de los tiempos de evacuación (i.e. baja performance de evacuación) para intensidades cercanas a 10^2 N.m. no se esperaba, por lo que se estudió más exhaustivamente el comportamiento (simulado) de los individuos para este rango de intensidades. Se observaron dos patrones de conducta nítidamente distinguibles. Por un lado, se identificaron individuos con sentimientos atractivos débiles (o sea, con baja intensidad ε) y distancias de separación entre ellos de alrededor de 1,3 m o más. Estos tratan de huir del recinto mientras se distancian cada vez más de su contraparte. Podemos entender este comportamiento como aquel de personas con un vínculo ocasional, como amigos circunstanciales.

Por otro lado, los individuos con fuertes sentimientos entre ellos tratan de huir manteniéndose juntos. Los identificamos con aquellas personas que mantienen un vínculo familiar o de pareja. La Figura 6(a) indica que la evacuación es menos eficiente si en la multitud hay muchas personas con este tipo de vínculos (ε

> 10^2 N.m). Aparentemente, su interés por mantenerse juntos demora los tiempos de salida del conjunto. Sin embargo, para individuos con altísimo sentido de su espacio común (o sea, aquellos que están tan unidos que simulan a personas abrazadas) se observa que la performance de evacuación es algo mejor que para aquellos con $\varepsilon = 10^4$ N.m.

La Figura 6(b) resume en cierto modo los patrones de conducta observados. Cada curva en dicha figura muestra la fracción de parejas (i.e. supervivencia) que se mantienen juntas (distancias menores a 1,3 m) hasta cierto instante como función de la intensidad de sus sentimientos. Se representan seis instantes desde los 5 s hasta los 250 s.

La Figura 6(b) muestra que para intensidades entre 10^2 N.m. y 10^3 N.m. se produce un cambio cualitativo importante. Por debajo de estos niveles de intensidad, los individuos se separan con el paso del tiempo. En cambio, para las intensidades mayores casi todos alcanzan la salida juntos.

Conclusiones

Los modelos físicos del movimiento de personas permiten identificar con más claridad los fenómenos involucrados durante un proceso de evacuación. Los efectos explicados en este artículo incluyen el *faster is slower*, f*aster is faster, clever is not always better* y los relacionados con sentimientos afectivos.

Se mostró, en el contexto del modelo de (SFM), que tanto la presencia de objetos como el comportamiento de los individuos ante éstos pueden cambiar completamente el escenario de la evacuación. Los obstáculos tienden a mejorar la huida de personas de un recinto, aunque la performance final depende de su tamaño y forma. Las columnas (i.e. obstáculos circulares) parecen mostrar mejoras independientemente del comportamiento de los individuos (dentro del rango estudiado). En cambio, un panel largo puede hacer variar los efectos finales, dependiendo de su distancia a la salida y del tipo de comportamiento que sigan las personas ante su presencia. Si la multitud tiene tendencia a esquivar el panel, los tiempos de evacuación experimentarán poca mejoría. Si la multitud huye en dirección a la salida (por ejemplo, si el panel es transparente) los resultados pueden ser más alentadores.

El proceso por el cual mejora la evacuación en presencia del obstáculo es bastante complejo. La física (dentro del modelo de (SFM)) muestra que el obstáculo puede actuar como regulador de presión en el seno de la multitud. Pero esto es función, además, del tipo de comportamiento de las personas. En particular, identificamos un fenómeno paradojal (y no intuitivo) de que un comportamiento más inteligente de los individuos puede conducir a evacuaciones desastrosas.

Respecto del vínculo afectivo entre individuos, el modelo de (SFM) permitió identificar patrones de conducta diferentes para personas con una amistad circunstancial respecto de aquellas con lazos familiares y personales. Las primeras huyen sin importar si su amigo se aleja, mientras que las segundas mantienen su vínculo más tiempo. Sin embargo, este interés por preservar el espacio común (en el contexto del modelo de (SFM)) perjudica la evacuación de toda la población. Si este es el caso, es preferible que las parejas (familiares o personales) se muevan muy unidas entre sí (i.e. abrazadas) para minimizar las demoras. En este sentido, podemos asimilar a las parejas fuertemente unidas como equivalentes a un único individuo de mayor tamaño.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Referencias

CHENG, W.; LO, S.; FANG, Z. y CHENG, C., (2004). Structural Survey 22, 201209.
FRANK, G. Y DORSO, C.O., (2011). Room evacuation in the presence of an obstacle. Physica A 390 2135–2145.
FRANK, G. y DORSO, C.O., (2015). Evacuation under limited visibility. International Journal of Modern Physics C, 26(1):1550005.
FRANK, G. y DORSO, C. O., (2016). Panic evacuation of single pedestrians and couples International Journal of Modern Physics C 27(6), 1-16.
FRUIN, J., (1993). Engineering for Crowd Safety, Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, Países Bajos.
HELBING, D.; FARKAS, I. y VICSEK, T., (2000). Simulating dynamical features of escape panic. Nature, 407(6803):487–490.
HENDERSON, L.F., (1971). The statistics of crowd fluids. Nature, 229:381–383.
HUGHES, R.L., (2000). The flow of large crowds of pedestrians. Mathematics and Computers in Simulation, 53(4):367–370.
OKAZAKI, S. y MATSUSHITA, S., (1993). A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing. In International Conference on Engineering for Crowd Safety, pages 271–280.
PARISI, D. y DORSO, C.O., (2005). Microscopic dynamics of pedestrian evacuation. Physica A 354 606–618.
PARISI, D. y DORSO, C.O., (2007). Morphological and dynamical aspects of the room evacuation process. Physica A 385 343–355.
STICCO, I.; CORNES, F.; FRANK, G. y DORSO, C. O., (2017). Beyond the faster-is-slower effect. Physical Rev. E 96, 052303.

Aplicación de recubrimiento anticorrosivo de Sic sobre aleación de Mg AZ31 mediante la técnica de plasma

Paula Torós[1] , Carlos Lasorsa[3] , María Cristina Di Stefano[1] y Ulises E. Gilabert[1,2]

[1] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires , Departamento de Ingeniería Química, Centro de Tecnologías Químicas (CTQ), Av. Medrano 951, (C1179AAQ) C.A.B.A., Argentina
[2] Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Av. G. Paz 5445 (B1650KNA) San Martín, Buenos Aires, Argentina.
[3] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, París 532 (1706), Haedo, Buenos Aires, Argentina

paulatoros@gmail.com

Recibido el 07 de junio de 2018, aprobado el 4 de julio de 2018

Resumen

Las aleaciones de magnesio son objeto de estudio para su uso en prótesis óseas, debido a sus excelentes propiedades mecánicas, biocompatibilidad y su bajo costo frente a materiales como el titanio. El obstáculo para el uso de estas aleaciones es su elevada velocidad de corrosión. En este trabajo presentamos una metodología para la aplicación de un recubrimiento de SiC mediante plasma sobre una aleación de magnesio. Estos materiales recubiertos pueden usarse en prótesis, están libres de riesgo de corrosión y se pueden producir a bajo costo. Para determinar la resistencia a la corrosión de este material se realizó un estudio comparativo de las curvas de polarización de las muestras recubiertas a distintos tiempos de operación como así también de la muestra sin recubrir.
Este estudio revela una mejora significativa en la resistencia a la corrosión de las muestras recubiertas a medida que aumenta el tiempo de operación.

PALABRAS CLAVE: MAGNESIO – PLASMA – CORROSIÓN – PRÓTESIS – RECUBRIMIENTO

Abstract

Magnesium alloys have been studied as bone prosthesis because of their excellent mechanical properties, biocompatibility and low cost when compared to titanium ones. The obstacle that these materials have is their high corrosion rates. In this work a method for coating of SiC on magnesium alloys by plasm application is presented. These coated alloys are suitable as bone prosthesis, exhibit corrosion resistance and low production costs. In order to evaluate the coating´s corrosion resistance, the polarization curves at different operation times were determined. A no coating sample was also tested for comparison.
This work shows that a a significant improvement of corrosion resistance occurs when the operation time is increased.

KEYWORDS: MAGNESIUM – PLASM – CORROSION – PROSTHESIS -COATING

Introducción

En la actualidad, el titanio es el material más utilizado para prótesis (Pino, 2008) dada sus excelentes propiedades mecánicas y su elevada resistencia a la corrosión. El obstáculo que estos materiales presentan es su alto costo. En este trabajo presentamos la metodología para la aplicación de SiC (Perillo, 2006) sobre la aleación de magnesio AZ31 (Torós, 2016) mediante la técnica de plasma (Lasorsa, 2008). La formación del plasma se produce generalmente sobre la base de una descarga eléctrica en un gas a baja presión, en la que su campo eléctrico aporta energía cinética a las especies para su ionización. Estas especies son electrones libres y iones, más átomos y moléculas no ionizadas, que se recombinan, mediante enlaces químicos, sobre el material que actúa como sustrato. Una superficie modificada mediante un proceso por plasma posee una alta fuerza de cohesión y adhesión sobre el sustrato, semejante a un enlace químico. Es además un proceso económicamente rentable y no contaminante.

Para la aplicación de plasma se utilizó un reactor PECVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*), con una fuente de potencial eléctrico de descarga continua.

Materiales Y Métodos

El reactor está conformado por un tubo de vidrio Pyrex de 100 cm de longitud y 15 cm de diámetro interno. El reactor (Figura 1) cuenta con un sistema de bombeo que asegura un vacío dinámico y el ingreso permanente de los elementos precursores, así como una fuente eléctrica de ionización.

El equipo, en su cámara de ingreso (cámara de mezcla) por su configuración de electrodos y distribución de potenciales eléctricos, produce una descarga muy intensa, lo que facilita un elevado grado de ionización en las especies entrantes; la ionización y el proceso de recombinación se completan en el tramo central del equipo, donde se produce el recubrimiento, dando por terminado el proceso a la salida por el sistema de bombeo de vacío. (Ver Figura 2)

Para evaluar las propiedades de los recubrimientos y analizar la velocidad de corrosión del material se realizaron las curvas de polarización correspondientes, en medio fisiológico simulado (SBF), mediante un Potenciostato (Teq_4). El resultado se comparó con el obtenido, mediante idénticos ensayos, sobre muestras sin recubrir, a fin de evaluar el poder protector de la película aplicada. La resistencia a la corrosión de las muestras tratadas fue significativamente superior a la de las muestras libres de recubrimiento.

Se trabajó con muestras de aleación de magnesio AZ31 (3% Al, 1% Zn, 0,2% Mn, Fe<0,005%, %m/m). El material fue pulido con papel abrasivo de SiC de distinta granulometría: 120 µm, 320 µm, 600 µm y 1000 µm. A continuación, las muestras fueron lavadas en ultrasonido con etanol.

Para la aplicación de las películas anticorrosivas se utilizó un reactor PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), con una fuente de potencial eléctrico de descarga continua de 700 V. Se trabajó a una presión absoluta de 70,5 mm de Hg, a la temperatura de 630 ºC y un caudal de ingreso de precursores de 0,4 dm^3 /h. El tiempo de operación fue variable de 60, 90 y 120 minutos. Los precursores empleados fueron metano y Hexamethildisilazane (HMDS)-$CH_3SiNHSiCH_3$.

Los recubrimientos se caracterizaron mediante la determinación de las curvas de polarización potenciodinámicas. Se empleó un potenciostato/galvanostato Teq_4, controlado por microprocesador que opera en el rango de corriente que va desde 5 nA FS hasta 250 mA FS. Los ensayos potenciodinámicos se efectuaron a una velocidad de barrido de 0,5 mV/s, desde -2000 mV a 0 mV. Se empleó una celda convencional de vidrio Pyrex, de tres electrodos. Se utilizó un electrodo de referencia de calomel saturado y un contraelectrodo de platino. Las curvas de polarización se determinaron en medio fisiológico simulado (SBF) (0,85% NaCl, 0,04% KCl, 0,034% CaCl2.2H2O, %m/m) a 37ºC.

Resultados Y Discusión

En la Figura 3 se representan las curvas correspondientes a los ensayos potenciodinámicos de aleación AZ31 sin tratar (blanco), y tres muestras recubiertas con SiC mediante la técnica PECVD, cuya diferencia estriba en el tiempo de operación 60 minutos (curva roja), 90 minutos (curva verde) y 120 minutos (curva violeta). Todas con un tratamiento térmico a 630 ºC.

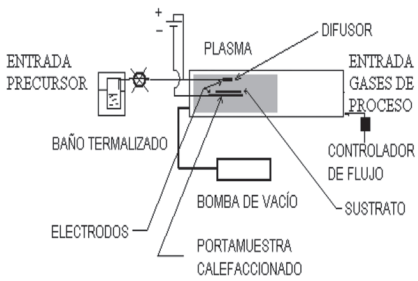


Fig.1. Esquema del reactor PECVD

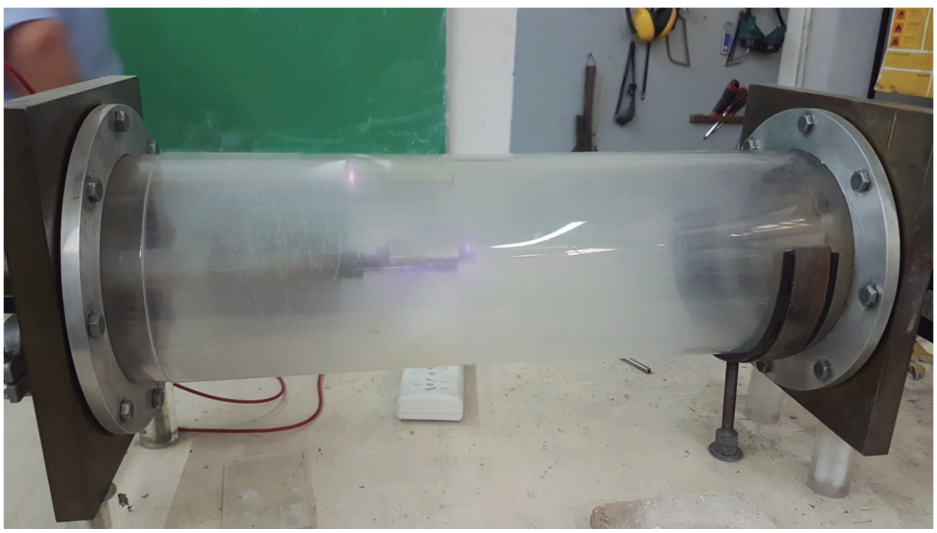


Fig.2. Reactor PECVD en funcionamiento

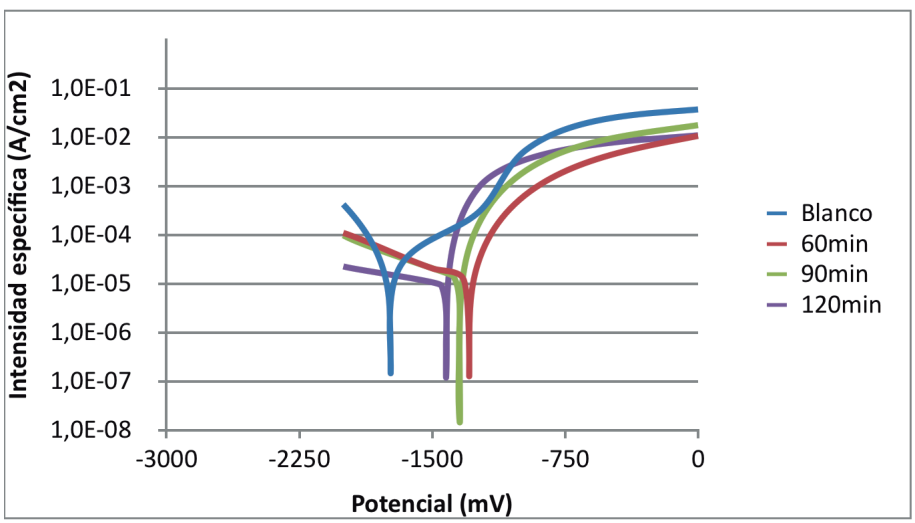


Fig.3. Ensayos Potenciodinámicos de aleación de Mg AZ31

Siendo la curva azul la de la muestra sin recubrir (Blanco). Se observa un desplazamiento hacia valores mayores del potencial de corrosión y una disminución de valor de intensidad específica i_0, más significativo en el caso de la muestra tratada a tiempo de operación de 90 minutos. Encontrando de esta manera el tiempo óptimo de operación.

Conclusiones

Mediante el ensayo realizado se observan los siguientes efectos:
La modificación de la superficie de las aleaciones de Mg AZ31 mediante la aplicación de la técnica de plasma es un procedimiento efectivo para disminuir su reactividad.
El aumento del tiempo de operación mejora la resistencia a la corrosión del recubrimiento de SiC mediante la PECVD (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*).

Se encontró que el tiempo de operación óptimo es de 90 minutos ya que disminuye un orden su intensidad específica i_0. Mientras que para los tiempos de operación tanto de 60 minutos como de 120 minutos el descenso del i0 no es tan significativo con respecto al de la muestra sin recubrir.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades de las Facultades Regionales de Buenos Aires y de Haedo y al Servicio Geológico Minero Argentino el apoyo prestado a esta investigación.

Referencias

LASORSA, C. A.; MORANDO, P. J. y RODRIGO, A., (2005). "EFFECTS OF PLASMA OXYGEN CONCENTRATION ON THE FORMATION SIOXCY FILMS BY LOW TEMPERATURE PECVD" Surface and Coatings Technology 194.
LASORSA, C. A.; PERILLO, P. M. y MORANDO, P. J., (2010). "PROTECTIVE SixOyCz COATINGS ON STEEL PREPARED BY PLASMA ACTIVATED CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION" Surface and Coatings Technology 204.
LASORSA, C.; DILALLA, N.; PERILLO, P.; MORANDO, P. J.; VERSACI, R. y LUCIO, R., (2008). RECUBRIMIENTO DE OXINITRURO DE TITANIO (TiNxOy) PARA USO EN CONVERSORES TÉRMICOS DE LA ENERGÍA SOLAR. CONAMET/SAM (Asociación Argentina de Materiales, Congreso Nacional de Metalurgia y Materiales). Santiago de Chile- Chile.
PERILLO, P.; LASORSA, C. A. y VERSACI, R., (2006). RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO DE SIXOYCZ SOBRE SUBSTRATOS METÁLICOS APLICADOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE PLASMA CVD. CONAMET/SAM 2006 –Santiago de Chile- Chile.
PINO MÍNGUEZ, J., (2008). Estudio nanométrico de biocompatibilidad celular a biomateriales utilizados en cirugía ortopédica". Tesis de Doctorado. Universidad de Santiago de Compostela, España.
TORÓS, P.; FONTINOVO, F.; DI STEFANO, M. C. y GILABERT, U., (2016). "Obtención y caracterización de recubrimientos de Biovidrio sobre la aleación de Mg AZ31". Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales, XVI SAM-CONAMET. Ciudad de Córdoba, Córdoba. 22 al 25 de Noviembre 2016.

INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato e información general para todos los interesados en remitir sus contribuciones.

Presentación de los textos

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:
Lic. Gladys Esperanza, Lic. Juan Miguel Languasco, Dr. Fernando Gache

proyecciones@frba.utn.edu.ar

Facultad Regional Buenos Aires,
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

Recomendaciones generales

Proyecciones es una publicación destinada a un público amplio, con formación específica en diferentes campos del conocimiento, que se distribuye en diversos países de habla castellana. Por tal razón, se recomienda a los autores preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos y evitar el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos (o con significado distinto) en otros ámbitos. Asimismo, no deberán emplearse palabras derivadas de traducciones incorrectas (por ejemplo, asumir en lugar de suponer, o librería por biblioteca) o pertenecientes a otros idiomas, salvo cuando no existan en castellano equivalencias válidas, o cuando se refieran a técnicas o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.

Se recomienda también evitar el uso indiscriminado de mayúsculas cuando se haga mención sustantivos comunes, como por ejemplo elementos químicos o técnicas particulares.

Es conveniente, en todos los casos, efectuar una adecuada revisión ortográfica y de sintaxis de los textos antes de su envío.

Pautas específicas

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21cm x 29,7cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente escogida es Tahoma, tamaño 12. Se recomienda muy especialmente a los autores respetar esta pauta, pues las conversiones posteriores desde otras fuentes, diferentes a la mencionada, pueden representar la distorsión o la pérdida de caracteres especiales, como las letras griegas. Se deberá emplear sangría en primera línea de 1cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en itálica, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal. Este autor será el enlace con el Comité editorial para todos los requerimientos vinculados con la publicación. Se recuerda que a los efectos de esta publicación solo se listarán debajo del título hasta cinco autores, figurando los restantes en el pie de la misma página.

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 10. Luego del resumen, deberán consignarse las palabras clave que orienten acerca de la temática del trabajo, hasta un máximo de cinco. Asociaciones válidas de palabras (por ejemplo, contaminación ambiental, fluorescencia de rayos X) se considerarán como una palabra individual.

Se aconseja ordenar al trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existieren) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, en negrita y centrado, mientras que los subtítulos se consignarán en el margen izquierdo y en negrita. Ninguno de estos ítems deberá ser numerado. La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

El autor principal deberá remitir su trabajo en soporte electrónico y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

Sólo se aceptarán trabajos realizados integramente en Microsoft Word.

Tablas y Figuras

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color salvo en casos excepcionales que quedan a juicio del Comité Editorial, cuando el uso del mismo redunde en un cambio muy significativo de la comprensión técnica del trabajo.

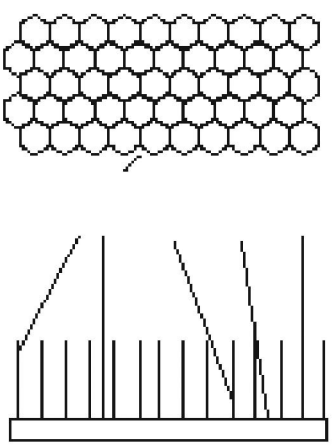


Fig. 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 10)

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)

Magnitud	Condición A	Condición B
Magnitud A	1a	1b
Magnitud B	2a	2b

Agradecimientos

Los agradecimientos deberán ser escuetos y específicos, vinculados al trabajo presentado. Serán suprimidos los de naturaleza general o no aplicables a la contribución.

Referencias

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores (1997). Cuando la referencia se coloque a continuación de una oración completa en el texto, la forma indicada se convertirá en: (Gould, 1958). Las referencias múltiples se indicarán bajo un único par de paréntesis; ejemplo: (Sah y Brown, 1997; Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: apellido e iniciales de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial: Ejemplos:

GOULD, E. S. (1958) *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.
PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997) Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.
SAH, R.; BROWN, P. (1997) Microchem. J., 56, 285.

No deberán incluirse, bajo el ítem **Referencias**, citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo.

Mecanismos de Aceptación y Normativa General

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, el trabajo será enviado al autor principal. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, el trabajo será sometido a una nueva evaluación.

El envío de una contribución para Proyecciones supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente. Con el fin de formalizar la cesión de los derechos antes mencionados, el autor principal deberá cumplimentar el formulario de Autorización y Declaración Jurada para la Publicación de un Artículo que se encuentra a continuación. El mismo deberá ser completado, firmado y remitido al Comité Editorial como requisito previo a la publicación.

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Autorización y Declaración jurada para la publicación de un artículo

1. Identificación del trabajo:

Título:_____
Área de conocimiento:_____
Nº de páginas del trabajo:_____
Fecha de envío del archivo y del soporte magnético: / /

2. Identificación del autor/a:

Nombre y Apellido del Autor/a: _____
Tipo y Nº de documento: _____
Domicilio:_____

3. Identificación Institucional:

Universidad y/o organismo: _____
Dependencia / departamento: _____
Domicilio:_____

En calidad de titular de los derechos de autor del mencionado trabajo, **autorizo** a la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, **a publicar, sin resarcimiento de derechos de autor,** conforme a las condiciones arriba indicadas, en medio electrónico, en la red mundial de computadoras, en la colección de proyectos de investigación de la Facultad Regional Buenos Aires, en su versión en línea e impresa y sitios en las que esta última haya otorgado licencias, para fines de lecturas, impresión y/o descarga por Internet, **a título de divulgación de la producción científica generada por la Universidad,** a partir de la fecha.----------

Deslindo a la Facultad Regional Buenos Aires y a la Universidad Tecnológica Nacional de toda responsabilidad legal que surgiera por reclamos de terceros que invoquen la autoría del artículo cuya publicación se efectúe.----------

He sido informado que puedo registrar mi trabajo de investigación en el Registro de la Propiedad Intelectual, no siendo responsable la Universidad Tecnológica Nacional y/o Facultad Regional Buenos Aires por la pérdida de los derechos de autor por falta de realización del trámite ante la autoridad pertinente.----------

Asimismo, quedo notificado que para obtener el título de "Patente de Invención" es necesario presentar la solicitud de patente dentro del año de la publicación o divulgación. (art. 5 Ley 24.481).----------

Declaro bajo juramento que el presente trabajo es una obra inédita, verídica y todos los datos e información consignados en el mismo se encuentran bajo mi exclusiva responsabilidad. Garantizo que la obra no contiene ningún planteamiento ilícito y que no infringe algún derecho de otros.----------

.....	.....	.....
Nombre y Apellido	Firma	DNI/ LC /LE /Pasaporte

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Carreras de Grado

Ingeniería Civil

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería Electrónica

Ingeniería Industrial

Ingeniería Mecánica

Ingeniería Naval

Ingeniería en Sistemas de la Información

Ingeniería Química

Ingeniería Textil

Ciclos de Licenciatura

Licenciatura en Tecnología Educativa

UTN.BA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Doctorado, Maestrías y Carreras de Especialización

Doctorado en Ingeniería
Mención en Procesamiento de Señales e Imágenes

Doctorado en Ingeniería
Mención en Tecnologías Químicas

Maestría en Administración de Negocios

Maestría en Docencia Universitaria

Maestría en Ingeniería Ambiental

Maestría en Ingeniería en Calidad

Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información

Maestría en Tecnología de los Alimentos

Maestría en Procesos Biotecnológicos

Maestría en Ingeniería Estructural

Maestría en Planificación y Gestión de la Ingeniería Urbana

Especialización en Docencia Universitaria

Especialización en Ergonomía

Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo

Especialización en Ingeniería Ambiental

Especialización en Ingeniería en Calidad

Especialización en Ingeniería en Sistemas de Información

Especialización en Ingeniería Gerencial

Especialización en Tecnología de los Alimentos

Especialización en Ingeniería en Telecomunicaciones

Especialización en Transporte

PROYECCIONES VOL.1 Nº 1 Abril 2003

Historia de la Educación Superior en Argentina: la Facultad Regional Buenos Aires como escenario de investigación (1948-1999)
NAPOLI, F.

Modelado cinético de la pirólisis de residuos agroindustriales:cáscaras de avellanas y castañas
DELLA ROCCA, P. y CUKIERMAN, A.

Caracterización química y textural de residuos generados en la agroindustria
DELLA ROCCA, P.; BONELLI, P.; CERRELLA, G. y CUKIERMAN, A.

Análisis de fortalezas y debilidades en los modelos para certificación, acreditación y premios de la calidad. Formulación de propuestas para su mejoramiento
RONA, N. F. y COHEN, I.

PROYECCIONES VOL.1 Nº 2 Octubre 2003

Kaizen y pensamiento austero. Impacto en la administración de negocios en la pequeña y mediana empresa
VIDAL, C. y MAZZINI, M.

Estudio sobre la obtención de una ventaja competitiva sostenida a través de nexos informáticos entre instituciones de investigación y desarrollo y PYME's
GACHE, F.; GONZÁLEZ, J. y PEUSNER, O.

Ingeniería cardiovascular: modelización de la pared arterial y su aplicación al diagnóstico no invasivo de arteropatías
ARMENTANO, R.; GRAF, S.; PESSANA, F.; CRAIEM, D.; BARRAL, D. y RISK, M.

Determinación experimental de parámetros para el modelo matemático de motores y generadores de corriente continua. Simulación dinámica del sistema
MARIANI, A. y CICOLELLA, E.

PROYECCIONES VOL.2 Nº 1 Abril 2004

Criterios y consideraciones para el diseño y la evaluación de hipermedias didácticos
CATALDI, Z.

Elaboración de un modelo termohidráulico del sistema secundario de la Central Nuclear Embalse para el análisis de accidentes y situaciones anómalas
MARCONI GIGLIO, J.F. y BREDOSIAN, G.

Implementación de redes neuronales artificiales en hardware para aplicación en detección automática de fulguraciones solares
TANCO, F.; VERRASTRO, C.; GRIMBERG, D. y ROITMAN, J.

Procedimiento para medir resolución horizontal en cámaras de video monocromáticas para circuitos cerrados de TV
PUYOL, O. H.

PROYECCIONES VOL.2 Nº 2 Octubre 2004

Desarrollo de un método de producción de ^{131}I a partir de la fisión del ^{235}U
SIRI, S. y MONDINO, A.

Estudio comparativo de la evolución del sistema de seguros de vida con capitalización en el periodo 1944 a 1999 en Argentina
TANTIGNONE, C.M.

Análisis matemático de potenciales auditivos evocados de tronco encefálico (BERA)
LEGNANI, W.; CURCIO, V.; HAYES, A.; IBAÑEZ, F. y RODRÍGUEZ SUELDO, W.

Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos etanólicos obtenidos a partir de algunos vegetales frente a aceites comestibles
DELLA ROCCA, P.; LANGUASCO, J. M.; GUTIERREZ, M.C.; ESCALADA PLA, M.; BELCUORE, H. y CAMPOS, C.

PROYECCIONES VOL.3 Nº 1 Abril 2005

Gestión de la calidad en el desmantelamiento de instalaciones nucleares
GARONIS, O. H.

Optimización y validación del método para la determinación de actínidos en muestras ambientales y biológicas
CERCHIETTI, M. L. y ARGÜELLES, M.

La caracterización del espectro neutrónico en un reactor unclear y la determinación de datos nucleares
ARRIBERE, M.A.; COHEN, I.; KESTELMAN, A.; RIBEIRO GUEVARA, S.; ARRONDO, M. y FORNACIARI ILJADICA, M. A.

Uso de internet para el diseño y desarrollo de tecnologías cognitivas
GAMONDES, E., BUGALLO, A.; CASANOVAS, I.; JOVER, M. L.; NÁPOLI, F.; TRENTALANCE, S. y VERDE REY, M.

PROYECCIONES VOL.3 Nº 2 Octubre 2005

Desarrollo de partículas radiomarcadas con aplicación en medicina nuclear
PEREYRA MOLINA, V. y ARGÜELLES, M. G.

Aspectos del diagnóstico para la gestión de una zona urbana degradado en relación al proyecto Lago Pacífico-Plaza Mayor
DI SALVO, C.; BUGALLO, A.; BRESSAN, S.; GRAICH, A., MASCKAUCHÁN, M. y VERGA, J. L.

Micromecanismos de desgaste en un material compuesto de matriz metálica ZA27 reforzado con SiC
CORUJEIRA, S.; ROMERO, B.; AURAS, R.; SCHEZOV, C. y FORLERER, E.

PROYECCIONES VOL.4 Nº 1 Abril 2006

Pronóstico de las emisiones de carbono
PULIAFITO, S. E.

La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental
SACRISTÁN ROMERO, F.

Importancia del cálculo computacional en el modelado de materiales
SORIANO, M. R

El acceso y la permanencia en las carreras de grado en la Facultad Regional Delta. Características y tendencias
NÁPOLI, F.; SOSA, M.; DE LEÓN, A.; CULLEN, P. y VARANESE, C.

PROYECCIONES VOL.4 Nº 2 Octubre 2006

Diseño conceptual de un sistema de separación electrónico de material particulado destinado a disminuir la contaminación atmosférica provocada por fuentes fijas
DUCA, N. C.

La tutoría como estrategia de innovación educativa
GRANADO PERALTA, S.

Estudio del efecto antioxidante de extractos vegetales
JANCKZUK, L.; GUTIÉRREZ, M. C. y DELLA ROCCA, P.

Combustibles alternativos: biodiesel
BAGLIONI, C.; GALANTE, N. y TRIGUBO, H.

PROYECCIONES VOL.5 Nº 1 Abril 2007

Estudio sobre los parámetros de caracterización del comportamiento no ideal de la componente epitérmica del espectro neutrónico en reactores nucleares
SEGOVIA, M. S.; FORNACIARI ILJADICA, M. C. y COHEN, I.

Alternativas en la producción de envases PET
CHINNI, G. A.

Los docentes de Física y la evaluación de estudiantes tecnológicos
PANO, C.; TORRE, V. y DUHALDE, M.

Caracterización de dispositivos de tres puertos mediante parámetros dispersivos. Una revisión matemática.
ALIQUÓ, P. y PULIAFITO, C. M.
Los retos de la tecnología digital
SACRISTÁN ROMERO, F.

PROYECCIONES VOL.5 Nº 2 Octubre 2007

Modelo de gestión de calidad en proyectos de investigación y desarrollo en el ámbito de la UTN acorde con la ISO 10006:2003
GIMÉNEZ, L.G.
Clases universitarias de matemática: configuraciones e implicancias educativas
POCHULU, M.
Calidad del aire en ciudades intermedias
PULIAFITO, S. E. y ALLENDE, D.
Velocidad de la onda del pulso medida con un prototipo experimental: bases para un estudio longitudinal
GRAF, S.; PESSANA, F.; CRAIEM, D.; GALLI, C. y ARMENTANO, R.
Diseño curricular por competencias: una oportunidad de mejoras para la carrera de Ingeniería Química
CELMA, G.; GUTIÉRREZ, M. C. y TULIC, L.
Antioxidantes naturales adicionados al aceite de maíz y sus emulsiones en agua para retardar su oxidación
MAUREIRA GÓMEZ, Y.; JANCKZUK, L. y DELLA ROCCA, P.

PROYECCIONES VOL.6 Nº 1 Abril 2008

Marcación de un péptido antimicrobiano con tecnecio-99m: ^{99m}Tc-HYNIC-UBI 29-41 para la localización de focos infecciosos
NEVARES, N.; ZAPATA, M.; CRUDO, J. L. y CASTIGLIA, S.
Articulación curricular del técnico en Electrónica con la Ing. Electrónica, en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional y con las leyes vigentes
PUYOL, O. H.
Análisis de las distintas alternativas de transporte de un crudo no newtoniano
BREIER, R.; CELMA, G.; SANTANA, S.; PRUDENZO, J. y ARGUMEDO MOIX, M.
Investigaciones ambientales en el departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires; su potencialidad pedagógica y formativa
BRESSAN, S.; BUGALLO, A.; DI SALVO, C.; FORNIZETTI, M. E.; GRAICH, A.; GONZÁLEZ MORÓN, R.; LÓPEZ, R.; MASCKAUCHAN, M.; MAZZEI, H. y VERGA, J. L.
Deshidratación osmótica de papas
DELLA ROCCA, P.; LANGUASCO, J. M.; CELMA, G. y MASCHERONI, R.

PROYECCIONES VOL.6 Nº 2 Octubre 2008

La enseñanza de las ciencias y la formación del ingeniero
LEGNANI, W.
Alfabetización en el siglo XXI: Ciencia y Tecnología al alcance de todos
SABELLI, N.
Enseñanza de las Ciencias Naturales: un desafío a nivel mundial. El caso particular de enseñanza de la química
GALAGOVSKY, L.
La formación de docentes en Ciencias de la Naturaleza para los nuevos tiempos
TRICÁRICO, H.
Obstáculos y dificultades que ocasionan algunos modelos y métodos de resolución de ecuaciones
ABRATE, R.; FONT MOLL, V. y POCHULU, M.
Evaluación innovadora: una experiencia con estudiantes tecnológicos
PANO, C. O.
De la Electrónica Industrial a la Mecatrónica: un cambio de paradigma en la enseñanza de la ingeniería
BARNEDA, R.

PROYECCIONES VOL.7 Nº 1 Abril 2009

La aplicación del *Capability Maturity Model* en empresas de software de Argentina
CUMPE, O.
Impregnación de durmientes de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*) con preservadores cromocuproarsenicales (CCA)
GHERSCOVIC, D. y CATALDI, Z. y LANGUASCO, J. M.
Caracterización radiológica de una instalación relevante
BARBERIS, C. M.
De la primera radiografía al primer tomógrafo por emisión de positrones argentino
VERRASTRO, C.; BELZUNCE, M.; GÓMEZ, J. C. LANGUASCO, J. M.; ESTRYK, D.; VENIALGO, E.; CARMONA, F. y DE BIASE, D.
Estudio de la factibilidad de empleo del análisis por activación neutrónica en cerámicos arqueológicos enteros - Parte I: Aspectos de precisión de resultados y de seguridad radiológica del proceso
BEDEGRAL, P.; MUNIVE, M.; MENDOZA, P.; REVILLA, A.; GAGO, J.; COHEN, I. y MONTOYA, E.

PROYECCIONES VOL.7 Nº 2 Octubre 2009

Cuestiones institucionales emergentes del diseño e implementación de software para *e-learning* en el nivel universitario
CASANOVAS, I.
Secado de papas por microondas
DELLA ROCCA, P. y MASCHERONI, R.
La gestión de mantenimiento de activos fijos en distribuidoras de energía eléctrica de Argentina
MARTÍNEZ, J. L.
Análisis comparativo del comportamiento reológico de bases para aderezos de ensaladas adicionados con distintos hidrocoloides
ZANGRANDO, A.; SANTANA, S.; CELMAN, G.; BREIER, R. y DELLA ROCCA, P.
Visión general sobre la integración de CMMI SVC v1.2, ISO 20000 e ITIL v3
SCALONE, F.

PROYECCIONES VOL.8 Nº 1 Abril 2010

Selección inteligente de un sistema de gestión de contenidos
CORSI, D.
Estudio de materiales usando mecánica cuántica
SORIANO, M. R.
El enfoque curricular basado en competencias: un aporte a la precisión terminológica
RAMALLO, M. y DI PAOLA, A.
Secado combinado de papas
DELLA ROCCA, P.; GUTIÉRREZ, M. C.; LANGUASCO, J. M. y MASCHERONI, R.
Referentes de calidad para la implementación de aplicaciones de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), según IBM
SCALONE, F.

PROYECCIONES VOL.8 Nº 2 Octubre 2010

Diseño de un amplificador de potencia de 2,4 GHz utilizando tecnología de microtiras
HUACO OLCESE, J. P.; PULIAFITO, C. M. y ALIQUÓ, P. J.
Modelado matemático del proceso de deshidratación osmótica utilizado como pretratamiento en el secado de papas
DELLA ROCCA, P. y MASCHERONI, R.
Procesamiento digital de imágenes radiográficas de baja calidad con *wavelets* para diagnóstico en pequeños mamíferos
CATALDI, Z. y LAGE, F.
Adecuación de la formación ambiental del Ingeniero Civil en la Universidad Tecnológica Nacional

BUGALLO, A.; RUSSO, O.; VERGA, J. L.; GRAHAM, M. I.; BADO, S.; ZAPATA ÁLVAREZ, A. y BOCHATÓN, G.
Aspectos éticos del impacto de la responsabilidad social empresaria en los negocios vinculados al petróleo y al gas
FLORES, R. H.

PROYECCIONES VOL.9 Nº 1 Abril 2011

Influencia de la dinámica poblacional sobre las emisiones de carbono. Análisis de indicadores tecnológicos
CASTESANA, P. y PULIAFITO, S. E.
Estudio microbiológico y estructural de papas deshidratadas por métodos combinados y envasadas en atmósfera modificada
MATEUCCI, R.; DELLA ROCCA. P. y MASCHERONI, R.
La confianza como una herramienta para administrar el riesgo
GACHE, F.
Desarrollo de un aderezo saludable en base a aceite de canola: influencia de la viscosidad en la percepción del sabor y preferencias de los consumidores
WHELAN, M. R.; CAIRO, F.; ZANGRANDO, A.; HOVSEPIAN, J.; ZAMORA, M. C. y BREIER, R.
Procesamiento de señales electrocardiográficas mediante transtransformada wavelet, para el estudio de variabilidad de la frecuencia cardíaca
GALLARDO, J.

PROYECCIONES – ABRIL 2011 – TESIS DOCTORALES

Doctorado en Ingeniería con Mención en Proesamiento de Señales e Imágenes. Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional
ARMENTANO, R.; QUEL, E.; GIURA, M.; CAPELARI, M. y PRESA, A.
Electrónica y procesamiento de señales de detectores de muones del Observatorio Pierre Auger
WAINBERG, O.I. y ETCHEGOYEN, A.
Imágenes de apertura total en Medicina Nuclear
STROCOVSKY, S. y OTERO, D.
Métodos de reconstrucción de imágenes para tomógrafo por emisión de positrones
BELZUNCE, M.; COHEN, I. y VERRASTRO, C.
Desarrollos de sistemas fotoacústicos, mejoras en la adquisición y procesamiento de las señales provenientes de trazas gaseosas de múltiples componentes
ZAJAREVICH, N.M.; SLEZAK,V.B. y PEURIOT, A.L.
Medición y procesamiento de señales espectrales provenientes del Sol, mediante espectroscopía de absorción óptica diferencial
RAPONI, M.; TOCHO J.; WOLFRAM E. y QUEL, E.
Diseño, construcción, puesta en funcionamiento y procesamiento de las señales de un lidar multiángulo para la caracterización de la atmósfera en el Observatorio Pierre Auger
PALLOTTA J.V.; QUEL, E.; OTERO L.A. y ETCHEGOYEN. A.
Estudio del comportamiento de la capa de ozono y la radiación UV en la Patagonia Austral y su proyección hacia la comunidad
SALVADOR, J. O. ; QUEL, E. y WOLFRAM; E.
Ingeniería Cardiovascular: control y procesamiento de señales para la detección no invasiva de aterosclerosis infraclínica
CYMBERKNOP L.; LEGNANI, W. y PESSANA F.
Estudio sobre la modelización matemática y control de la infección por el virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH-1)
BIAFORE, F.L.; D'ATTELLIS, C.E.
Detección de olores mediante una nariz electrónica: desarrollo de electrónica y algoritmos para la caracterización de la calidad organoléptica de pescado
VOROBIOFF, J. y RINALDI, C. A.
Desplazadores de fase MEMS para procesamiento analógico de señales de microondas
MERLETTI, G.A. y LAMAGNA, A.

Microbolómetro sintonizable, no enfriado, de imágenes infrarrojas, desarrollado en base a técnicas de microfabricación MENS
GIANNETTA, H.; BOTTERON, F.; FRAIGI, L. y FONSECA, L.
Alternativa para la determinaición del contenido de palo en muestras de yerba mate por procesamiento digital de imágenes
XISCATTI PÉREZ, C. y BOTTERÓN, F.

PROYECCIONES VOL.9 Nº 2 Octubre 2011

Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección por aire caliente
DELLA ROCCA, P.; y MASCHERANO, R.
Flujos magnetohidrodinámicos axisimétricos con conductividad finita. Parte I. Geometría esférica
ROTSTEIN, N.
Prácticas de ordenamiento urbano-territorial desde el urbanismo alternativo: relevancia para la formación del Ingeniero Civil
VERGA, J. L. y BUGALLO, A.
Aprovechamiento de la Energía Undimotriz
PELLISSERO, M.; HAIM, P. A.; OLIVETO, G.; GALIA, F. y TULA, R.
Dispositivo electrónico de ayuda para personas hipoacúsicas
GALLARDO, J. M.

PROYECCIONES VOL.10 Nº 1 Abril 2012

Estudio del comportamiento de la capa de ozono y la radiación UV en la Patagonia Austral y su proyección hacia la comunidad
SALVADOR, J.; WOLFRAM, E. y QUEL. E.
Herramientas para la evaluación integral de la calidad de aire en Argentina: modelos de escala urbana y regional
ALLENDE, D.; PULIAFITO, S. E.; FERNÁNDEZ, R. P.; CASTRO, F. y CREMADES, P.
Crecimiento y caracterización de nanopartículas de ZnS
DI STEFANO, M. C.
Metodología de mejora de datos de conteo de pasajeros
BRIE, S.; GUEVARA, S. y MOLDOVAN, H.
Elementos para una ingeniería de explotación de Información
POLLO-CATTANEO, M. F.; GARCÍA MARTÍNEZ, R.; BRITOS, P.; PESADO, P. y BERTONE, R.
Impacto económico en el sector energético y evaluación de riesgos de la extensión de vida de la Central Nuclear de Embalse
BARRETO, J.

PROYECCIONES VOL.10 Nº 2 Octubre 2012

Técnicas de imágenes médicas 3D con fuentes extensas de rayos X y gamma
STROCOVSKY, S. y OTERO, D.
Modelización del mercado energético argentino mediante *cluster analysis*
BUCCI, C, y LEGNANI, W.
La buena enseñanza en la universidad, la enseñanza como práctica reflexiva
DOMINIGHINI, C. y CATALDI, Z.
Flujos magnetohidrodinámicos axisimétricos con conductividad finita. Parte II. Geometría cilíndrica anular
ROTSTEIN, N. y FERRO FONTÁN, C.
Implementación de un sintetizador de banda ancha mediante tecnología DDS
GUILLO MÁRQUEZ, R.; PULIAFITO, C. M.; ALIQUÓ, P. J. y PULIAFITO, J. L.
Aderezo con características de alimento funcional
BORDA, M. A. y DELLA ROCCA, P.

PROYECCIONES VOL.11 Nº 1 Abril 2013

Influencia del comparador en las correcciones por el comportamiento no ideal del flujo epitérmico y su implicancia en los métodos paramétricos de análisis por activación neutrónica
MENDOZA HIDALGO, P.; COHEN, I. y MONTOYA ROSSI, E.

Estudio comparativo de la congelación de papa (*Solanum tuberosum L.*) sometida a diferentes pretratamientos
DELLA ROCCA, P.; ROCHE, L. y MASCHERONI, R.

Modelado para la predicción de enfermedades en cultivos de alto valor comercial
BOMBELLI, E.; MOSCHINI, R: WRIGHT, E.; LÓPEZ, M. V. y FABRIZIO, M. C.

Evaluación financiera de proyectos de inversión: El caso de la Argentina
MARTÍNEZ, C.; LEDESMA, J. y RUSSO, A.

Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata, D.*) sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica
SILVA PAZ, R.; DENOYA, G.; LANGUASCO, J. M. y DELLA ROCCA, P.

La regionalización como particularidad institucional de la Universidad Tecnológica Nacional
VIGLIECCA, M. E.

Caracterización tecnológica de morteros con escombros de albañilería molido
LÓPEZ, R.; MASCKAUCHAN, M.; DI SALVO, C.; VERGA, J. L. y GRAICH, A.

PROYECCIONES VOL.11 Nº 2 Octubre 2013

Procesamiento no lineal de señales cardiovasculares: marco conceptual para la detección de patologías
CYMBERKNOP, L.; LEGNANI, W.; PESSANA, F. y ARMENTANO, R.

Mitigación de la isla de calor urbana en ciudades de zonas áridas
PULIAFITO, S. E.; BOCHACA, F. y ALLENDE, D.

Tecnología e Ingeniería en el siglo XXI: una conexión cada vez más estrecha
PERUSSET, M.

Estudio para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en la Argentina
HAIM, P. A.

Modelo elemental de flujo de un fluido viscoso elástico. El glaciar Bahía del Diablo. Parte I
ROTSTEIN, N. y MARINSEK, S.

Estudio de la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de zanahoria
DELLA ROCCA, P.; ROCHE, L. y MASCHERONI, R.;

Investigación sobre una problemática urbana y su aplicación en la trasferencia docencia - investigación
VERGA, J. L.; BADO, M.; FORNIZETTI, M. E. y ZAPATA ÁLVAREZ, A. M.

PROYECCIONES VOL.12 Nº 1 Abril 2014

Desarrollo básico de algoritmos, hardware y electrónica del control con la Nariz electrónica Patagonia
VOROBIOFF, J.; RINALDI, C. y BOGGIO, N.

Interferometría absoluta con diodos láser por barrido en banda base
PULIAFITO, J. L.; ANTONIETTI, G. y PULIAFITO, C. M.

Modelo elemental de flujo de fluido viscoso elástico. El glaciar Bahía del Diablo. Parte II
ROTSTEIN, N.; MARINSEK, S. y RÍOS, M.

Propiedades reológicas de la pulpa de kiwi (*Actinidia chinensis*): comportamiento de flujo
SILVA PAZ, R.; POLLIO, M. L.; MÁRQUEZ, A. y DELLA ROCCA, P.

Desarrollo y validación de metodología para minimizar la incertidumbre de los calibradores en determinaciones HPLC en muestras biológicas
DELMONTE, J. L.

Reconocimiento automático de objetos y caracteres en baraja francesa
MASI, W.; SILVESTRE, S. y CAMPOS, A.

Descripción del dispositivo de aprovechamiento de la energía undimotriz. Parte II
PELISSERO, M.; HAIM, P.; TULA, R.; GALIA, F. y MUIÑO, F.

PROYECCIONES VOL.12 Nº 2 Octubre 2014

Invarianza de las propiedades mecánicas de la pared arterial: análisis In vitro e in vivo
PESSANA, F.; BIA, D.; ZÓCALO, Y.; CYMBERKNOP, L. y ARMENTANO, R.

Diseño de un preamplificador de potencia en 2,4 GHz mediante el uso de tecnología de microtiras
HUACO OLCESE, C.; PULIAFITO, C. M. y ALIQUÓ, J.

Efecto de temperatura sobre la transferencia de agua durante la deshidratación osmótica de papa *(Solanum tuberosum L)*
SILVA PAZ, R.; DELLA ROCCA, P.; TISOCCO, O. y MASCHERONI, R.

La importancia analítica de las reacciones umbral en análisis por activación neutrónica y los problemas de disponibilidad y consistencia de los datos nucleares
COHEN, I.

Pedagogía móvil y entorno colaborativo: una alternativa a los procesos de enseñanza y aprendizaje
BRUNO, O.

Factores que influyen en el crecimiento de la biomasa algal
ARGUMEDO MOIX, M.; ÁLVAREZ, P.; MATEUCCI, R; BUSTOS, V. y DELLA ROCCA, P.

Modelo para la determinación de los parámetros reológicos de un aderezo saludable considerando la influencia de la temperatura
SANTANA, S., ZANGRANDO, A.; HAYES, A.; BREIER, R. y MATEUCCI, R.

Caracterización tecnológica de los morteros y hormigones con escombros de albañilería triturados y molidos. Parte II
LÓPEZ, R.; MASCKAUCHAN, M.; DI SALVO, C.; VERGA, J. L. y GRAICH, A.

PROYECCIONES VOL.13 Nº 1 Abril 2015

Simulación computacional de fluidos con CFD para el aprovechamiento de la energía undimotriz en sistema OWC
VÁLDEZ, P.

Atlas argentino de emisiones de carbono debido al sector transporte
PULIAFITO, S. E.; ALLENDE, D.; PINTO, S.; WERNER, A. y CASTESANA, P.

Ciclo energético sustentable productor de biogás
CASÁ, N.; SCATTOLIN, F.; GALANTE, N.; DELLA ROCCA, P. y TRIGUBO, H.

Actitudes y aptitudes emprendedoras de los estudiantes de ingeniería de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional
BRIE, S.; URSINO, J. y SIERRA, P.

Revisión de los métodos en el cálculo del costo de deuda como componente de la tasa de descuento en proyectos de inversión en pequeñas y medianas empresas
MARTÍNEZ, C.; LEDESMA, J. y RUSSO, A.

Papas fortificadas con calcio y vitamina C conservadas por osmodehidrocongelación y envasadas en atmósfera modificada
ROCHE, L.; SILVA PAZ, R.; LANGUASCO, J. M.; DELLA ROCCA, P. y MASCHERONI, R.

Evaluación de la calidad de TRAM en la detección de fallas de fabricación en circuitos integrados analógicos fabricados en tecnología CMOS de 500 nm
PAZOS, S.; AGUIRRE,F.; MAZUR, T.; PERETTI, G. y ROMERO, E.

PROYECCIONES VOL.13 Nº 2 Octubre 2015

Las instalaciones de irradiación de los reactores nucleares y su importancia en las aplicaciones del análisis por activación
COHEN, I.

Diseño, síntesis, fabricación y prueba de un *Hasher* SHA-256 en tecnología CMOS de 180 nm
AGUIRRE, F.; ALPAGO, O.; ATENCIO, J.; FURFARO, A. y PAZOS, S.

Encapsulación de ácido fólico en matrices poliméricas diferentes
VELOSO, F. y DELLA ROCCA, P.

Remoción de arsénico en agua mediante materiales de bajo costo y segura disposición final
MEICHTRY, J.; DE SETA, E.; REINA, F.; MUGRABI, F. y DOMINGO, E.

Desarrollo de un modelo teórico matemático y simulación del sistema electromecánico para la captación de la energía undimotriz
PELISSERO, M.; HAIM, P. A.; MUIÑO, F.; GALIA, F. y TULA, R.
Utilización de pozos misteriosos como herramienta para el fraude fiscal con máquinas tragamonedas electrónicas
GONZÁLEZ, N.; DANERI, R.; YAYA, A. y BRIE, S.

PROYECCIONES VOL.14 Nº 1 Abril 2016

Fusión de imágenes médicas multimodales a partir de la maximización de su información mutua
HERNÁNDEZ, A. y VERRASTRO, C.
Tipología de suelos y excavaciones profundas en el Sudoeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires
DI SALVO, C.; MASCKAUCHAN, M.; LÓPEZ,A.; VERGA, J. L. y GRAICH, A.
Investigación-Docencia en Planificación urbana sustentable (PLUS), nueva asignatura de Ingeniería Civil de UTN.BA
VERGA, J. L.
Corrección de mapas satelitales de precipitación mediante el uso de pluviómetros
PREATONI,V.; PAZOS, F.; CAMPO, A. y VERRASTRO, S.
Desempeño del método de análisis transitorio en la detección de fallas paramétricas en circuitos integrados
AGUIRRE, F.; PAZOS, S.; ROMERO, E.; PERETTI, G. y VERRASTRO, S
Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la programación
SPIGARIOL, L.
Análisis químico de las especias: tomillo y salvia
REINA, F.; ROCHE, L. A.; BIANCHI, M. A.; LANGUASCO, J. M. y DELLA ROCCA, P.

PROYECCIONES VOL.14 Nº 2 Octubre 2016

Instalación de cinco estaciones para el monitoreo de cenizas volcánicas en el territorio argentino: sistema lidar
OTERO, L.; RISTORI, P y QUEL, E.
Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja. Parte I
RUKAVINA MIKUSIC, J.; DI STEFANO, M. C.; HIGES, M. y FERRARIL, C.
Estudio básico del potencial undimotriz en el litoral próximo al puerto de Quequén, provincia de Buenos Aires, República Argentina
GYSSELS, P.; HAIM, A. y PELISSERO, M.
Sistema de radar para la detección y registro del perfil del lecho del glaciar Bahía del Diablo
DE CARLO, A.; MARINSEK, S. y ROTSTEIN, N.
Optimización del transporte público en la ciudad de Mendoza y consideraciones ambientales
ZANITTI, A. y PULIAFITO, E.
Diseño de un amplificador operacional didáctico programable en un proceso CMOS de 500 nm
FONTANA, A.; MAZUR, T.; AGUIRRE, F; PAZOS, S. y VERRASTRO, S.

PROYECCIONES VOL.15 Nº 1 Abril 2017

Empleo de colorantes naturales en la formulación y elaboración de masas
BRUNO, E. D. Y CAMPAÑONE, L. A.
Análisis de los efectos ambientales de la generación de energía undimotriz en el puerto Quequén
JAUREGUI, J. M.; HAIM, P. A.; LIFTSCHITZ, A. J. Y PELISSERO, M. A.
Caracterización reológica de un aderezo saludable a base de aceite de canola
BARRAL, Y.; CORONEL, M. L.; GARAVENTA, L.; ZANGRANDO, A. Y SANTANA, S.
A confiança é capaz de propiciar estratégias competiti¬vas para o setor varejista?
SPAREMBERGER, A.; SEIDE FROEMMING, L.M.; RUGARD SIEDEN¬BERG, D.; ZAMBERLAN, L. Y CAPPELLARI, G.
Desarrollo de un circuito integrado transmisor RFID pasivo
GROSSO, A.; GALIMBERTI, F.; KUO, Y. M.; AGUIRRE, F.; PAZOS, S.; RODRÍGUEZ MALLO, J. Y VERRASTRO S.
Sistema combinado de conservación de carnes frescas: agregado de extracto de orégano y envasado al vacío en diferentes materiales poliméricos
SOBOL, R.; BIANCHI, M. A.; BERGES SOUBIES, V.; LANGUASCO, J. M. Y DELLA ROCCA, P.
ZANITTI, A. y PULIAFITO, E.
Diseño de un amplificador operacional didáctico programable en un proceso CMOS de 500 nm
FONTANA, A.; MAZUR, T.; AGUIRRE, F; PAZOS, S. y VERRASTRO, S.

PROYECCIONES VOL.15 Nº 2 Octubre 2017

Soldadura de polímeros termoplásticos vía mallas calefactoras: su aplicación a piezas de geometría de revolución extensa y compleja. Parte 2: Etapas del proceso de soldadura
RUKAVINA MIKUSIC, J.; DI STEFANO, M. C.; FERRARI, C.; DINIELLO, F. y HIGES, M.
Obtención de la curva de variación del coeficiente politrópico en la carrera de compresión en motores de combustión interna
CAPUTO, D. C.; BERBERI, R. O.; CAVATAIO, P. G.; FERRÉ, N.; RECELOGLU, G. A. y RUSSO, F. G.
Potencial de licuación de suelos en excavaciones profundas en el sudoeste de la CABA
DI SALVO, C. A.; MASCKAUCHAN, M. A.; GRAICH, A. M.; VERGA, J. L. y CELLI, A. E.
Transporte de objetos en forma colaborativa utilizando robots móviles
MAIOLO, P. N.; DALLETESSE, M.; MÉNDEZ CASARIEGO, M.; VERRASTRO, C. y VERRASTRO, S.
Desarrollo de un circuito integrado transceptor RFID pasivo
GROSSO, A.; GALIMBERTI, F.; TÁNTERA,J.; KUO, Y. M; MALLO, J. R. y VERRASTRO, S.

PROYECCIONES VOL.16 Nº 1 Abril 2018

Estimación de parámetros estadísticos bajo un enfoque heterogéneo de una célula de ión-litio ($LiFePO_4$) con el uso del método de Montecarlo
PINTO, S.; DAMAY, N. y FORGUEZ. C.
Mejoras en la calidad de las soluciones de Simulated Annealing mediante preservación de menores costos
SIVORI, G.; VERRASTRO, C. Y GÓMEZ. J. C.
Inventario de emisiones atmosféricas del sector energético argentino y sus autores son S. E. PULIAFITO, E.; CASTESANA, P.; ALLENDE, D.; RUGGIERI, F.; PINTO, S. y PASCUAL, R.
Fatores Impulsionadores de Competitividade no Agribusiness: um estudo exploratório SPAREMBERGER, A.; SEIDE FROEMMING, L. M.; SIEDENBERG, D. R.; ZAMBERLAN, L. y CAPPELLARI, G.
Recubrimientos de Biovidrio aplicado sobre aleación de Mg AZ31
TORÓS, P.; FONTINOVO GOYENECHEA, F.; GILABERT, U. y DI STEFANO, M. C.
Comparación de algoritmos para reconocimiento de habla aislada independiente del hablante
da SILVA, M.; VERRASTRO, C. y GÓMEZ, J. C.

Proyecciones se terminó de imprimir en los talleres Arsa Gráfica
San Martín 476, Bahía Blanca, Buenos Aires
Octubre de 2018