



Rumbos Tecnológicos



**Publicación de la Secretaría de
Ciencia, Tecnología y Posgrado**

Volumen 11 - Octubre 2019

ISSN: 1852-7701



Rumbos Tecnológicos

Publicación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado
Volumen 11 - Octubre de 2019



Rumbos Tecnológicos

Publicación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado

Volumen 11 - Octubre de 2019
ISSN (Versión en línea): 1852-7701
Registro de la Propiedad Intelectual: En trámite.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

RECTOR

Ing. Héctor Eduardo Aiassa

DECANO

Ing. Jorge Omar Del Gener

SECRETARIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y POSGRADO

Mgr. Ing. Lucas Gabriel Giménez

RUMBOS TECNOLÓGICOS

Director

Mgr. Ing. Lucas Gabriel Giménez

Coordinación General

Sra. Graciela Armenia Martínez

Comité editorial

Ph.Dr. Roberto Carlos Salvarezza

Ph.Dr. Eduardo N. Dvorkin

Ph. Dra. Leticia Verónica Bentancor

Dr. Hugo Oscar Rolón.

Mgr. Adriana Beatriz García

Colaboración técnica

Sra. Victoria Senia

Coordinación gráfica y diseño web

Débora Galun

Propietarios

Facultad Regional Avellaneda

Av. Mitre 750 (CP 1870)

Avellaneda

Provincia de Buenos Aires

Argentina

*Toda información, opinión o juicio vertidos en los trabajos publicados en
Rumbos Tecnológicos es responsabilidad de sus autores y no constituye
toma de posición por parte de la Facultad Regional Avellaneda.
Se permite la reproducción parcial de los contenidos de esta
publicación, citando debidamente a las fuentes.*

ÍNDICE

EDITORIAL	VI
Ing. Jorge Omar Del Gener, Decano de la Facultad Regional Avellaneda.	
PRESERVAR	VII
Mgr. Ing. Lucas Gabriel Giménez, Director de Rumbos Tecnológicos.	

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

HIDRÓGENO EN NANOCABLES DE PALADIO	1
Autores: Crespo, Eduardo Ariel; Ruda, Margarita M.; Ramos, Susana B.; Bringa, Eduardo M.; Braschi, Fabián Ulises.	
MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL ARROYO NOGOYÁ ENTRE RÍOS, ARGENTINA	9
Autores: Erbetta, Agustina L.; Graziadio, Victor H.; Morley, Sofía A., Villanueva, Gonzalo; Lopez, Patricia V. ; Cattaneo, Natalia A.	
NUEVOS CATALIZADORES ZEOLÍTICOS DERIVADOS DE CAOLÍN APLICADOS A LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL	21
Autores: Benedictto, Germán P.; Sotelo, Roberto M.; Basaldella, Elena I.	

REPORTES DE CASO

ACCESO A LA RED DEL PARQUE EÓLICO ACHIRAS. ESTUDIO DE APLICACIÓN DEL CÓDIGO DE RED ARGENTINO	33
Autores: Lucero, Carlos A.; Manassero, Ulises; Gaspoz, Pablo; Furlani, Rodrigo; Orue, Matías.	
ALINEALIDAD DEL COMPENSADOR AUTOMÁTICO DE AMPLITUD EN OSCILADORES PUENTE DE WIEN	53
Autores: Napolitano, Luis; Leo, Marcelo D.; Scharf, Diego A.; Branchiforti, Alejandro D.	
APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE BUSINESS INTELLIGENCE EN EL ÁMBITO DE LA SALUD PÚBLICA	61
Autores: Fontana, Lucas; Del Villar, Ramiro; Musanti, Joaquín; Schmidt, Nicole; Bigatti, Cristian; Moine, Juan M.	

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DOWEL BAR RETROFIT PARA LA REPARACIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN EN CAMINOS 69

Autores: Llorente, Carlos; Romani, Bruno; Giunta, José; Navarro, Abdala, Roberto; Carrasco, Adrián; Labanca, María; Romani, Giuliana.

UN APORTE SOBRE LA EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ALCANZADAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ABIERTOS DE INGENIERÍA EN LA UTN-FRA 85

Autores: Melo, Leonardo; Cassinotti, Guillermo; Pitman, Juan Carlos.

NOTAS TÉCNICAS

LA GESTIÓN DE CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS DE AVELLANEDA: ESTADO, DIAGNÓSTICO Y ACCIONES A TOMAR 103

Autores: Caparelli, Carmelo; Folino, José Antonio; Mammino, Marcelo Marcos; Rolón, Hugo; Tomkiewicz, Félix; Mieites, Fernando; Louzan Jorge; Gurrera, Walter; Matricali, Jorge.

HORMIGÓN CELULAR A BASE DE ESPUMA PREFORMADA 119

Autores: Avendaño, Marcelo; Saus, Hector; Escher, Julieta; Tonini, Antonella.

RECICLADO DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE PELLETS PET PARA IMPRESORAS 3D 127

Autores: Abet, Jorge; Carrizo, Blanca R.; Caminos, Constanza C.

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE ACEROS INOXIDABLES UTILIZADOS EN PLATAFORMAS OFFSHORE 137

Autores: Lifschitz, Ana Julia y De Cristóforo, Norma.

ANÁLISIS REFLEXIVO DE ALCANCES, EJES TEMÁTICOS, TÓPICOS DE INTERÉS Y TENDENCIAS EN LA ASIGNATURA INGENIERÍA Y SOCIEDAD 149

Autores: Ferrando, Karina; Páez, Olga; Forno, Jorge.

ANÁLISIS DE PERTURBACIONES EN REDES ELÉCTRICAS, CAUSAS Y CONSECUENCIAS EN SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL 161

Autores: Berasategui Aguirre, Imanol E.; Bonino, Celina E.; González, Juan M.

ANEXO

VII JORNADA DE TECNOLOGÍA DE LAS ORGANIZACIONES I JORNADA DE TRANSPORTES Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

- ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS REGÍMENES PROVINCIALES DE PROMOCIÓN INDUSTRIAL EN EL DESARROLLO PRODUCTIVO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA** 175
Autores: Tavella, Marcelo A.; Bartolomeo, Mario V.; Miropolsky, Ariel G.; Manera, Roxana M.; Masia, Sonia; González, Gustavo J.
- ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y TRAYECTORIA DE PARQUES INDUSTRIALES DE ENTRE RÍOS Y EL CASO RAFAELA. CAPITAL HUMANO, MODOS DE INNOVACIÓN Y ATRACTIVIDAD** 177
Autores: Hegglin, Daniel; Lepratte, Leandro; Blanc, Rafael; Ruhl, Leonardo; Costamagna, Pablo; Delbon, Samuel; Gutiérrez, María Cecilia; Rodríguez, María Alejandra.
- CONVERGENCIA TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN EN EMPRESAS INTENSIVAS EN CONOCIMIENTO** 179
Autores: Lepratte, Leandro; Hegglin, Daniel; Cettour, Walter; Ruhl, Leonardo; Blanc, Rafael; Costamagna, Pablo; Delbon, Samuel; Rodríguez, María Alejandra; Pietroboni, Rubén Mario.
- IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE FACTORES DE ÉXITO PARA LA COMPETITIVIDAD Y LA SUSTENTABILIDAD DE LAS PYMES DEL SECTOR METALMECANICO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA** 181
Autores: Miropolsky, Ariel; Tavella, Demián; Manera, Roxana; Olivos Aneiros, Federico; Hoya Sanchez, Roberto.
- INSTITUCIONALIZACIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN Y LOS SERVICIOS EN ORGANIZACIONES DEL ÁREA ECONÓMICA DE SAN NICOLÁS** 183
Autores: Gómez, Carlos; Meretta, Javier; Gómez, Leonardo; Gallegos, María Laura.
- SATISFACCIÓN LABORAL Y PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA METALÚRGICA DE SAN FRANCISCO** 185
Autores: Yennerich, Germán; Cerutti, Gabriel; Ponce, Valeria; Toloza, Alberto; Bruno, Javier; Rete, Oscar; Fussero, Ezequiel; Piris, Yamila.
- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS NORMAS DE CALIDAD CON LA NORMATIVA AERONÁUTICA Y SU IMPACTO EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE TALLERES DE AVIACIÓN UBICADOS EN EL AEROPUERTO DE MORÓN - PROYECTO PID TOIANHA4935** 187
Autores: García, Adrián; Cortese, Sergio; Rey, Eduardo.

EDITORIAL

Los procesos de acreditación de CONEAU iniciados en el año 2004, han propiciado la mejora de la calidad de las carreras y de las investigaciones en el ámbito de la Universidad en general y de nuestra Facultad en particular.

Si bien en estos últimos años hubo cambios respecto a las políticas universitarias, seguimos sosteniendo que el estado debe valorar la importancia económica que tiene el conocimiento científico para el desarrollo del país, fomentando a través de una financiación concreta la investigación, la vinculación tecnológica y la extensión en la universidad.

Y nosotros hemos traducido esa inquietud en un decidido apoyo a las actividades de investigación y desarrollo, alentando la formación de grupos noveles de investigación y fomentando las actividades emprendedoras, tratando de contactar a aquellas personas que tienen el don especial de transformar las dificultades en oportunidades, es decir, aquellas personas con capacidad emprendedora, para vincularlas al conocimiento ya que en la actualidad, la innovación es el motor que impulsa el crecimiento y para innovar, no alcanza con la creatividad solamente, es imprescindible agregarle conocimiento.

Por último, esta publicación que hoy sale a la luz gracias al esfuerzo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado muestra la evolución y el crecimiento en la investigación en ingeniería, y si la apuesta es seguir creciendo, debemos insistir en recuperar a la ciencia y la tecnología como parte de nuestra cultura, para lo cual debemos situar a la ingeniería como una disciplina que contribuya a consolidar el desarrollo industrial, relacionando conocimiento con innovación productiva y disminuyendo drásticamente los niveles de dependencia tecnológica.

En definitiva, esta publicación es una manera de plasmar, una vez más, nuestro compromiso con los programas de investigación de la Universidad Tecnológica Nacional.

Ing. Jorge Omar Del Gener
Decano

PERSEVERAR

2019, año de perseverar en nuestro camino.

Si hoy hiciéramos el ejercicio de mirar nuestro presente como si fuera ya pasado, la palabra más justa que describiría nuestro accionar es PERSEVERAR.

PERSEVERAR en los logros y avances que, no hace mucho tiempo, celebrábamos.

PERSEVERAR para sostener las estructuras que, palmo a palmo, se fueron construyendo.

PERSEVERAR para no detener el movimiento.

PERSEVERAR para seguir alentando a las generaciones que nos continúan.

Rumbos Tecnológicos perseveró en su camino. No ha sido fácil el trabajo realizado en este año. Pero hemos llegado a cumplir nuestro objetivo de publicar esta edición 2019, con un gran logro: ingresar al Directorio de LATINDEX.

Miramos hacia el futuro, y sabemos que nos espera un arduo camino. Pero también sabemos que las estructuras de la CIENCIA y TECNOLOGÍA siguen en pie gracias a la tarea perseverante de los Investigadores, de los Docentes, de los Becarios, de los Alumnos, de los No Docentes, en definitiva, de todos los integrantes de la Comunidad Universitaria.

Anhelamos continuar siendo un eslabón generador de conocimiento, para mejorar la vida de nuestra gente, en esta, nuestra querida Argentina.

GRACIAS!

Mgr. Ing. Lucas Gabriel Giménez
Director Rumbos Tecnológicos

**ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

HIDRÓGENO EN NANOCABLES DE PALADIO

Fecha de Recepción: 31 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 15 de Julio de 2019

Crespo, Eduardo Ariel^{1,2}; Ruda, Margarita M.³; Ramos, Susana B.^{2,4}; Bringa, Eduardo M.^{5,6}; Braschi, Fabián Ulises².

¹ UTN-FRN. Avenida Rotter s/n, 8318, Plaza Huinca, Neuquén, Argentina.

² Departamento de Física FAIN UNCo. Buenos Aires 1400, 8300, Neuquén, Argentina.

³ Departamento Físicoquímica de Materiales, Centro Atómico Bariloche (CNEA). Av. Bustillo 9500, 8400, S.C.de Bariloche, Río Negro, Argentina.

⁴ Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas (PROBIEN, CONICET-UNCo). Buenos Aires 1400, 8300, Neuquén, Argentina.

⁵ Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza. 5500, Mendoza, Argentina.

⁶ CONICET.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida
Correo Electrónico: cresporama@gmail.com*

RESUMEN

Se calculan isothermas de absorción de hidrógeno (H) a 300 K en nanocables (NCs) monocristalinos de Paladio (Pd) empleando técnicas de dinámica molecular (MD) y de Monte Carlo (MC). Se analizan los efectos sobre la isoterma al variar el diámetro del NC y la orientación de la red cristalina. También se simulan por MD las propiedades mecánicas de NC con distintas concentraciones de H, calculando las curvas tensión-deformación y sus respectivos módulos de Young para dos orientaciones cristalinas. Por último, se muestran cálculos del coeficiente de difusión del H en estos NCs.

Palabras Claves: Nanocables Pd-H, LAMMPS.

ABSTRACT

Hydrogen (H) absorption isotherms at 300 K are calculated in Palladium (Pd) monocrystalline nanowires (NW) using molecular dynamics (MD) and Monte Carlo (MC) techniques. The effects on the isotherm of the diameter of the NW and the orientation of the crystal lattice are analyzed. The mechanical properties of NW with different concentrations of H are also simulated by MD, calculating the stress-strain curves and their respective Young's modules for two crystalline orientations. Finally, calculations of the diffusion coefficient of H in these NW are shown.

Key-words: Nanowires Pd-H, LAMMPS.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los NCs de Pd resultan de gran interés en aplicaciones nanotecnológicas como por ejemplo en sensores de pequeñas cantidades de H. Se trata de estructuras delgadas de Pd que pueden considerarse cuasi-unidimensionales puesto que dos de sus dimensiones resultan nanométricas. El Pd es un metal de transición del grupo del platino muy ávido de H que lo absorbe en forma atómica ocupando sitios intersticiales en su red fcc en un amplio rango de temperaturas y presiones (Manchester, 2000). También lo absorbe abundantemente en defectos y bordes de grano. De allí que se emplee al Pd en almacenamiento y detección del H.

La hidruación del Pd es una transición de fase que involucra un cambio discontinuo del parámetro de red, desde un valor de 3.88 Å en una fase con poco contenido de H, a 4.02 Å en la fase hidruro (Manchester, 2000). La detección de H es un fenómeno superficial, entonces un NC de Pd podrá detectar H a presiones extremadamente bajas, por la elevada proporción de átomos de Pd en superficie donde el H pueda adsorberse.

La interacción del H con los NCs de Pd puede abordarse por medio de simulaciones atomísticas (Ramos, 2014) que permiten obtener resultados comparables con datos experimentales, pero además brindar información no asequible por vía experimental (Yu, 2017). En particular la dinámica molecular es muy útil debido que permite que átomos y moléculas interactúen por un período de tiempo, permitiendo una visualización del movimiento de las partículas. Esta técnica fue concebida dentro de la física teórica y actualmente es ampliamente utilizada en el campo de la biofísica y la ciencia de materiales.

En este trabajo se realizan simulaciones atomísticas empleando dinámica molecular para: describir la sensibilidad de los NCs a la presencia de H a temperatura ambiente (300K), estudiar el efecto del H en las propiedades mecánicas de los NCs, y estimar el coeficiente de difusión del H en los NCs de Pd.

METODOLOGÍA

Para describir la sensibilidad al H de los NCs de Pd se calculan isothermas de absorción de H (Crespo, 2012) a una temperatura de 300K. Las isothermas de absorción de H son herramientas fundamentales para caracterizar las propiedades de almacenamiento y detección. En ellas se informa la concentración de H en equilibrio absorbida en una muestra sólida (Pd en este caso), en función de la presión de un reservorio de H₂ gaseoso con el cual la muestra se encuentra en contacto. El modelado de las isothermas se realizó por MC en el ensamble gran canónico (NPT μ) donde se mantienen constantes el número de átomos de Pd (N), presión (P), temperatura (T), y potencial químico del H (μ) en equilibrio con un reservorio de gas. Son variables el número de átomos de H, el volumen y la energía del sistema. Se estudia además el efecto del H en las propiedades mecánicas, simulando curvas tracción/deformación uniaxiales en varias etapas de la hidruación de los NCs. De estas curvas se obtienen valores del módulo de Young de los NCs para varias concentraciones de H. Finalmente se calcula el coeficiente de difusión del H en el Pd computando el desplazamiento cuadrático medio de los átomos de H en función del tiempo. Todo esto fue realizado con el código LAMMPS (Plimpton, 1995), empleando potenciales EAM (Zhou,

2008) para describir las interacciones atómicas, y utilizando técnicas de dinámica molecular (MD) y de Monte Carlo (MC) según el caso. Los NCs sobre los que se hicieron los cálculos son cilindros de Pd fcc monocristalino de distintos diámetros, entre 2 y 7 nm, y orientación axial en dos direcciones cristalinas distintas: (111) y (001). Sobre los NCs se imponen condiciones periódicas de suerte que los átomos de un extremo interactúan con los del otro extremo convirtiendo los NCs virtualmente en infinitos. Los resultados se visualizan con el programa OVITO (Stukowski, 2010). En la Figura 1 se muestra el aspecto de dos NCs con orientación y diámetro: (a) (111) y 5,31 nm y (b) (001) y 4,46 nm respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestra la isoterma (300K) de absorción de H calculada para un NC de Pd de 4.32 nm y orientación cristalina (111). Se muestra además en esta figura el aspecto de un segmento del NC en diferentes etapas de la hidruración. Los átomos de Pd se representan con color rojo mientras que los H azul. Se observa además que ocurre primero una hidruración superficial y luego una volumétrica asociada con un plató en la isoterma. La absorción de H sobre la superficie del NC ocurre a presiones extremadamente bajas, siendo esto óptimo para su empleo en detección de H.

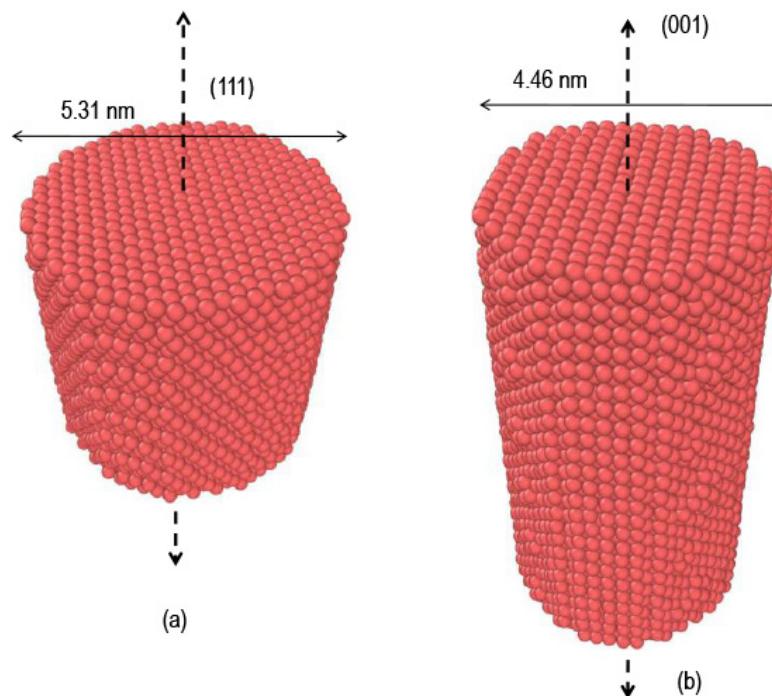


Figura 1: Aspecto de dos NCs de Pd de diámetros similares y distintas orientaciones cristalinas.

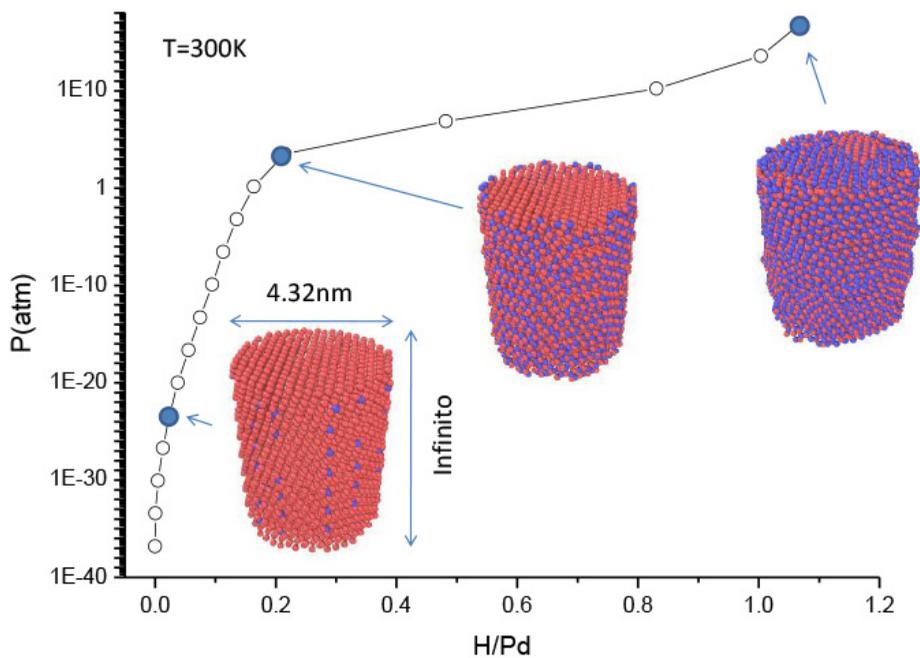


Figura 2: Isotherma de absorción de H de un NC de Pd de 4.32 nm de diámetro y orientación cristalina (111). Se muestra el aspecto del NC en distintas etapas de la hidruración, los átomos de Pd son de color rojo y los H de color azul.

En este sentido se muestra en la Figura 3 el aspecto de la sección transversal de un NC de 3.8 nm de diámetro con orientación cristalina (001), para tres valores de presión del reservorio de gas H₂ con el cuál se halla en contacto. También se indica en la Figura 3 la concentración atómica H/Pd para cada valor de presión.

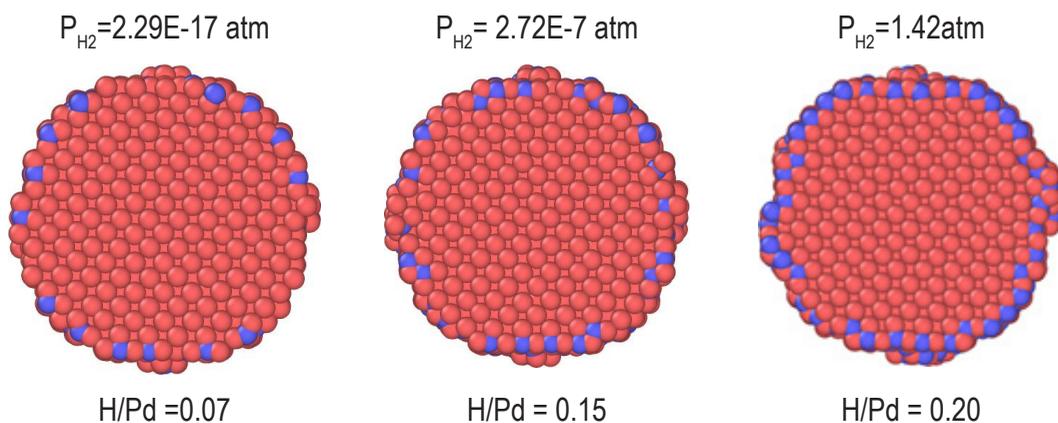


Figura 3: Aspecto de la sección transversal de un NC de 3.80 nm de diámetro y orientación cristalina (001) a diferentes presiones del reservorio de H₂ con el cual se halla en contacto.

En la Figura 4 se muestran las isothermas de absorción de H calculadas a una temperatura de 300K en NCs de Pd para varios diámetros y orientaciones cristalinas (111) y (001). En las isothermas hay tres zonas: fase α , o solución sólida de H intersticial en Pd, hasta H/Pd de 0.15 a 0.30 (dependiendo del diámetro del NC); fase β (hidruro, H/Pd >1) y una zona intermedia de coexistencia de las dos fases. Se observa que la presión de equilibrio depende fuertemente del contenido de H para la fase α y por tanto los NCs pueden detectar H a presiones muy bajas.

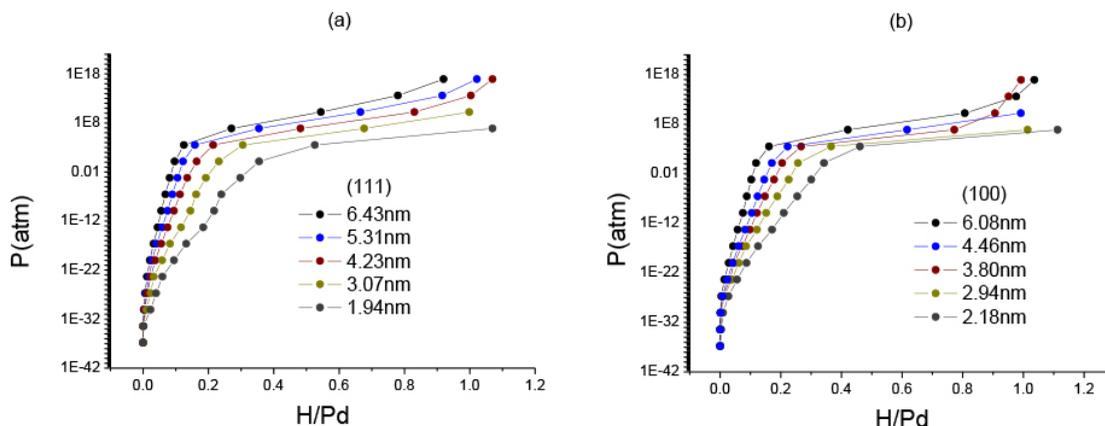


Figura 4: Isothermas de absorción de H a 300K en NC de varios diámetros y con sus ejes en direcciones cristalinas (a) (111) y (b) (001).

Para conocer las propiedades mecánicas de los NCs se simularon ensayos de tracción por MD utilizando un termostato/barostato de Nose-Hoover e imponiendo una velocidad de deformación de 10^{-8}s^{-1} . En la Figura 5 se muestra la curva de tracción deformación para un NC de 3.80 nm de diámetro, orientación cristalina (001), y H/Pd = 0.34. También se muestra el aspecto del NC en cuatro estados de deformación. En (I) se inicia la simulación del ensayo de tracción. En (II) el NC está cerca del límite elástico, se muestra ampliada una zona sobre la superficie del NC donde luego en (III) aparece un escalón asociado a una deformación plástica y una caída brusca del esfuerzo. En (IV) se observa el aspecto del NC cuando alcanza un de deformación del 40%.

En la Figura 6 pueden verse resultados para NCs de similar diámetro, 4.23nm y 3.8nm, con orientaciones cristalinas (111) y (001) respectivamente, y distintas concentraciones de H.

Las disminuciones bruscas de tensión observadas en las curvas están relacionadas con eventos plásticos en los NCs, tales como emisión de dislocaciones y formación de maclas.

El módulo de Young E se calcula a partir de la parte elástica de las curvas tensión-deformación. Los resultados para NCs de dos diámetros similares pero distintas orientaciones cristalinas pueden verse en la Tabla 1. El módulo de Young disminuye notablemente con el aumento de la relación H/Pd en los NCs. También se observa de esta tabla que la orientación cristalina (111), a diámetros similares, resulta con mayor módulo de Young que la orientación (001), lo que coincide con simulaciones de NC en otros metales fcc (Hyde, 2005).

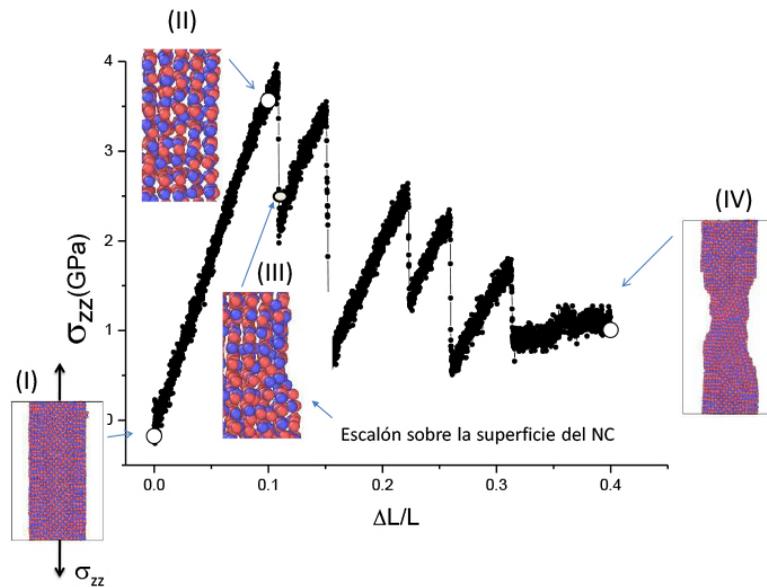


Figura 5: Curva tracción deformación en un NC de Pd de 3.80 nm de diámetro, orientación cristalina (001), H/Pd=0.34. Se muestra además el aspecto del NC en cuatro puntos de deformación.

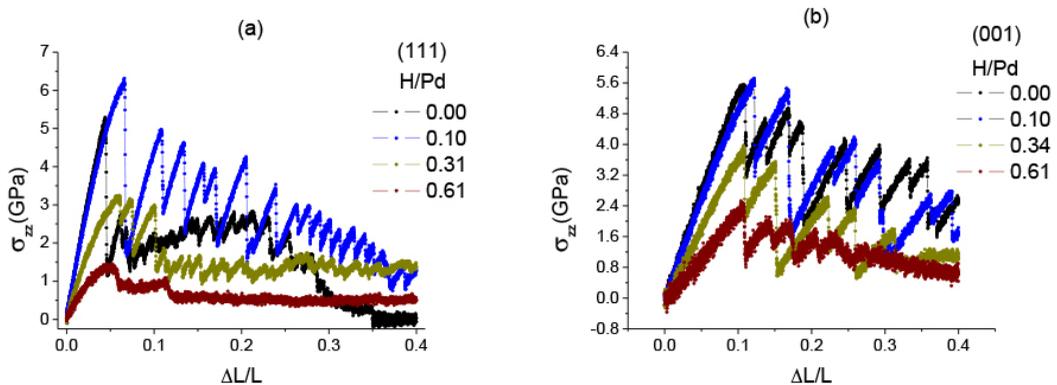


Figura 6: Curvas tensión-deformación en NCs de Pd para distintas concentraciones de H. (a) orientación cristalina (111) y 4.23nm de diámetro, (b) con orientación cristalina (001) y 3.80 nm de diámetro.

Tabla 1: Variación del módulo de Young con la concentración de H para dos NCs de Pd. El primero es con orientación cristalina (111) y con un diámetro de 4.23 nm; el segundo es con orientación (001) y de diámetro 3.8 nm.

(111) D = 4.23 nm		(001) D = 3.80 nm	
H/Pd	E (GPa)	H/Pd	E (GPa)
0.00	121.0±0.3	0.00	55.0±0.3
0.10	110.9±0.3	0.10	50.7±0.3
0.31	64.0±0.3	0.34	37.2±0.4
0.61	39.6±0.7	0.61	21.0±0.5

Para calcular por MD el coeficiente de difusión D de H en Pd en material bulk y NCs se estabiliza el sistema a 300K y sobre una sección estrecha del material (plano XY) y en un período corto de tiempo se impone un potencial químico de H que incrementa la concentración de H en esa delgada porción del material (Figura 7). Retirado el potencial químico, vuelve a ser constante el número de átomos de H y a partir de este instante éstos comienzan a difundir en dirección perpendicular al plano XY (a lo largo del eje Z). Se estudia cómo evoluciona el desplazamiento cuadrático medio $\langle Z^2 \rangle$ de los átomos de H con el tiempo. Entre ambas magnitudes existe una relación lineal cuyo factor de proporcionalidad es el doble del coeficiente de difusión D (Piaggi, 2015). Para el bulk, el coeficiente de difusión del H en Pd puro calculado, $7.6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ es el doble que para el caso de H en PdH, $3.7 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, similar a lo que ocurre experimentalmente (Carpena, 2013). Para los NCs de Pd puro se observan dos etapas de difusión, la primera muy rápida $6.0 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ por la tendencia a difundir radialmente a la superficie del NC para formar PdH superficial, la segunda con D más bajo $1.2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$. Si partimos de NCs con solamente la superficie hidrurada, el H difunde en ambas zonas y el valor de D es intermedio ($2.0 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ para la orientación (001) y $1.25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ para la orientación (111)).

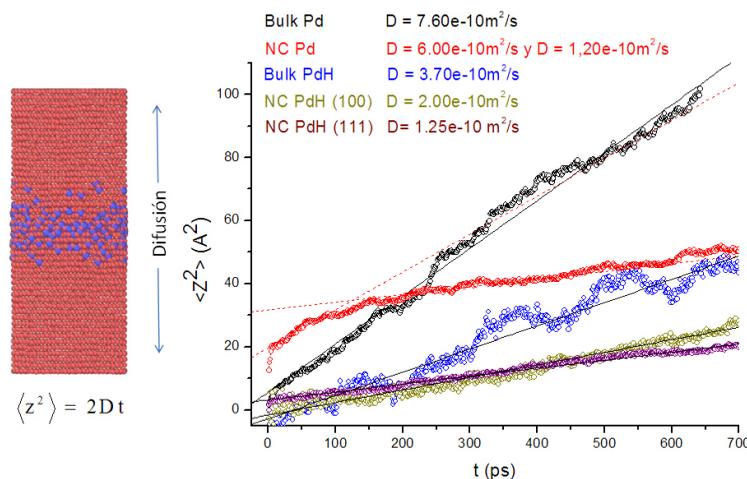


Figura 7: Cálculos del coeficiente de difusión de H en bulk y NCs de Pd a 300K

CONCLUSIONES

Se concluye en este trabajo que los NCs de Pd pueden detectar H a presiones extremadamente bajas (Figura 4) y que sus propiedades mecánicas resultan adecuadas para ser empleados para tal fin (Tabla 1), si bien disminuyen con respecto al bulk. Los coeficientes de difusión en estos NCs resultan significativamente inferiores a los del material bulk, y dependen del grado de hidruración que tenga el material, Piaggi (2015) y Carpena (2013).

AGRADECIMIENTOS

PID Físicoquímica de Nanoestructuras, UTN-FRN, Argentina.
Proyecto I238, Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

REFERENCIAS

- MANCHESTER F.D., SAN-MARTIN A., PITRE J.M. (2000). H-Pd (Hydrogen-Palladium) in Phase diagrams of binary phase alloys. F.D. Manchester Ed. Materials Park, Ohio (2000).
- YU X., TANG Z., SUN D., OUYANG L., ZHU M., (2017). "Recent advances and remaining challenges of nanostructured materials for hydrogen storage applications". *Progress in Materials Science* (2017) 88 1-48.
- RAMOS S. B., CRESPO E. A., BRASCHI F. U., BRINGA E. M., ALÍ M. L., RUDAM. M., (2014). "Hydrogen absorption in Pd thin-films", *International Journal of Hydrogen Energy* (2014) 39 8590-8595.
- CRESPO E. A., RUDA M. M., RAMOS S. B., BRINGA E. M., BRASCHI F. U., BERTOLINO G., (2012). "Hydrogen absorption in Pd nanoparticles of different shapes" *International Journal of Hydrogen Energy* (2012) 37 14831-14837.
- PLIMPTON S.J., (1995). "Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics". *Comp Phys* (1995) 117 1-19.
- ZHOU X.W., ZIMMERMAN J.A., WONG B.M., HOYT J.J., (2008). "An embedded-atom method interatomic potential for Pd-H alloys". *Journal of Materials Research* (2008) 23 704-7018.
- STUKOWSKY A., (2010). "Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO – the open visualization tool". *Model Simul Mater Sci Eng* (2010) 18 15012.
- HYDE B., ESPINOSA H. D., FARKAS D. "An atomistic investigation of elastic and plastic properties of Au nanowires". *Journal of Materials* (2005) 62-65.
- PIAGGI P.M., BRINGA E.M, PASIANOT R.C., GORDILLO N., PANIZO-LAIZ M., del RÍO J., (2015). "Hydrogen diffusion and trapping in nanocrystalline tungsten". *Journal of Nuclear Materials* (2015) 458 233-239.
- CARPENA NUÑEZ J., YANG D., KIM J. W., PARK C., FONSECA L. F. (2013), "Mechanical characterization of pristine and hydrogen exposed palladium nanowires by in situ TEM". *Nanotechnology* (2013) 24 035701.

MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL ARROYO NOGOYÁ ENTRE RÍOS, ARGENTINA

Fecha de Recepción: 30 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 04 de Setiembre de 2019

Erbetta, Agustina L.; Graziadio, Victor H.*; Morley, Sofía A., Villanueva, Gonzalo; Lopez, Patricia V. ; Cattaneo, Natalia A.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Paraná, Almafuerite 1033, (3100), Paraná, Entre Ríos, Argentina.

**Autor a quien se debe dirigir la correspondencia
Correo electrónico: victorgraziadio@gmail.com*

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla la modelación hidrológica de la cuenca del Arroyo Nogoyá, ubicada en la provincia de Entre Ríos, aplicando una precipitación de diseño generada mediante una metodología que considera la distribución espacial de las precipitaciones. El modelo de transformación lluvia-caudal implementado corresponde al Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingenieros Hidrológicos de la Armada de Estados Unidos (HEC-HMS) y fue calibrado y validado a partir de los datos del aforo ubicado en Ruta Provincial 11, operado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

La consideración de la variación de las precipitaciones en el área de la cuenca permitió obtener resultados más precisos, que podrán servir como base para la planificación territorial, el diseño y la operación de obras de infraestructura relacionadas con los recursos hídricos de la región.

Palabras clave: modelación hidrológica, cuenca arroyo Nogoyá, hidrología, precipitación.

ABSTRACT

This paper shows the hydrologic modeling of the Nogoyá Stream Basin in the Province of Entre Ríos, applying a desing rainfall generated by a methodology that considers the rainfall spatial distribution. The rain-flow transformation model implemented corresponds to the Hydrologic Modeling System of the Hydrologic Engineering Center (HEC-HMS) of the US Army and was calibrated and validated based on the flow measurement data located on the Provincial Route 11, operated by the Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

To consider the precipitation variation in the basin's area allows to obtain more accurate results that will be able to serve as a base for the territorial planning, desing and operation of infrastructure works related to water resources in the region.

Key words: hydrologic modeling, Nogoyá Stream Basin, hydrology, rainfall.

INTRODUCCIÓN

El objetivo general para esta investigación fue analizar el desempeño de un modelo hidrológico en una cuenca de gran tamaño utilizando tormentas de diseño obtenidas a partir del análisis de precipitaciones medias ocurridas en la cuenca, en lugar de utilizar datos de precipitación de una sola estación a las cuales se les aplica cierto decaimiento areal. En particular el estudio se realizó para el modelo del hidrograma unitario de Clark de HEC-HMS aplicado a la cuenca del Arroyo Nogoyá de 3881 Km² de área de aporte.

El conocimiento y análisis de la información de precipitaciones es una base imprescindible para la planificación territorial, el diseño y la operación de obras de infraestructura relacionadas con los recursos hídricos (Tucci Morelli, 2007).

El dimensionamiento de estructuras hidráulicas requiere el conocimiento de la tormenta que produce los caudales picos que debe soportar la estructura, para lo cual se asocia la probabilidad de ocurrencia de una creciente de determinada magnitud, a un determinado riesgo de rotura que se asume como eventualmente admisible (Chow et al., 1994).

Salvo que se cuente con una estación de aforos en el emplazamiento de la obra, suelen utilizarse modelos de transformación de lluvia-caudal a los efectos de obtener los caudales picos de diseño con base en una determinada tormenta de diseño (Daniil et al., 2005).

Para predecir el caudal de proyecto basándose en la lluvia de diseño, se requiere establecer el valor medio sobre la superficie de aporte. La estimación de la lluvia media sobre una cuenca extensa suele realizarse utilizando curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) calculadas en base a registros puntuales de una estación meteorológica, que suele asumirse como foco del evento meteorológico.

En caso de cuencas menores o de mediana extensión, suele considerarse que la distribución de la lluvia es uniforme en toda la cuenca y se utilizan datos de lluvia de una estación meteorológica cercana asumiendo que la información puntual que se obtiene en ésta es adecuada para el análisis. La estimación de la relación IDF para la estación meteorológica considerada es suficiente para el diseño hidrológico de este tipo de cuencas.

Para cuencas mayores, con superficie superior a 100 km², esta suposición de uniformidad de la lluvia deja de ser válida en mayor medida cuanto mayor es la extensión de la cuenca (Chow et al., 1994), por lo cual a los datos de la estación puntual se le aplican coeficientes de abatimiento areal que reducen la magnitud de la precipitación en función del área de la cuenca.

Un procedimiento alternativo consiste en analizar directamente la precipitación media areal sobre la cuenca. Para ello, se requiere contar con varias estaciones pluviométricas dentro de esta última o cerca de los límites y, con base en la determinación de las precipitaciones medias areales (PMA) máximas anuales de distintas duraciones, se pueden determinar curvas IDF directamente para la variable de interés que es la precipitación media areal. Esta vía directa evita la utilización de coeficientes de ajuste que generan gran incertidumbre en los resultados (Tucci, 2007).

La cuenca del Arroyo Nogoyá se encuentra ubicada en el Sudoeste de la provincia (Figura 1), tiene una superficie de 3881 km² y cuenta con una extensa red de pluviómetros pertenecientes a la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos (DH), la cual ha realizado importantes avances en la disponibilidad de información espacial; ofrece en su sitio de internet capas vectoriales de los cursos de agua, red de pluviómetros y otras informaciones de interés.

Sin embargo, no se observa una aplicación generalizada de dicha plataforma a nivel institucional ni su aplicación en los usos prácticos de variadas actividades.

La existencia de importantes cuencas dentro de la provincia y la cantidad de información hidrometeorológica disponible hacen necesario y factible el análisis de tormentas para cuencas de grandes extensiones en el marco de la utilización de los SIG (Sistema de Información Geográfica).

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó esta abundante información disponible, para lo cual fue necesario organizarla, procesarla y analizarla (Figura 2) utilizando una plataforma SIG, a los fines de obtener curvas IDF de la precipitación media areal de la cuenca del Arroyo Nogoyá, a los efectos de realizar la modelación hidrológica del arroyo.

Los resultados de este tipo de trabajo y su verificación conducen a alcanzar mayor certidumbre en el diseño de obras hidráulicas en las que están involucradas grandes cuencas.

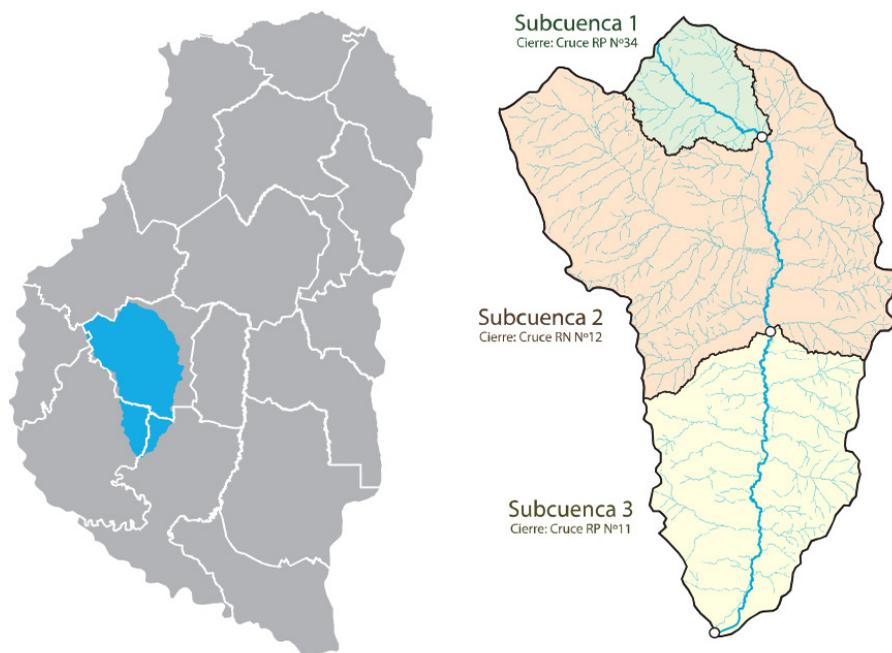


Figura 1: Ubicación de la cuenca en la provincia y subcuencas analizadas.

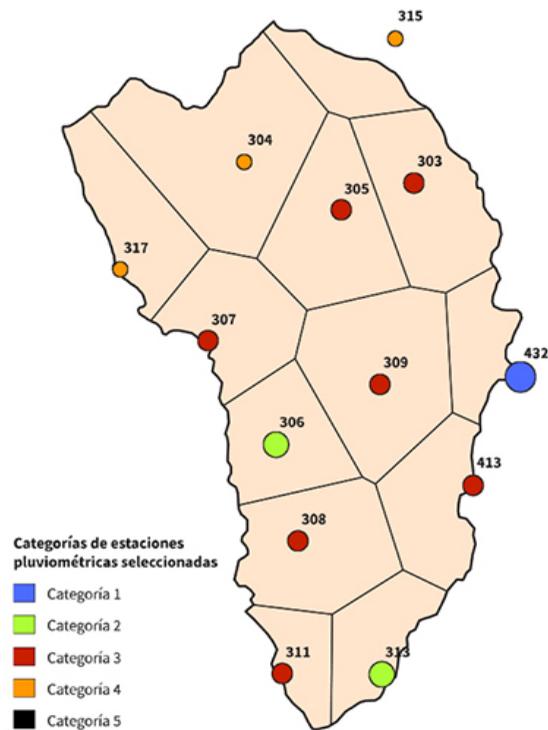


Figura 2: Polígonos de Thiessen de las Estaciones pluviométricas seleccionadas.

DESARROLLO

Con el objetivo de determinar caudales asociados a distintas recurrencias, se implementó un modelo hidrológico de toda la cuenca.

Los modelos hidrológicos permiten explorar y evaluar cuál sería el impacto que el ciclo del agua tendría en diferentes escenarios futuros que simulen el cambio demográfico, del uso de suelo o del clima.

Para la implementación del mismo se estudiaron distintos aspectos que intervienen en la estimación de caudales, tales como datos fisiográficos e hidrológicos. El análisis de las características fisiográficas de las cuencas pudo realizarse en forma muy detallada en base a un software SIG, junto a la utilización de imágenes satelitales que sirvieron para estudiar el tipo de uso del suelo, y elaborar un Modelo digital de Elevación del Terreno (DEM) obtenido a través de imágenes satelitales.

Para ello se aplicó la metodología que se detalla a continuación y que para su desarrollo se ha ordenado en distintas etapas de estudio.

Esquema Topológico

Para este estudio se utilizó un modelo de transformación concentrado. En estos modelos la cuenca se divide en áreas menores, discretizándola en varias subcuencas conectadas por una se-

rie de cursos. Luego se simula el tránsito del hidrograma generado en cada subcuenca a través de los cursos principales, sumándolos en las confluencias y obteniendo de este modo el hidrograma de salida de toda la cuenca.

Para este estudio se utilizó el sistema de modelación hidrológica HEC-HMS desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos que permite simular procesos de transformación precipitación-escorrentía. Este software dispone de diferentes métodos para el análisis hidrológico, que se describen en forma seguida.

Métodos de transformación lluvia caudal

La modelación hidrológica con HEC-HMS consta de dos partes principales: la primera es el cómputo de la precipitación efectiva y la segunda es la transformación de ésta en escorrentía. El modelo incluye, además, la posibilidad de transitar el hidrograma de salida de una cuenca a través de un cauce o un embalse. Este sistema de modelación dispone de diferentes modelos matemáticos para resolver cada una de esas etapas, a continuación se describen los seleccionados para el desarrollo de este estudio, y los parámetros involucrados.

Cálculo de la Precipitación Efectiva. Método de la Curva Número

El método utilizado para el cálculo de la precipitación efectiva fue el del Servicio de Conservación del Suelo, el cual permite estimar el exceso de precipitación en función de la precipitación total, la condición de humedad antecedente (AMC) y el complejo hidrológico suelo-vegetación, utilizando como único parámetro el valor de **Curva Número** (CN).

Para estimar su valor se pueden utilizar tablas propuestas por el Servicio de Conservación de Suelos (USDA-NRCS, 2004), las cuales están en función del tipo de suelo (potencial de escurrimiento), uso y tratamiento del suelo y condición de humedad antecedente.

El primer paso fue la clasificación del tipo de suelo, para la cual se utilizó el mapa de suelos de la provincia de Entre Ríos elaborado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). En Tabla 1 se indican los porcentajes de ocupación de cada orden de suelo dentro de la cuenca.

Orden	Grupo	Textura	% por grupo	% orden en cuenca
Alfisol	Ocracualf vertico	Franca limosa	0,48%	0,48%
Molisol	Argiudol vertico	Franco arcillo limosa	6,61%	68,28%
	Argiudol acuico	Franca limosa	60,28%	
	Hapludol típico	Franco arcillo limosa	1,39%	
Vertisol	Peludert argico cromico	Franco arcillo limosa	25,80%	25,80%
Entisol	Haplacuent típico	Franco arcillo limosa	5,44%	5,44%

Tabla 1: Suelos Cuenca Arroyo Nogoyá. Clasificación Soil Toxonomy.

Los suelos preponderantes en la cuenca pertenecen a los órdenes de los molisoles (68%) y de los vertisoles (26%). Los molisoles son suelos arcillosos, poco permeables y penetrables. Los vertisoles son suelos con altos contenidos de arcillas plásticas, muy duros en seco y muy plásticos y adhesivos cuando están mojados.

En la Figura 3 se identificaron las clases texturales que son las necesarias para obtener el valor CN, observándose que predominan los suelos franco-arcillo-limosos y franco-limosos. La proporción de cada clase dentro de la cuenca se puede ver en la Tabla 1.

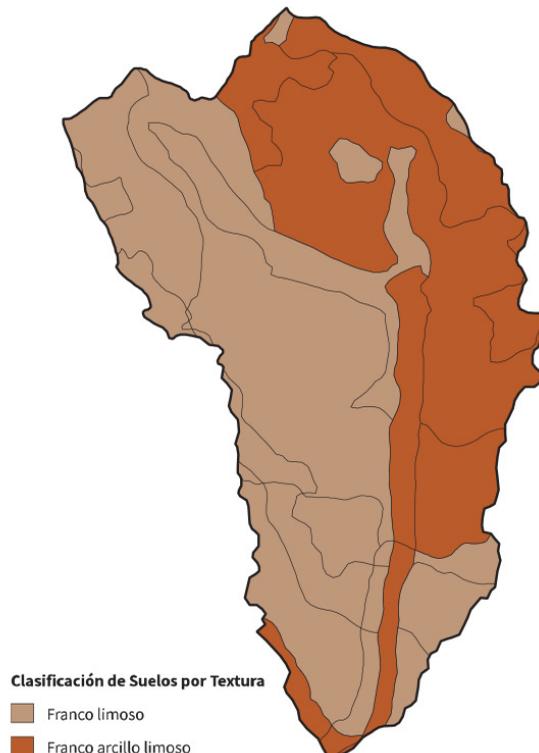


Figura 3: Suelos Cuenca Arroyo Nogoyá. Clases Textuales. (Fuente: SAGyP e INTA, 1990)

El método del Servicio de Conservación de Suelos define cuatro grupos hidrológicos para categorizar a los suelos desde el punto de vista de su comportamiento frente al escurrimiento.

Los suelos de textura franco-arcillo-limosa se clasificaron como tipo D y los suelos con textura franco-limosa como tipo C.

El siguiente paso fue determinar el uso que se le da al suelo de la zona. Para obtener un mapa con la distribución espacial de la categorización del uso del suelo se realizó una clasificación supervisada analizando imágenes de alta resolución que se presentan en el programa Google Earth, para las fechas de interés, identificando las zonas para la demarcación de los polígonos de usos de suelo.

En función del análisis realizado se establecieron las categorías de usos del suelo indicadas en la Figura 4.

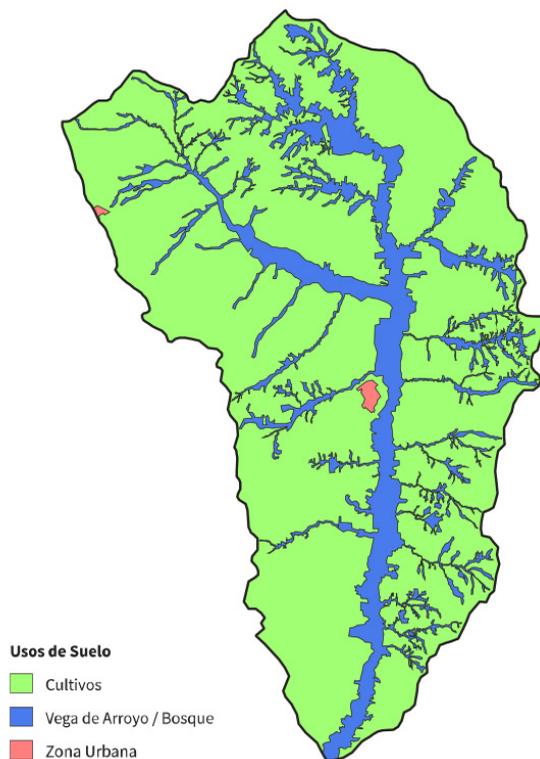


Figura 4: Mapa de Usos de Suelos Cuenca Arroyo Nogoyá Mayo del 2000

Para generar el mapa de CN el primer paso fue la unión de los mapas de uso de suelos y de clasificación según grupos hidrológicos, en un mapa único vectorial donde a cada polígono se le asoció la información de uso y grupo hidrológico.

Las condiciones de la humedad antecedente se definen en el método de CN en función de la precipitación acumulada en los 5 días anteriores al evento y a partir de ello se distinguen tres condiciones: seca (I), promedio (II) y húmeda (III).

El segundo paso fue la creación de una matriz con valores de CN para lo cual previamente se analizó la condición de humedad antecedente para la fecha considerada. A partir de los datos de los pluviómetros en la cuenca y zonas vecinas se estimó la precipitación media areal en los 5 días previo al evento.

Para la definición de los valores de CN para cada combinación de uso y grupo hidrológico de suelo se tuvieron en cuenta los recomendados por Chow et al. (1994) para una condición antecedente de humedad II.

Aplicando técnicas SIG, se asoció a cada polígono del mapa de uso y tipo de suelo el valor de CN correspondiente según la matriz de la tabla lo cual permitió obtener un mapa vectorial de CN para la fecha analizada.

Por último, en la Tabla 2 se pueden observar los valores de CN obtenidos para cada área de estudio en condición de humedad antecedente seca (CNI) y en condición de humedad antecedente media (CNII).

Tabla 2: Suelos Cuenca Arroyo Nogoyá. Clasificación Soil Toxonomy

Condición de Humedad Antecedente	Descripción	Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Seca (CNI)	Vegas de arroyos / Bosques	15,25	36,71	50,70	59,82
	Residencial (30%imp)	35,76	51,92	64,16	72,07
	Cultivos	40,66	50,70	59,82	64,16
Media (CNII)	Vegas de arroyos / Bosques	30	58	71	78
	Residencial (30%imp)	57	72	81	86
	Cultivos	62	71	78	81

Transformación Hietograma Precipitación Efectiva-Hidrograma de Esgurrimiento Directo.

HEC-HMS presenta varios métodos para la transformación de la precipitación efectiva en escurrimiento. El utilizado para este estudio es el método del Hidrograma Unitario de Clark el cual representa el escurrimiento superficial sobre la cuenca por medio de dos procesos:

- Traslación de la lluvia en exceso unitaria hasta la salida de la cuenca: se realiza distribuyéndola según el Histograma Área-Tiempo (HTA) que se construye a partir de las curvas isócronas, que son aquellas que unen los puntos de la cuenca que tienen igual tiempo de viaje hasta la salida. Este histograma (HTA) representa el hidrograma unitario (HUI) de la cuenca y como se asume que inicialmente no existe atenuación en el traslado del escurrimiento hasta la salida de la cuenca, las ordenadas del HUI se pueden calcular multiplicando el HTA por una intensidad de lluvia unitaria. Como generalmente no se cuenta con el HTA de la cuenca, HEC desarrolló una función sintética simétrica a partir de la cual estima el HTA de la cuenca.

- Propagación del hidrograma a través de un embalse lineal ficticio: se realiza a través de un embalse lineal con lo que se incorpora el efecto de atenuación que se origina en el traslado del escurrimiento hasta la salida de la cuenca. Del análisis del método se desprende que este tiene dos parámetros: el tiempo de concentración (T_c) que influye en el HTA a partir del cual se obtiene el HUI y el coeficiente de embalse (R) que incide en la propagación del HUI.

Para la estimación de estos parámetros es posible utilizar diferentes fórmulas. Para este estudio se utilizaron las fórmulas de Graf.

Propagación en cauce. Método de Muskingum-Cunge

Para realizar la propagación hidrológica a través de los cursos se aplicó el método de Muskingum-Cunge, el cual deriva del modelo de Muskingum. Los datos de longitud y pendiente de los cursos se obtuvieron para cada tramo del procesamiento del modelo del terreno que se realizó con HEC-GeoHMS. La geometría de la sección transversal y los coeficientes de rugosidad de Manning para el canal y el valle de inundación se estimaron a partir de imágenes satelitales.

Calibración del Modelo

En el estudio primeramente se simuló un evento real con el objeto de calibrar los parámetros utilizados en relación al hidrograma observado y luego se procedió a la validación de los mismos

comparando con otro hidrograma observado. Si bien ambos eventos corresponden a niveles bajos del río Paraná, con lo cual se desestima que estos niveles tengan influencia en los valores de caudales observados en la estación de aforos, cabe señalar que los mismos corresponden a condiciones de humedad antecedente bajas y la calibración solo tiene validez para esta condición.

La calibración del modelo hidrológico se realizó utilizando los datos de caudales de la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH) y los datos de lluvia de la red de pluviómetros de la DHER. El proceso de calibración consistió en el ajuste de los parámetros del modelo, principalmente los valores de CN que definen la infiltración y el volumen de escorrentía directa, los coeficientes de Manning de los cursos para evaluar el tránsito de avenidas y los coeficientes de embalse R de los hidrogramas unitarios de Clark de las subcuencas.

En base a un evento conocido de precipitación y datos de caudales se ajustaron los parámetros para la cuenca hasta obtener un hidrograma calculado por el modelo similar al observado. Los datos de la estación de aforos, obtenidos de datos de altura-caudal en esta sección se ven influenciados por los valores altos del Río Paraná, descartándose eventos mayores de precipitación que coincidan con alturas altas del río.

Para la calibración se utilizó el evento de precipitación ocurrido entre el 14 y el 18 de mayo de 2000 que cubrió toda la cuenca, no observándose lluvias antecedentes cercanas. La PMA máxima fue de 192,91 mm correspondiente a la subcuenca de la RN N°12.

En las tres subcuencas el pico de la precipitación se registró en el tercer día donde se concentró alrededor del 60%.

El hidrograma observado se obtuvo a partir de los datos de caudal de la estación de aforo en la RPN°11 aportados por la SSRH. Luego se separó el flujo directo del flujo base por el método del flujo base fijo, y se procedió a calibrar el modelo hidrológico con el flujo directo sin incorporarle el cálculo del flujo base.

Únicamente se calibró el caudal pico ajustando el CN, el cual disminuyó 3% con respecto al calculado, lográndose un buen ajuste sin necesidad de tener que modificar los demás parámetros. El tiempo al pico del modelo ajustó sin tener que calibrarlo.

Validación de los Parámetros

Para la validación se utilizó el evento de precipitación ocurrido entre el 14 al 20 de diciembre de 2012 que cubrió toda la cuenca, no observándose lluvias antecedentes cercanas. La PMA máxima fue de 221,09 mm. correspondiente a la subcuenca de la RP N°34. En las tres subcuencas la precipitación se concentró entre el quinto y último día.

Para ajustar el hidrograma de validación se aumentaron en un 4,5% los valores de CN respecto de los de calibración. Este aumento puede deberse a la condición de humedad antecedente, que es uno de los parámetros que más afecta los valores de caudales.

Explotación del modelo. Tormenta de diseño

Para poder realizar la explotación se utilizaron los valores de tormenta de diseño. Los pasos realizados para poder obtenerla fueron, primero la recopilación de información de la red pluviométrica a través de diferentes organismos e instituciones como: la Dirección de Hidráulica de la provincia de Entre Ríos, el INTA, la SSRH, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), y la Bolsa de cereales de Entre Ríos.

Luego se categorizaron las estaciones de la región analizada con el objeto de evaluar la apti-

tud individual de las mismas, para ello se elaboró un sistema de categorización en función de la extensión y continuidad de los registros, siendo las de mayor cobertura las de categoría N°1 y disminuyendo ésta hasta la N°5. Seguidamente se seleccionaron las estaciones, para contar con una red pluviométrica que sea adecuada para el análisis, resultó fundamental la adopción de sólo aquellas estaciones que fuesen de calidad y que abarcaran, en la medida de lo posible, extensos períodos de registro lográndose, así, una red pluviométrica depurada.

En el siguiente paso se completaron los datos faltantes a través del método de la distancia inversa ponderada (IDW) y posteriormente se realizó un análisis de consistencia a través del método de la curva de doble acumulación.

Luego se desarrolló y aplicó la metodología para la obtención de las precipitaciones medias areales (PMA) para distintas recurrencias en áreas delimitadas denominadas subcuencas y se realizó la estimación de la lluvia media sobre una cuenca extensa utilizando curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) determinadas a partir de la obtención de un “pluviómetro ficticio” cuyos datos pluviométricos diarios son los valores de precipitación media areal, calculados por el método de los polígonos de Thiessen.

Seguidamente se calcularon los valores máximos anuales de la precipitación media areal y se realizó un análisis de frecuencias, siendo el objetivo principal del mismo el de relacionar la magnitud de los eventos extremos obtenidos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad.

Finalmente se obtuvieron Las Curvas I-D-F simplemente ajustando los valores de precipitación mencionados anteriormente en expresiones matemáticas que relacionen las variables de intensidad media, duración y período de recurrencia.

RESULTADOS

La explotación del modelo se realizó utilizando los parámetros calibrados a fin de obtener caudales asociados a distintas recurrencias en la estación de aforos de la RP N°11 perteneciente a la SSRH.

La información de la tormenta se ingresó en la forma de hietograma de Precipitación Media Areal (PMA) para cada subcuenca con intervalos de tiempo de 8 hs. La PMA se calculó aplicando la metodología de los polígonos de Thiessen a los datos de las estaciones pluviométricas aplicando herramientas SIG.

En cuanto a la duración de la tormenta con la que se obtuvieron valores máximos de caudal fue de ocho días de duración para la estación de aforos de la RP N° 11. Los patrones de distribución temporal de lluvia para tormentas de 24 hs de duración se adoptaron del estudio de la UTN Regional Concordia para la Estación Paraná (Zamanillo et al., 2008), a partir de fajas pluviográficas.

En este proyecto, se analizaron los casos para 25, 50 y 100 años de recurrencia. A partir de los datos obtenidos del análisis de frecuencia, y utilizando los cuantiles de distribución anteriormente mencionados, se obtuvieron los hietogramas de precipitación como dato de entrada para la explotación del modelo hidrológico.

Tabla 3: Caudales pico resultados del modelo hidrológico en m³/s.

Condición de Humedad Antecedente	Recurrencia	Punto de cierre cuenca		
		RP N°34	RN N°12	RP N°11
Seca (CNI)	25 años	143,1	465,6	709,8
	50 años	183,4	568,0	894,0
	100 años	227,5	676,3	1092,0
Media (CNII)	25 años	252,5	764,2	1216,5
	50 años	301,0	893,8	1443,1
	100 años	352,1	1027,7	1681,9

DISCUSIÓN

Una etapa importante del estudio fue la generación de la información espacialmente distribuida de datos de precipitación y valores de CN.

El tratamiento de la información de precipitación y su distribución espacial conjuntamente con la generación de mapas distribuidos de CN implicaron un esfuerzo significativo y un apreciable tiempo insumido que se juzgaron necesarios para asegurar la calidad de la información que se genera y la mejor representación de la realidad que se simula mediante la aplicación de procedimientos avanzados en el tratamiento espacial de los datos.

La aplicación del procedimiento de clasificación supervisada de imágenes satelitales para definir los usos de suelo en los distintos puntos del espacio de la cuenca del Arroyo Nogoyá permitió detectar modificaciones de los mismos entre las fechas de calibración (2000) y validación (2012) que se tradujo en un incremento en los valores de CN del último escenario. Esto es una ventaja importante de la teledetección que brinda la posibilidad de contar con información actualizada para analizar la ocupación de las tierras y obtener mayor precisión en el cálculo del CN para una fecha en particular, acentuado este beneficio por la posibilidad de contar con dicha información de manera gratuita y en formato digital.

El esfuerzo de generación de información espacial se justificó con una satisfactoria precisión de los resultados, en la calibración el tiempo al pico coincidió con el observado y el error en la estimación del caudal pico fue del 0,53%. En la validación el tiempo al pico fue 12hs antes que el observado y el error en la estimación del caudal pico fue del 0,11%.

En base al análisis de la PMA realizado, se determinaron curvas IDF para la cuenca, con las que se obtuvieron tormentas de diseño que se ingresaron en el modelo. Se encontraron valores razonables en la explotación del modelo para tormentas de diseño de distintas recurrencias para la obtención de caudales en las distintas subcuencas y en la cuenca total estudiada, tanto para condiciones de humedad antecedente bajas como medias (tipo I y II), de acuerdo a los registros de caudales disponibles de la estación de aforos de RP N° 11. Con lo cual puede decirse que el procedimiento desarrollado resulta muy adecuado para disminuir la incertidumbre de la modelación hidrológica, vinculada a una de las variables más importantes como es la precipitación.

CONCLUSIONES

Uno de los objetivos planteados fue analizar el desempeño de un modelo hidrológico en una cuenca de gran tamaño considerando la distribución espacial de la precipitación como metodología alternativa a la tradicional, precipitación uniforme en toda la cuenca afectada por un coeficiente de abatimiento areal, bajo la hipótesis que se obtendría una mayor precisión de los resultados

Al analizar las salidas del modelo en las etapas de calibración y validación se confirmó la hipótesis, el ajuste fue satisfactorio y las diferencias detectadas entre los hidrogramas modelados y observados no fueron significativas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los integrantes del proyecto de investigación PID 3882 “Estudio de tormentas de diseño en cuencas extensas de la provincia de Entre Ríos” de la Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R. Y WAYS, L.W. (1994). Hidrología Aplicada. Buenos Aires: McGraw-Hill.

DANIIL E.I.; S.N. MICHAS Y L.S. LAZARIDIS. (2005). Hydrologic modeling considerations for flood management in ungaged basins. Trabajo presentado en 9th International Conference on Environmental Science and Technology. Isla de Rodas, Grecia.

DIRECCIÓN DE HIDRÁULICA DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. (2012). Información técnica de los pluviómetros. En página web, última vez accesible el 24/06/2017 en: http://www.hidraulica.gob.ar/pluviometros_descripcion.pdf

DIRECCIÓN DE HIDRÁULICA DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. (2003). Sistema de información geográfica de los recursos hídricos de Entre Ríos. Características físicas de las cuencas. En página web, última vez accesible el 08/07/2017 en: <http://www.hidraulica.gob.ar/cuencas.php>

INTA - Gobierno de Entre Ríos. (1986). Carta de suelos de la República Argentina, Departamento Nogoyá.

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS - Evarsa (2004). Estadística Hidrológica de la República Argentina.

TUCCI MORELLI, CARLOS E. (2007). Hidrologia, Ciência e Aplicação. Cuarta Edición. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

USDA-NRCS (2004). Hydrologic Soil-Cover Complexes. Chapter 9. Part 630, Hydrology National Engineering Handbook. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

ZAMANILLO, E. A.; LARENZE, G. R.; TITO, M. J.; PÉREZ, M. M. y GARAT, M. E. (2008). Procedimientos para la Estimación de Tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos. Hypatia. Universidad Tecnológica Nacional; Facultad Regional Concordia.

NUEVOS CATALIZADORES ZEOLÍTICOS DERIVADOS DE CAOLÍN APLICADOS A LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL

Fecha de Recepción: 31 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 23 de Setiembre de 2019

Benedictto, Germán P. ^{*1}; Sotelo, Roberto M. ¹; Basaldella, Elena I. ²

¹ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, 1874, Ramón Franco 5050, Villa Domínico, Buenos Aires, Argentina.

² CINDECA, Universidad Nacional de La Plata, Calle 47 N° 257, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

**Autor a quién la correspondencia debe ir dirigida
Correo electrónico: german.benedictto@gmail.com*

RESUMEN

Se prepararon muestras conteniendo zeolita tipo A a partir del tratamiento hidrotérmico alcalino de un caolín natural, caracterizándose mediante difracción de rayos X, microscopía de barrido electrónico y microanálisis por dispersión de energía de rayos X. Los productos obtenidos fueron asimismo utilizados como catalizadores heterogéneos en la síntesis de biodiesel a partir de aceite de girasol y metanol. La evaluación catalítica se llevó a cabo a 65 °C y presión autogenerada. Las zeolitas enriquecidas preparadas a partir de caolín demostraron ser eficientes al usarse como catalizadores, dando conversiones superiores al 96% luego de 5,5 horas de reacción.

Palabras Claves: biodiesel, caolín, zeolitas, catalizadores heterogéneos.

ABSTRACT

Solid samples containing A type zeolite were prepared from kaolin applying a hydrothermal treatment. The obtained materials were characterized by X-ray diffraction, electron scanning microscopy and microanalysis by dispersion of X-ray energy. The resulting samples were studied as heterogeneous catalysts in the synthesis of biodiesel from sunflower oil and methanol. Catalytic tests were carried out at 65° C and low pressure. The zeolites prepared from kaolin proved to be efficient as catalysts for biodiesel synthesis, reaching conversions above 96% after 5.5 hours of reaction.

Key-words: biodiesel, kaolin, zeolites, heterogeneous catalysts.

INTRODUCCIÓN

El biodiesel es uno de los combustibles renovables de mayor difusión. La industria argentina de biodiesel se encuentra en desarrollo. La capacidad instalada de producción de biodiesel es de 4,6 millones de toneladas al año, que se destinan a consumo interno y exportaciones (Ministerio de Hacienda de la Nación Argentina. Sector Energías, 2019).

El biodiesel se obtiene principalmente a partir de aceites vegetales, materias primas que suelen utilizarse en función de su disponibilidad local. El proceso de síntesis de biodiesel combina los triglicéridos del aceite y un alcohol primario para producir ésteres de ácidos grasos y glicerina, a través de una reacción de transesterificación en medio básico (Ejikeme et al., 2010; Gemma et al., 2004).

El uso de catalizadores en el proceso de producción de biodiesel es necesario para aumentar la velocidad y el rendimiento de reacción. Los catalizadores utilizados con este fin pueden clasificarse en homogéneos y heterogéneos. Los catalizadores homogéneos se encuentran formando parte de la fase líquida de los reactivos. Por el contrario, los catalizadores heterogéneos son insolubles en los reactivos (Bournay et al. 2005; Arzamendi et al., 2008).

En la actualidad, los procesos de síntesis de biodiesel a escala industrial emplean catalizadores homogéneos. Sin embargo, este tipo de catalizadores presentan una serie de desventajas operacionales y ambientales, generadas por la formación de agua en la reacción. Esta lleva a un mayor consumo de catalizador, a la generación de jabones, que dificultan la separación de fases, aumentan el consumo de agua de lavado y el volumen de los efluentes (Arzamendi et al., 2008; Ejikeme et al., 2010; Ullah and Dong L., 2016).

Las investigaciones actuales apuntan al desarrollo de catalizadores heterogéneos que puedan solucionar las desventajas asociadas a la catálisis homogénea. Además, el uso de catalizadores heterogéneos permitiría recuperarlos y reutilizarlos, y obtener como subproducto glicerina, con pureza superior a la que se obtiene por vía homogénea (Helwani et al., 2009; Ullah and Dong L., 2016; Mardhiah et al., 2017; Marsin et al., 2017).

En este trabajo se presenta una serie de nuevos catalizadores zeolíticos para la síntesis de biodiesel, derivados de caolín. Con estos materiales se busca optimizar el proceso de catálisis heterogénea, buscando además catalizadores que puedan ser reutilizados.

MATERIALES

Para la síntesis de la estructura zeolítica se empleó caolín (muestra proveniente de la provincia de La Rioja) e hidróxido de sodio (Anedra p.a.).

Para la síntesis de biodiesel se empleó aceite comestible de girasol Cañuelas, metanol p.a. (>99.8 % p/p) Biopack.

Para la cromatografía en capa delgada se usaron cromatofolios plásticos TLC (Merck). Solventes de desarrollo, Sistema 1, Cloroformo (Anedra, p.a.), Sistema 2, n-heptano (Dorwil, p.a.), éter etílico (Dorwil, p.a.), ácido acético (Cicarelli, p.a.) relación 7:2:1. Revelador, vapores de yodo.

EXPERIMENTAL

Síntesis de zeolitas A

Se sintetizaron zeolitas de tipo A a partir de una muestra de caolín, proveniente de la prov. de La Rioja. Como puede verse en la Tabla 1, el caolín utilizado contiene pequeñas cantidades de potasio, hierro, magnesio, calcio, titanio y fósforo. Este caolín se sometió a un tratamiento alcalino en medio de NaOH. La mezcla de cristalización se formuló para favorecer la cristalización de zeolita de tipo A como componente mayoritario.

Tabla 1: Composición promedio del Caolín comercial utilizado determinada por EDAX.

Mineral	Composición porcentual
SiO ₂	57,63
Al ₂ O ₃	37,76
Fe ₂ O ₃	0,86
MgO	0,59
CaO	<0,50
K ₂ O	1,80
TiO ₂	<0,50
P ₂ O ₅	<0,50

El procedimiento utilizado fue el siguiente:

En un cristalizador de porcelana se pesaron 20 g de caolín, y se calcinaron en mufla a 750 °C durante 6 horas. Se dejó enfriar y se añadieron 80 ml de solución de hidróxido de sodio 3 M. La mezcla se colocó en un recipiente cerrado y se calentó en estufa a 90 °C durante 4 horas. Se dejó enfriar y se separó el sólido por filtración. Se lavó sobre el filtro con 250 ml de agua destilada y se dejó secar sobre el filtro. El material obtenido se calentó en estufa a 120 °C hasta peso constante. El producto se denominó Z_A. La Figura 1 presenta el diagrama de flujo de esta síntesis.

En otro ensayo, se evitó la etapa de filtrado y lavado del material. El material se retiró del reactor, se separó el líquido del sólido, y se secó el sólido a peso constante, obteniéndose una zeolita impregnada con los restos de las aguas madres de síntesis (solución alcalina rica en NaOH). La muestra fue denominada muestra Z_{AI}.

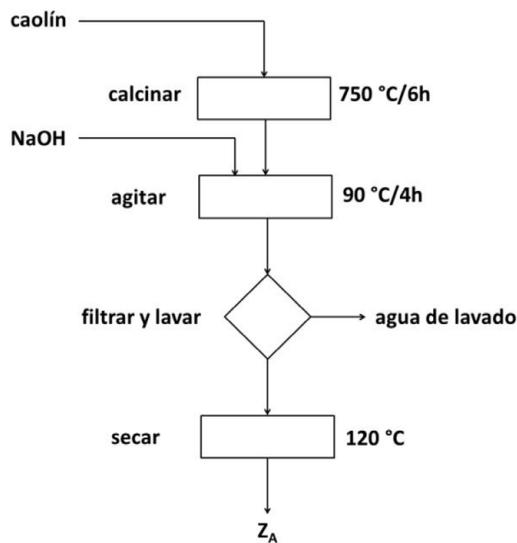


Figura 1: Síntesis de zeolitas A. Diagrama de flujo.

Recuperación de zeolitas A.

Se evaluó el método de recuperación directa del sistema de reacción, compuesto por los productos biodiesel y glicerina. Para ello, se centrifugó el sistema durante 30 min a 2000 r.p.m., para luego retirar las fases líquidas (biodiesel y glicerina). El material recuperado, sin lavar, quedó embebido con glicerina. Consecuentemente, la cantidad de catalizador recuperada no pudo ser determinada con exactitud. En base a los pesos obtenidos se estimó una recuperación de catalizador del 80%.

Evaluación catalítica.

Los ensayos de síntesis de biodiesel se realizaron mediante reacciones de transesterificación de aceite en sus ésteres metílicos en las condiciones más suaves posibles. Como parámetros base, se trabajó con una relación de masa de aceite: metanol de 10:3 y una concentración de catalizador de 3 % p/p referida a la masa de aceite.

La secuencia de pasos para realizar los ensayos de síntesis de biodiesel fueron los siguientes:

Se pesó el aceite en el reactor tarado, se cerró y se fijó dentro de un baño termostático. Se precalentó el aceite a la temperatura deseada (65 °C). Se pesó metanol en un frasco de vidrio, y se cerró el recipiente. Se pesó la cantidad de catalizador a utilizar sobre un vidrio de reloj. El catalizador pesado se incorporó al recipiente que contenía el metanol y se suspendió mediante un agitador magnético. Se agregó la mezcla metanol-catalizador al reactor que contiene el aceite precalentado, se inició la agitación y se continuó la reacción por el tiempo deseado. Una vez finalizada la reacción, se sacó el reactor del baño y se enfrió rápidamente. El contenido del reactor se trasvasó a una ampolla de decantación, y se dejó reposar para separar las fases de biodiesel y glicerina. Una vez separadas, cada fase se almacenó en recipientes cerrados rotulados. El biodiesel obtenido se calentó a 120 °C para purificarlo, y recuperar el metanol retenido.

El progreso de la reacción se controló mediante cromatografía en capa delgada (TLC). Las muestras se tomaron con una jeringa a través de un septum a diferentes tiempos de reacción.

La conversión final se determinó por cromatografía de gases, utilizando la técnica descrita anteriormente.

RESULTADOS

Caracterización estructural.

Difracción de rayos X.

En la Figura 2 se muestran los difractogramas de los materiales Z_A y Z_{Al} , que corresponden al producto obtenido en la síntesis hidrotérmica partiendo del caolín, siendo la muestra Z_{Al} el sólido que se separa de las aguas madres de cristalización y la muestra Z_A a este sólido lavado.

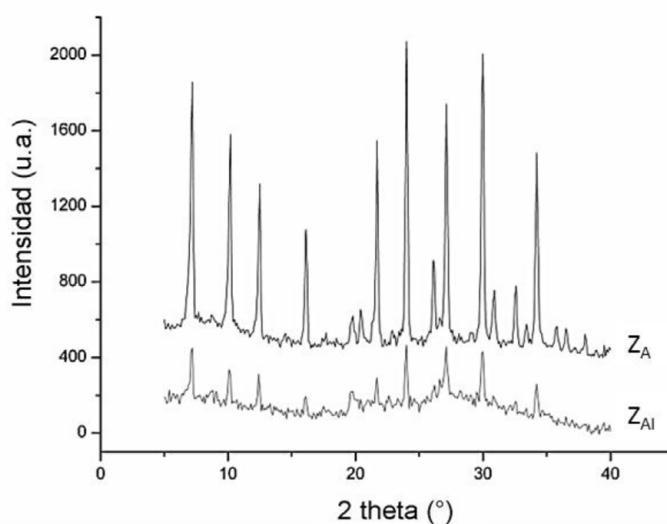


Figura 2: Difractogramas de Rayos X. Muestras Z_A y Z_{Al} .

Se observa que el difractograma de la muestra de caolín zeolitizado no parece modificar su estructura por el tratamiento de lavado. Para el material Z_{Al} , la presencia en el sólido sin lavar de restos de los componentes constitutivos del líquido madre produce una disminución de la altura de todos los máximos de difracción. Como puede verse, ambas muestras Z_A y Z_{Al} presentan los picos característicos de la zeolita A, cuyas reflexiones principales se encuentran a $2\theta = 7,2^\circ$, $10,15^\circ$, $23,96^\circ$ y $29,91^\circ$, correspondientes a los planos (100), (110), (311) y (410) respectivamente.

Microscopía electrónica de barrido.

Las Figuras 3 y 4 corresponden a las imágenes obtenidas por SEM de zeolitas Z_A y Z_{Al} .

En la Figura 3 pueden observarse los típicos cristales cúbicos correspondientes a la zeolita tipo A (Z_A). La distribución de tamaño de partícula es uniforme, con cristales de tamaño cercano a 2-3 μm .

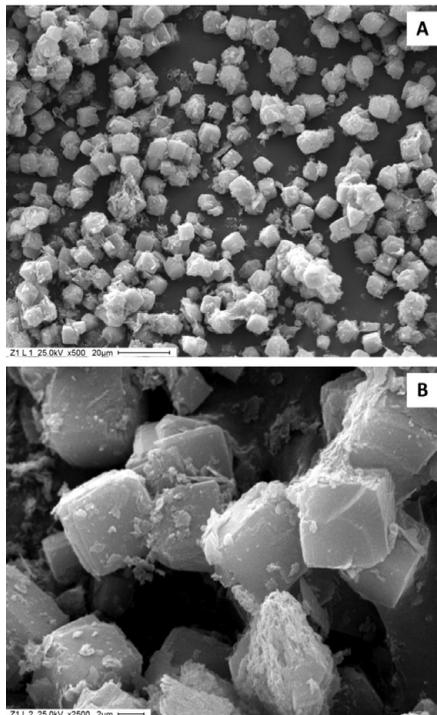


Figura 3: Micrografía SEM. Muestra Z_{A1} .

En la Figura 4 se observan partículas con características similares, recubiertas por materiales de tamaño irregular, correspondiente a los restos de materiales de las aguas madres de síntesis (Z_{A1}).

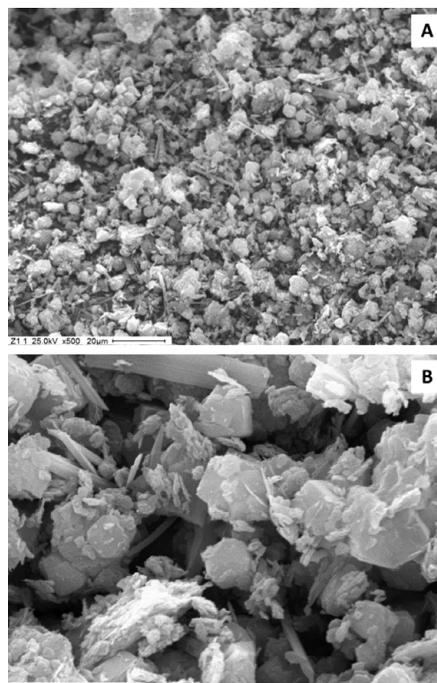


Figura 4: Micrografía SEM. Muestra Z_A .

Composición química.

En la Tabla 2 se detalla la composición química de las muestras Z_A y Z_{Al} obtenidas por EDAX. Como podía esperarse, la composición de ambas muestras es similar, siendo Si, Al y Na los elementos presentes en mayor proporción. La presencia de Mg y Fe presentes en la muestra concuerdan con la composición de caolín utilizado como materia prima.

Tabla 2: Análisis químico obtenido por EDAX. Muestras Z_A y Z_{Al} (%p/p).

Muestra	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
Z_{Al}	18,1	0,2	33,5	47,2	1,0
Z_A	18,6	0,7	33,3	46,1	1,3

La Tabla 3 presenta un resumen de los resultados obtenidos para los materiales zeolíticos. El material Z_A , no presentaron actividad catalítica para la transesterificación de aceite de girasol en las condiciones estudiadas. Para todos los casos, la reacción se continuó hasta cumplirse 20 h. Al no detectarse actividad catalítica, se dio por finalizado el estudio de ese material. Cabe aclarar, que materiales similares podrían presentar actividad catalítica en condiciones de reacción más exigentes, pero su análisis no es de interés para los objetivos planteados.

Tabla 3: Resultados de evaluación catalítica de zeolitas.

MATERIAL	MUESTRA	RESULTADOS conversión, tiempo
Zeolita A (sódica)	Z_A	No activa
Zeolita A impregnada	Z_{Al}	96 %, 5,5 h

Sólo en el caso del material no lavado (muestra Z_{Al}) se observó formación de biodiesel. La zeolita A impregnada con restos de las aguas madre de síntesis (muestra Z_{Al}) permitió obtener conversiones superiores al 96 % luego de 5,5 h de reacción. Éste resultado es comparable a los presentados en la bibliografía actual. Wang et al. (2012) utilizan una zeolita impregnada con sodio para la transesterificación de trioleína, reportando conversiones del 98 % en 5 h de reacción. Otros autores trabajaron con materiales similares y aceite de soja y palma, obteniendo conversiones superiores al 93 % en condiciones similares a las estudiadas en este trabajo (Xie et al. 2006, Dang et al. 2013, Dang et al 2017).

CONCLUSIONES

La aplicación de técnicas de caracterización (DRX, SEM) permitió identificar y estudiar los materiales sintetizados. En todos los materiales preparados, se observó la presencia de estructuras ordenadas. Luego de los tratamientos térmicos usados, la estabilidad de estas estructuras permanece inalterada.

El mejor resultado fue el obtenido con zeolita A sin lavar, con la que se lograron conversiones de

aceite de girasol en biodiesel del 96 % en 5 h de reacción.

En los ensayo de reutilización de los catalizadores recuperados no se obtuvieron buenos resultados.

REFERENCIAS

ARZAMENDI G., ARGUIÑARENA E., CAMPO I., ZABALA S., GANDÍA L.M. (2008). Alkaline and Alkaline earth metals metal compounds as catalysts for the methanolysis of sunflower oil. *Catal. Today*. 133-135:305-313.

BOURNAY L., CASANAVE D., DELFORT B., HILLION G., CHODORGE, J.A. (2005). New heterogeneous process for biodiesel production: A way to improve the quality and the value of the crude glycerin produced by biodiesel plants. *Catal. Today*. 106(1-4):190–192.

DANG T. H., CHEM B., LEE D. (2013). Application of kaolin-based catalysts in biodiesel production via transesterification of vegetable oils in excess metanol. *Bioresource Technology*, 145, 175–181.

DANG T. H., CHEM B., LEE D. (2017). Optimization of biodiesel production from transesterification of triolein using zeolite LTA catalysts synthesized from kaolin clay. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 79:14-22.

EJIKEME P.M, ANYAOGU I.D., EJIKEME C.L., NWAFOR N.P., EGBOUONU A.C., UKOGU K., IBEMESI J.A. (2010). Catalysis in biodiesel production by transesterification processes, An insight. *E-Journal of Chemistry*. 7(4):1120-1132.

GEMMA V., MARTINEZ M., ARACIL J. (2004). Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalyst systems. *Bioresour. Technol.* 92:297–305.

HAZIRATUL MARDHIAH H., ONG H.C., MASJUKI H.H., LIM S, LEE H.V. (2017). A review on latest developments and future prospects of heterogeneous catalyst in biodiesel production from non-edible oils, *Renew Sust Energ Rev* 67:1225-1236.

HELWANI Z., OTHMAN M.R., AZIZ N., KIM J., FERNANDO W.J.N. (2009). Solid heterogeneous catalysts for transesterification of triglycerides with methanol: a review, *Appl Catal A* 363:1–10.

MANSIR N., TAUFIQ-YAP Y. H., RASHID U., LOKMAN I.M. (2017). Investigation of heterogeneous solid acid catalyst performance on low grade feedstocks for biodiesel production: A review. *Energy Conver. Manag.* 141:171-182.

MARDHIAH H.H., ONG H.C., MASJUKI H.H., LIM S., LEE H.V. (2017). A review on latest developments and future prospects of heterogeneous catalyst in biodiesel production from non-edible

oils. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 67:1225-1236.

Ministerio de Hacienda de la Nación Argentina. Sector Energías. (2019). <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/biocombustibles>.

ULLAH F. AND DONG L. (2016). Current advances in catalysis toward sustainable biodiesel production, *J Energy Inst* 89:282-292.

WANG Y.Y., DANG T.H., CHEN B.H., LEE D.J. (2012). Transesterification of Triolein to Biodiesel Using Sodium-Loaded Catalysts Prepared from Zeolites. *Ind. Eng. Chem. Res.* 51(30):9959–9965.

XIE W., HUANG X., LI H. (2006). Soybean oil methyl esters preparation using NaX zeolites loaded with KOH as a heterogeneous catalyst. *Bioresource Technology*, 98, 936–939.

REPORTES DE CASO

ACCESO A LA RED DEL PARQUE EÓLICO ACHIRAS. ESTUDIO DE APLICACIÓN DEL CÓDIGO DE RED ARGENTINO

Fecha de Recepción: 15 de Marzo de 2019 • Fecha de Aceptación: 11 de Julio de 2019

Lucero, Carlos A.; Manassero, Ulises*; Gaspoz, Pablo; Furlani, Rodrigo; Orue, Matías.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Lavaise 610, Santa Fe (CP3000), Santa Fe, Argentina.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida
Correo electrónico: ulisesmanassero@hotmail.com*

RESUMEN

En Argentina, en los últimos cinco años, los programas de fomento al desarrollo de fuentes de generación renovable han permitido adjudicar 4500 MW de los cuales, el 56% de la potencia instalada corresponde a parques eólicos.

En este trabajo se analizan las condiciones eléctricas estáticas y dinámicas de acceso a la red del Parque Eólico Achiras, adjudicado en las rondas Renovar. Para tal fin, se ajustan los escenarios de demanda de la red con la inserción del modelo de parque eólico a analizar. Se realizan simulaciones para determinar la clasificación del parque y obtener la curva de capacidad del conjunto de aerogeneradores. Luego, se calcula el generador equivalente y su posterior validación.

Luego se realiza un análisis en régimen dinámico para evaluar el comportamiento del parque eólico en la red y construir su curva de inmunidad de tensión.

Finalmente, se analiza el aporte de corriente de cortocircuito del parque a la red para diferentes fallas simétricas y asimétricas simuladas, verificando la capacidad de ruptura admisible de los equipos eléctricos del sistema de potencia. Los resultados demuestran que el Parque Eólico Achiras cumple con las normativas y puede ser puesto en servicio en la red de 132 kV con el agregado de bancos de capacitores shunt.

Palabras Claves: Parque Eólico, Fluctuación de potencia, Generador equivalente, Estudio dinámico, Low voltage ride through.

ABSTRACT

In Argentina, in the last five years, programs to promote the development of renewable generation sources have allowed the allocation of 4500 MW, of which 56% of the installed capacity corresponds to wind farms.

This paper analyzes the static and dynamic electrical conditions of access to the Achiras wind farm network, awarded in the Renovar rounds. For this purpose, the demand scenarios of the network are adjusted with the insertion of the wind farm model to be analyzed. Simulations are carried out to determine the classification of the park and obtain the capacity curve of the set of wind turbines. Then, the equivalent generator is calculated and its subsequent validation.

Then an analysis is made in dynamic regime to evaluate the behavior of the wind farm in the network and build its voltage immunity curve.

Finally, the contribution of short-circuit current from the park to the network is analyzed for different simulated and asymmetric simulated faults, verifying the admissible breaking capacity of the electrical equipment of the power system.

The results show that the Achiras wind farm complies with the regulations and can be put into service in the 132 kV network with the addition of shunt capacitor banks.

Key-words: Wind Farms, Power fluctuation, Equivalent generator, Dynamic study, Low voltage ride through.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo vive un proceso de cambio de un modelo económico basado en una energía "ilimitada y barata" hacia un nuevo marco en el cual los recursos energéticos son limitados (Vigueras Rodríguez, 2008). En este nuevo contexto, el empleo de las energías renovables representa uno de los factores vitales, dado que pueden asegurar una producción de energía estable en el medio y largo plazo.

Dentro de estas alternativas renovables, la energía eólica se destaca por el crecimiento exponencial que ha experimentado en las últimas décadas y por la confianza ganada tanto del sector eléctrico como de la opinión pública (Kang, J., et al, 2010). Asimismo, con el tiempo el costo de producción de este tipo de energía se ha reducido considerablemente, pudiendo así competir en lugares de condiciones de viento favorables con otro tipo de fuentes de energía.

Gracias al rápido avance tecnológico que han tenido los aerogeneradores en las últimas décadas, es posible que en la actualidad se puedan incorporar a sistemas interconectados o sistemas aislados parques eólicos (PE) con un gran número de aerogeneradores y con una potencia instalada de hasta los cientos de megawatts.

Generalmente, la inserción de estos PE se localiza en regiones de baja densidad de demanda de energía, con redes radiales extensas, caracterizadas por ser de alta impedancia y bajo nivel de potencia de cortocircuito (Quintero Marrone, et al, 2008).

En este contexto, se advierten potenciales inconvenientes en el despacho de potencia del PE. Al tratarse de un recurso energético de tipo intermitente, ocurren importantes fluctuaciones de po-

tencia a la salida del aerogenerador (Chun, W, et al, 2011). Ello repercute principalmente en redes débiles, donde dicha variabilidad en la inyección de potencia, se traduce en severas fluctuaciones de voltaje en la red. A nivel mundial, varios centros de I+D han realizado numerosos estudios estadísticos, con el objeto de inferir acerca de la probabilidad de ocurrencia y magnitud de las fluctuaciones de potencia en el PE, cuando se produce una variación brusca de la velocidad del viento, principalmente ráfagas y calmas (Gjukaj, A. et al, 2013).

En este trabajo, se propone una metodología para determinar la factibilidad de acceso a la red del PE Achiras, proyectado a instalarse entre las Estaciones Transformadoras (ET) 132/33/13,2 kV de Villa Mercedes y Río Cuarto entre las provincias de San Luis y Córdoba. Las condiciones de conexión se verifican de acuerdo a los códigos de red vigentes establecidos por CAMMESA. Se determina el tipo de granja eólica que corresponde implementar y se realiza la curva de capacidad del conjunto de generadores que forman el PE.

Se utiliza el concepto de generador equivalente y se simulan flujos de carga en estado estacionario para diversos escenarios de carga diaria y para fluctuaciones rápidas de potencia en el PE. Luego se efectúa un análisis de estabilidad de tensión y sobrecarga en elementos de la red, con motivo de evaluar el impacto del PE en las condiciones de operación del sistema.

Se estudia el desempeño dinámico del PE Achiras, para lo cual, a los fines de validar su modelo se analiza la respuesta de los modelos dinámicos del regulador de tensión, gobernador de velocidad y alternador del PE de acuerdo a la simulación de ensayos de respuesta de ambos controladores ante cambios en sus valores de consigna. Luego, se obtiene de la curva de inmunidad de tensión "voltage ride through" del PE según simulaciones dinámicas de diferentes tipos de fallas y tiempos de despeje de las mismas en la red de acceso (asociados a las protecciones existentes en el equipamiento de la red de potencia).

Para concluir con el estudio, se verifica que en condiciones de contingencias sobre la red y ante la salida de servicio de algún componente de la misma, no se produzcan sobrecargas o niveles de tensión fuera del rango admisible ante la puesta en servicio del PE. A su vez, se comprueba que los niveles de potencia de cortocircuito ante el agregado de la nueva generación no excedan los valores de diseño del equipamiento eléctrico del sistema.

DESARROLLO

El proyecto del PE Achiras consta de 12 aerogeneradores de 4,2 MW cada uno de tipo 3 (generador asincrónico doblemente alimentado -DFIG-); totalizando una potencia nominal de 50,4 MW. El PE se vinculará en 132 kV a la actual línea de alta tensión (LAT) de interconexión provincial Río Cuarto (Córdoba) - Villa Mercedes (San Luis).

Para la evaluación de su acceso a la red de transmisión se aplicó el código de red nacional vigente impuesto por CAMMESA (2012).

A continuación, se presenta la secuencia de actividades implementadas para el análisis de acceso a la red del PE Achiras en esta etapa del proyecto:

- Cálculo de las variaciones frecuentes de potencia de los aerogeneradores en el intervalo horario en base a los perfiles de vientos históricos de la región.
- Modelado detallado de la configuración del PE, individualizando cada aerogenerador y sus conexiones según datos del anteproyecto.

- Determinación del tipo de granja del PE (con o sin control de tensión) según restricciones del código de red impuestas para fluctuaciones de tensión ocasionadas por variaciones rápidas de potencia en el PE.
- Obtención de la curva de capacidad del PE en el punto de conexión común (PCC) y evaluación de incorporación de equipamiento auxiliar en caso de requerir ajustes para cumplir con la curva exigida en el código de red.
- Cálculo del modelo de generador equivalente del PE a partir del procedimiento propuesto por el autor Muljadi (Muljadi et al., 2006) y validación del mismo según análisis comparativo de flujos de potencia en el PCC con el modelo completo del PE.
- Análisis del impacto del PE en la red según diferentes escenarios de demanda, para condiciones normales de operación y ante variaciones rápidas de potencia del PE.
- Determinación y parametrización del modelo dinámico para el generador equivalente calculado.
- Simulaciones dinámicas para evaluar la respuesta del PE ante diversas perturbaciones eléctricas analizadas.
- Obtención de la curva de inmunidad de tensión “voltage ride through” del PE según simulaciones dinámicas de diferentes tipos de fallas y tiempos de despeje acordes al nivel de tensión. Verificación del cumplimiento de la curva límite tensión-tiempo exigida por CAMMESA en el Procedimiento Técnico N° 4-Anexo J (CAMMESA, 2017).
- Obtención de la potencia de cortocircuito en barras del sistema con y sin el PE en servicio.
- Simulación de contingencias para situación de red N-1 y verificación de valores admisibles de los elementos componentes.

Descripción del PE Achiras y las redes de sub-transmisión modeladas.

El PE Achiras ha sido adjudicado en la licitación de Renovar 1.5 impulsada por el Ministerio de Energía y Minería de la Nación (2016). El mismo se instalará a 7 km al suroeste de la localidad de Achiras. El proyecto se conforma de doce aerogeneradores marca Enercon modelo E126 EP4 de 4,2 MW de potencia nominal, totalizando el PE 50,4 MW.

Por otra parte, la red de transmisión en 132 kV donde se pretende conectar el PE (ver Figura 1) presenta una topología anillada, con alimentación desde las ET 500/132 kV Luján y Almafuerde (ver Figura 2). Este anillo interprovincial totaliza niveles de demanda de aproximadamente 400 MVA para escenarios de pico de verano, siendo los centros de consumo más importantes la ET San Luis (115 [MVA]) y la ET Molinos (105 [MVA]), pues entre ambas representan más del 55% de la demanda del corredor.



Figura 1: Configuración espacial de los aerogeneradores en el PE.



Figura 2: Imagen satelital con identificación de las trazas del corredor anillado de 132 kV entre las provincias de Córdoba y San Luis

El subsistema fue modelado con el software de simulación de sistemas eléctricos de potencia PSSE, versión 34 universitaria (ver Figura 3). Fueron utilizadas sus herramientas de cálculo de flujo de potencia en estado estacionario, simulaciones dinámicas y cálculo de cortocircuitos.

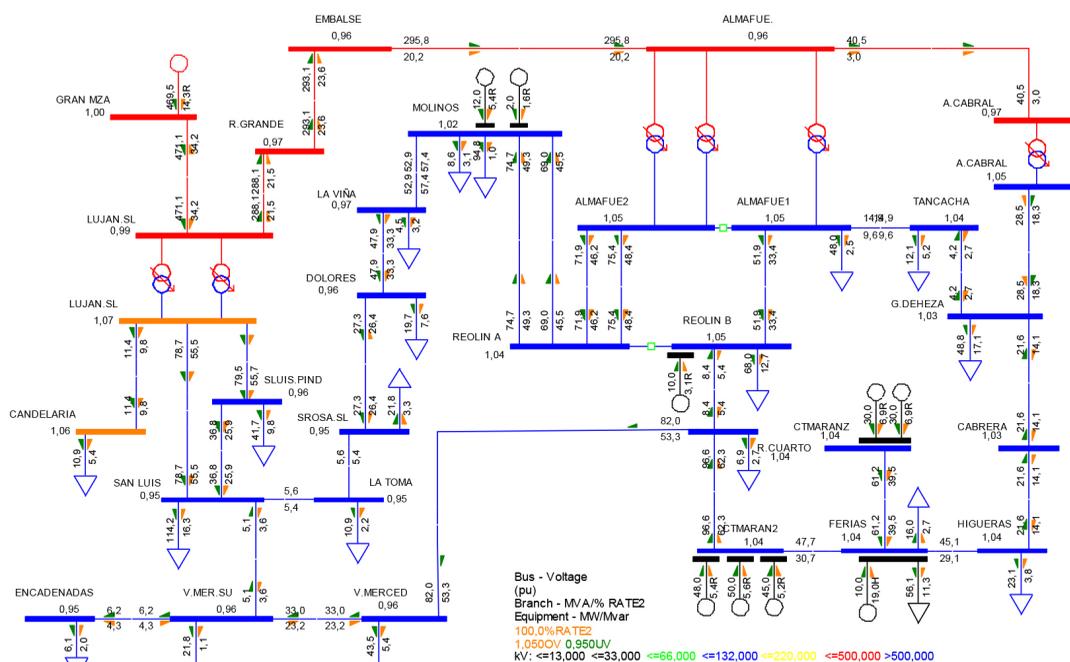


Figura 3: Modelo del subsistema 500/132 kV de vinculación entre las provincias de San Luis y Córdoba. Escenario pico de verano 2018/2019.

Consideraciones generales adoptadas para las simulaciones.

Para el modelado y las condiciones de operación admisibles de la red de subtransmisión, se adoptaron los siguientes supuestos:

- Adopción de los niveles de calidad del producto técnico exigidos en el Anexo 27 de Los Procedimientos de CAMMESA (CAMMESA, 2012).
- Adopción como límite de capacidad de transmisión de potencia de las líneas aéreas al límite térmico-mecánico impuesto por sus conductores.
- El límite admisible de condiciones normales de operación de transformadores de potencia (132/33/13,2 kV y 500/132/33 kV) corresponde a la capacidad nominal de la máquina, impuesta por el fabricante según su diseño.
- El PE se analiza con y sin sistemas de control de tensión. Según los Procedimientos de CAMMESA (CAMMESA, 2011) las plantas con control de tensión se denominan como Granjas tipo A y según Molina (2012), las mismas deben operar controlando tensión en el punto de conexión y tener una característica del diagrama P-Q tal que, a potencia máxima, exhiba un factor de potencia 0,95 y la potencia reactiva, como mínimo, se mantenga constante para variaciones rápidas de las potencias activas entre 100% y el 20% de la potencia nominal (característica pentagonal). Por otra parte, las granjas Tipo B operan a factor de potencia constante (característica triangular) y la variación instantánea de la potencia se considera desde su valor nominal a cero.
- Se utilizó el software PSS-E versión 34 universitaria para el modelado del sistema eléctrico de potencia, las simulaciones de flujos de carga y el estudio de estabilidad estacionaria de tensión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Verificación de la operación del conjunto de aerogeneradores del PE.

Con el PE entregando su potencia nominal y un modo de funcionamiento de control de tensión se analizan las tensiones en las barras del sistema en escenario de pico y valle verificando que no se generen tensiones inadmisibles. Como se ve en la Tabla 1, los perfiles de tensión se encuentran dentro del rango permitido de 0,93 a 1,07 para nodos de 33 kV y de 0,95 a 1,05 para nodos de 132 kV. Para ambos escenarios de demanda, la inserción del PE presenta variaciones marginales de los perfiles de tensión inferiores al 1,5% en todos los nodos de 33 y 132 kV, con respecto al caso Base.

Tabla 1: Tensiones en barras del sistema

BARRA	U _n [kV]	Tensión [pu]			
		Base pico	Base valle	PE Valle	PE Pico
ACHIRAS_33	33	1,0028	1,0045	1,0018	0,9971
AERO_1	33	1,0028	1,0045	1,0033	0,9986
AERO_2	33	1,0028	1,0045	1,0038	0,9991
AERO_3	33	1,0028	1,0045	1,0048	1,0000
AERO_4	33	1,0028	1,0045	1,0056	1,0000
AERO_5	33	1,0028	1,0045	1,0060	1,0003
AERO_6	33	1,0028	1,0045	1,0063	1,0005
AERO_7	33	1,0028	1,0045	1,0060	1,0013
AERO_8	33	1,0028	1,0045	1,0066	1,0020
AERO_9	33	1,0028	1,0045	1,0078	1,0032
AERO_10	33	1,0028	1,0045	1,0086	1,0039
AERO_11	33	1,0028	1,0045	1,0091	1,0044
AERO_12	33	1,0028	1,0045	1,0093	1,0046
FERIAS	132	1,0289	1,0043	1,0063	1,0293
R.,CUARTO	132	1,0231	1,0078	1,0108	1,0245
V. MERCEDES	132	0,9898	0,9997	1,0056	0,9917
V. MERCEDES,SUR	132	0,9873	1,0010	1,0070	0,9891
PCC-ACHIRAS	132	1,0024	1,0042	1,0108	1,0059
PE_ACHIRAS	132	1,0028	1,0045	1,0147	1,0097

Variaciones frecuentes de potencia del PE.

Como es sabido, la potencia que genera un aerogenerador es principalmente función de la velocidad del viento, por lo tanto, para poder determinar estos valores es necesario conocer la curva de variación de la potencia en función del viento y los vientos de la zona. Para tal fin, se recurre al catálogo del fabricante que provee la curva de operación del aerogenerador presentada en la Figura 4 y su ecuación (1) correspondiente al cálculo de la potencia generada en función a la velocidad del viento (v).

$$P = 4,2 \cdot \left[\text{MAX}(0; \text{MIN}(C; R; 1)) \cdot \left(1 - \text{ENTERO}\left(\frac{v}{v_{\max}} - 0,01\right)\right) \right] \quad (1)$$

Donde la velocidad máxima de viento (v_{\max}) admitida por el modelo de aerogenerador (cut off) es de 25 m/s, y siendo los coeficientes C y R obtenidos a partir de las ecuaciones (2) y (3) respectivamente.

$$C = \left(\frac{v}{12}\right)^3 - 0,005 \quad (2)$$

$$R = 0,3 + 0,05 \cdot v \quad (3)$$

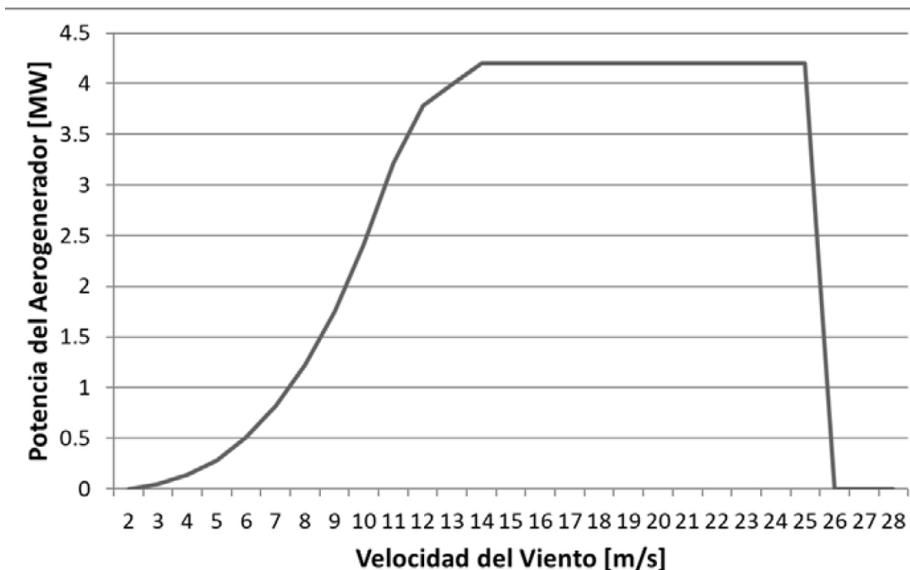


Figura 4: Curva de operación del modelo de aerogenerador del PE Achiras.

Combinando la curva del fabricante y los perfiles de vientos registrados de un año de mediciones en la región a instalar el PE se obtiene la curva de potencia en un año de servicio. Luego, se calculan las máximas variaciones frecuentes horarias de potencia y según la aplicación del procedimiento de CAMMESA, se obtiene el valor correspondiente al percentil 95 para su posterior uso en los estudios de fluctuaciones de tensión debidas a variaciones rápidas de potencia en el PE. En la Figura 5 se presenta el histograma de las variaciones de potencia frecuentes y la curva de probabilidad acumulada, donde se deduce que el 95% de las variaciones frecuentes de potencia del PE calculadas presentan porcentajes de fluctuaciones inferiores al 30,5%.

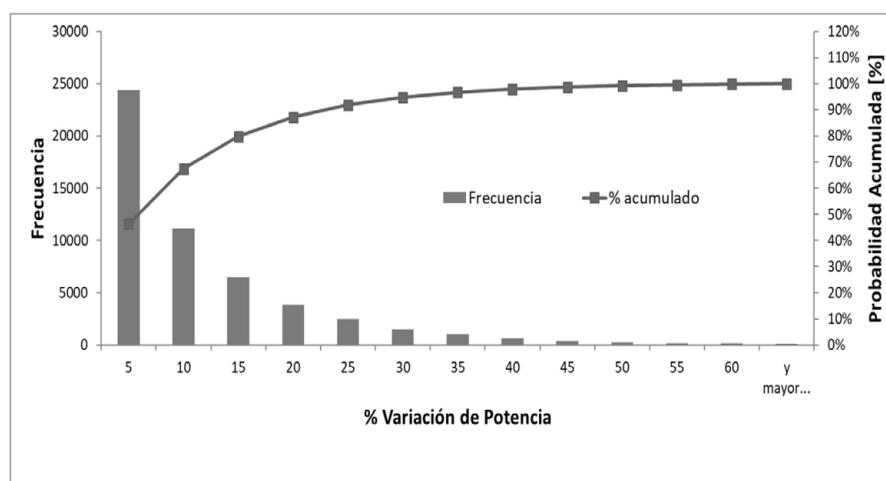


Figura 5: Histograma de variaciones de potencia frecuentes horarias.

Determinación del tipo de Granja del PE

Para el correcto diseño del PE es necesario conocer qué tipo de granja corresponde instalar de acuerdo a las condiciones de la red en la que se conecta. Para determinar esto, con el modelo de la red en condición de valle se inyecta la potencia nominal del PE con un factor de potencia de 0,95, se registran los valores de tensión en las barras y luego se desconecta el PE (variación de potencia del 100%), registrando nuevamente los valores de tensión en las barras de 132 kV aledañas.

Los resultados obtenidos de las simulaciones de flujos de carga para variaciones del 100% de la potencia inyectada a la red por el PE Achiras, muestran que las fluctuaciones de tensión reflejadas en los nodos de 132 kV adyacentes al PE resultan superiores al valor límite del 2% establecido por CAMMESA (ver Figura 6). Con ello, queda verificado que el PE Achiras corresponde al tipo de granja A, por lo cual debe disponer del equipamiento necesario para operar en modo control de tensión.

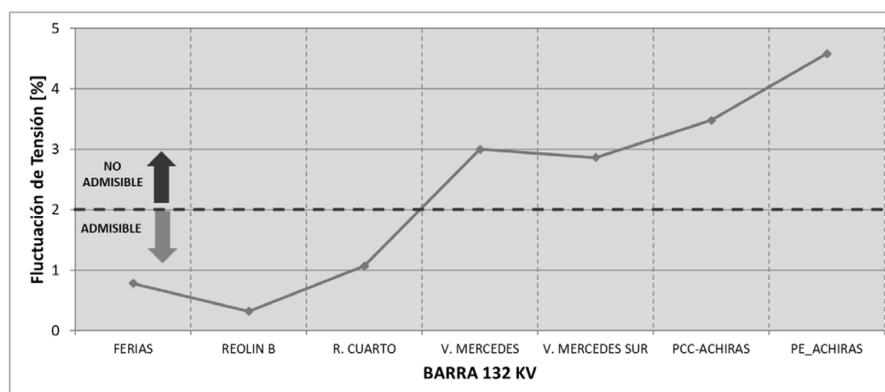


Figura 6: Fluctuaciones de tensión en barras según variaciones de potencia del 100% en el PE.

Obtención de la curva de capacidad del PE en el PCC

Según el código de red establecido por CAMMESA en su anexo 40 para PE (CAMMESA, 2011), los mismos deben operar de acuerdo a la curva de capacidad dada por el tipo de granja asignada según los estudios de fluctuaciones de potencia. Para el caso puntual del PE Achiras, según los resultados obtenidos en el punto anterior, corresponde una granja de tipo A con una curva de forma pentagonal. Entonces, si bien el fabricante de aerogeneradores puede garantizar una curva de capacidad acorde a las exigencias del código de red, luego, es necesaria la verificación del funcionamiento integral del PE dentro de la curva de capacidad en el PCC, pues las pérdidas de potencia activa y reactiva internas (dadas por las impedancias de conexión entre los aerogeneradores) pueden modificar notablemente el desempeño del PE en el PCC.

Entonces, a los fines de verificar el comportamiento del conjunto de aerogeneradores en el PCC, se realizan simulaciones sucesivas de flujos de carga despachando los aerogeneradores a diferentes potencias activas y reactivas con el propósito de respetar la curva de capacidad. En cada simulación se registran los valores de potencia activa y reactiva que entrega el PE al sistema en el PCC.

Los resultados presentados en la Figura 6, permiten inferir que el PE (curva continua con marcadores en forma de círculos) no cumple con la curva de capacidad exigida por el código de red (curva con línea de trazos), destacándose un déficit de reactivo para la condición de despacho a factor de potencia 0,95 en el rango de operación entre 50-100% de plena carga.

Entonces, a los fines de que el PE cumpla con la curva de capacidad exigida por el código de red, se propone la adición de un banco de capacitores de 6 MVar a vincularse en la barra común de 33 kV del PE (ACHIRAS_33). Este módulo de compensación se corresponde aproximadamente con el mayor déficit de reactivo existente para la condición de plena carga, donde el PE debiera inyectar 16,57 MVar y solo aporta 10 MVar. En la Figura 7 se observa, en línea de trazo continua y marcadores en forma de cruz, la curva de capacidad del PE con el agregado del banco de capacitores.

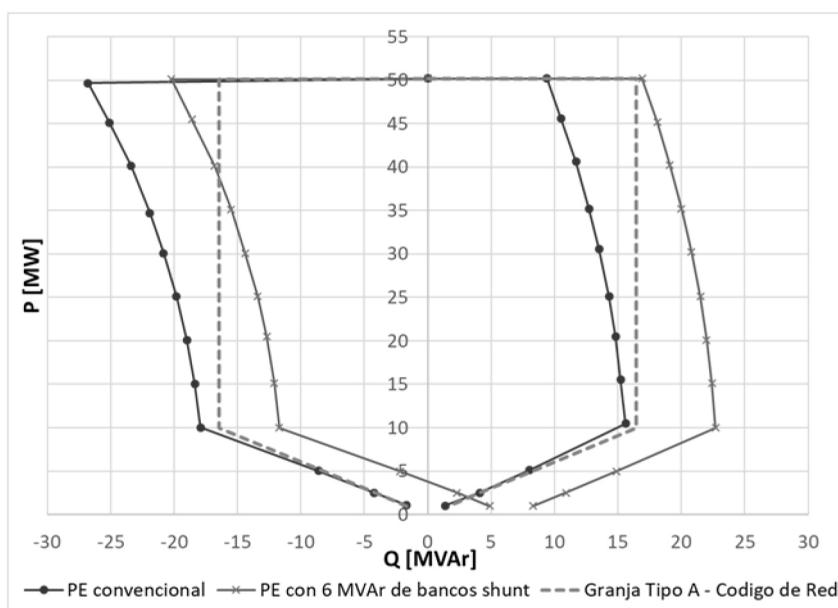


Figura 7: Curvas de capacidad del PE con y sin capacitores.

Cálculo del modelo de generador equivalente del PE

El código de red vigente exige el cálculo del generador equivalente del PE con su impedancia asociada de acuerdo a la configuración de los circuitos colectores serie y paralelo que conforman el conjunto de aerogeneradores.

La impedancia equivalente es obtenida a partir de las ecuaciones (4) y (5) propuesta por el autor Muljadi (Muljadi et al., 2006), representa el conjunto de aerogeneradores en los dos colectores serie (seis máquinas por colector) y, luego en paralelo. Estas ecuaciones están validadas por CAMMESA para su aplicación en módulos equivalentes de generación distribuida del SADI.

$$Z_s = \frac{\sum_{m=1}^n m^2 Z_m}{n^2} \quad (4)$$

$$Z_p = \frac{\sum_{m=1}^n n_m^2 Z_m}{[\sum_{m=1}^n n_m]^2} \quad (5)$$

Siendo:

Z_s : impedancia del colector serie

Z_p : impedancia del colector paralelo

n: cantidad total de aerogeneradores del circuito

m: número de aerogeneradores de 1 a n.

Este método permite obtener un cálculo rápido y sencillo para predecir las pérdidas y el comportamiento del PE proyectado con un buen nivel de confianza.

Los cálculos realizados dan como resultado una impedancia equivalente del PE de $0,010105+j0,014805$ [pu].

Validación de generador equivalente.

Se procedió a realizar nuevamente la curva de capacidad del PE pero utilizando el modelo de generador equivalente. En la Figura 8 se observa que la diferencia con la curva realizada con el conjunto de aerogeneradores es despreciable.

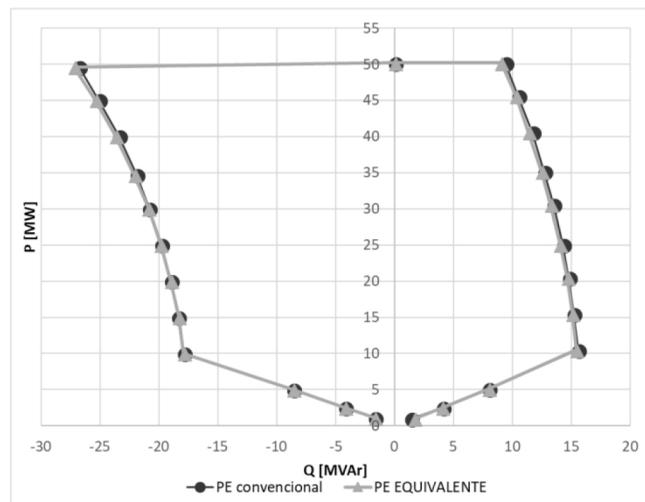


Figura 8: Curvas de capacidad del PE convencional y equivalente.

Análisis del impacto del PE en la red para condiciones normales de operación y ante variaciones rápidas de potencia.

El modelo de generador equivalente desarrollado en el punto anterior se utiliza para verificar que la puesta en servicio del PE no genere inconvenientes en la operación del sistema para los diferentes escenarios probables de demanda, tales como niveles de tensión inadmisibles o sobrecargas en líneas o transformadores. Los resultados de las simulaciones evidencian que ante la puesta en servicio del PE a plena carga el subsistema mantiene niveles de tensión admisibles en todos sus nodos de 132 kV (ver Figura 9), así como también todas las LATs presentan niveles de carga aceptables (ver Tabla 2).

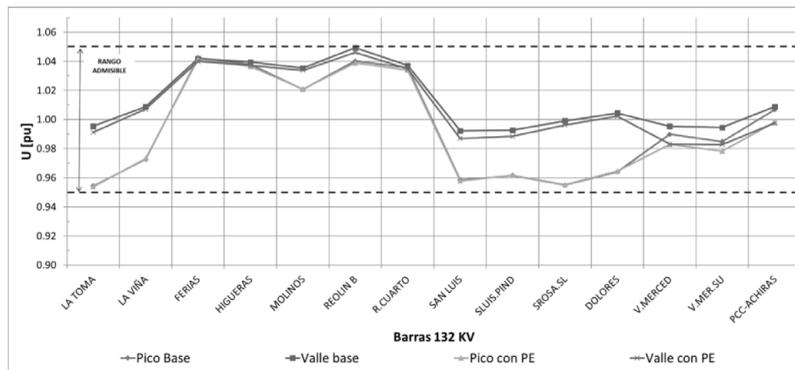


Figura 9: Curvas de tensiones en barras con generador equivalente y diferentes demandas.

Tabla 2: RATE de las líneas del sistema

Línea	Rate valle base (%)	Rate valle con PE (%)	Rate pico base (%)	Rate pico con PE (%)
ALMAFUE1 - REOLIN B	13,90	19,03	33,48	24,89
LA TOMA - SAN LUIS	1,60	4,66	6,12	8,76
FERIAS - HIGUERAS	39,46	49,23	29,04	38,68
REOLIN B - R.CUARTO	21,82	32,23	5,71	16,08
R.CUARTO - PCC-ACHIRAS	44,56	25,63	52,86	33,37
SAN LUIS - V.MER.SU	5,30	2,29	25,97	20,88
SAN LUIS - LUJAN.SL	13,54	27,21	3,49	16,85
SAN LUIS - LUJAN.SL	32,22	27,62	55,33	49,73
SLUIS.PIND - LUJAN.SL	34,07	29,80	55,53	50,31
V.MERCEDE - V.MER.SU	26,05	40,08	22,99	36,59
V.MERCEDE - PCC-ACHIRAS	44,49	58,51	53,34	66,52

Luego, para la ejecución de las sucesivas simulaciones de variaciones rápidas de potencia del PE sobre la red, se utiliza el modelo de generador equivalente obtenido del PE y la variación frecuente de potencia calculada anteriormente.

Los resultados obtenidos presentados en la Figura 10 permiten inferir que las fluctuaciones de tensión ocasionadas por las variaciones rápidas de potencia del PE, se mantuvieron dentro de los límites admisibles, con valores inferiores al 2%, alcanzando variaciones máximas del 0,314%.

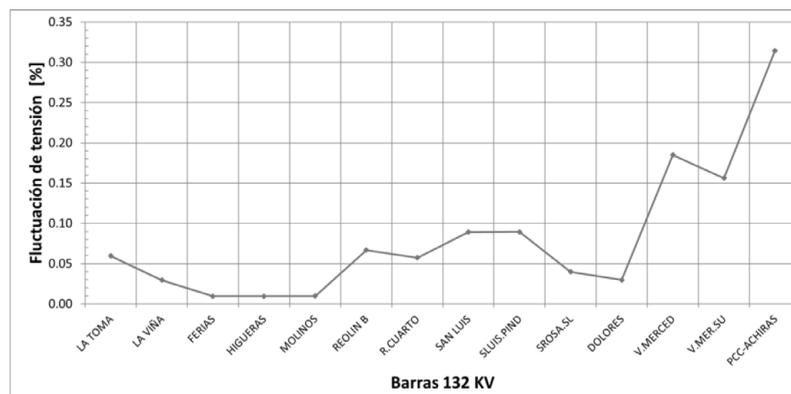


Figura 10: Fluctuaciones de tensión en barras de 132 kV ante variaciones rápidas de potencia en el PE.

Parametrización de los modelos dinámicos.

Para el modelo del generador equivalente se utilizó el modelo de librería de PSS-E denominado WT3G1, para un generador de inducción doblemente alimentado, un control eléctrico WT3E1, modelo del sistema mecánico WT3T1 y control de Pitch WT3P1. La parametrización de estos modelos se encuentra en las Figuras 11 a 13.

WT3G1		
Doubly-Fed Induction Generator (Type 3)		
CONs	Description	Value
J	Xeq, Equivalent reactance for current injection (pu)	0.1
J+1	K _{pll} , PLL first integrator gain	30
J+2	K _{pll2} , PLL second integrator gain	0
J+3	P _{limax} , PLL maximum limit	0.1
J+4	P _{rated} , Turbine MW rating	4.2

Figura 11: Parametrización WT3G1.

WT3E1		
Electrical control for Type 3 wind generator		
CONs	Description	Value
J	Tfv, Filter time constant in voltage regulator (sec)	0.15
J+1	Kpv, Proportional gain in voltage regulator (pu)	18.0
J+2	Kiv, Integrator gain in voltage regulator (pu)	5.0
J+3	Xc, Line drop compensation reactance (pu)	0
J+4	TFP, Filter time constant in torque regulator	0.05
J+5	Kpp, Proportional gain in torque regulator (pu)	3.0
J+6	KIP, Integrator gain in torque regulator (pu)	0.6
J+7	PMX, Max limit in torque regulator (pu)	1.12
J+8	PMN, Min limit in torque regulator (pu)	0.1
J+9	QMX, Max limit in voltage regulator (pu)	0.296
J+10	QMN, Min limit in voltage regulator (pu)	-0.436
J+11	IPMAX, Max active current limit	1.1
J+12	TRV, Voltage sensor time constant	0.05
J+13	RPMX, Max power order derivative	0.45
J+14	RPMN, Min power order derivative	-0.45

WT3E1		
Electrical control for Type 3 wind generator		
CONs	Description	Value
J+15	T_Power, Power filter time constant	5.0
J+16	Kqi, MVAR/Voltage gain	0.05
J+17	VMINCL, Min voltage limit	0.9
J+18	VMAXCL, Max voltage limit	1.2
J+19	Kqv, Voltage/MVAR gain	40.0
J+20	XIQmin	-0.5
J+21	XIQmax	0.4
J+22	Tv, Lag time constant in WindVar controller	0.05
J+23	Tp, Pelec filter in fast PF controller	0.05
J+24	Fn, A portion of online wind turbines	1.0
J+25	ω Pmin, Shaft speed at Pmin (pu)	0.69
J+26	ω P20, Shaft speed at 20% rated power (pu)	0.78
J+27	ω P40, Shaft speed at 40% rated power (pu)	0.98
J+28	ω P60, Shaft speed at 60% rated power (pu)	1.12
J+29	Pmin, Minimum power for operating at ω P100 speed (pu)	0.74
J+30	ω P100, Shaft speed at 100% rated power (pu)	1.2

Figura 12: Parametrización WT3E1.

WT3T1		
Mechanical system model for Type 3 wind generator		
CONs	Description	Value
J	VW, Initial wind, pu of rated wind speed	1.25
J+1	H, Total inertia constant, sec	4.95
J+2	DAMP, Machine damping factor, pu P/pu speed	0
J+3	Kaero, Aerodynamic gain factor	0.007
J+4	Theta2, Blade pitch at twice rated wind speed, deg.	21.98
J+5	Hfrac, Turbine inertia fraction (Hturb/H)	0.8747
J+6	Freq1, First shaft torsional resonant frequency, Hz	1.8
J+7	Dshaft, Shaft damping factor (pu)	1.5

WT3P1		
Pitch control model for Type 3 wind generator		
CONs	Description	Value
J	Tp, Blade response time constant	0.3
J+1	Kpp, Proportional gain of PI regulator (pu)	150
J+2	Kip, Integrator gain of PI regulator (pu)	25
J+3	Kpc, Proportional gain of the compensator (pu)	3
J+4	Kic, Integrator gain of the compensator (pu)	30
J+5	TetaMin, Lower pitch angle limit (degrees)	0
J+6	TetaMax, Upper pitch angle limit (degrees)	27
J+7	RTetaMax, Upper pitch angle rate limit (degrees/sec)	10
J+8	PMX, Power reference, pu on MBASE	1

Figura 13: Parametrización WT3T1 Y WT3P1.

Verificación de la estabilidad de los modelos dinámicos.

Se realizaron las verificaciones del comportamiento dinámico de los modelos propuestos para el PE. En la Figura 14 se presenta el comportamiento del PE ante un escalón en la referencia de tensión del mismo, donde se observa una respuesta estable y amortiguada en la tensión de salida de la máquina, alcanzando la nueva referencia en un tiempo prudencial con un acorde acompañamiento de la potencia reactiva. A su vez, se verifica que la potencia activa permanece constante ante esta variación.

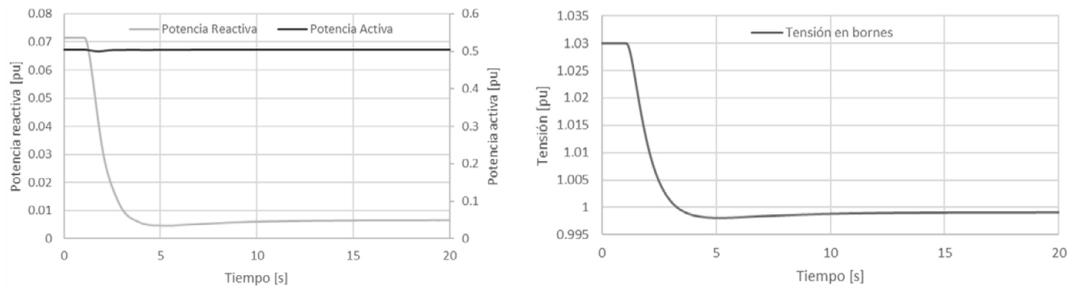


Figura 14: Escalón de tensión 3% negativo.

Ante un cambio en la potencia activa entregada por el PE (Figura 15), la potencia reactiva inyectada se modifica para mantener la tensión constante, y luego de algunas oscilaciones alcanza un nuevo valor estable.

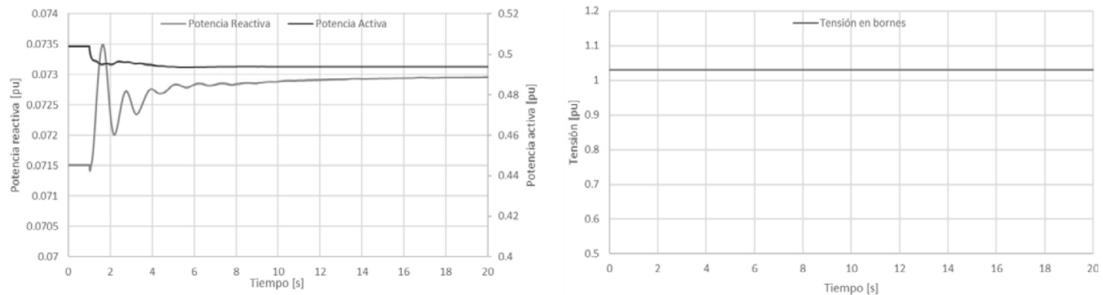


Figura 15: Escalón de potencia 2% negativo.

En la simulación de la conexión y posterior desconexión de un banco de capacitores de 3 MVAR en una barra cercana al PE, en este caso la barra de 132 kV de la ET Villa María, se puede apreciar en la Figura 16 cómo disminuye la potencia reactiva inyectada por el PE, con el objetivo de compensar el exceso de reactivo y a la inversa en el momento de la desconexión. A su vez, la potencia activa no presenta variación alguna.

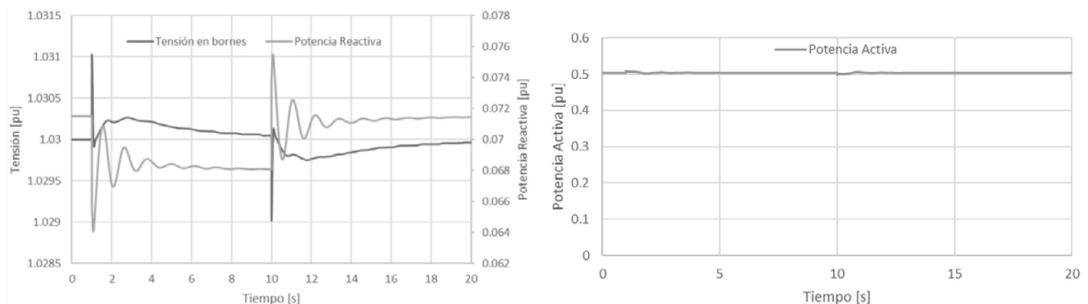


Figura 16: Conexión de un banco de capacitores en barras de Villa María.

Para verificar el comportamiento integral del modelo de la red bajo estudio se observa cómo se modifica la potencia activa y los ángulos rotóricos ante la desconexión del PE. Como se aprecia en las Figuras 17 y 18, luego de un tiempo donde se presentan algunas oscilaciones todas las máquinas vuelven a una condición estable.

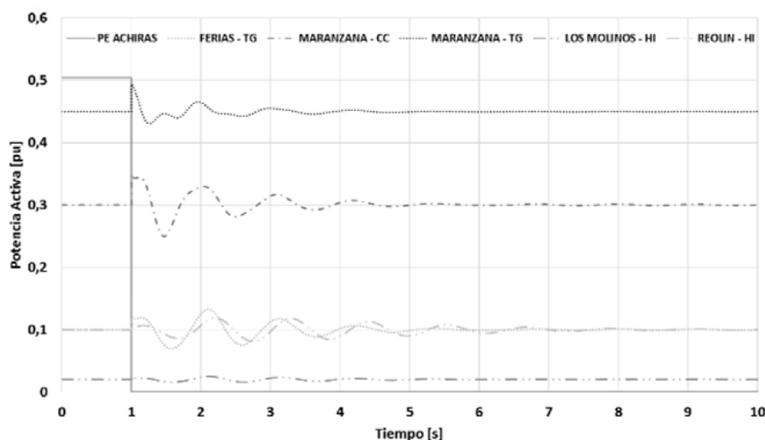


Figura 17: Variación de la potencia activa ante la desconexión del PE.

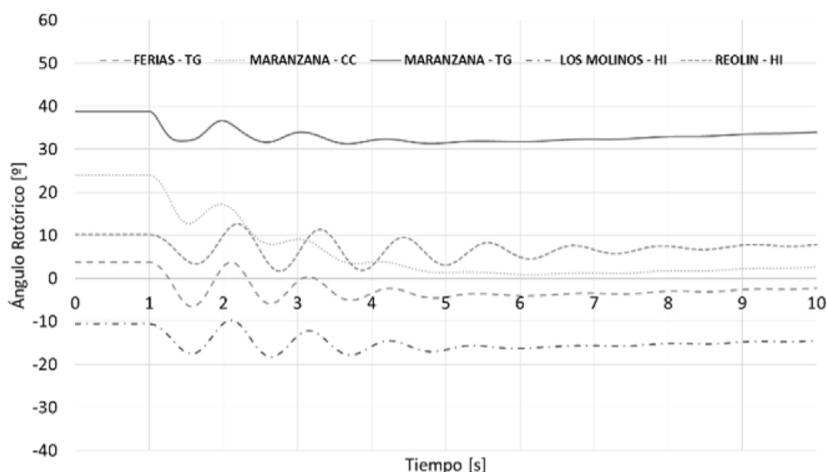


Figura 18: Variación de los ángulos rotóricos ante la desconexión del PE.

Obtención de la curva de inmunidad de tensión (LVRT).

Los resultados de las fallas simuladas sobre la red se observan en la Figura 19. Dado que la tensión medida en el punto de conexión en todo momento se encuentra dentro de la zona admisible (línea oscura), puede inferirse que el PE se mantiene en servicio ante fallas en la red correctamente despejadas por sus protecciones.

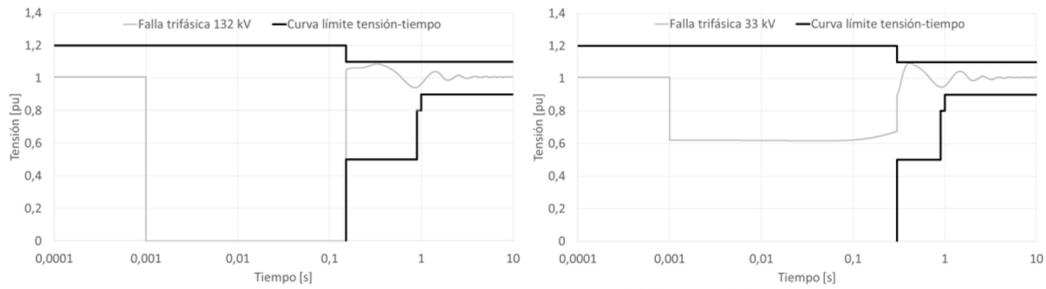


Figura 19: Fallas en barras de 132 kV y 33 kV.

Cálculo de potencias de cortocircuitos trifásicas con y sin PE.

El estudio de corrientes de cortocircuito tiene por objeto analizar la variación que provoca sobre el sistema y más precisamente sobre las potencias de cortocircuito, el ingreso de la nueva generación y cómo afecta en su área de influencia directa. Para esto se simulan distintos tipos de falla, en distintos escenarios; para valorar la variación de los niveles de cortocircuito y verificar que estas potencias sean acordes a los límites admisibles de los elementos del sistema.

Para realizar estas verificaciones, se configura al generador equivalente del PE con impedancias de cortocircuito muy elevadas y aportes fijos de las potencias activa y reactiva, asignando potencia activa nula y reactiva de 1,4 veces la potencia activa nominal, obteniendo una fuente de corriente reactiva constante de 1,4 veces la corriente nominal, que es el aporte máximo esperado de los inversores de los PE.

En este caso, se simulan fallas trifásicas en escenario de demanda de pico con y sin el PE Achiras. Los resultados de las simulaciones se muestran en la Figura 20, donde puede verificarse que el aporte del PE a las corrientes de cortocircuito no compromete los 5000 MVA de potencia de cortocircuito de diseño de los equipos eléctricos e instalaciones de 132 kV del sistema de potencia en estudio.

Las mayores variaciones porcentuales de las potencias de cortocircuito, con respecto al caso Base (del orden al 20 a 35%), se manifiestan en los nodos más cercanos al PE debido a la menor impedancia de las redes aledañas. Por otra parte, en los nodos más alejados del PE, tales variaciones en las potencias de cortocircuito resultan muy marginales con valores porcentuales del orden al 5%.

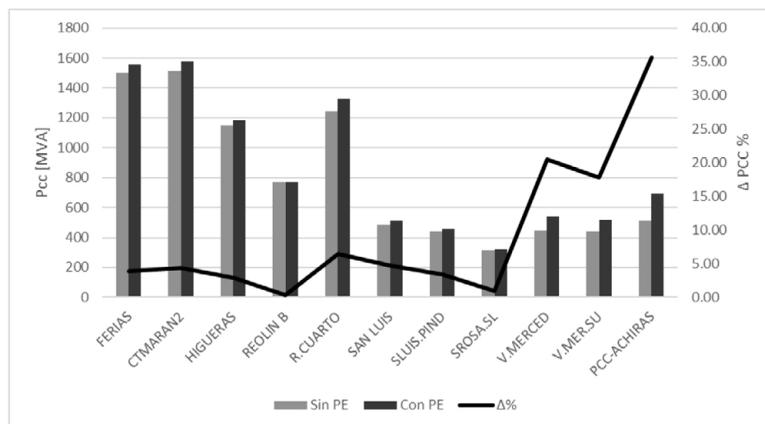


Figura 20: Potencias de cortocircuito con y sin PE.

Análisis de la red ante contingencias simples (Red N-1)

Este apartado tiene el objeto de analizar el impacto que provoca sobre el sistema de transporte y el área de influencia del nuevo proyecto, la salida de servicio de algún elemento importante del sistema. Para esto, se realizan estudios de flujo de carga donde se simula la falla de aquellos elementos que se identifican de interés dentro de la zona de influencia para verificar que se satisfagan los límites establecidos en Los Procedimientos de CAMMESA para estado de Alerta, los cuales contemplan:

- Niveles de tensión:
 - ± 5 % para nodos de 500 kV.
 - ± 10 % para nodos de 132 kV.
- Generadores operando dentro de su curva de capacidad.
- Potencia transportada por las líneas de interconexión por debajo de la potencia máxima admisible (límite térmico, de estabilidad o confiabilidad).

Las contingencias planteadas para la red en estudio fueron:

- Salida de servicio LAT Río Cuarto – PCC Achiras.
- Salida de servicio LAT Río Cuarto – CT Maranzana 2.

Los flujos de potencia resultantes ante estas contingencias se pueden ver en las Figuras 21 a 24.

Con la salida de servicio de la LAT Río Cuarto – PCC Achiras y sin el PE en funcionamiento la red se encuentra en una situación en la cual no puede ser operable ya que se observan sobrecargas en varios elementos del sistema y niveles de tensión muy por debajo de los mínimos admisibles ocasionando demanda no abastecida (ver Figura 21). Con el PE Achiras en servicio, bajo el supuesto de funcionamiento a plena carga, el mismo contribuye a la normalización en las condiciones de operación de la red (ver Figura 22).

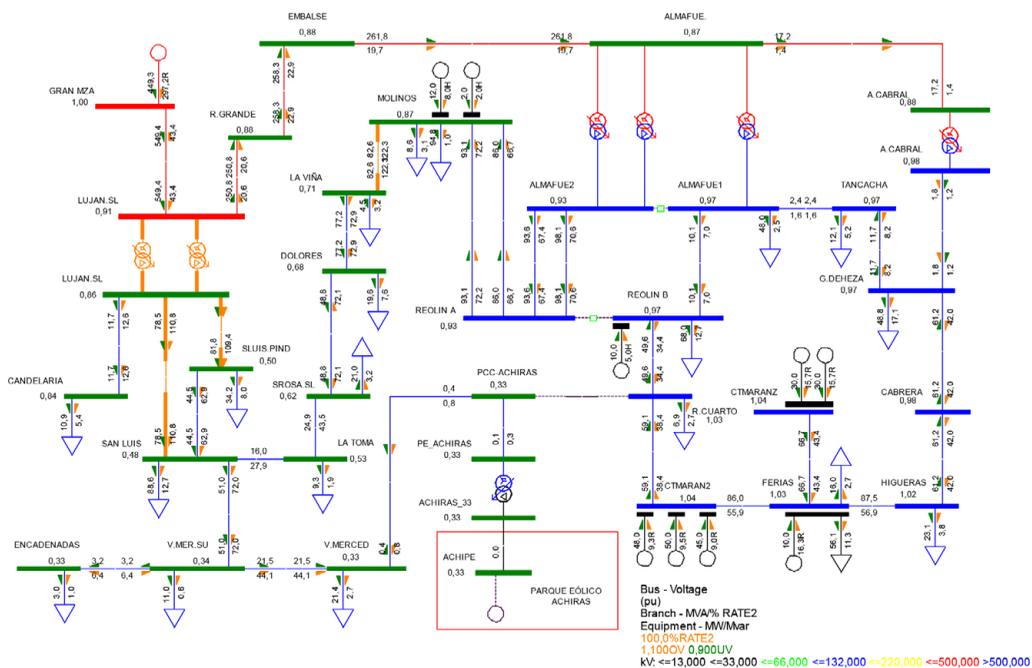


Figura 21: Salida gráfica de flujo de carga para falla en LAT Río Cuarto – PCC Achiras y sin PE. Escenario de pico de verano 2018/2019.

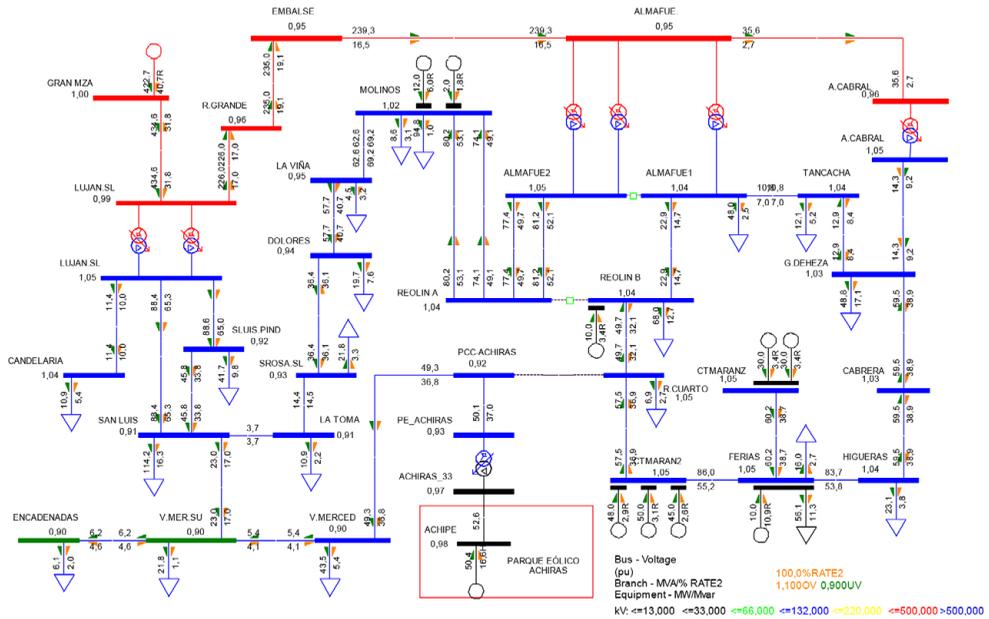


Figura 22: Salida gráfica de flujo de carga para falla en LAT Río Cuarto – PCC Achiras y con PE. Escenario de pico de verano 2018/2019.

Por otra parte, la falla en la LAT Río Cuarto – CT Maranzana 2 no resulta tan severa como la contingencia analizada anteriormente. Para el caso Base, se presentan niveles de tensión en los nodos de 132 kV con valores mínimos del orden a 0,85 a 0,88 pu (ver Figura 23), que si bien no resultan admisibles, pueden llegar a mantener condiciones admisibles de operación en las redes de media tensión abastecidas por estas ETs gracias al margen de regulación de tensión, de por lo menos $\pm 10\%$, existente en los reguladores bajo carga de los transformadores de potencia 132/33/13,2 kV. En este caso, el ingreso en servicio del PE Achiras mejora las condiciones de operación del subsistema, alcanzando niveles de tensión admisibles en todos los nodos, para condiciones de generación a potencia nominal del parque (ver Figura 24).

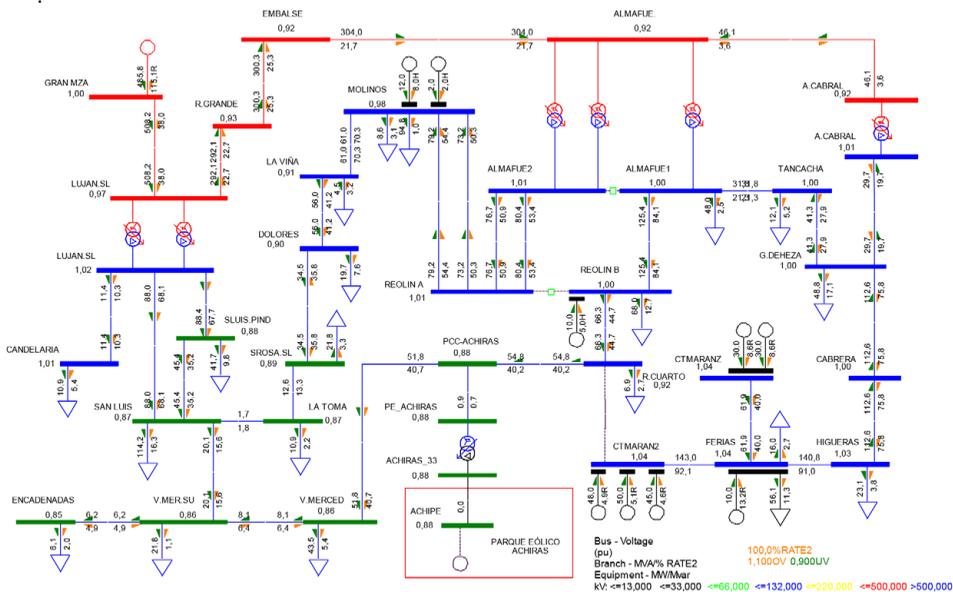


Figura 23: Salida gráfica de flujo de carga para falla en LAT Río Cuarto – CT Maranzana 2 y sin PE. Escenario de pico de verano 2018/2019.

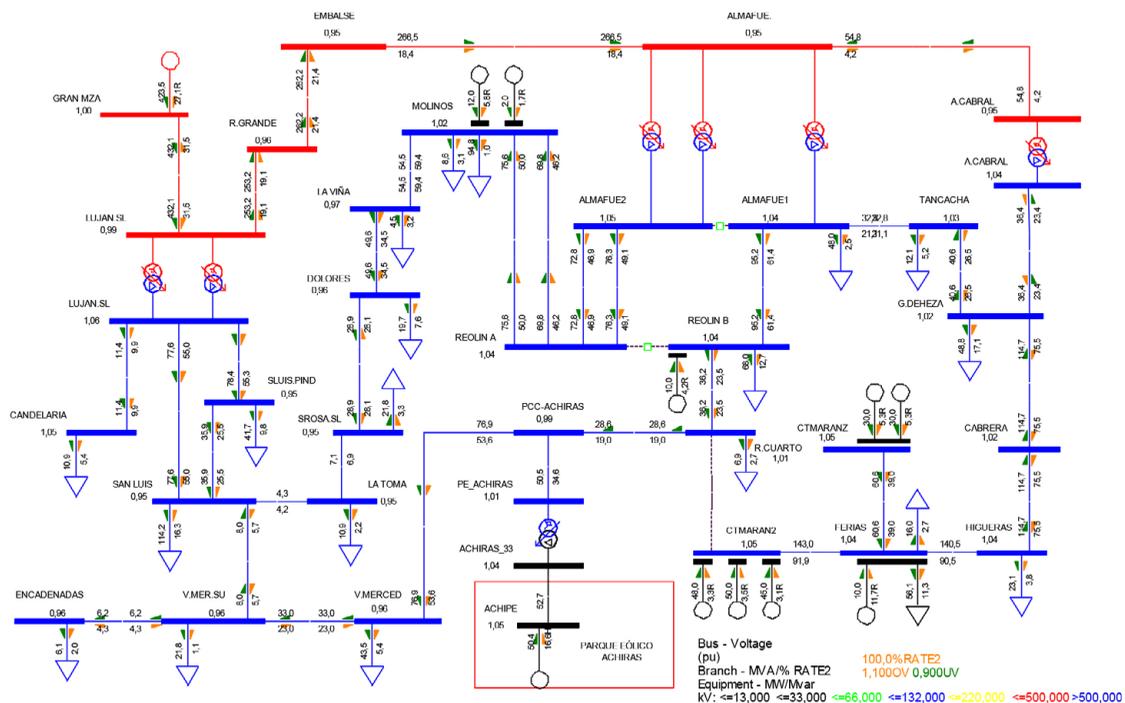


Figura 24: Salida gráfica de flujo de carga para falla en LAT Río Cuarto – CT Maranzana 2 y sin PE. Escenario de pico de verano 2018/2019.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el conjunto de simulaciones eléctricas realizadas en este trabajo permiten corroborar que el ingreso en servicio del PE Achiras no ocasiona perturbaciones en el sistema de transmisión de 132 kV al cual se vincula, cumpliendo todas las normativas impuestas por CAMMESA en sus Procedimientos.

Se desarrolló una metodología para evaluar el impacto de la inserción de generación eólica de acuerdo a la aplicación del código de red vigente con una posible replicación a otros proyectos de similares características; no solo en régimen estacionario sino también en régimen dinámico.

Se determinó también que la factibilidad de acceso del PE Achiras requiere la implementación de equipamiento auxiliar para control de tensión y la instalación de bancos de capacitores shunt de aproximadamente 6 Mvar para poder satisfacer correctamente los requerimientos de la curva de capacidad exigidas por CAMMESA a este tipo de tecnología.

Las simulaciones se realizaron con el modelo detallado, y luego, constituido el generador equivalente se verificó el impacto de su inserción en la red en régimen estático y ante fluctuaciones frecuentes de potencia del PE para variaciones de velocidad de vientos de la zona.

El estudio dinámico arrojó como resultados que con los modelos dinámicos adoptados la red mantiene su estabilidad transitoria ante la modificación de algunas de sus condiciones de operación.

La puesta en servicio del PE presenta una gran ventaja sobre la red ante contingencias simples ya que la potencia que inyecta al sistema mejora los perfiles de tensión de los nodos más comprometidos, reduciendo los valores de energía no suministrada.

REFERENCIAS

CAMMESA (2012), Anexo 27: Reglamentación aplicable a la prestación adicional de la función técnica de transporte de energía eléctrica firme en el Mercado Eléctrico Mayorista, Pp: 1-12.

CAMMESA (2011), Anexo 40: Generación Eólica, pp: 1-4, Argentina.

CAMMESA (2017), Procedimiento Técnico N° 4, Anexo J: Generación fotovoltaica – Requisitos de conexión.

CHUN, W.; HAN, M.; YAN, W. (2011), Voltage fluctuation and flicker assessment of a weak system integrated wind farm, Power and Energy Society General Meeting, IEEE, pp,1-5, San Diego, Estados Unidos.

GJUKAJ, A.; BUALOTI, R.; ÇELO, M. Y KULLOLLI, M. (2013), Wind Power Plant Data Monitoring and Evaluating, WSEAS Transactions on Power Systems, Vol, 8.

KANG, J.; LIANG, H.; LI, G.; ZHOU, M.; YANG, H. (2010), Research on grid connection of wind farm based on VSC-HVDC, Power System Technology (POWERCON), 2010 International Conference, pp,1,6, Hangzhou, China.

MOLINA, R. (2012), Integración de energía eólica al SADI, CIGRE.

QUINTERO MARRONE, C.A. KNORR, K. LANGE, B., BEYER, H.G. (2008), Characterization and modeling of the variability of the power output of aggregated wind farms, 7th International Workshop on Large Scale Integration of Wind Power and on Transmission Networks for Offshore Wind Farms, pp: 1-7, Madrid, España.

MULJADI, E.; BUTTERFIELD, C.P.; ELLIS, A. Y MECHENBIER, J. (2006), Equivalencing the Collector System of a Large Wind Power Plant, IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montreal, Quebec, Canada, pp: 1-9.

Ministerio de Energía y Minería de la Nación. (2016), Programa RenovAr Ronda 1.5: Pliego de Bases y Condiciones, pp: 1-45, Capital Federal, Argentina.

VIGUERAS RODRÍGUEZ, A. (2008), Modelado de la fluctuación de potencia en grandes parques eólicos marítimos, Tesis de Doctor Europeo, Universidad Politécnica de Cartagena, España.

ALINEALIDAD DEL COMPENSADOR AUTOMÁTICO DE AMPLITUD EN OSCILADORES PUENTE DE WIEN

Fecha de Recepción: 20 de Marzo de 2019 • Fecha de aceptación: 27 de Junio de 2019

Napolitano, Luis*; **Leo, Marcelo D.;** **Scharf, Diego A.;** **Branchifortti, Alejandro D.**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, Departamento de Electrónica, Laboratorio de Investigación Aplicada, Av. Ramón Franco 5050, Avellaneda, Buenos Aires, Argentina.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: lefra@fra.utn.edu.ar

RESUMEN

Se presentan los resultados del análisis de la distorsión armónica que introduce el controlador automático de amplitud en osciladores basados en una red de Wien, como consecuencia indirecta del desapareamiento del potenciómetro de ajuste de frecuencia. Para este fin, se planteó un análisis basado en distintos grados de desapareamiento, los cuales se vinculan con el grado de corrección del controlador automático de amplitud del oscilador y además con la distorsión del sistema.

Esto permitió determinar que la relación existente entre el desapareamiento y la linealidad del sistema es significativa; habiéndose obtenido que para un grado de desapareamiento del 27%, la distorsión obtenida no excede el 0,01%; mientras que para un desapareamiento de un 109%, la distorsión es seis veces mayor. Este artículo también presenta la validación de los resultados a partir de las experiencias de medición en laboratorio sobre un prototipo diseñado para este objetivo.

Palabras Clave: Oscilador puente de Wien, distorsión armónica, desapareamiento de la red de Wien, controlador automático de amplitud, linealidad.

ABSTRACT

The results of the analysis of the harmonic distortion introduced by the automatic amplitude controller in oscillators based on a Wien network are presented, as an indirect consequence of the unpairing of the frequency adjustment potentiometer. For this purpose, an analysis was proposed based on different degrees of mismatch, which are related to the degree of correction necessary for the automatic amplitude controller of the oscillator and also to the distortion of the system.

This allowed us to determine that the relationship between unpairing and the linearity of the system is significant, having obtained that for a degree of unpairing of 27% the distortion obtained does not exceed 0.01%, while for a mismatch of 109% the distortion is six times greater.

This article also presents the validation of the results from the experiences of laboratory measurement on a prototype designed for this purpose.

Key Words: Wien-bridge oscillator, harmonic distortion, mismatch of the Wien network, automatic amplitude controller, linearity.

INTRODUCCIÓN

Los osciladores senoidales de baja distorsión utilizados en audiofrecuencias (Gwinstek, 2007; Kenwood, 1980), en general, se basan en un esquema que emplea la Red de Wien (Figura 1); pues se trata de una configuración fiable, de componentes estándar y su funcionamiento es relativamente independiente del amplificador utilizado (Millman & Halkias, 1976).

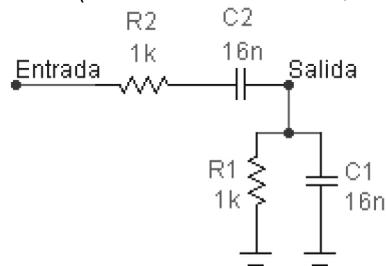


Figura 1: Red de Wien.

La ecuación 1 representa la función transferencia de la red de Wien considerando desfase nulo (Maxim Integrated Products, 2006).

$$TF = \frac{C2 \cdot R1}{C2 \cdot R1 + C1 \cdot R1 + C2 \cdot R2} = \frac{1}{1 + \frac{C1}{C2} + \frac{R2}{R1}} \quad (1)$$

De acuerdo a la ecuación 1 y a las condiciones consideradas en la ecuación 2, el valor de la transferencia será, como puede observarse en la ecuación 3, de 1/3 (Coombs, 1994).

$$\begin{cases} R = R1 = R2 \\ C = C1 = C2 \end{cases} \quad (2)$$

$$TF = \frac{1}{3} \quad (3)$$

En instrumentos de frecuencia variable en modo continuo basados en un oscilador puente de Wien, puede utilizarse un capacitor variable doble (representado por C1 y C2) o un potenciómetro doble (representado por R1 y R2); sin embargo, en audiofrecuencias no suelen emplearse capacitores variables dobles, pues se dificulta lograr valores de capacidad adecuados, por lo que generalmente se emplean potenciómetros dobles (San Juan, 1988).

Además, la ecuación 4 permite calcular la frecuencia de oscilación (Boylestad & Nashelsky, 1986; Millman & Halkias, 1976).

$$f_o = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \quad (4)$$

Para modificar la frecuencia de oscilación es suficiente entonces con hacer variar el valor de R o de C; sin embargo, al considerar la ecuación 1, se observa que, para mantenerse constante el valor de la transferencia, deben permanecer constantes las relaciones entre capacitores y resistores; lo que implica modificar dos elementos simultáneamente en la misma proporción, tarea prácticamente imposible de lograr en elementos variables dobles reales, los cuales siempre presentan algún grado de desapareamiento. Esta asimetría produce una variación de la ganancia de lazo en función de la posición del comando de frecuencias, lo que genera variación en la amplitud del oscilador. Para corregir esta variación se emplean compensadores automáticos de amplitud.

A continuación se analiza, mediante el estudio de cuatro grados de desapareamiento de la red de Wien, la influencia sobre la distorsión que ejerce el controlador automático de amplitud según el grado de corrección necesario para compensar el desapareamiento existente.

DESARROLLO

En la Figura 2 puede observarse la inserción típica de la red de Wien en un esquema básico de un oscilador de audiofrecuencias, incluyendo el controlador automático de amplitud conformado por el transistor FET (J1) y componentes asociados.

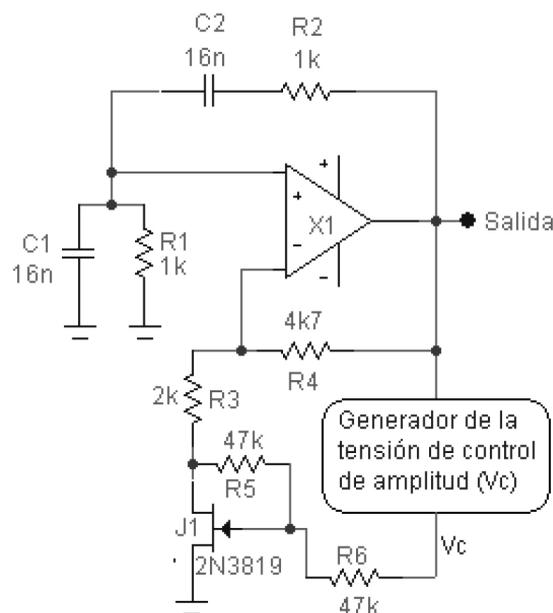


Figura 2: Circuito oscilador basado en un puente de Wien.

Para conocer el grado de compensación de amplitud que puede obtenerse en el circuito oscilador planteado en la Figura 2, se construyó el esquema que se observa en la Figura 3, a fin de poder calcular la resistencia drenaje-fuente (RDS) de un transistor FET en función de la tensión de control. Para ello se ha optado por suministrar al circuito bajo prueba, por un lado, una señal de 1 KHz mediante un instrumento generador de audio y por otro lado una tensión de control (VC).

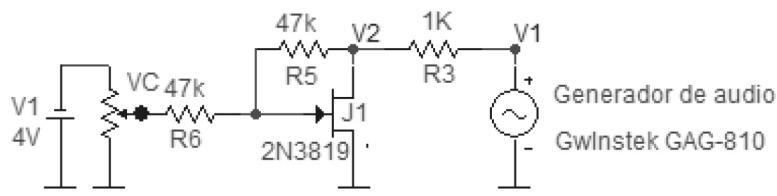


Figura 3: Circuito para la medición de la RDS de un FET.

La característica buscada puede entonces calcularse a partir de la medición de las tensiones V1 (Generador de audio) y V2, mediante la ecuación 5.

$$RDS = \frac{V2 \cdot R3}{V1 - V2} \quad (5)$$

La Figura 4 muestra los valores que presenta la RDS del FET ensayado (2N3819) al variar la tensión de control entre -1 y -4 Volt.

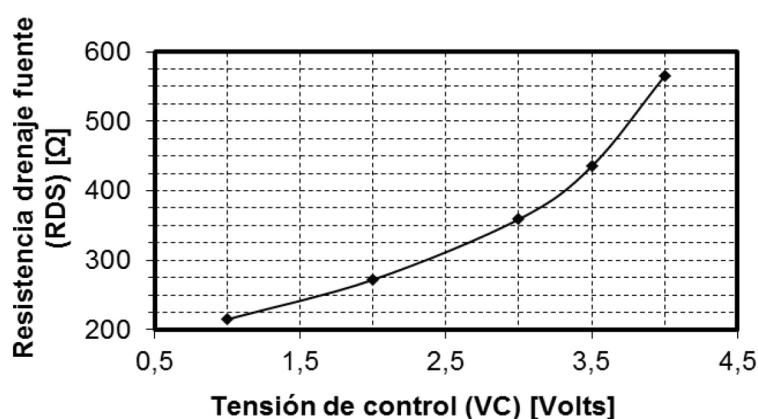


Figura 4: RDS del FET en función del módulo de la tensión de control.

Cabe destacar que en función de este rango de variación de RDS, entre 215 y 565 ohm, estarán las posibilidades del controlador automático de amplitud para cumplir con su finalidad.

Considerando el circuito de la Figura 2 y desestimando la realimentación positiva de la red de Wien, la ganancia realimentada del amplificador operacional en configuración no inversora (Mancini, 2009) se expresa según la ecuación 6:

$$G = 1 + \frac{R4}{R3 + RDS} \quad (6)$$

Para los cuatro casos analizados de desapareamiento del potenciómetro, se consideró $C1=C2=16nF$ y $R1=1K$; con $R2$ variando según supuestas irregularidades en las pistas del potenciómetro; cuantificándose el desapareamiento porcentual según la ecuación 7.

$$\text{Desapareamiento}[\%] = 100 \cdot \frac{R2_{MAX} - R2_{MIN}}{R1} \quad (7)$$

De acuerdo al desapareamiento de $R2$, la ecuación 1 determina un rango de variación para la transferencia de la red de Wien.

La condición de oscilación para el oscilador, es decir “ganancia de lazo unitaria” (Millman & Halkias, 1976) , se expresa según la ecuación 8.

$$TF \cdot G = 1 \quad (8)$$

El rango de ganancia (G) requerido para cumplir con la condición planteada en la ecuación 8, se obtiene al considerar el rango de variación de la transferencia (TF). Teniendo en cuenta el valor máximo y mínimo de RDS medidos previamente, se adoptaron valores para $R3$ y $R4$ tal que la ganancia expresada según la ecuación 6 verifique el rango requerido. La elección de valores comerciales para los resistores $R3$ y $R4$, así como los valores considerados para la variación de $R2$, se realizó mediante una iteración conjunta. Los efectos del desapareamiento provocados en consecuencia sobre el sistema, se expresan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Ensayo	R2 [Ω]		Desapareamiento [%] [Ecuación 7]	Transferencia de la red [Ecuación 1]		Ganancia [Ecuación 8]		R3 [Ω]	R4 [Ω]
	Mínimo	Máximo		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		
1	660	1750	109	0,267	0,376	2,68	3,75	330	1500
2	770	1450	68	0,290	0,361	2,77	3,46	680	2200
3	870	1330	46	0,300	0,348	2,87	3,33	1200	3300
4	830	1100	27	0,323	0,353	2,83	3,12	2000	4700

Para la medición de la distorsión que introduce el control automático de amplitud debido exclusivamente a la alinealidad del transistor JFET, se construyó el circuito de la Figura 5.

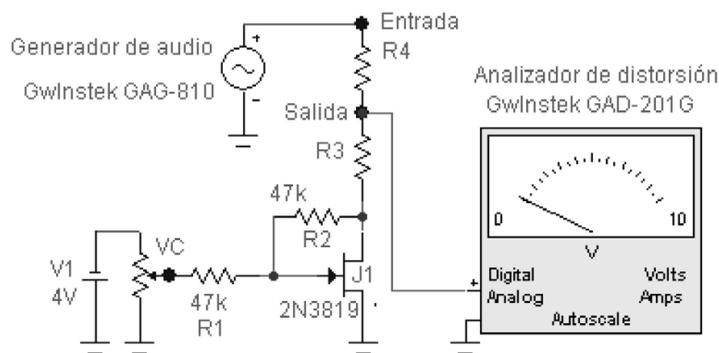


Figura 5: Circuito ensayado para la medición de distorsión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de distorsión en función de la tensión de control (VC) obtenidos para cada ensayo (Figura 5), con una tensión de entrada de 1,5VRMS, pueden observarse en la Figura 6.

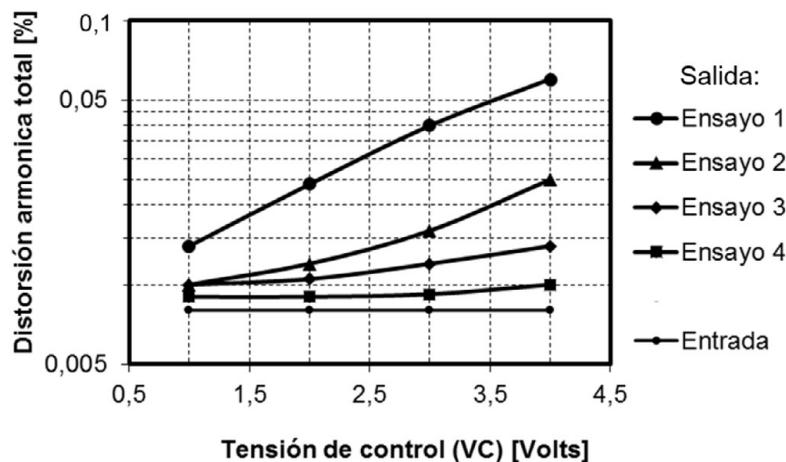


Figura 6: Distorsión armónica total en función del módulo de la tensión de control.

Se observa en la Figura 7 el valor máximo de la distorsión medida para cada caso analizado (considerando el desapareamiento en cada uno).

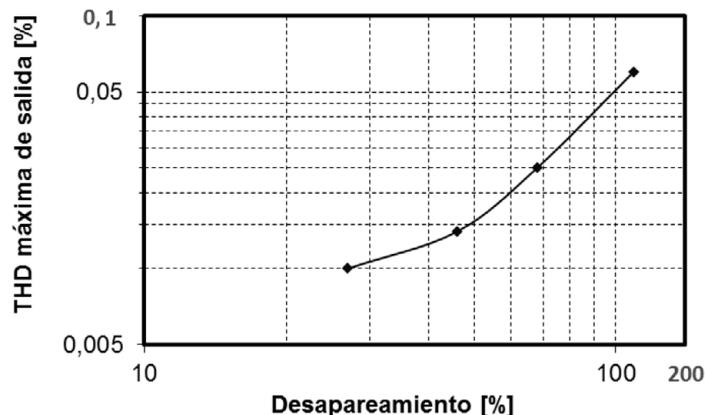


Figura 7: Distorsión armónica máxima de salida en función del desapareamiento.

Los resultados obtenidos permitieron cuantificar la importancia del apareamiento de los componentes pasivos del control de frecuencia en un oscilador puente de Wien, pues se observa que la distorsión introducida por el controlador de amplitud, debido a una red desapareada, puede llegar al 0,06% según los casos analizados (considerando exclusivamente el desapareamiento y no factores adicionales tales como el rizado de la señal de control del controlador automático de amplitud, alinealidad de los componentes activos, ruido, etc.). Si se tiene en cuenta que un instrumento de laboratorio generador de ondas senoidales de baja distorsión de uso comercial tiene una distorsión que en algunos casos no supera el 0,02% (Gwinstek, 2007; San Juan, 1988), se evidencia la importancia que se debe asignar a la calidad (apareamiento) del comando de frecuencias para lograr la fabricación de los instrumentos en cuestión.

REFERENCIAS

BOYLESTAD R.; NASHELSKY L. (1986), *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Prentice Hall, España.

COOMBS, C. (1994), *Electronic Instrument Handbook*. McGraw-Hill Inc., USA.

GWINSTEK (2007). *Audio signal generator GAG-809/810. User manual. User manual part number no. 82AG-810000MG.*

KENWOOD (1980). *Oscillator AG-203D/204D/253. Instruction manual. User manual Part number B63-030-18.*

MANCINI R. (2009), Op Amps for everyone. Newnes, USA.

MAXIM INTEGRATED PRODUCTS (2006). Application note 3846: Analysis of a Digitally Controlled Wien-Bridge Oscillator. [En línea]. Disponible en: <http://www.maxim-ic.com/an3846> [Última fecha de acceso: 2017]

MILLMAN, J; HALKIAS C. (1976). Capítulo 14: Estabilidad y osciladores. En Electrónica Integrada, Hispano Europea S.A., España.

SAN JUAN J. (1988). Oscilador en Puente de Wien variable. Revista Elektor Núm.98-99, 7/52-7/53.

APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE BUSINESS INTELLIGENCE EN EL ÁMBITO DE LA SALUD PÚBLICA

Fecha de recepción: 31 de Mayo de 2019 • Fecha aprobación: 11 de Septiembre de 2019

Fontana, Lucas*; **Del Villar, Ramiro;** **Musanti, Joaquín;** **Schmidt, Nicole;** **Bigatti, Cristian;** **Moine, Juan M.**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. Zeballos 1341 - Rosario - CP 2000
- Provincia de Santa Fe - Argentina.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: lucasf014@gmail.com

RESUMEN

Actualmente en el ámbito de salud pública se dispone de una gran cantidad de información almacenada en los sistemas transaccionales, generalmente en medios de almacenamiento descentralizados y desincronizados. En el presente trabajo, se propone la implementación de técnicas de Inteligencia de Negocios para unificar toda la información de interés en un Data Warehouse, a fin de obtener análisis estadísticos mediante herramientas de explotación de datos que posibiliten la toma de decisiones basada en datos reales. Como consecuencia, se demuestra además, la importancia de la calidad de los datos ingresados en los sistemas transaccionales y su impacto en el análisis de la información.

Palabras Clave: salud pública, inteligencia de negocios, políticas de salud, almacén de datos.

ABSTRACT

At the present time in the healthcare industry the amount of information stored by the transactional systems is overwhelming, and it is generally decentralized and desynchronized. With the present work, we propose the implementation of Business Intelligence techniques to unify all the information of interest in a Data Warehouse with the purpose of obtaining statistical analysis through data visualization tools that would allow real data-based decision making. At the same time, we pretend to demonstrate the importance of the quality of the data that serves as an input to the transactional systems, and its impact on data analysis.

Key-Words: public health, business intelligence, health policies, data warehouse.

INTRODUCCIÓN

La cantidad de información existente en los sistemas transaccionales utilizados en salud pública es abrumadora y analizarla es una tarea compleja. Más allá de los reportes convencionales, existen técnicas avanzadas de explotación de datos, que permiten organizar y estudiar la información almacenada desde diversas perspectivas.

Se define a la Inteligencia de Negocios como “el conjunto de metodologías, aplicaciones, prácticas y capacidades enfocadas a la creación y administración de información que permite tomar mejores decisiones a los usuarios de una organización” (Díaz J.C., 2012). En el ámbito de la salud pública argentina, el uso de este tipo de herramientas tiene poca difusión. Profesionales de la salud y quienes están encargados de tomar decisiones deben apreciar los beneficios que le brinda el uso de estas tecnologías emergentes en el ámbito (Karen, A. et al., 2017).

A raíz de la problemática anterior, presentamos un caso de estudio realizado en la Secretaría de Salud de un Municipio de la provincia de Santa Fe, en el cual se demuestra cómo la Inteligencia de Negocios permite encontrar información útil que ayude a la toma de decisiones, especialmente desde un punto de vista epidemiológico.

En base al análisis realizado de los requerimientos de información, algunas de las preguntas que debe poder responder la solución de inteligencia de negocios son:

- ¿Cuántas atenciones se realizaron por servicio en un rango de tiempo?
- ¿Cuáles son los centros de salud con más demanda?
- ¿Cuáles son los diagnósticos más frecuentes en la población?
- ¿Qué relación hay entre un diagnóstico y el sexo y/o edad del paciente?
- ¿Existe relación entre una enfermedad y el periodo del año?

El Municipio presta servicios de Atención Primaria de Salud mediante 4 Centros (CAPS), de los cuales se tomaron datos históricos de pacientes, atenciones y diagnósticos realizados. La información residente en los sistemas transaccionales de los centros de salud se encuentra descentralizada a causa de que cada CAPS posee su propia base de datos. Además, la información no es totalmente consistente entre dichas bases generando inconvenientes en la integración y redundancias.

La problemática del caso de estudio fue abordada realizando un proceso ETL (siglas en inglés de Extract, Transform, Load) para la integración, transformación y limpieza de datos, y una herramienta de explotación para la visualización y comprensión de la información.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es mejorar la calidad de la toma de decisiones basadas en datos reales en el ámbito de la salud pública utilizando herramientas de Inteligencia de Negocios.

METODOLOGÍA

En esta investigación se han utilizado cuatro bases de datos correspondientes a los Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) de un Municipio de la provincia de Santa Fe. La información suministrada para este trabajo fue totalmente anónima, ya que la Secretaría de Salud adoptó todas las medidas necesarias para mantener la confidencialidad del paciente.

La información transaccional disponible se detalla en la Tabla 1.

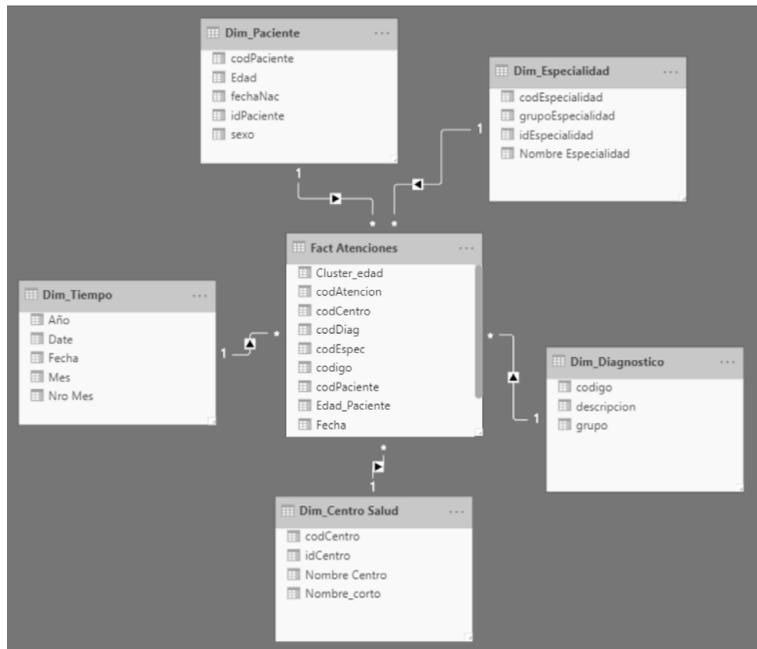
Tabla 1: Información disponible en los 4 CAPS.

Tabla	Descripción	Atributos	Cant. de registros
Paciente	Datos del paciente	Código de paciente, sexo, fecha de nacimiento.	CAPS 1: 36993 registros. CAPS 2: 33435 registros. CAPS 3: 34223 registros. CAPS 4: 34019 registros.
Atención	Información sobre las atenciones realizadas por los profesionales.	Código de atención, fecha, código de paciente, código de especialidad, código de diagnóstico.	CAPS 1: 117525 registros. CAPS 2: 85845 registros. CAPS 3: 145081 registros. CAPS 4: 87556 registros.
Especialidad	Diferentes servicios o especialidades que presta el centro de salud.	Código de especialidad, nombre de especialidad, grupo de especialidad al cual pertenece.	CAPS 1: 30 registros. CAPS 2: 35 registros. CAPS 3: 35 registros. CAPS 4: 35 registros.
Diagnóstico	Nomenclador de diagnósticos	Código de diagnóstico, descripción de diagnóstico, grupo de diagnóstico al cual pertenece.	CAPS 1: 2131 registros. CAPS 2: 2039 registros. CAPS 3: 2039 registros. CAPS 4: 2039 registros.

Para integrar toda la información de la Tabla 1, se propone la construcción de un Data Warehouse. Podemos definir un Data Warehouse basándonos en la definición de Bill Inmon, considerado el padre del Data Warehouse: “Es un conjunto de datos orientados por temas, integrados, variantes en el tiempo y no volátiles, que tienen por objetivo dar soporte a la toma de decisiones.” (Inmon, W.H., 1996). El mismo se construyó siguiendo un esquema tipo “estrella” (Kimball, R. y Ross, M., 2011), cuya tabla de “hechos”, es decir la tabla que contendrá indicadores y medidas de negocio, contiene las atenciones realizadas.

Como la información será explorada desde diversas perspectivas, la tabla central de “hechos” está asociada a dimensiones satélite, las cuales intentan describir los diferentes aspectos del negocio. En el presente caso de estudio, las tablas “dimensión” son las siguientes: pacientes, especialidades, diagnósticos y centros de salud. Además de estas 4 dimensiones, es importante mencionar que se creó la dimensión tiempo para modificar dinámicamente el nivel de granularidad con el que se desea analizar la información (Imhoff C. et al., 2003).

El Diagrama 1 muestra el esquema del Data Warehouse.



Para iniciar el proceso ETL, las cuatro bases de los sistemas transaccionales se alojaron en un mismo servidor MySQL versión 5.5.24 (Oracle Corporation, 2010), en el cual también se realizaron dos bases de datos nuevas: Staging (Data Staging Area) y Data Warehouse. La separación entre Staging y Data Warehouse mantiene el modelo de datos más ordenado, y más importante aún, brinda mayor flexibilidad y una carga de datos de mayor calidad. (Kimball, R et al., 2008).

El procedimiento ETL y validación se describe a continuación:

- 1) Extracción de los datos provenientes de las tablas fuente y carga en tablas Staging.
- 2) Limpieza de datos ausentes, datos con errores de tipeo, datos inconsistentes (por ejemplo: fechas de nacimiento inválidas, pacientes y registros duplicados, etc.).

Para los registros con atributos ausentes se consideró imputarlos con el valor "NA"(por sus siglas en inglés Not Available), mientras que en los casos más severos se determinó eliminar el registro entero.

Este proceso se realizó en forma iterativa, inclusive en la etapa de explotación de información.

- 3) Validación de la consistencia de los datos y carga en las tablas finales del Data Warehouse, primero a través de consultas directas a las tablas de la base y luego mediante una herramienta de explotación.

El proceso mencionado se efectuó utilizando la herramienta Visual Studio 2017 Community SQL Server Data Tools (Microsoft Corporation, 2017).

Con el objetivo de presentar de una manera clara y concisa la información alojada en el Data Warehouse, se determinó que la herramienta a utilizar sería Power BI Desktop de Microsoft (Microsoft Corporation, 2019).

Se decidió utilizar estos Softwares por su potencialidad y además porque poseen versiones comunitarias gratuitas. Visual Studio Community es gratuito para estudiantes, investigadores y para pequeñas organizaciones. Por su parte PowerBI Desktop es gratuita y posee todas las posibilidades de análisis detalladas en este trabajo, permitiendo que su implementación en el sector público sea factible.

RESULTADOS

Como resultado del proceso ETL, el Data Warehouse fue cargado con 289.917 registros de atenciones, 43.614 registros de pacientes, 37 especialidades, 2131 diagnósticos comprendidos entre los años 2010 a 2018.

Los datos residentes en el Data Warehouse fueron analizados con la herramienta de explotación Power BI, obteniendo los siguientes gráficos:

- Cantidad de pacientes atendidos por trimestre y por año, agrupado por sexo (Gráfico de barras apiladas). Métrica utilizada: cantidad de pacientes.
- Total atenciones por año por especialidad por centro de salud (Gráfico de barras apiladas). Métrica utilizada: cantidad de atenciones.
- Cantidad de atenciones por grupo etario y centro de salud (Gráfico de barras agrupadas). Métrica utilizada: cantidad de atenciones.
- Ranking de diagnósticos para una especialidad, para todos los centros de salud (Gráfico de barras). Métrica utilizada: cantidad de pacientes.
- Evolución de un diagnóstico a través del tiempo (Gráfico de barras y líneas). Métrica utilizada: cantidad de pacientes.

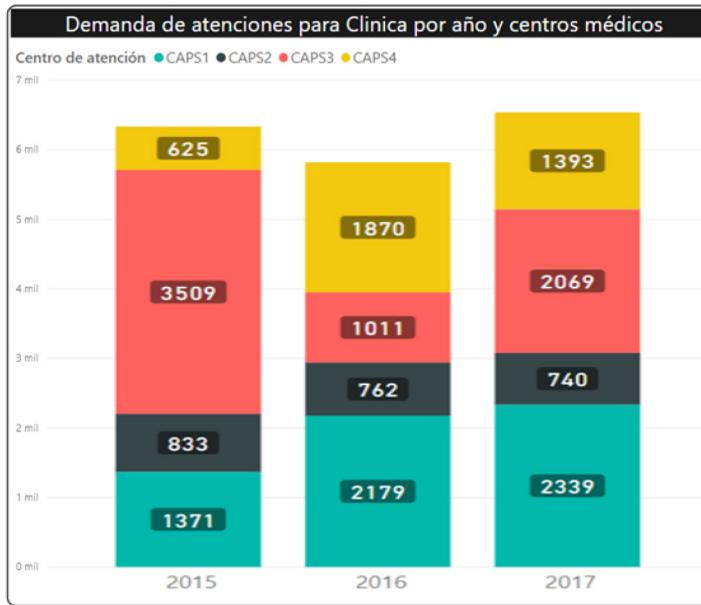
Todos estos gráficos fueron analizados haciendo uso de las ventajas que proporciona la herramienta de explotación, como filtrado de datos, cambio dinámico de ejes y el desglose de la información (drill down - roll up).

Luego de una primera visión de los datos se decidió realizar el estudio con los registros disponibles desde el año 2015 hasta el año 2017, debido a que la información anterior disponible no era de buena calidad, principalmente por la gran cantidad de registros incompletos. Aquí se puede evidenciar el impacto que tiene la carga de datos fuente, en todo el proceso de Inteligencia de Negocios. El siguiente análisis hubiera sido invalidado con datos erróneos o de mala calidad.

Con la herramienta, se llevaron a cabo una serie de análisis de las atenciones a través del tiempo, segmentadas por las dimensiones disponibles, como sexo del paciente, CAPS al cual pertenece, rango etario, especialidades más demandadas, cantidad de atenciones de acuerdo al día de la semana o a la estación del año, etc. Se realizaron en total 10 gráficos de los cuales se tomaron los 3 más representativos como ejemplo para el presente trabajo.

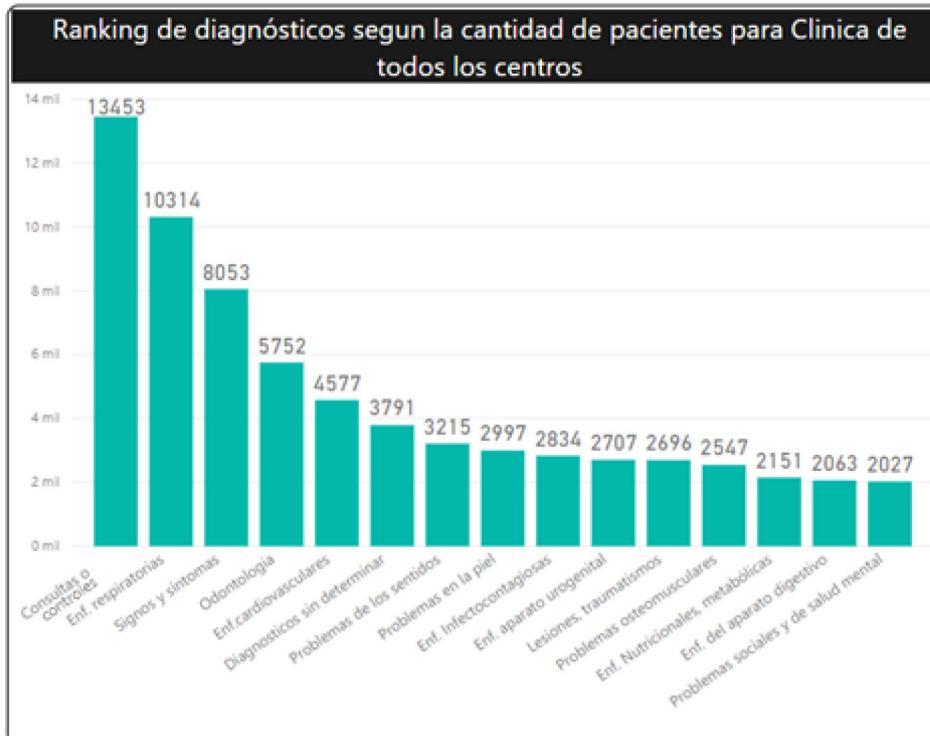
A continuación, en el Gráfico 1, se detalla el primero de los análisis realizados para la especialidad "Clínica" según la cantidad de atenciones por centros de atención médica a través del tiempo.

Gráfico 1: Gráfico de demanda de atenciones para Clínica por año y centros médicos.



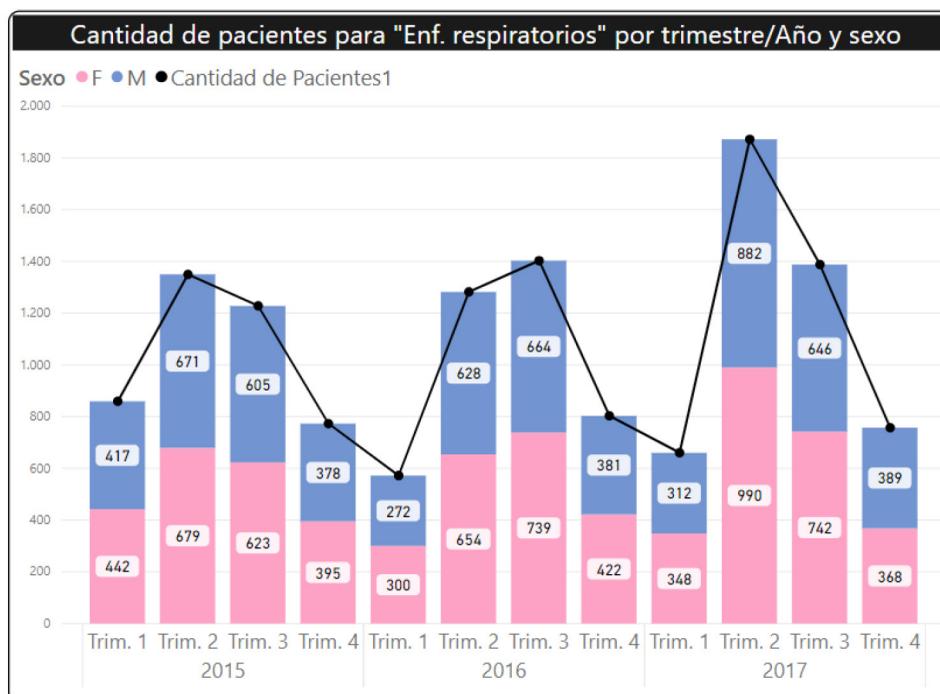
Posteriormente se generó el ranking de diagnósticos para esta especialidad, donde se observa que las “Enfermedades Respiratorias” encabezan el diagnóstico más frecuente, luego de “Consultas o control de salud”.

Gráfico 2: Gráfico de cantidad de pacientes por diagnóstico



Prosiguiendo con un análisis en mayor profundidad de este grupo, podemos ver cómo estas patologías se distribuyen por trimestre durante el período 2015 - 2017.

Gráfico 3: Gráfico de total de pacientes para enfermedades respiratorias por trimestre y año agrupados por sexo



En este gráfico se ve claramente que el periodo de mayor incidencia de las enfermedades respiratorias es durante los trimestres 2 y 3 de cada año, es decir época invernal en Argentina. Este y otros patrones pueden resultar sumamente útiles para que los centros tomen acciones preventivas y correctivas en el ámbito de la salud pública.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha expuesto cómo las técnicas de Inteligencia de negocios y explotación de datos pueden colaborar a la toma de decisiones en el ámbito de la salud pública basándose en un gran volumen de datos reales.

Estas mismas herramientas pueden ser utilizadas por profesionales de la salud para abordar temáticas o estudios más complejos obteniendo así un máximo aprovechamiento de los datos y colaborando en mayor medida a la toma de decisiones. Podrán acceder de forma sencilla a información depurada, integrada y consistente, generando nuevo conocimiento y ofreciendo una visión más precisa en todas las áreas de Salud Pública.

Los resultados de esta investigación constituyen los primeros pasos en el análisis de la información disponible y se pondrán a disposición de la Secretaría de Salud del Municipio para su evaluación e implementación.

A su vez, se ha podido evidenciar la importancia del proceso de carga de datos, que nos lleva a concientizar acerca del valor de la información presente en los sistemas transaccionales. Datos bien cargados conducen a análisis más exactos, confiables y de los cuales se pueden extraer importantes conclusiones, obteniendo un estudio de mayor calidad.

Perspectivas a Futuro

Se pretende continuar el estudio en otras áreas relevantes de Salud Pública, como la gestión de turnos y salidas de ambulancia.

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo: "Big Data y Salud: Un análisis interdisciplinar para la construcción de insumos en el marco de políticas públicas para el desarrollo". PID UTN FA 5093.

REFERENCIAS

- DÍAZ, Josep Curto. Introducción al business intelligence. Editorial UOC, 2012.
- Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Managemen 4th edition - By Karen A. Wager, Frances W. Lee, John P. Glaser - 2017
- IMHOFF, C., GALEMMO, N. AND GEIGER, J.G., 2003. Mastering data warehouse design: relational and dimensional techniques. John Wiley & Sons.
- INMON W. H., Building the data warehouse, 2nd edition, John Wiley and Sons, Canada, ISBN: 0471-14161-5, 1996.
- KIMBALL, R. AND ROSS, M., 2011. The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling. John Wiley & Sons.
- KIMBALL, R., ROSS, M., THORNTWHAITE, W., MUNDY, J. AND BECKER, B., 2008. The data warehouse lifecycle toolkit. John Wiley & Sons.

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DOWEL BAR RETROFIT PARA LA REPARACIÓN DE LOSAS DE HORMIGÓN EN CAMINOS

Fecha de recepción: 15 de Mayo de 2019 • Fecha aprobación: 1° de agosto de 2019

Llorente, Carlos*; **Romani, Bruno**; **Giunta, José**; **Navarro, Abdala, Roberto**; **Carrasco, Adrián**; **Labanca, María**; **Romani, Giuliana**.

Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional.
Urquiza N° 317, San Rafael, Mendoza.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo Electrónico: carlosllorentearg@hotmail.com

RESUMEN

Los costos de inversión y de operación de la infraestructura vial son muy elevados. A su vez los requerimientos de caminos con índices de serviciabilidad aceptables son crecientes para reducir los costos de logística y mejorar la competitividad de la economía. La aparición de fisuras transversales en losas de hormigón nuevas y con vida útil remanente es una falla común. Para prolongar la vida de las losas es necesario desarrollar tareas de conservación, mantenimiento o reconstrucción que garanticen su aptitud como calzada de rodamiento. El sistema DOWEL BAR RETROFIT (DBR) estudiado en el presente PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (PID) aplicado en Ruta Provincial N° 150 de la provincia de Mendoza ha demostrado a la fecha ser una solución de recuperación tecnológicamente simple, económica y ambientalmente eficaz.

Palabras claves: infraestructura vial, hormigón, losas, recuperación.

ABSTRACT

The investment and operation costs of the road infrastructure are very high. At the same time, the requirements of roads with acceptable service indices are increasing to reduce logistics costs and improve the competitiveness of the economy. The appearance of transverse fissures in new concrete slabs and with a remaining useful life is a common failure. To prolong the life of the slabs it is necessary to develop conservation, maintenance or reconstruction tasks that guarantee their aptitude as a rolling road. The DOWEL BAR RETROFIT (DBR) system studied in the present DEVELOPMENT AND INVESTIGATION PROJECT (DIP) applied in Provincial Route N° 150 of the province of Mendoza has shown to date to be a technologically simple, economical and environmentally efficient recovery solution.

Key words: road infrastructure, concrete, slabs, recovery.

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos de infraestructura en general, y de infraestructura vial en particular, son cada vez mayores. Esto se debe a que este elemento es clave para el desarrollo económico y la mejora de las condiciones de vida de la población. Si específicamente se enfoca el problema de la infraestructura vial, la red de caminos es un elemento central a la hora de disminuir los costos de logística lo que conlleva a una mejora de la competitividad y por ende de inversiones.

Los costos de inversión en la infraestructura vial son muy elevados, por lo que deben ser completados necesariamente con programas de mantenimiento que garanticen índices de serviciabilidad aceptables y aumenten la vida útil. Está ampliamente comprobado a nivel internacional el beneficio de políticas viales sustentadas en inversiones racionales y programas de conservación vial eficaces.

En Argentina, y en especial en algunas provincias como Mendoza, el problema de la infraestructura vial debe ser especialmente analizado. Poblaciones diseminadas en todo el territorio, con grandes extensiones de desiertos, obligan a una red vial extensa que atraviesa topografías que van desde la llanura hasta sectores de montaña, con condiciones climáticas variables y en algunos casos extremas.

El presente proyecto investiga la viabilidad técnica y económica de la aplicación en nuestro medio de la técnica DOWEL BAR RETROFIT (DBR). Esta fue desarrollada en los Estados Unidos de Norteamérica para la recuperación de losas de hormigón en rutas con volúmenes de tránsito importantes. Para tal fin, se aprovecha la única experiencia conocida de aplicación de la mencionada técnica en Mendoza, sobre Ruta Provincial N° 150.

La problemática abordada

La aparición de grietas y fisuras transversales en las losas de hormigón nuevas es un problema habitual. Las causas más comunes de esta patología son:

- 1) Aserrado ineficaz, tardío, o bien en escaso espesor.
- 2) Contracción térmica, aumento inicial y posterior descenso de temperatura durante la construcción.
- 3) Excesiva adherencia con la base, bases secas o porosas.
- 4) Contracción por secado, ya sea por mala calidad del hormigón, o por relación largo/ancho muy alta, o bien, deficiencias de curado.

Las causas de la aparición de fisuras también pueden ser el resultado de una combinación de varias de las arriba enumeradas.

Como consecuencia de la falla se puede producir una grieta activa en todo el ancho y espesor de la losa que no permite la correcta transferencia de cargas, se favorece el ingreso de agua, el deterioro de la base de apoyo y consiguientemente la rotura de la losa.

El nivel de severidad del defecto depende de la posibilidad de transferir carga en la fisura activa, y esto es función de la abertura de la misma. Por otra parte, su eficacia como pavimento depende, para un ancho de fisura dado, del tipo de tránsito que deba soportar.

Es decir, si el pavimento debe soportar carga pesada lo recomendable es que la transferencia de carga se verifique en forma efectiva.

En el caso que se analiza, se verificó la aparición de fisuras transversales en una importante cantidad de losas de hormigón construidas en intersecciones de la Ruta Provincial N° 150, localidad Villa 25 de Mayo, departamento San Rafael, provincia de Mendoza . Para la obra se aplica el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Provincial de Vialidad de Mendoza¹ y las Especificaciones Técnicas particulares contenidas en el Pliego de la Obra.

El paquete estructural del pavimento analizado es:

- 1) Subrasante, suelo calidad tipo A 2 / A 2 4, compactación mínima 98% densidad Próctor.
- 2) Base de agregado pétreo y suelo espesor 15 cm, imprimada.
- 3) Losa de hormigón simple, espesor 0,18 m, calidad H-30.

Técnicas de Reparación

Las técnicas de reparación aplicables para losas dependen del ancho de la fisura transversal y del tipo de tránsito.

Tabla 1: Tipos de reparación según ancho de fisuras

Nivel de severidad por ancho de fisura	Tránsito	Tipo de reparación recomendada
< 0,5 mm	Tránsito liviano	Sellado de fisuras
0,5 mm y 1,5 mm	Tránsito medio	Reparación en todo el espesor
> 1, 5 mm	Tránsito pesado	Reparación en todo el espesor

El sellado de grietas y fisuras se corresponde con trabajos de conservación habituales en los pavimentos de hormigón. Esta estrategia presenta como riesgo el desplazamiento relativo de las losas, y con ello la pérdida de una condición básica para su correcto funcionamiento como calzada de circulación.

Las reparaciones en espesor de las losas implican la ejecución de trabajos que permitan restituir la transferencia de cargas, teniendo como alternativas posibles las siguientes:

1) La demolición y reconstrucción de la losa con el riesgo de afectar durante este proceso las losas colindantes y el costo asociado.

2) La colocación de pasadores, esta opción es denominada DOWEL BAR RETROFIT. En esencia esta técnica consiste en transformar la fisura en una junta transversal efectiva a través de la incorporación de elementos que permitan la transferencia de carga, evitando el desplazamiento relativo entre las partes de la losa.

¹ Si bien el volumen de tránsito de la ruta analizada es bajo, la solución de losas de hormigón en intersecciones es una solución siempre recomendable.

Metodología de aplicación del DBR

Los pasos para el desarrollo de la aplicación del DBR para la reparación de losas de hormigón en un total de cincuenta y nueve (59) ejecutados en RP N° 150 fueron los siguientes:

1) Evaluación de las losas e identificación de las pasibles de recuperación por el sistema DBR.

Esta actividad es clave para la eficacia de la aplicación del método, y consiste en identificar qué losas reúnen las condiciones para ser recuperadas. A tal fin deben considerarse en primer lugar la vida útil a fatiga de la losa (edad), y que el tipo de grieta o fisura a tratar sea susceptible de ser reparado por DBR.

2) Demarcación de las franjas de posición de las barras pasadoras.

Esta actividad tiene como objetivo principal que la colocación de los pasadores sea en los lugares adecuados, esto es sectores de mayor carga (huellas) y que la posición de las barras reúna la condición de ser paralelas entre sí y al eje de circulación del camino. Estos trabajos se resuelven con el uso de cintas métricas convencionales y plantillas de forma rectangular con las dimensiones del sector a demoler para la colocación de las barras. La demarcación se realiza con pintura en aerosol o a pincel. El resultado de esta actividad es una serie de franjas rectangulares pintadas sobre el pavimento.

3) Corte del hormigón en las cavidades de posicionado de las barras pasadoras.

El aserrado de los sectores de alojamiento de pasadores se realizó con una aserradora de pavimentos convencional del tipo 15 HP. A los fines de lograr dos cortes simultáneos, se modificó el equipo agregando un disco en el eje del mismo. De esta forma se lograron cortes paralelos e idénticos en profundidad.

4) Demolición y retiro de hormigón en cavidades de posicionado de barras pasadoras.

Estas tareas se desarrollaron con martillos demoledores de tipo manual de distintas potencias. En la etapa inicial con equipos más potentes y la terminación de la cavidad con equipos más pequeños para lograr un mejor ajuste de las dimensiones finales deseadas. El producto de la demolición de las losas es de escaso tamaño y volumen por lo que su retiro no presenta dificultad.

5) Limpieza de las cavidades de posicionado de barras pasadoras.

La limpieza de las cavidades requiere del retiro de toda partícula suelta del hormigón existente. Esto se realiza con cepillos de acero, compresores e incluso pueden utilizarse hidrolavadoras. La condición básica indispensable es que la superficie esté limpia, libre de partes sueltas y que puedan afectar la unión del hormigón nuevo y viejo. La superficie final debe ser rugosa.

6) Aplicación de puente de adherencia en cavidades.

En el caso analizado el producto utilizado como puente de adherencia entre el hormigón viejo de las cavidades y el nuevo, fue del tipo SIKADUR 32 GEL. La eficacia del uso de estos productos reside en el seguimiento de las pautas y recomendaciones de utilización del fabricante. La aplicación de estos productos se realizó con brocha. El colado del hormigón en la cavidad se realizó con el puente de adherencia en estado fresco.

7) Preparación y colocación de barras pasadoras.

Las barras pasadoras se conformaron con acero liso IRAM de diámetro 25 mm. La longitud adoptada para las mismas fue de 45 cm. Las barras fueron alojadas en tubos de PVC extrapesado de diámetro exterior 32 mm, disponiendo en las puntas de tapas plásticas y una holgura del orden de los 6mm por punta. De esta manera se asegura el movimiento independiente de los pasadores. El conjunto se aloja en la cavidad utilizando patas de material plástico adosadas al caño con una atadura de alambre. En correspondencia de la abertura (grieta o fisura) se dispone poliestireno expandido para garantizar el trabajo estructural.

8) Colado del hormigón en cavidades.

El hormigón fue elaborado en obra controlando en peso las cantidades de agua, cemento y áridos.

El agua de amasado utilizada fue potable de la red domiciliaria disponible en el lugar, el cemento del tipo Puzolánico tipo CPP40 IRAM 50.000. Los áridos obtenidos por zarandeo de cantera ubicada en río Diamante y lavados. En particular estos áridos cumplen con la condición de Desgaste Los Ángeles menor de 22%. Los límites granulométricos establecidos se detallan a continuación.

Tabla 2: Granulometría de áridos empleada

Tamices de mallas cuadradas IRAM 1501-2/ NM-ISO 565	Porcentajes pasantes (%). Límites máximo y mínimo
12,5 mm	100
9,5 mm	85-100
4,75 mm	70-85
2,36 mm	55-70
1,18 mm	40-55
600 µm	20-40
300 µm	10-20
150 µm	2-10

Para asegurar un correcto colado del hormigón el tamaño máximo de los áridos adoptado fue acorde a las dimensiones libres en la cavidad. El asentamiento del hormigón fresco fue del orden de los 12 cm. Para lograr este último valor la dosificación incorporó aditivo tipo SIKACRETE PLUS. Con esto se mejoró la trabajabilidad, se redujo el agua de amasado, se atrasó el fragüe inicial, se logró acelerar el proceso de endurecimiento y de aumento de la resistencia estructural. En todos los casos el hormigón fue vertido con el puente de adherencia en estado fresco. La terminación fue realizada con llana.

9) Curado del hormigón en cavidades.

A los fines de garantizar el correcto curado del hormigón dispuesto en las cavidades se utilizó membrana de curado tipo SIKACURE. El proceso de curado se extendió por 14 días.

10) Sellado de fisuras y grietas.

El sellado de grietas y fisuras es recomendable ejecutarlo en forma inmediata, compatibilizando esto con el proceso de fraguado del hormigón. El material utilizado fue del tipo SIKADUR 52 Inyección.

11) Librado al tránsito.

El librado al tránsito se realizó 14 días después del colado del hormigón.

Seguimiento y evaluación del comportamiento del DBR

A los fines de la evaluación del comportamiento del sistema DBR aplicado, se realizó un seguimiento de la totalidad de las losas reparadas desde la fecha de los trabajos (enero y febrero de 2015) a la actualidad. El total de losas reparadas ascendió a cincuenta y nueve (59).

Las evaluaciones realizadas se basaron en los siguientes aspectos:

- 1) Fisuración y desprendimientos del hormigón colado.
- 2) Aparición de nuevas grietas y fisuras en las losas reparadas.
- 3) Desplazamiento vertical relativo entre los sectores de losas conectados por los pasadores.

Los aspectos 1) y 2) fueron establecidos a partir de inspecciones visuales de todas las losas reparadas. El aspecto 3) mediante mediciones in-situ a través de la colocación de una regla metálica suficientemente rígida para poder apreciar desplazamientos relativos.

Los resultados de la evaluación del comportamiento del sistema DBR fueron satisfactorios. En particular se indica:

1) No se verificó en ningún caso fisuración y/o desprendimientos del hormigón colado, sólo en dos casos se pudo apreciar desgaste de la superficie expuesta del concreto vertido en las cavidades; esto puede corresponder a error en la dosificación de cemento en ese caso puntual, dado que en general el comportamiento superficial fue satisfactorio.

2) No se observó la aparición de nuevas grietas ni fisuras en las losas reparadas; sí, en algunos casos puntuales, se verificó desgranamiento del hormigón en los sectores de grietas entre cavidades de pasadores. Esto pone de manifiesto la baja calidad del hormigón de la losa inicial.

3) No se observó en ningún caso desplazamiento vertical relativo entre los sectores de losas conectadas con pasadores, lo que indica que los elementos introducidos para la transmisión de cargas han sido eficaces.

4) Es importante indicar que los volúmenes de tránsito de la ruta analizada son de nivel bajo, no obstante se verifica la presencia de carga pesada en forma significativa. Por otra parte, el tiempo total transcurrido desde la realización de las reparaciones a la fecha de las evaluaciones finales del comportamiento ha sido de 4 (cuatro) años. Durante ese período de tiempo no se ha realizado por parte de la Repartición Responsable del camino ningún tipo de trabajo de conservación.

Costos de reparación de losas con fisuras transversales

Considerando como alternativas aceptables de reparación de las losas la demolición y reconstrucción de las mismas o el DBR; y que en ambos casos se restituiría la transferencia de cargas, se indican a continuación los costos de cada una de ellas. Los valores se corresponden a precios de mercado del departamento de San Rafael, provincia de Mendoza, donde se encuentra la obra, a fecha marzo 2019. Se han incluido en los cálculos costos directos exclusivamente, esto abarcó materiales, mano de obra y equipos.

En las Tablas que siguen se presentan los valores calculados:

Tabla 3: Costos Alternativa 1

ALTERNATIVA 1: COSTO DE RECONSTRUCCIÓN DE LOSAS

Dimensiones de las losas (m)

ancho: 3,50
 largo: 4,00
 espesor: 0,18

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	EQUIPO	MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBTOTAL	\$/US\$ 40
1	Demolición losa	Con martillo y minicargador	m3	2,52	20,00	-	7,00	27,00	1.080,00
2	Retiro productos demolición	Con minicargador, chasis y ayudantes	m3	3,82	30,00	-	18,00	48,00	1.920,00
3	Preparación subrasante	Imprimación con emulsión o polietileno de 200 micrones	m2	14,00	2,00	4,60	1,90	8,50	340,00
4	Colado hormigón	Hormigón elaborado vibrado colocado en obra por una cuadrilla	m3	2,52	5,00	206,64	35,00	246,64	9.865,60
5	Curado	Membrana de curado tipo antisol	m2	14,00	0,10	2,03	1,69	3,82	152,80
6	Sellado de juntas	Selladora de juntas y asfalto modificado para la totalidad del perímetro	m	15,00	3,12	4,40	1,35	8,87	354,80
					60,22	217,67	64,94	342,83	13.713,20

Tabla 4: Costos Alternativa 2

ALTERNATIVA 2: COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DBR POR LOSA (6 PASADORES)

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	EQUIPO	MATERIALES	MANO DE OBRA	SUBTOTAL	\$/US\$ 40
1	Demarcación	Plantilla, pintura en aerosol, oficial y ayudante.	global	1,00	0,50	0,82	8,00	9,32	372,80
2	Aserrado	Aserradora de pavimentos y oficial.	global	1,00	3,10	-	10,50	13,60	544,00
3	Demolición	Martillos manuales y medios oficiales	global	1,00	4,80	-	15,00	19,80	792,00
4	Retiro productos demolición	Herramientas menores y contenedor	global	1,00	1,25	-	2,50	3,75	150,00
5	Preparación cavidad y puente de adherencia	Herramientas menores, puentes de adherencia, oficial, ayudante	global	1,00	0,50	4,25	10,50	15,25	610,00
6	Colocación pasadores	Oficial y ayudante.	global	1,00	-	18,60	1,25	19,85	794,00
7	Colado hormigón	Hormigón con aditivos, herramientas menores, cuadrilla.	global	1,00	-	8,00	12,50	20,50	820,00
8	Curado	Membrana de curado.	global	1,00	0,10	0,50	1,25	1,85	74,00
9	Sellado de fisuras	Selladora de juntas y asfalto modificado para la totalidad del perímetro	global	1,00	3,90	5,65	1,69	11,24	449,50
					14,15	37,82	63,19	115,16	4.646,30

Observación: La unidad utilizada es global, atendiendo de que se trata de seis pasadores por losa

Los valores calculados implican que la demolición y reconstrucción de una losa de hormigón de las características indicadas tendría un costo de \$ 13.713,20, y la aplicación del sistema DBR para la reparación del mismo elemento exigiría una inversión de \$ 4.646,30, disponiendo para tal fin de seis (6) pasadores por losa, tres (3) por huella.

Evaluación económica de las alternativas

A los fines de la evaluación económica de las Alternativas 1 y 2 se utiliza como indicador el costo anual equivalente CAE.

En primera instancia, se realizan para las dos alternativas el cálculo del CAE donde, para una inversión inicial dada, se consideran distintas vidas útiles y costos de oportunidad del capital variables en un rango que va del 6 al 12% anual.

Tabla 5: Costo Anual Equivalente Alternativa 1

Alternativa 1: Reconstrucción losa costo anual equivalente de la inversión.

INVERSIÓN INICIAL U\$\$	VIDA ÚTIL (años)	TASA DE DESCUENTO		
		0,06	0,09	0,12
		U\$\$/año		
342,83	10	46,58	53,42	60,68
342,83	20	29,89	37,56	45,90
342,83	30	24,91	33,37	42,56
342,83	40	22,79	31,87	41,59
342,83	50	21,75	31,28	41,28
342,83	60	21,21	31,03	41,19
342,83	70	20,92	30,93	41,15

Para la alternativa DBR (Alternativa 2) se considera el costo adicional de mantenimiento de la fisura transversal que no aplicaría en el caso de la demolición y reconstrucción de la losa (Alternativa 1).

Tabla 6: Costo Anual Equivalente Alternativa 2

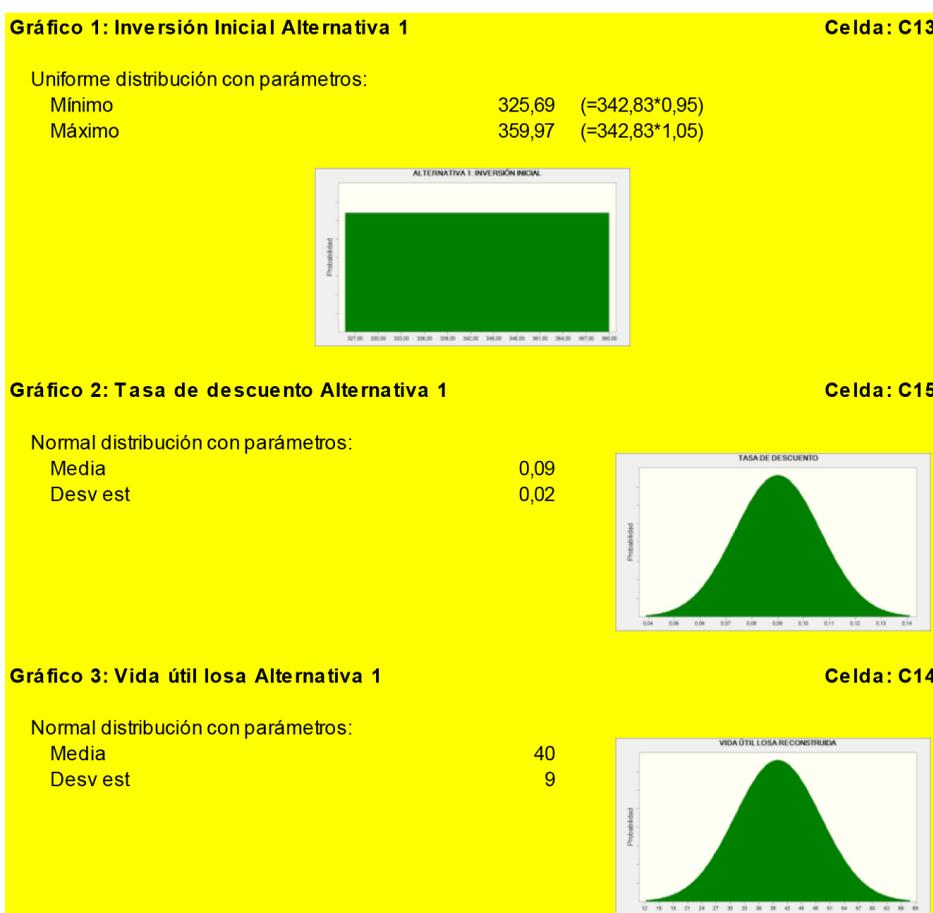
Alternativa 2: DBR Costo anual equivalente de la inversión + junta adicional
Junta asicional: 0,59 U\$\$/año

INVERSIÓN INICIAL U\$\$	VIDA ÚTIL (años)	TASA DE DESCUENTO		
		0,06	0,09	0,12
		U\$\$/año		
115,16	4	\$ 33,82	\$ 36,14	\$ 38,50
115,16	5	\$ 27,93	\$ 30,20	\$ 32,54
115,16	6	\$ 24,01	\$ 26,26	\$ 28,60
115,16	7	\$ 21,22	\$ 23,47	\$ 25,82
115,16	8	\$ 19,13	\$ 21,40	\$ 23,77
115,16	9	\$ 17,52	\$ 19,80	\$ 22,20
115,16	10	\$ 16,24	\$ 18,53	\$ 20,97
115,16	11	\$ 15,19	\$ 17,51	\$ 19,98
115,16	12	\$ 14,33	\$ 16,67	\$ 19,18
115,16	13	\$ 13,60	\$ 15,97	\$ 18,52
115,16	14	\$ 12,98	\$ 15,38	\$ 17,96
115,16	15	\$ 12,45	\$ 14,88	\$ 17,50

Los resultados indican, para una tasa del 12% (situación más desfavorable desde el punto de vista del capital), que el sistema DBR con una duración de cuatro años tendría un costo de U\$S/ año 38,50. En ese escenario siempre sería menor que el costo anual equivalente de la demolición y reconstrucción, por lo que siempre sería mejor opción el DBR. Para una tasa del 9% anual sería necesario que el DBR tuviera al menos una vida útil de cinco años, y para el 6% anual 8 años aproximadamente.

Dado que se propone un análisis multivariable, se desarrolla una simulación de Monte Carlo usando como herramienta software Crystal Ball, con las variables y consideraciones que se indican:

Alternativa 1: Demolición y reconstrucción losa



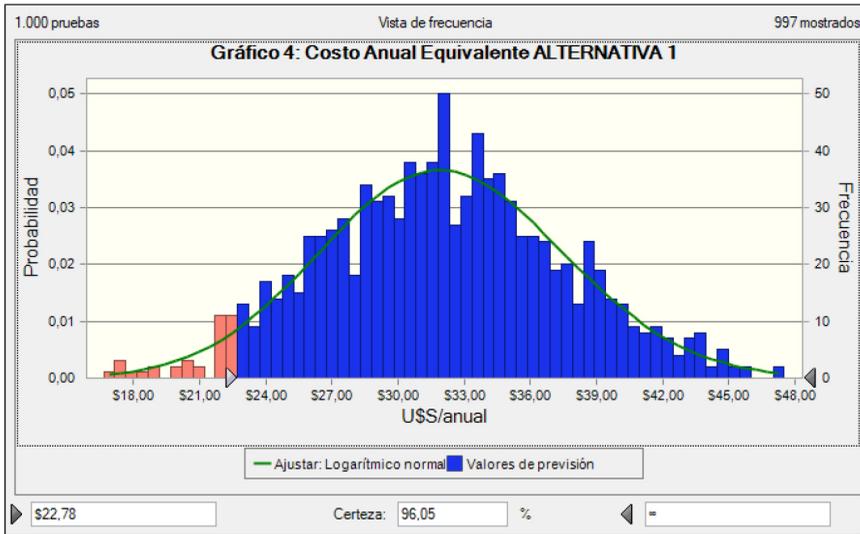


Gráfico 4: Costo Anual Equivalente ALTERNATIVA 1

Alternativa 2: Sistema DBR

Gráfico 5: Inversión Inicial Alternativa 2 Celda: C13

Uniforme distribución con parámetros:

Mínimo	109,40	(= $115,16 \cdot 0,95$)
Máximo	120,92	(= $115,16 \cdot 1,05$)

Gráfico 6: Vida útil promedio 10 años Alternativa 2 Celda: C14

Normal distribución con parámetros:

Media	8,00
Desv est	1,00

Gráfico 7: Tasa de descuento Alternativa 2 Celda: C15

Normal distribución con parámetros:

Media	0,09	(= $9/100$)
Desv est	0,02	(= $1,6/100$)

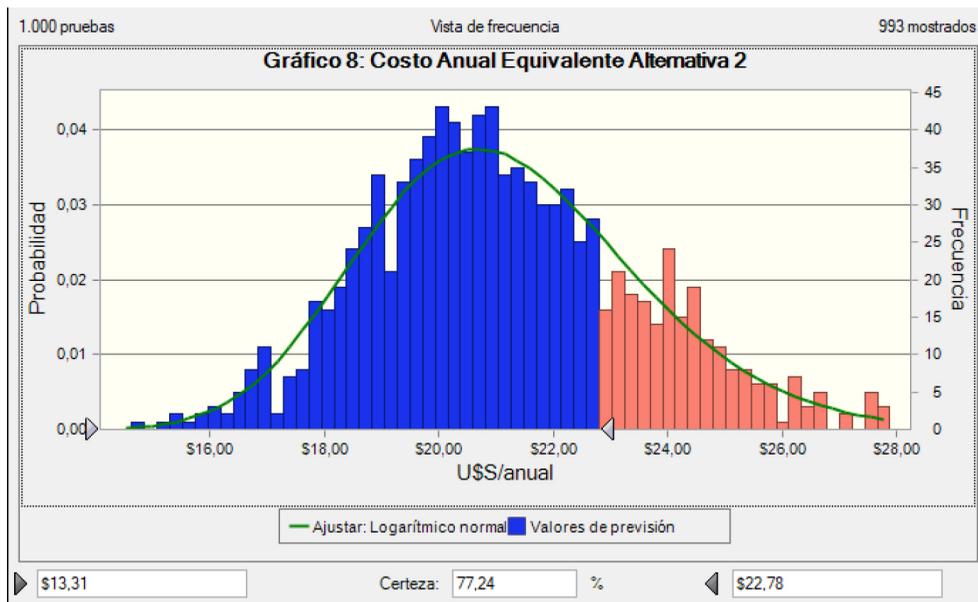


Gráfico 8: Costo Anual Equivalente Alternativa 2

Se considera como valor referencial el costo anual equivalente de una losa de hormigón nueva para una vida promedio de 40 años con una tasa de descuento del 6%. El valor obtenido es U\$/año 22,79. Los resultados de la simulación indican que con las suposiciones realizadas se tiene una probabilidad del 96,71% de superar ese valor de costo. Por otra parte, en el caso de aplicar DBR, se tendría una probabilidad del 78,16 de que el costo anual equivalente sea igual o menor que ese valor. Estos resultados se tienen considerando las mismas tasas referenciales y una vida útil para el DBR variable entre 5 y 11 años, con una media de 8 años².

Se analizan a continuación los resultados de la simulación pero considerando ahora que el DBR tiene un vida útil promedio de diez (10) años, con un mínimo de siete (7) y un máximo de trece (13).

² Téngase presente que el DBR en la obra analizada tiene una edad de cuatro años a la fecha y presenta muy buen estado, por lo que supone que una vida útil promedio de ocho años se considera razonable.

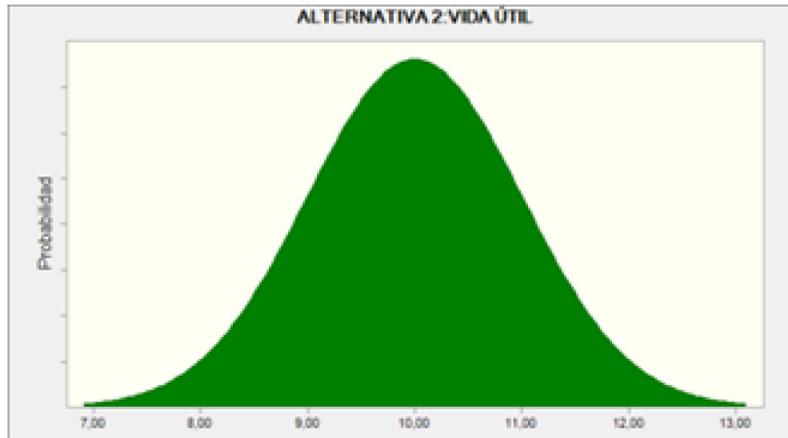


Gráfico 9: Vida útil DBR promedio de 10 años, Alternativa 2

En tal caso, la probabilidad de que el Costo Anual Equivalente del DBR sea U\$S 22,79 o menos es prácticamente el 100%.

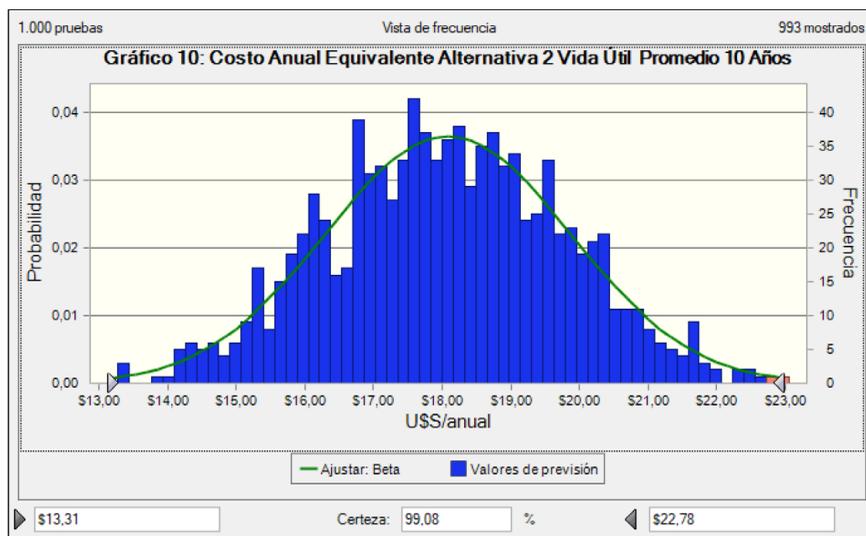


Gráfico 10: Costo Anual Equivalente Alternativa 2 Vida útil promedio 10 años

Evaluación cualitativa de las alternativas

Los resultados de la evaluación económica indican que si se logra que el sistema DBR tenga una duración mínima del orden de los diez (10) años superaría para todas las hipótesis propuestas a la alternativa de reconstrucción de las losas.

Con relación a los aspectos tecnológicos de cada una de las técnicas propuestas, no representan problema de ningún tipo dado que son necesarios procesos constructivos ampliamente conocidos. La eficacia de los resultados depende en ambos casos de la disponibilidad de recurso humano calificado y del correcto uso de los materiales. Un aspecto clave a considerar es el riesgo de deterioro de losas colindantes al momento de la demolición para la reconstrucción. Esto no se verifica para la opción del DBR.

Ambientalmente la alternativa DBR es menos impactante. La producción de escombros por las tareas de demolición es sensiblemente menor, lo mismo que las emisiones sonoras del proceso constructivo y el consumo de materiales y energía.

CONCLUSIONES

El seguimiento y control durante cuatro años del comportamiento de las losas de hormigón reparadas con el sistema DOWEL BAR RETROFIT ha sido satisfactorio. Los elementos reparados con esta técnica han cumplido eficazmente su función. Su ejecución en obra desde el punto de vista tecnológico es perfectamente compatible con la calidad de las empresas constructoras locales³. No obstante, para su eficacia y durabilidad deben observarse cuidados en cuanto a la calidad de los materiales y su aplicación en obra.

Al momento de la comparación de la alternativa del DBR frente a la opción de la demolición y reconstrucción de las losas afectadas por las fisuras transversales, la primera resulta ambientalmente más amigable y eficiente.

El análisis económico indica que con duraciones relativamente bajas en servicio de las losas reparadas con la técnica DBR, esta solución resulta más conveniente que proceder a la reconstrucción de las losas. Los beneficios son mayores en la medida que el costo de oportunidad del capital sea más alto⁴.

La necesidad de contar con un tiempo mínimo de duración de las reparaciones indican que la técnica DBR es recomendable para losas nuevas o con considerable vida útil a la fatiga remanente.

Esquemas y relevamiento fotográfico

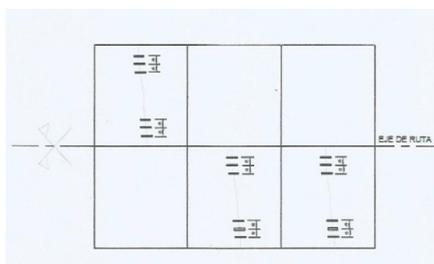


Imagen 1: Esquema de losas fisuradas y pasadores.

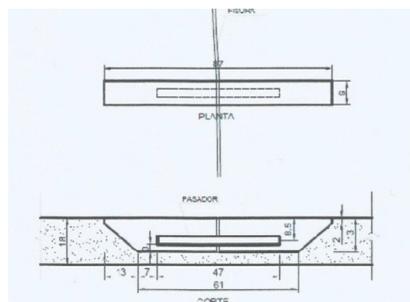


Imagen 2: Esquema de cavidad y pasador.

3 La empresa contratista de la Dirección Provincial de Vialidad de Mendoza que ejecutó los trabajos de DBR es del tipo mediana y tiene sede en la ciudad de San Rafael, Mendoza.

4 Esto se justifica por la sensible diferencia en el monto de la inversión inicial de las soluciones.



Imagen 3: Demarcación para posicionado de pasadores.



Imagen 4: Presentación de pasadores.



Imagen 5: Aserrado de cavidades de alojamiento de pasadores.



Imagen 6: Demolición y retiro hormigón de cavidades.



Imagen 7: Cavidades con puente de adherencia.



Imagen 8: Colocación de pasadores en cavidades.



Imagen 9: Hormigón vertido sobre cavidades.



Imagen 10: Trabajo finalizado y aplicación de membrana de curado.



Imagen 11: Vista de DBR en losa número 59.



Imagen 12: Control de nivel de losa número 59.



Imagen 12: Vista de losa número 56.



Imagen 13: Control de nivel losa número 30.



Imagen 14: Vista losa número 19.



Imagen 15: Vista losa número 55.



Imagen 16: Losa número 3, presenta desgranamiento de hormigón de junta pero buen comportamiento DBR.



Imagen 17: Losa número 2, presenta desgaste prematuro de hormigón de DBR, probablemente por deficiencias de dosificación y/o curado.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

THUESEN, H., FABRYCKY, W., THUESEN, G.; "Ingeniería Económica", Prentice Hall Hispanoamericana; México D.F., 1996.

Dirección Provincial de Vialidad de Mendoza; "Pliego de Especificaciones Técnicas Generales"; Mendoza, 2004.

GARCIA BALADO, J.; "Análisis estructural del pavimento de hormigón"; Instituto del cemento portland; Buenos Aires, 1970.

ANDERSON, D., SWEENEY, D., WILLIAMS, T.; "Estadística para la administración y economía", 10° Edición; Cengage Learning; México D.F., 2008.

[http:// pdfs.semanticscholar.org](http://pdfs.semanticscholar.org) (Life Cycle Cost Analysis of Dowel Bar Retrofit)

<http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/576.2.pdf>

UN APORTE SOBRE LA EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ALCANZADAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ABIERTOS DE INGENIERÍA EN LA UTN-FRA¹

Fecha de Recepción: 31 de Mayo de 2019 • Fecha de Aprobación: 25 de Junio de 2019

Melo, Leonardo*; Cassinotti, Guillermo; Pitman, Juan Carlos.

Universidad Tecnológica Nacional, Regional Avellaneda, Av. Ramón Franco 5050, 1874, Villa Domínico, provincia de Buenos Aires

**Autor a quien se debe dirigir la correspondencia*
Correo electrónico: lmelo@fra.utn.edu.ar

RESUMEN

Tradicionalmente los exámenes parciales y finales son los instrumentos de evaluación más utilizados en el ámbito universitario para dar cuenta sobre la acreditación de conocimientos y habilidades adquiridas por el estudiante. Al ser el examen, por lo general, de corta duración, las actividades propuestas en él no permiten indagar de una manera profunda y amplia la adquisición de ciertas competencias. Por lo que, se hace necesario plantear estrategias de evaluación adicionales que permitan evidenciar los resultados en un formato diferenciado. Una de estas, es la de utilizar problemas abiertos de ingeniería como actividad de aprendizaje y,

su evaluación, como elemento para determinar el logro de los objetivos específicos alcanzado por los estudiantes. El fin de este trabajo es mostrar las estrategias que la cátedra de Teoría de los Campos (correspondiente al tercer nivel de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda) ha desarrollado para la evaluación de las competencias alcanzadas en el desarrollo de la resolución de problemas abiertos de ingeniería.

Palabras claves: Competencias, Problema abierto, Evaluación.

ABSTRACT

Mostly, exams are the most widely used assessment instruments in the university environment to account for the accreditation of knowledge and skills acquired by the student. The exam is

usually of short duration. Therefore, the activities proposed in it do not allow to investigate in a deep and wide way the acquisition of certain competences. Therefore, it is necessary to pro-

¹ Este trabajo está basado, y a su vez, es una readaptación del trabajo “APORTES SOBRE LA ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN DE PROBLEMAS ABIERTOS DE INGENIERÍA EN LA UTN-FRA” de los mismos autores, presentado en las 1ras Jornadas de Enseñanza e Innovación en carreras de Ingeniería Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional Avellaneda

pose additional evaluation strategies that allow to see the results in a different format. One of these is to use open engineering problems as a learning activity and, its evaluation, as an element to determine the achievement of specific objectives achieved by students. The purpose of this work is to show the strategies that the Field Theory course (corresponding to the third

level of the Electrical Engineering career of the Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda) has developed for the evaluation of competences achieved in solving open engineering problems.

Keywords: Competences, Open problem, Evaluation

INTRODUCCIÓN

La metodología de evaluación dentro de una asignatura debe elegirse de tal manera que puedan verificarse aquellos resultados del aprendizaje que estén en total concordancia con los objetivos o propósitos fijados en la planificación de ésta. En este sentido, podemos decir que:

“[la evaluación] es uno o más procesos formativos que sirven para identificar, recolectar y preparar datos que permitan determinar el logro de los resultados del aprendizaje. La evaluación puede utilizar tanto métodos cualitativos como cuantitativos, según cuál sea el resultado del aprendizaje a verificar, y debe ser entendida como un proceso de mejora.” (CONFEDI, 2017)

Entendiendo a la planificación como un proceso, se pueden encontrar en ella cuatro ejes o etapas a diseñar, las cuales son:

- * Definición apropiada de los objetivos de aprendizaje
- * Presentación de experiencias de aprendizaje útiles
- * ¿Cómo pueden estas experiencias de aprendizaje ser organizadas para lograr una enseñanza efectiva?
- * ¿Cómo puede evaluarse la efectividad de las experiencias de aprendizaje?

Con respecto al primer eje, se puede decir que los objetivos de una asignatura tienen que reflejar tanto el contenido al que se aplican como el tipo de actividad mental o conducta en general que desarrollan, porque sobre un contenido se puede ejercer la memorización, el análisis, la crítica, etc. y una actividad mental varía según el contenido al que se aplique. Es en este sentido que Según Sacristán (1990) expresa que el proceso educativo consiste tanto en el dominio del contenido como en el desarrollo de las facultades. De esta última reflexión conviene tomar el término “facultad” y extenderlo al de “competencia”. Según Perrenoud, (2008) esta última es la capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos, pero no se reduce a ellos. Explorando la definición, se puede decir que una competencia implica un saber hacer (habilidad) con saber (conocimiento) así como la valoración de las consecuencias del impacto de ese hacer (valores) - ver Figura 1-. En otras palabras, la manifestación de una competencia revela la puesta en juego de conocimientos, habilidades, actitudes y valores para el logro de propósitos en un contexto dado (Secretaría de Enseñanza Pública, 2006).



Figura 1: Esquema de competencia

En el año 2018 el CONFEDI publicó el llamado “libro Rojo” en donde se plantea que es necesario en cuanto al aseguramiento de calidad, y con miras a la definición de un nuevo estándar nacional de acreditación, (CONFEDI, 2018) establecer como uno de los objetivos, entre otros, para la enseñanza de la ingeniería un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento (también denominado enfoque centrado en el estudiante).

Este enfoque requiere por parte del docente planificar una serie de actividades de aprendizaje diseñadas para favorecer la adquisición de dichas competencias por parte del estudiante. Adicionalmente deberá también establecer instrumentos de indagación que den cuenta de la apropiación de dichas habilidades. Aquí se encuentran los nuevos retos.

Retomando el segundo eje y como continuación del párrafo anterior se puede decir que en la planificación de las actividades de aprendizaje de asignaturas tecnológicas debe hacerse especial énfasis en brindar las mayores herramientas posibles al estudiante para que lo guíen en diferentes estrategias para la resolución de problemas (tal cual ya lo establece la Resolución Ministerial 1231/01 de estándares para la acreditación de terminales comprendidas en el artículo 43 de la Ley de Educación Superior). Con respecto a este tema deben tenerse en cuenta cuatro aspectos importantes:

- ✱ La resolución de problemas debe ser afrontada preferentemente de un modo individual o de pequeño grupo.

- ✱ La mejor garantía de éxito para resolver correctamente problemas es un profundo conocimiento teórico; es decir, un ir y venir continuos entre la resolución del problema y la indagación en dicho contenido.

- ✱ La resolución de problemas debería ser enmarcada en procedimientos de carácter lo más general posible, evitando recurrir a resoluciones esencialmente específicas de cada problema.

✱ La capacidad de las personas para resolver problemas depende de dos factores cruciales: la cantidad de conocimiento sobre un ámbito específico y la cantidad de experiencia que se tenga en la solución de una clase particular de problemas.

Existen diversos trabajos en la literatura que contienen una adecuada recapitulación del camino recorrido en el campo de la didáctica acerca de la resolución de problemas. Recurriendo a estas fuentes, los modelos existentes se pueden agrupar de acuerdo con las siguientes categorías (Cerberio Gárate, Guisasola, & Almudí, 2008) (Pozo & Gómez Crespo, 1998):

- ✱ Modelos algorítmicos de resolución de problemas (también conocidos como ejercicios)
- ✱ Modelo de resolución de problemas por comparación entre expertos y novatos.
- ✱ Modelo de resolución de problemas como actividad de investigación orientada.

Si bien cada una de ellas presenta subcategorías según el autor que se consulte, se puede afirmar que éstas son las tres categorías más generales que han establecido las investigaciones en la Didáctica de las Ciencias. Cada una tiene sus fortalezas y debilidades y apunta a desarrollar aspectos diferentes, pero básicamente todas pretenden desarrollar habilidades adicionales en el estudiante. A continuación, se citan las más relevantes para los autores de este artículo:

- ✱ Abstracción.
- ✱ Adquisición y manejo de información.
- ✱ Comprensión de sistemas complejos.
- ✱ Experimentación (disposición inquisitiva que conduce a plantear hipótesis, a someterlas a prueba y a valorar los datos resultantes).
- ✱ Trabajo cooperativo.

Retomando los modelos de problemas, de acuerdo con lo señalado en la bibliografía (Gil Pérez, y otros, 2005), un problema abierto planteado como investigación, debería tener las siguientes características y orientaciones:

- ✱ La situación problemática abierta debe despertar el interés de los y las estudiantes;
- ✱ La investigación se debe comenzar por un estudio cualitativo del problema, acotándolo;
- ✱ Se deben elaborar hipótesis acerca de que variables depende la magnitud buscada;
- ✱ Se deben elaborar y explicitar las estrategias posibles de resolución, evitando la que utiliza la prueba y error;
- ✱ Se debe fundamentar la solución con significado físico;
- ✱ Se deben analizar los resultados a la luz de las hipótesis;
- ✱ Se podría considerar la posibilidad de ampliación de las problemáticas investigadas.

Tomando ahora el eje de evaluación, Perrenoud (2008) problematiza ¿En qué y por qué los procedimientos de evaluación aún en vigencia en la mayoría de las escuelas del mundo constituyen un obstáculo para la innovación pedagógica?

Este autor distingue siete mecanismos complementarios:

✱ *La evaluación absorbe a menudo la mejor parte de la energía de los alumnos y los docentes y, por consiguiente, no deja mucha para innovar.*

✱ *El sistema clásico de evaluación favorece una relación utilitarista con el saber. Los alumnos trabajan “para la nota”; todos los intentos de implantar pedagogías nuevas chocan con ese minimalismo.*

✱ *El sistema de evaluación tradicional participa de una especie de extorsión, de una relación de fuerza más o menos explícita, que sitúa en campos opuestos a docentes y alumnos y, más generalmente, a jóvenes y adultos, impidiendo su cooperación.*

✱ *La necesidad de poner regularmente notas o formular apreciaciones cualitativas sobre la base de una evaluación estandarizada favorece una transposición didáctica conservadora.*

✱ *El trabajo escolar tiende a privilegiar actividades cerradas, estructuradas, bien experimentadas, que pueden retomarse en el marco de una evaluación clásica.*

✱ *El sistema clásico de evaluación fuerza a los docentes a preferir los conocimientos aislables y calificables numéricamente frente a las competencias de alto nivel (razonamiento, comunicación), difíciles de encerrar en una prueba escrita y en tareas individuales.*

✱ *Bajo apariencias de exactitud, la evaluación tradicional oculta una gran arbitrariedad, difícil de concertar en un equipo pedagógico: ¿cómo entenderse cuando no se sabe ni explicitar, ni justificar lo que realmente se evalúa?*

Nuevamente aquí se vislumbra un nuevo (¿viejo?) reto al momento del diseño y puesta en práctica de un diseño curricular.

Retomando el tema de la planificación de la asignatura, cabe destacar que es esperable que dentro de la misma se puedan tener en cuenta todos los modelos de problemas hasta aquí planteados. De ser así, también deberá tenerse en cuenta cuales son los instrumentos de evaluación elegidos para poder acreditar los conocimientos y competencias adquiridas por los y las estudiantes durante el desarrollo y al finalizar el curso.

A fines del año 2016, el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional aprobó una Ordenanza (ORD 1549 CS, 2016) que modificó el reglamento de estudios para las carreras de grado. Una de las modificaciones realizadas, es que todas las asignaturas, salvo proyecto final, son susceptibles de ser acreditadas por aprobación directa. Si bien existían experiencias de asignaturas de promoción en la Universidad, este cambio implicó una revisión profunda de los diseños curriculares de las materias desde el punto de vista metodológico.

El fin de este trabajo es mostrar la experiencia que la cátedra de Teoría de los Campos (correspondiente al tercer nivel de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda) está desarrollando actualmente sobre diferentes estrategias para la evaluación de problemas abiertos como método de indagación de la adquisición de competencias en los y las estudiantes.

DESARROLLO

La asignatura Teoría de los Campos es una materia del tercer nivel de Ingeniería Eléctrica. En ella se desarrollan los conceptos claves de la teoría electromagnética clásica que resultan pilares para la carrera. La Figura 2 muestra la articulación de la asignatura dentro del plan de estudios. Formalmente corresponde al bloque de tecnologías aplicadas, pero por las características de di-

cha materia y de su articulación dentro del plan de estudios, presenta características de una asignatura de tecnología básica.



Figura 2: Articulación de la asignatura Teoría de los Campos dentro del plan de estudios.

A continuación, se expondrá el desarrollo metodológico de la misma planteando cuatro preguntas claves (en línea con el modelo planteado anteriormente).

¿Qué objetivos se persiguen?

De acuerdo con la ordenanza anteriormente citada y a la Resolución del Consejo Directivo de la UTN-FRA (RES 1326/18 CD, 2018) se han plantado para la asignatura dos bloques bien definidos de objetivos, unos para la aprobación con final y otros adicionales para llegar a la aprobación directa.

Objetivos para la aprobación no directa (con final)

Se espera que los y las estudiantes logren:

- ✳ Desarrollar herramientas y métodos para resolver situaciones relacionadas con la asignatura;

- ✳ Adquirir los elementos del Análisis Matemático necesarios para ser utilizados como lenguaje y soporte para la interpretación y análisis de la teoría electromagnética;

- ✳ Conocer, analizar y aplicar correctamente los principios que rigen el modelo electromagnético clásico;

- ✳ Aplicar los conceptos de la teoría electromagnética clásica para interpretar, modelizar, resolver, analizar e identificar situaciones problemáticas del contexto de los contenidos de la materia. Estos contenidos se subdividen en los siguientes bloques:

- o Campos electrostáticos
- o Campos magnetostáticos
- o Campos cuasiestacionarios
- o Ondas electromagnéticas

- o Líneas de transmisión
- o Radiación
- o Relatividad especial

- * Dar respuesta a preguntas teóricas para el análisis relacionadas con los contenidos, argumentando en forma sólida.
- * Desarrollar y analizar las actividades de laboratorio en tiempo y forma

Objetivos adicionales para la aprobación directa de la asignatura

Además de los objetivos de aprobación no directa, se espera que las y los estudiantes logren:

- * Comunicarse adecuadamente en forma escrita a través de los informes o trabajos solicitados por la cátedra
- * Defender en un coloquio lo realizado en los informes o trabajos solicitados por la cátedra
- * Comunicar en forma oral a sus pares los resultados obtenidos en los trabajos solicitados.
- * Trabajar en grupos de pares
- * Desarrollar la habilidad de la búsqueda de información

¿Qué competencias de egreso se pretenden promover?

Los objetivos de la asignatura se plantean con el propósito de favorecer la formación algunas competencias que se consideran alcanzadas al momento del egreso del ingeniero electricista. Cabe aclarar que el nivel de exigencia con que se van a evaluar será intermedio. Ellas son:

- * Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- * Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- * Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- * Comunicarse con efectividad.
- * Aprender en forma continua y autónoma.
- * Desarrollar y aplicar metodologías de proyecto, cálculo, diseño y planificación de sistemas, e instalaciones de generación, conversión, transmisión, distribución, supervisión, automatización, control, medición y utilización de energía eléctrica.

¿Cuál es la estrategia de enseñanza a seguir?

La estrategia de enseñanza utilizada para el desarrollo de la asignatura, combina clases teórico-prácticas en donde los contenidos son abordados con diferentes recursos didácticos. Esta asignatura es una materia que se presta para la utilización de diferentes TIC's, incluyendo software de simulación por elementos finitos tales como el FEMM², tanto para el abordaje de temas teóricos, como para la resolución de problemas. También tiene en cuenta la realización de experiencias de laboratorio. Adicionalmente se cuenta con las presentaciones teóricas explicadas en videos subidos a YouTube.

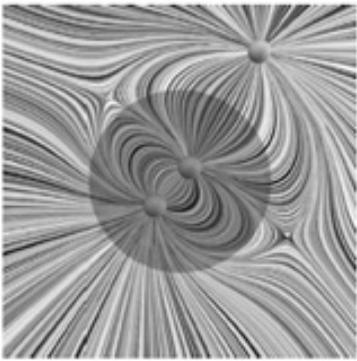
Diseño de actividades de aprendizaje: las actividades de aprendizaje utilizadas en la asignatura diseñadas para el entrenamiento y el favorecimiento del alcance de los objetivos por parte de los estudiantes se pueden dividir en:

² Finite Element Method Magnetics. Software de simulación gratuito que se puede descargar desde la página web <http://www.femm.info/wiki/Download>

- * Guías de problemas
- * Guías de problemas para resolver asistidos por el FEMM
- * Guías de trabajos prácticos de laboratorio
- * Problema abierto de ingeniería

A continuación, se detallan las actividades de aprendizaje utilizadas en la asignatura y se da ejemplos de cada una.

Guías de problemas	
Título	Guía de actividades 2 – Electroestática en el medio libre
Objetivos específicos de la guía	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> • Calcular el potencial a partir del campo eléctrico • Calcular el potencial a partir de una distribución de cargas • Calcular el campo eléctrico a partir de una distribución de cargas (ley de Coulomb) • Calcular el campo eléctrico a partir de la ley de Gauss • Calcular el campo eléctrico a partir del potencial • Resolver problemas de conductores en equilibrio electrostático • Utilizar correctamente la condición de frontera para conductores en equilibrio electrostático. • Aplicar correctamente las leyes de Maxwell para la electrostática. • Calcular fuerzas y torques en problemas de electrostática. • Calcular la energía potencial electrostática. • Aplicar correctamente el concepto de inducción electrostática. • Utilizar el teorema de la divergencia para resolver problemas de electrostática.
Competencias esperadas a desarrollar por parte de las y los estudiantes	
Específicas	Aplicar los conceptos fundamentales de Electroestática para dar solución a situaciones y problemas.
Genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.

Guías de problemas	
Actividades de aprendizaje propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Preguntas de autoevaluación • Ejercicios • Problemas • Preguntas para el análisis
Ejemplos	
Preguntas de autoevaluación	¿El campo electrostático puede ser discontinuo? Justifique su respuesta.
Ejercicios	Evaluar ambos lados del teorema de la divergencia para el campo $\vec{D} = (2xy \hat{u}_x + x^2 \hat{u}_y) C/m^2$ y el paralelepípedo rectangular formado por los planos $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 2$ y $0 \leq z \leq 3$
Problemas	<p>Una gota esférica de agua transporta una carga de 30pC uniformemente distribuida en su volumen, siendo el potencial en su superficie de 500 V (considerando $V=0$ en el infinito)</p> <p>¿Cuál es el radio de la gota?</p> <p>¿Cuál es el potencial en el centro de la gota?</p> <p>Si esta gota se combina con otra con el mismo radio y la misma carga para formar una sola gota, determine el potencial en la superficie de la nueva gota.</p>
Preguntas para el análisis	<p>La siguiente figura muestra las líneas de campo producidas por tres cargas con magnitud +1C, +1C y -1C, aunque no necesariamente en este orden. La superficie gaussiana que se muestra en la figura es una esfera que contiene dos de las cargas. ¿Cuánto vale el flujo eléctrico a través de esta superficie?</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Guías de problemas para resolver asistidos por el FEMM

Guías de problemas para resolver asistidos por el FEMM	
Título	Resolución de problemas por métodos numéricos – Elementos Finitos
Objetivos específicos de la guía	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> • Resolver problemas de campos electromagnéticos utilizando como herramienta el FEMM.
Competencias esperadas a desarrollar por parte de las y los estudiantes	
Específicas	Ser capaz de desarrollar la habilidad en el uso del FEMM (necesaria para la resolución del problema abierto de ingeniería).
Genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.
Actividades de aprendizaje propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver problemas de electromagnetismo utilizando como herramienta un software de elementos finitos.
Ejemplo	
<p>Analizar el campo magnético de un solenoide con núcleo de aire que se sienta en el espacio abierto. La bobina es la que se muestra en la figura. La bobina tiene un diámetro interior de 1 pulgada, un diámetro exterior de 2 pulgadas y una altura axial de 2 está construida con 1000 vueltas de alambre de cobre AWG 18. Para el estudio del caso se supondrá que circula por el alambre una corriente en estado estacionario de 1A. Para dibujar el modelo, tener en cuenta que la mitad de la altura de la bobina debe estar a una altura de $z=0$</p> <p>Actividades a desarrollar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular para los puntos (0,0), (1,0) y (2,0) los valores de: B, B_r, B_z, H, H_r, H_z, J, Densidad de energía. • Calcular la inductancia de la bobina • Dibujar las líneas de flujo magnético • Trazar un mapa de colores con la densidad de flujo. • Trazar los vectores de campo B. • Trazar en un gráfico la variación del módulo de B en función del ancho de la bobina, para la parte inferior, en el centro de la altura y en la parte superior. 	

Problema semi abierto	
Título	Problema semi abierto de ingeniería
Objetivos específicos de la actividad	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> • Comunicarse adecuadamente en forma escrita a través de los informes o trabajos solicitados por la cátedra • Resolver un problema real o simulado de ingeniería eléctrica. • Defender en un coloquio lo realizado en los informes o trabajos solicitados por la cátedra • Comunicar en forma oral a sus pares los resultados obtenidos en los trabajos solicitados. • Trabajar en grupos de pares • Desarrollar la habilidad de la búsqueda de información
Competencias esperadas a desarrollar por parte de las y los estudiantes	
Específicas	Desarrollar y aplicar metodologías de proyecto, cálculo, diseño y planificación de sistemas, e instalaciones de generación, conversión, transmisión, distribución, supervisión, automatización, control, medición y utilización de energía eléctrica.
Genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. • Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. • Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. • Comunicarse con efectividad. • Aprender en forma continua y autónoma.
Ejemplo	
<p>Caso 1: Medición de la capacidad en transformadores como medio para detectar deformaciones en sus arrollamientos</p> <p>La medición de la capacidad en transformadores es un ensayo habitual que se realiza y que puede servir para detectar movimientos o deformaciones de los arrollamientos, ya que depende exclusivamente del tipo de dieléctrico y del arreglo geométrico de los arrollamientos.</p> <p>En la Figura 3 se dan las medidas en mm de un corte de arrollamiento esquemático de un transformador monofásico de tipo columna de 132/13,2kV 30MVA.</p>	

- a) Suponga que el transformador se ve sometido a un cortocircuito en donde el bobinado de alta tensión se desplaza 15mm hacia arriba. Determine si es posible con una medición de capacidad detectar ese movimiento.
- b) Suponga ahora que la bobina de baja tensión sufre un buckling libre (utilizar archivo adjunto) debido a un cortocircuito radial (ver Figura 4). Determine si es posible con una medición de capacidad detectar esa deformación.

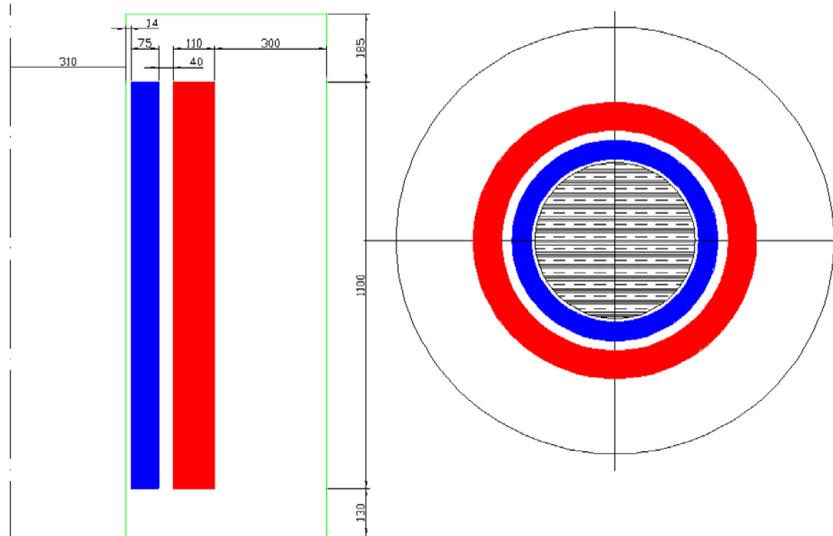


Figura 3: Medidas generales

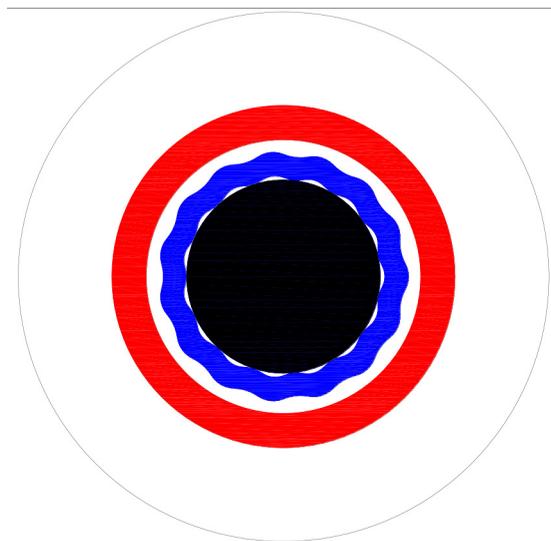
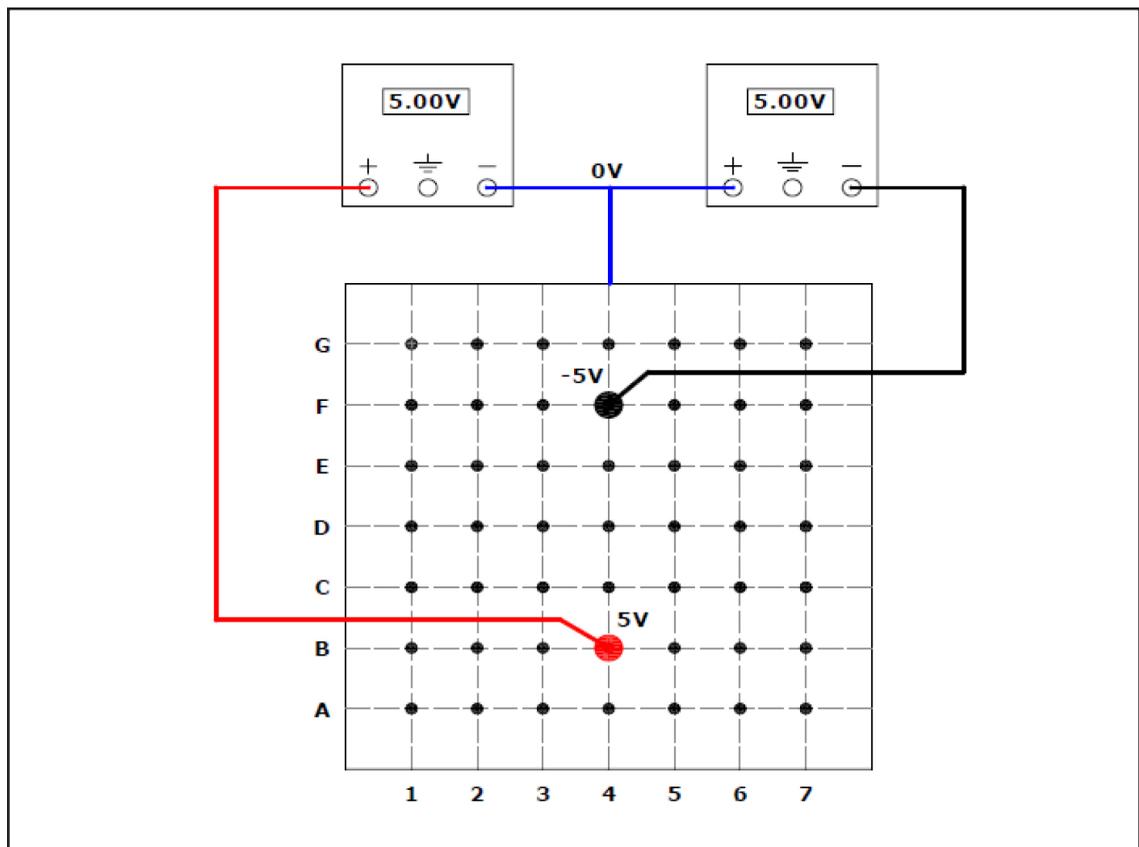


Figura 4: Bobinado de BT deformado.

Experiencia de laboratorio	
Objetivos específicos de la actividad	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar experimentalmente la distribución de potenciales y del campo eléctrico en una cuba de onda. • Presentar los resultados y conclusiones de la experiencia
Competencias esperadas a desarrollar por parte de las y los estudiantes	
Específicas	Utilizar de manera efectiva instrumentos eléctricos de laboratorio.
Genéricas	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. • Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. • Comunicarse con efectividad.
Ejemplo: Trabajo Práctico N° 1b: Ecuación de Laplace – Campo Eléctrico	
<p>Objeto de la experiencia: Determinar experimentalmente la distribución de potenciales y del campo eléctrico en una cuba de onda.</p> <p>Desarrollo de la Práctica. La cuba de onda es un recipiente cuadrado de vidrio con paredes metálicas. La misma tiene inscripta una grilla definida por coordenadas (ver figura).</p> <p>Se conectan dos fuentes de tensión continua como indica la figura. Cada fuente se regula en 5V.</p> <p>En la cuba se coloca un cierto nivel de agua. Y se colocan dos electrodos, uno a -5V (sumidero) y otro a 5V (fuente). La ubicación y conexionado de ambos se puede ver en la figura 1. Adicionalmente se conecta al perímetro metálico de la cuba el punto medio de las dos fuentes de alimentación (0V o potencial de referencia).</p> <p>Se debe registrar con un voltímetro las diferentes tensiones que tienen las intersecciones de las coordenadas de la grilla con respecto al perímetro metálico.</p>	



¿Cuál es la metodología de evaluación más adecuada para lograr el cumplimiento de los objetivos perseguidos?

Debido al tipo de asignatura (tecnología aplicada) y a los objetivos planteados para la aprobación directa, no es posible utilizar como único instrumento de evaluación el examen parcial escrito (el que se utilizará para dar cuenta de los objetivos de aprobación no directa). Por lo que para aquellas personas que opten por la condición de aprobación directa tendrán que cumplir, adicionalmente, con la realización, entrega y defensa en coloquio de un problema abierto de ingeniería.

Con respecto a las evaluaciones parciales tendrán un formato en el cual, por un lado, el estudiante deberá resolver problemas del tipo lápiz y papel y por el otro deberá contestar preguntas teóricas. Con la resolución de problemas se pretende verificar que el estudiante haya logrado adquirir:

- * capacidad de abstracción,
- * apropiación y manejo de información,
- * comprensión de sistemas complejos.
- * experimentación,
- * la habilidad de utilizar los conocimientos de la teoría electromagnética para la resolución de situaciones problemáticas.

Con el análisis de preguntas teóricas, se pretende verificar que el estudiante ha adquirido:

- * capacidad de abstracción (nuevamente);
- * capacidad de argumentación;
- * capacidad de explicar mediante lenguaje científico fenómenos físicos de la naturaleza y de la tecnología.

Con respecto al problema semi abierto o abierto de ingeniería se pueden plantear y analizar diferentes aspectos. El primero a tener en cuenta es que éste estará basado en una situación real o hipotética que el ingeniero electricista puede encontrarse en su ejercicio profesional. El segundo, es que la dificultad del problema planteado deberá estar en consonancia con lo requerido para una asignatura del tercer nivel de la carrera. El tercer aspecto es el formato de presentación. Como ya se ha dicho en el apartado de introducción, todo problema planteado como investigación tiene las ventajas ya expuestas. Por tal motivo se les solicitará a los y las estudiantes que el formato de entrega tenga la estructura formal solicitada para un artículo científico. Con esta metodología adoptada se pretenden verificar las siguientes competencias antes citadas: integración de conocimientos, destreza en la búsqueda bibliográfica, poder de síntesis, comunicación escrita, capacidad para modelar sistemas físicos, habilidades en el uso de herramientas informáticas de elementos finitos, adaptación de trabajo en grupo (existe un problema cada tres estudiantes). El anteúltimo aspecto para analizar es la defensa del trabajo en un coloquio, en donde se verificará la capacidad de poder argumentar la defensa de lo elaborado y comunicarlo a un decente. Por último, se evaluará la capacidad de comunicación oral a pares, ya que el trabajo deberá ser presentado al resto de los compañeros y compañeras en una presentación PowerPoint de no más de 10 minutos. Vale decir que el examen final solo se basará en la entrega, defensa y posterior exposición del problema abierto (la misma exigencia que la aprobación directa). La causa del porqué de esta decisión se basa en que con los exámenes parciales ya se consideran alcanzados los objetivos de aprobación no directa con lo que ya no es necesario volver a evaluarlos.

CONCLUSIÓN

Se han presentado en este artículo algunos aportes sobre estrategias para la evaluación de problemas abiertos como método de indagación de la adquisición de competencias en los estudiantes. Se han mostrado ejemplos de enunciados de problemas abiertos de ingeniería (planteados al estilo "estudio de caso"). Se ha planteado que los informes de los resultados de los problemas abiertos sean presentados como artículo científico, que sean defendidos en coloquio y, por último, presentados en una exposición oral al resto de sus compañeros. Con la última estrategia planteada se pretenden evaluar competencias que no se podrían evaluar con los instrumentos tradicionales (exámenes escritos).

Se puede plantear también que, como el proceso que va desde que se les entrega el enunciado del problema abierto de ingeniería, hasta que lo presentan a su grupo de pares, dura meses. Se plantea el formato de evaluación como formativo. Esto se basa en el acompañamiento de los docentes durante el desarrollo de todas las actividades que implican la resolución de dicho problema.

Una última conclusión que engloba todo lo antes dicho es que la conjunción entre exámenes

parciales y problemas abiertos cubren todas las necesidades de indagación que le permiten al docente asegurarse sobre la acreditación de la asignatura por parte del estudiante.

REFERENCIAS

CEBERIO GÁRATE, M., GISASOLA, J., & ALMUDI, J. M. (2008). ¿Cuáles son las innovaciones didácticas que propone la investigación en resolución de problemas de física y qué resultados alcanzan? *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (3), 419 - 430.

CONFEDI. (2017). Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería. Oro Verde: CONFEDI.

CONFEDI. (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina – Libro rojo del CONFEDI. Mar del Plata: Universidad FASTA Ediciones. Pág. 17.

GIL PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P., & VILCHES, A. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Santiago: Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. OREALC/UNESCO.

ORD 1549 CS. (2016). Reglamento de estudios. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.

PERRENOUD, P. (2008). Construir competencias desde la escuela. (M. Lorca, Trad.) Santiago de Chile: Comunicaciones y Ediciones Noreste. Pág. 7.

PERRENOUD, P. (2008). La evaluación de los alumnos (De la producción de la excelencia a la regulación de los aprendizajes - Entre dos lógicas). (M. Á. Ruocco, Trad.) Buenos Aires: Colihue.

POZO, J. I., & GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998). La solución de problemas en la enseñanza de la Ciencia. *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Ediciones Morata S.L. Pág. 265.

RES 1326/18 CD. (2018). Aplicación de la aprobación en el ámbito de la Facultad Regional Avellaneda. Avellaneda: Consejo Directivo UTN-FR Avellaneda.

SACRISTÁN, G. (1990). La pedagogía por objetivos: obsesión por la eficiencia: obsesión por la eficiencia. Madrid: EDICIONES MORATA S.A. Pág. 265.

Secretaría de Enseñanza Pública. (2006). Acuerdo número 384 por el que se establece el nuevo Plan y Programas de Estudio para Educación Secundaria. SEP: Mexico. Recuperado el 24 de abril de 2019, de <https://www.sep.gob.mx>. Pág. 27.

NOTAS TÉCNICAS

LA GESTIÓN DE CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS DE AVELLANEDA: ESTADO, DIAGNÓSTICO Y ACCIONES A TOMAR

Fecha de Recepción: 31 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 17 de Setiembre de 2019

Caparelli, Carmelo*; **Folino, José Antonio**; **Mammino, Marcelo Marcos**; **Rolón, Hugo**; **Tomkiewicz, Félix**; **Mieites, Fernando**; **Louzan Jorge**; **Gurrera, Walter**; **Matricali, Jorge**.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda
Avda. Ramón Franco 5050 - (1874) Villa Domínico. Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

**Autor a quien se debe dirigir la correspondencia*
Correo electrónico: ccaparelli@gmail.com

RESUMEN

La Gestión Total de Calidad (TQM) es el estadio más evolucionado dentro de las sucesivas transformaciones que ha sufrido el término de calidad a lo largo del tiempo.

La información que aporta este trabajo permitirá a las instituciones intermedias (Municipalidad, UIAv-Unión Industrial de Avellaneda y UTN-FRA) utilizar el diagnóstico para promover, capacitar y colaborar con aquellas empresas que deseen continuar o adoptar estos sistemas de gestión para la mejora continua de sus productos y operaciones, que les permitirán ingresar a nuevos mercados y mejorar, considerablemente, su eficacia y eficiencia, tanto productiva como organizativa.

Palabras clave: Calidad, Certificación, Diagnóstico-Acciones

ABSTRACT

Total Quality Management (TQM) is the most evolved stage in the successive transformations that the quality term has undergone over time.

The information provided by this work will allow intermediate institutions (Municipalidad de Avellaneda, UIAv-Unión Industrial de Avellaneda and UTN-FRA) to use the diagnosis to promote, train staff and collaborate with those companies that wish to continue or adopt these management systems for continuous improvement of its products and operations. This will allow them to enter new markets and improve considerably their effectiveness and efficiency, both productive and organizational.

Key words: Quality, Certification, Diagnosis-Actions

INTRODUCCIÓN

A la fecha no hay estadísticas actualizadas del partido de Avellaneda que informen el estado de las mismas referidas al tema de investigación, es decir que no existen datos de cantidad de Empresas Certificadas por alguna norma y por ende cuáles empresas tienen la certificación al día y cuáles no.

Tampoco desde los entes gubernamentales, Municipio de Avellaneda, existen industrias clasificadas por actividad.

Estos datos sí los posee la UIAv (Unión Industrial de Avellaneda).

Por este motivo consideramos oportuno realizar este estudio para comenzar a construir, desde la realidad que resulte y que nos permita efectuar un diagnóstico adecuado para el crecimiento e inserción de estas organizaciones en los mercados futuros.

La problemática actual, y que se repite desde un tiempo a esta parte, a consecuencia de la globalización de los mercados es que las empresas tienen que ser cada vez más eficaces y eficientes para permanecer en el medio.

Hoy es determinante competir a nivel local y mundial, en precio, calidad, innovación y complejidad de productos que inundan los mercados.

Los consumidores se ven abrumados de ofertas y seguramente elegirán en función del costo y beneficio ofrecido.

La gestión de calidad otorga herramientas a las empresas para que día a día puedan mejorar en las operaciones y mantener los sistemas de la empresa bajo control.

Esto les permitirá crecer en la penetración de sus clientes actuales y comenzar a ser considerados por los clientes potenciales locales, de la región (Mercosur) y resto del mundo y también ampliar la línea de productos a ofrecer.

Uno de los ámbitos donde la gestión de calidad se pone de manifiesto es en la gestión de los procesos.

‘La mayor parte de las incidencias que se producen en una organización son producidas por sus procesos. De esta manera la Gestión de Procesos se configura como una técnica o, mejor dicho, como un área de conocimiento fundamental en las organizaciones que deseen tomar el camino de la excelencia’ (Alabart, 2011).

‘Cuando se habla de calidad no es suficiente con ser bueno hoy, sino que hay que mejorar todos los días; productos y servicios que hace unos años satisfacían el mercado, hoy han sido sobrepasados por sus competidores y tienen dificultades para sobrevivir’, (Velazco Sanchez, 2010).

Esta problemática se da mayormente en un contexto de empresas Pymes, mini Pymes y empresas familiares que conforman el ABC de la población del Partido de Avellaneda que será objeto de este trabajo.

OBJETIVOS

El objetivo se centra en relevar el estado de las Gestiones de Calidad de las Empresas que se encuentran en el Partido de Avellaneda.

La información recolectada y sistematizada permitirá efectuar un diagnóstico adecuado del estado de situación y proponer acciones a tomar, para que las Empresas, organizaciones intermedias

y autoridades puedan realizar una planificación adecuada que lleve a cada empresa a lograr los objetivos que necesiten para permanecer en el medio.

La información a recolectar tratará de satisfacer algunas de estas cuestiones:

1. Cantidad de empresas dentro del Partido de Avellaneda, Buenos Aires.
2. Cantidad de empresas que poseen un sistema Certificado vigente.
3. Cantidad de empresas que poseen un sistema Certificado caducado.
4. Cantidad de empresas que trabajan con algún sistema no certificado.
5. Cantidad de empresas que trabajan sin ningún sistema.

Algunas de las hipótesis que se plantean tienen que ver con los resultados que pensamos obtener, tales como:

1-El resultado sistematizado de esta información, permitirá a las empresas e instituciones intermedias (Municipalidad, Unión Industrial y Universidades del Partido) llevar a cabo planes de contingencia, en primera instancia, y una planificación detallada de actividades para que cada empresa obtenga los resultados que les permita mejorar sus actividades.

2-La planificación conjunta de las actividades permitirá un ahorro considerable de recursos a las empresas, dado que muchas de estas actividades pueden realizarse en forma conjunta con la participación de varias empresas.

Algunas de estas actividades tendrán relación con los elementos mínimos que las empresas necesitan para lograr competitividad:

- Capacitación.
- Mejoras de procesos.
- Estudio de métodos.
- Realización de procedimientos.
- Auditorías.
- Certificación.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue la realización de encuestas a las empresas del partido de Avellaneda, en su mayoría, asociadas a la UIAv (Unión Industrial de Avellaneda), que representan la homogeneidad del principio del trabajo propuesto.

“El enfoque será mayormente cuantitativo, es decir manteniendo un orden riguroso, que nos llevó por diferentes estadios: Idea, objetivo, preguntas, hipótesis, variables, diseño del plan, obtención de datos, análisis de datos y conclusiones” (Sampieri, 2010).

La finalidad principal de la encuesta fue obtener información del estado actual de las gestiones de calidad las empresas y todas las relaciones inherentes y concurrentes a esta temática.

Se usaron formularios de encuestas auto administradas, para preservar la privacidad de las

empresas que así lo deseen y no quieran o permitan el ingreso del encuestador a su empresa o planta industrial.

Se elaboró un diseño de encuesta claro y conciso, con el objeto de reducir al mínimo los errores de interpretación y llenado y que posteriormente facilite la carga de datos.

El formulario se desarrolló teniendo en cuenta la sencillez necesaria en una encuesta auto-administrada, sin dejar de lado las cuestiones fundamentales que pretende abordar el trabajo.

Los datos que se mostrarán en la presente Nota Técnica provienen el Proyecto de Investigación que se llevó a cabo en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda.

ANTECEDENTES DEL PARTIDO DE AVELLANEDA

Breve historia del Partido

Es uno de los municipios más importantes de la provincia de Buenos Aires por su ubicación geográfica, historia, patrimonio cultural, deportivo y su desarrollo industrial y comercial.

Enclavada al sudeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires está separada de esta apenas por el Riachuelo con sus tradicionales puentes. Es la entrada al primer cordón del área metropolitana, fundamentalmente a través de la Avenida Mitre, camino existente desde el siglo XVII.

Su puerto en Dock Sud es fundamental ya que es el segundo de mayor movimiento del país y por allí entra y sale mucha de la mercadería que mueve la economía nacional. Avellaneda está compuesta por siete localidades: Avellaneda centro, Gerli, Piñeyro, Sarandí, Villa Domínico y Wilde, y se accede por diferentes transportes públicos y avenidas. Agrupa a unos 400 mil habitantes. La ciudad fundada el 7 de abril de 1852 tiene una superficie de 54 kilómetros cuadrados limita con la ciudad de Buenos Aires al norte, Quilmes al sur, Lanús al oeste y el río de La Plata al este.

En el año 1904 se establece por ley nacional el nombre de Avellaneda honrando al tucumano que fuera presidente argentino entre 1862 y 1880.

El municipio contaba con una diversificación industrial que incluía aserraderos, astilleros, destilerías, fábricas alimenticias, textiles, gráficas, talleres metalúrgicos y empresa de manufactura de vidrios y enlozados. Para 1914 era la mayor ciudad industrial de la Argentina (Municipalidad de Avellaneda,2005).

Contribuciones del Proyecto

1-Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio.

Este trabajo de investigación se propone aportar líneas de información y transferencia a diferentes órbitas:

- Aportar información al Proyecto Integrador.
- Aportar información a las empresas, que si bien conocen su situación particular, no saben en cuantas se replican las mismas condiciones.
- Aportar información a la Unión Industrial de Avellaneda, para que sus autoridades conozcan el estado de las empresas miembro y de aquellas que no lo son aún.
- El conocimiento del diagnóstico por parte de las autoridades municipales permitirá poder elaborar planes para favorecer al crecimiento de las empresas del partido que gobiernan.
- El conocimiento de las Universidades permitirá colaborar con ambas instituciones a la eje-

cución de estos planes, con el aporte de conocimiento a través de los profesionales de las casas de estudio.

- Y por último, permitirá a este equipo de investigación difundir el trabajo en otras áreas donde, por añadidura, los resultados podrían ser comparativos, y de este modo contribuir a la transferencia que persiguen los proyectos de investigación, que si bien nacen como Investigaciones Académicas son perfectamente transferibles al medio y terminan cumpliendo un fin social dentro de la sociedad.

2-Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

Centrándonos en el concepto de competencia, la contribución a la formación de recursos humanos tiene dos impactos:

- El primero está vinculado a la consolidación e integración del grupo de trabajo, cuya base viene trabajando en el Departamento de Ingeniería Industrial desde hace algunos años. Esta base se ve aumentada año tras año con la incorporación de alumnos y graduados, preparándolos para el desarrollo de sus estudios, a los primeros, y a ir desarrollando otras destrezas, fuera de las aulas, a los recientemente graduados. A este respecto, el departamento inauguró este año un aula, denominada **Espacio Ingeniería Industrial Investiga, EI3**, para fomentar la investigación de docentes, graduados y alumnos.

- El segundo impacto, y no menos importante se refiere a las competencias necesarias que se deben desarrollar, tanto en los recursos humanos de nuestra casa de estudios, como en las empresas y organizaciones, objetos de las investigaciones a través de la interacción entre ambos. Desde la Universidad es importante llevar a cabo investigaciones que puedan transferirse al medio e interactuar con las instituciones, y que éstas se sientan respaldadas y puedan recurrir a ellas para utilizar el capital profesional con que cuentan, y que este mecanismo sirva para la inserción de los graduados en el ámbito de las empresas privadas. Esta investigación impacta fuertemente en competencias laborales de la Ingeniería Industrial, que muchas veces quedan en segundo plano por ser consideradas como atributos, como el trabajo en equipo, la comprensión del entorno, la comunicación efectiva y el pensamiento crítico. Las competencias están definidas no solo por lo que las personas u organizaciones saben y pueden hacer, sino también en el campo de lo que se quiere hacer o lograr.

Metodología elegida: determinación de la muestra, problemas metodológicos y matriz final

Como ya ha sido mencionado el objetivo de este proyecto es realizar un diagnóstico acerca de la gestión de Calidad de las empresas de Avellaneda. Con ese objetivo, se definió que la metodología para alcanzarlo debería ser una herramienta lo suficientemente amplia y flexible, pero sin que se pierda precisión y detalle en la producción de datos. Contemplando estos requisitos, junto con la disponibilidad del equipo de trabajo, se propuso el diseño de encuestas auto administradas y su posterior circulación entre las empresas como la principal fuente de información para realizar el diagnóstico buscado.

Variables de las gestiones de Calidad:

- Acciones relativas a la calidad?
- Qué se controla?
- Qué tipo de actividad de control se realiza?
- Qué beneficios ha generado a la empresa las acciones implementadas?
- Qué herramientas se utilizan?
- En qué áreas se aplicaron?
- En cuáles otras áreas se deberían aplicar?
- Herramientas que se utilizan para la mejora de calidad?
- Áreas en la que actúan los grupos de mejora continua?
- Está previsto a futuro implementar alguna estrategia en materia de calidad?
- Motivos por los cuales no realiza acciones de calidad?
- Normas de calidad implementadas para certificar?
- Motivos por los cuales se realizan acciones de control de calidad certificados?
- Se solicita la implementación de gestiones de calidad a los proveedores?

Cada una de estas variables se acompaña de características que el encuestado tilda parcial o totalmente según se indica en la encuesta. Con esta información será posible conocer la combinación de variables de cada establecimiento para que el diagnóstico fuera lo más acertado posible. Fue así que se procedió a realizar las encuestas, obteniéndose el total de 41 formularios completados.

Al momento de realizar las encuestas, la UIAv tenía 279 asociados y se considera que el total de empresas del Partido alcanza a 900 aproximadamente, de acuerdo a lo que nuestro equipo investigador pudo establecer después de consultas al Municipio y a la misma UIAv.

A tal efecto, la UIAv tiene listados provisorios de estas aproximadamente 900 empresas, como base de trabajo para ampliar su número societario.

En esta base existen empresas unipersonales, familiares y micro pymes de no más de tres personas que no tienen sistemas formales o informales de gestión de calidad, por cuanto se toma la decisión de trabajar con una muestra de las empresas asociadas de la UIAv por considerar que son las más representativas del Partido, por cuanto representan la mezcla necesaria para la toma de decisiones y que constituyen aproximadamente un tercio del total, con clasificaciones por rubros y actividad que iremos poniendo de manifiesto en el presente trabajo.

Por tal motivo se encuestó a aproximadamente un 15% de las empresas asociadas a la UIAv, seleccionando empresas de diversos tamaños y actividad para que la misma sea lo más fidedigna posible.

La UIAv tiene catalogadas sus empresas por actividad (Unión Industrial de Avellaneda, 2018), de acuerdo al siguiente detalle y cantidad al momento de realizar las encuestas los rubros son 27:

Alimenticias	14
Astilleros	1
Automatización	2
Calzado	2
Construcción	15
Curtiembre	6

Eléctrico	7
Mosaico-Vidrios	1
Farmacias	1
Gasífera	1
Gráfica	16
Informática	1
Insumos Industriales	5
Laboratorios	8
Logística	7
Maderera	1
Metalúrgica	90
Metalmecánica	4
Muebles	5
Otros	7
Papelera	4
Petrolera	3
Plástica	20
Química	11
Servicios	36
Software-Hardware	5
Textil	6
Total	279

Como se observa, el rubro metalúrgico es el preponderante.

RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

Primera parte: Datos generales

Características generales de las empresas, según su propia declaración:

- Industria farmacéutica / cosmética
- Fabricación de Productos químicos
- Fabricación y comercialización de Cloruro y Sulfato de Cinc
- Alimenticia
- Transporte especial e izajes
- Diseño y fabricación de tableros de BT y MT, Obras
- Mantenimiento de extintores y redes de incendio
- Transporte e izajes de grandes componentes
- Equipamiento didáctico para educación técnica
- Servicios de transporte (suspensión neumática)
- Elaboración básica de metales no ferrosos
- Fabricación de envases metálicos

- Metalúrgica (fabricación y comercialización de elementos neumáticos para automatización)
- Fabricación de envases de hojalata, barnizado e impresión de litografía
- Equipos de refrigeración industrial
- Fabricación de tornillos
- Fabricación de cortinas
- Fabricación de bolsas de polietileno
- Fabricación de envases plásticos
- Fabricación de productos plásticos
- Grafica
- Maderera
- Venta por mayor y menor de artículos de librería y papelería
- Distribución de materiales eléctricos e iluminación
- Comercialización
- Curtiembre
- Arenera
- Refinación de petróleo
- Metalmecánica
- Metalúrgica

Origen de Empresas proveedoras

- Nacional: 50%
- Nacional y Extranjero: 50%

Exportación de las empresas

- Exporta: 30,56%
- No exporta: 69,44%

En este primer análisis vemos que por un lado las empresas se proveen de materiales nacionales e importados en igual proporción, mientras que para la comercialización de los productos finales elaborados o semielaborados es preponderante el mercado local que ocupa casi el 70% de las ventas, en tanto que las exportaciones ascienden al restante 30%.

Se hace notar este primer dato a efectos de relacionar que generalmente las empresas exportadoras, como tales, deben poseer certificaciones, mínimamente, de calidad y este resultado podría ir mostrando una tendencia.

No obstante se irán analizando el resto de datos encuestados que vayan en esta dirección.

Sector industrial al que pertenecen las empresas

- Primario: 11,11%
- Secundario: 41,67%
- Terciario: 41,67%
- NS/NC: 5,56%

Tipo de Ventas de las empresas

- Agropecuario: 11,11%

- Comercio: 16,67%
- Construcción: 2,78%
- Industria: 36,11%
- Industria y construcción: 2,78%
- Servicios: 16,67%
- Servicios y comercio: 5,56%
- NS/NC: 8,33%

Se observa claramente la preponderancia de la venta de productos del tipo industrial sobre el resto de las ventas, dando una idea cabal de uso de mano de obra intensiva para la elaboración de esos productos, ya sean del tipo secundario o terciario

Cantidad promedio de puestos de trabajo según sector de la industria

- Primario: 45%
- Secundario: 35%
- Terciario: 20%

Segunda parte: Nivel de formación personal

Personal de las empresas con formación de posgrado

- Si: 16,67%
- No: 80,56%
- NS/NC: 2,78%

Personal de las empresas con formación universitaria

- Si: 66,67%
- No: 30,56%
- NS/NC: 2,78%

Personal de las empresas con nivel terciario

- Si: 47,22%
- No: 50%
- NS/NC: 2,78%

Personal de las empresas sin finalización de estudios secundarios

- Si: 30,56%
- No: 66,67%
- NS/NC: 2,78%

Resumen formación promedio de los RRHH

- Secundario Incompleto: 30%
- Secundario: 67%
- Terciario: 47%
- Universitario: 67%
- Posgrado: 17%

Los datos anteriores muestran una gran dispersión en cuanto a la formación de los RRHH, que en algún caso puede tener que ver con el tipo de actividad preponderante en el partido y el uso de mayor mano de obra para los procesos industriales, donde no se requeriría un nivel alto de capacitación.

No obstante el promedio se considera relativamente aceptable.

Acciones relativas a las Gestiones de Calidad

En este apartado detallaremos las estadísticas concernientes a las acciones relativas a las gestiones de calidad y ambiente de las empresas encuestadas, según su propia declaración:

Realiza acciones relativas a la calidad?

- Si: 72,22%
- No: 27,78%

Es importante de resaltar que un gran porcentaje de empresas realiza acciones relativas a la calidad, manifestando por parte de las empresas el compromiso que ello significa.

A partir de ahora los resultados son del porcentaje de empresas que tienen acciones relativas a las gestiones de calidad y ambiente.

Control de producto, servicio y proceso

- Producto:
 - Si: 73,10%
 - No: 26,9%
- Servicio:
 - Si: 30,80%
 - No: 69,20%
- Proceso:
 - Si: 88,50%
 - No: 11,50%

En el punto anterior sobresalen los controles de producto y proceso, y en menor proporción el servicio.

Tabla 1: Actividades de control que se aplican.

	¿Qué tipo de actividades de control aplica?					
	Inspección	Control de Calidad	Gestión de la Calidad	Gestión Total de la Calidad (Excelencia)	Evaluación de la Conformidad	Auditoría Interna/Externa
No	46,15%	30,77%	38,46%	73,08%	65,38%	57,69%
Si	53,85%	69,23%	61,54%	26,92%	34,62%	42,31%

Se observa claramente en la Tabla 1 el poco porcentaje de uso de la Gestión Total de la calidad (27% aprox.)

Se utilizan herramientas de calidad en la empresa?

- Si: 73,08%
- No: 19,23%
- NS/NC: 7,69%

Tabla 2: Herramientas que se utilizan.

	Utiliza herramientas ¿cuáles?						
	Diagrama Causa – Efecto	Diagrama de Flujo	Hojas de Verificación	Diagrama de Pareto	Diagramas o Gráficos de Control	Diagramas de Dispersión	Histograma
No	42,11%	36,84%	36,84%	63,16%	63,16%	78,95%	78,95%
Si	57,89%	63,16%	63,16%	36,84%	36,84%	21,05%	21,05%

La Tabla 2 muestra que un 73% de las empresas manifiesta utilizar herramientas de calidad. Los mayores porcentajes de estas herramientas corresponden a Diagramas de flujo y Hojas de verificación, los menores a diagramas de dispersión e histogramas.

Tabla 3: Áreas en las que se utilizan herramientas de calidad

	¿En qué áreas utilizó herramientas de calidad?							
	Producción	Administración	Comercial	Seguridad e Higiene	Almacenes/ Archivos	Investigación y Desarrollo	RRHH	Mantenimiento
No	10,53%	47,37%	63%	52,63%	73,68%	73,68%	63,16%	47,37%
Si	89,47%	52,63%	37%	47,37%	26,32%	26,32%	36,84%	52,64

Sobresale claramente, de acuerdo a la Tabla 3, que el área de producción es donde más se usan las herramientas de calidad, con un porcentaje del 90% aproximadamente.

Empresas que aplican metodologías para la mejora de las gestiones de calidad y ambiente

- Aplican: 76,92%
- No aplican: 11,54%
- NS/NC: 11,54%

De los datos anteriores surge que el 77% de las empresas manifiesta que aplica metodologías de mejora de la calidad.

De ahora en adelante solo se evalúan aquellas empresas que generan acciones relacionadas a la calidad.

Tabla 4: Metodologías que se utilizan

¿Qué metodologías utiliza?				
	Manual de Procedimientos	5S	Kaizen	TPM Mantenimiento Productivo Total
No	0,00%	60,00%	85,00%	85,00%
Si	100,00%	40,00%	15,00%	15,00%

El 100% de las empresas posee Manual de procedimientos, de acuerdo a su propia declaración en las encuestas, resumidas en la Tabla 4.

Empresas que implementaron normas de calidad

- Implementaron: 48%
- No implementaron: 27%
- NS/NC: 25%

El 48% de las empresas que implementó, en alguna oportunidad, normas de calidad y ambiente, podría marcar una tendencia favorable a efectos de mostrar más adelante la inserción de los sistemas de calidad en las Empresas de Avellaneda.

Normas que implementaron las empresas

- ISO 9001: 58%
- ISO 14001: 11%
- Sectorial: 23%
- Otras: 8%

Estado de Certificaciones

- Vigentes: 23%
- Discontinuadas: 77%

Estos datos muestran una involución, dado que del 100% de empresas que llegaron a certificar, solamente el 23% la mantiene vigente.

Más adelante analizaremos algunas de las causas (manifestadas por los propios empresarios) que nos llevan a este resultado.

Tabla 5: Beneficios de implementar normas de calidad y ambiente

Beneficios de implementar normas					
	Reducción de costos	Aumento de ventas	Inserción en mercados internacionales	Mejoras organizacionales	Aumento calidad de RRHH
No	40,00%	40%	60%	10,00%	45%
NS/NC	15,00%	15%	15%	15,00%	15%
Si	45,00%	45%	25%	75,00%	40%

De acuerdo a la Tabla 5, el 75% de las empresas declaran que los beneficios de implementar normas se traducen en mejoras organizacionales.

Llama la atención que las empresas en este punto solo mencionan mejoras organizacionales por encima de otros factores importantes, tales como: reducción de costos, aumento de ventas e inserción en los mercados internacionales, donde los porcentajes son 45%, 45% y 25% respectivamente.

RECURSOS HUMANOS (RRHH)

En qué medida están capacitados los RRHH para afrontar mejoras de calidad ?

Los niveles están considerados de 1 a 5. Siendo 1 el Nivel más bajo y 5 el más alto.

- Nivel 1: 11,11%
- Nivel 2: 22,22%
- Nivel 3: 36,11%
- Nivel 4: 13,89%
- Nivel 5: 8,33%
- NS/NC: 8,33%

En este aspecto las empresas reconocen que muy poco porcentaje de sus RRHH (8.33%) están preparados para afrontar mejoras en la calidad. Se deberá trabajar con mucha capacitación en este punto.

Tabla 6: Nivel de necesidad según tipología del puesto laboral

Nivel de necesidad según tipología del puesto laboral				
	Administrativo	Gerencial	Técnico	Operario
Innecesario	5,56%	13,89%	0,00%	2,78%
Poco necesario	11,11%	13,89%	5,56%	0,00%
Medio	8,33%	5,56%	8,33%	8,33%
Necesario	36,11%	11,11%	38,89%	44,44%
Muy necesario	11,11%	25,00%	27,78%	19,44%
NS/NC	27,78%	30,56%	19,44%	25,00%

Las empresas consideran 'necesaria' la capacitación del Personal Administrativo en un 36%, Gerencial un 11%, Técnico un 39% y de Operarios el 44%, de acuerdo a la Tabla 6.

POLÍTICAS DE APOYO

- **Conoce políticas de apoyo sectorial?**
 - No: 63,89%
 - Si: 25%
 - NS/NC: 11,11%

- **Conoce políticas locales de apoyo sectorial?**

No: 53%

Si: 36%

NS/NC: 11,11%

- **Conoce políticas provinciales de apoyo sectorial?**

No: 55,56%

Si: 33%

NS/NC: 11,11%

- **Conoce políticas nacionales de apoyo sectorial?**

No: 63,89%

Si: 25%

NS/NC: 11,11%

En general las empresas desconocen las políticas de apoyo sectorial, tanto del ámbito local, provincial o nacional en un porcentaje promedio superior al 50%.

CONCLUSIONES GENERALES

De las encuestas y charlas posteriores con los responsables de responder las encuestas, en su mayoría los titulares de las Empresas, surgieron las conclusiones que iremos enumerando a continuación, para posteriormente comenzar a formular las sugerencias que este equipo de investigación considera relevantes y que tratarán de aportar o dar luz al conocimiento que se tiene sobre las Gestión de Calidad de las Empresas de Avellaneda.

Cabe destacar que es imposible separar los resultados de la investigación con las problemáticas actuales que están teniendo las empresas para mantener su actividad rentable.

De las encuestas surge que el 48% de las empresas implementó alguna vez normas de calidad. Si bien este es un porcentaje muy importante, se nota una involución de las empresas certificadas, dado que al momento de realizar las encuestas, en 2018, las que mantenían dicha certificación llegaba al 23%.

Los empresarios comentan problemas económicos para mantener los equipos de gestión en vigencia y la pérdida de mercado y ventas. El dato positivo, y así lo entendieron durante las charlas informales, es que no es difícil retomar el camino de la certificación si en la empresa lo creen necesario.

Como Universidad les mostramos los caminos y herramientas que podrían utilizar involucrando al Municipio, instituciones intermedias, organismos provinciales, nacionales y a la propia universidad para poner en orden los sistemas, haciendo que aquellas empresas que dejaron caer la certificación la vuelvan a obtener y aquellas empresas que trabajan con algún sistema de calidad puedan encaminarlo a normas como ISO 9001 y/o ISO 14001.

De este modo se inicia un camino virtuoso, que con las herramientas adecuadas pueden permanecer en el tiempo, más allá de los avatares comerciales y económicos de las empresas, permitiéndoles además poder intentar penetrar en el mercado de exportación de sus productos. Hoy

por hoy no tener un sistema certificado hace más difícil poder conseguir otros mercados a quienes proporcionarles productos elaborados, semi elaborados o servicios.

SUGERENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

Evidentemente, por lo expresado hasta el momento, desde la Universidad podemos proponer líneas a seguir y sugerir planes de trabajo para las empresas con la participación del municipio y los organismos intermedios, en este caso la UIAv. Estas sugerencias estarán en concordancia con el estado actual de cada empresa, pudiendo resumirlo de este modo:

1-Empresas Certificadas en la actualidad:

Para estas empresas se pueden implementar acciones de seguimiento con participación de especialistas de la FRA, y adicionalmente proponer un programa de charlas de capacitación en todos los niveles de las empresas.

2-Empresas que estuvieron Certificadas en alguna oportunidad y no renovaron el Certificado:

Para estas empresas se sugiere, en primera instancia, realizar un diagnóstico para establecer el estado de situación actual del sistema de calidad y ambiente. A posteriori se podrían implementar planes de capacitación y seguimiento para que las empresas puedan renovar el certificado.

Será muy importante la participación del municipio y la UIAv para informar y ser de nexo entre las autoridades sectoriales, provinciales y nacionales que faciliten, a través de créditos blandos, la financiación de estas actividades.

3-Empresas que trabajan con algún sistema de calidad y nunca certificaron:

Valen las mismas consideraciones del punto anterior pero profundizando las acciones de capacitación y seguimiento a todos los niveles de las empresas.

4-Empresas que no trabajan con ningún sistema de calidad

En este caso se propondrán acciones para que las empresas puedan empezar a trabajar con un sistema de calidad, y planear un horizonte de Certificación a mediano plazo, de acuerdo a las posibilidades de las empresas y a la facilidad que puedan brindarle las autoridades sectoriales, provinciales y nacionales para el acceso a créditos.

Estimamos que estas acciones, perfectamente diagramadas y programadas, llevaran a las empresas a tener un amplio conocimiento en materia de sistemas de calidad e incorporarlo como un área más que la ayude en su labor diaria, para mejorar la calidad de los productos y servicios que ofrece y que sus clientes estén plenamente satisfechos, comenzando así un círculo virtuoso de mejora continua que permitirá el crecimiento de la compañía en el mediano y largo plazo.

TRANSFERENCIA AL MEDIO

Todas las estadísticas y recomendaciones serán aportadas a los distintos estamentos que puedan hacer posible la puesta en marcha de planes de acción para el mejoramiento de los niveles de

participación de las empresas de Avellaneda en los sistemas de Gestión de Calidad, tales como:

- Proyecto Integrador
- Municipalidad de Avellaneda
- Unión Industrial de Avellaneda (UIAv)
- Empresas de Avellaneda

Por otra parte, el equipo investigador comenzó la difusión en:

- Cátedras del Departamento de Ingeniería Industrial a través de charlas y seminarios.
- Participación de los Becarios en las Jornadas 'Semana de la Investigación en Ingeniería 2018' en la UTN-FRA organizada de manera conjunta por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, la Secretaría de Bienestar Universitario y el Centro de Estudiantes CEIT.
- Presentación en la Biblioteca Mentruyt de Lomas de Zamora, organizada por la Secretaría de Producción de la Pcia. de Buenos Aires y el Colegio de Ingenieros.
- Publicaciones varias.

AGRADECIMIENTOS

Cabe destacar el trabajo de todo el equipo en el proceso de la investigación. Cada uno de los integrantes dio lo mejor de sí para realizar las tareas previstas en el cronograma inicial, sorteando muchas veces inconvenientes para llevar a cabo su cometido.

A Federico López Dentone y miembros del C3T en el análisis de datos y encuestas.

También, agradecemos a todos los integrantes del Proyecto Integrador (El Proyecto Integrador es un proyecto Inter facultades donde participan otras regionales de UTN haciendo investigaciones particulares que aportan datos al integrador) por prestarnos su colaboración en todo momento.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALABART, E.B (2011). La Gestión de procesos en las organizaciones. Araola, Tarragona, España.

VELAZCO SANCHEZ (2010). Gestión de calidad: Mejora continua y sistemas de gestión. Pirámide, Madrid, España.

SAMPIERI, R.(2010) .Metodología de la investigación. 5ta Edición. Mc Graw Hill, México.

MUNICIPALIDAD DE AVELLANEDA (2005). www.mda.gob.ar/ciudad/avellaneda/ Fuentes periódico y anuario 'La ciudad' 1972-2005-Archivo histórico de Avellaneda.

UNION INDUSTRIAL DE AVELLANEDA (2018). www.uiaavellaneda.com.ar

HORMIGÓN CELULAR A BASE DE ESPUMA PREFORMADA

Fecha de Recepción: 29 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 04 de Setiembre de 2019

Avendaño, Marcelo*; Saus, Hector; Escher, Julieta; Tonini, Antonella.

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
Lavaise 610, S3004, Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: mavendan@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

En el período 2015/2016 se investigó y desarrolló el hormigón celular a partir de aditivos generadores de espuma de tipo inorgánico, utilizando máquinas hormigoneras reformadas para poder dar la energía suficiente de generación de las micro burbujas - a partir de la agitación enérgica del espumígeno con agua - donde el proceso se realizó en su totalidad dentro de dicha máquina, colocando ordenada y simultáneamente todos los materiales intervinientes.

Evaluando los resultados obtenidos hasta este momento, nos proponemos fabricar un dispositivo que genere a partir del espumígeno ya conocido y agua, una espuma con la suficien-

te estabilidad como para poder ser mezclada luego con un mortero de cemento realizado en una mezcladora convencional; formando hormigón celular a partir de la unión de estos dos componentes obtenidos por separado. Se busca de esta manera un mejor aprovechamiento del agente espumígeno y con ello una reducción en los costos de producción, como así también minimizar las variaciones en los resultados observados, atribuibles al cambio de comportamiento de las hormigoneras reformadas por el desgaste propio de uso.

Palabras claves: Hormigón Celular, Espuma Preformada, Rendimiento, Costos

ABSTRACT

In the 2015/2016 period, the cellular concrete was investigated from inorganic-type foam-generating additives, using reformed concrete mixer machines in order to give enough energy to generate the micro bubbles - from the vigorous agitation of the foam with water - where the process was carried out in its entirety inside said machine, orderly and simultaneously placing all the intervening materials.

Evaluating the results obtained up to this moment, we propose to manufacture a device that generates a foam with the known foam and

water, with enough stability to be mixed with a cement mortar made in a conventional mixer; forming cellular concrete from the union of these two components obtained separately. It seeks in this way a better use of foam agent, and with it a reduction in production costs, as well as minimizing the variations in the observed results, attributable to the behavior change of the reformed concrete mixers due to wear and tear.

Key Word: Cellular concrete, Preformed foam, Performance , Costs

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el ACI 523.3R-14, el concreto celular se define como un producto ligero a base de cemento portland con arena silíceo y tiene un estructura celular, lograda mediante químicos formadores de gas o agentes de espuma (ACI, 2014). Es un material de peso ligero que contiene aire estable o celdas de aire uniformemente distribuidas a través de la mezcla en un volumen mayor del 20%. Las celdas de aire se añaden a la mezcla como espuma estable preformada o a través de un aditivo dentro de la mezcla.

Utilizando los materiales disponibles hoy en el mercado para poder obtener hormigón celular en la fabricación de bloques tipo mampuestos, y habiendo arribado a resultados propuestos en cuanto a resistencia y densidad del producto; colocando el aditivo dentro de la mezcla; queda por resolver el rendimiento que tiene una afectación directa en los costos de producción. Es por ello que la propuesta de este trabajo es utilizar espumas preformadas aumentando el volumen de producción de hormigón celular antes de llenar los moldes.

DESARROLLO

El proyecto se inicia con la fabricación de un “equipo formador de espuma”. Para el diseño y desarrollo del mismo se buscaron antecedentes respecto a la producción química y mecánica de la espuma, características de la fabricación, además se realizaron consultas con fabricantes y se estudiaron los equipos disponibles en el mercado.

En base a ello – y con los recursos disponibles - se alcanzó el desarrollo de un equipo generador de espuma elaborado con cañerías de polipropileno bicapa de diferentes secciones, caño plástico flexible, manguera corrugada, válvulas y manómetros, entre otros elementos. El dispositivo se fue probando y ajustando hasta conseguir una espuma estable y con las características deseadas.

Básicamente el objetivo de funcionamiento del equipo era conseguir la circulación por una vía de una presión de aire uniforme y constante – mediante la utilización de un compresor - y por otra vía caudal y presión de espumígeno diluido en agua.

Una vez regulada la presión de aire, se probaron distintos porcentajes de dilución del espumígeno en agua de tal manera de obtener - para las presiones y caudales determinados- una espuma lo suficientemente estable como para mantener en suspensión - durante el tiempo de fraguado- los materiales intervinientes en el hormigón celular, evitando así la segregación y/o cambios de volumen una vez llenados los moldes.

Los ensayos que se realizaron a la espuma obtenida en diferentes diluciones, consistieron en disponer la misma en un recipiente de volumen conocido, registrándose el tiempo de llenado del mismo y el tiempo de convertirse en agua. Además se obtuvieron los pesos de la espuma original y - luego de un tiempo determinado - del agua obtenida y de la espuma remanente.

Se definió así la utilización de tres posibles espumas - basadas en tiempo de llenado- y se mezclaron con el mortero de cemento portland, arena y agua a valores predeterminados.

De esta manera la variable sería solo la cantidad y tiempo de espuma. La mezcla se elabora incorporando - en una hormigonera convencional - a un mortero de cemento-arena espuma con ciertas características que hace que el material aumente su volumen. Una vez homogeneizada la mezcla se vuelca en los moldes. Las cantidades de cemento y arena con sus características son tomadas de un proyecto anterior; que también consistía en fabricar hormigón celular (por batido mecánico) para bloques tipo mampuestos pero en hormigonera modificada.

PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO

Además del pesado de las muestras se realizaron ensayos regulando - mediante válvulas tipo esclusa - el ingreso de caudal del líquido al dispositivo. Una vez establecido el caudal necesario se trabajó en el porcentaje de disolución del espumígeno. Con la espuma obtenida de diferentes disoluciones se prepararon pastones y moldearon bloques y probetas de H° celular, los cuales se etiquetaron y fueron ensayados a los fines de determinar los resultados de densidad y resistencia a la compresión. Estos resultados fueron determinantes al momento de definir la disolución óptima para el uso de bloques mampuesto para muros.

OBJETIVO

El objetivo principal del proyecto es aumentar el volumen del material para la producción de bloques, disminuyendo el tiempo de ejecución e indirectamente reduciendo el costo de producción. Teniendo en cuenta que un tiempo considerable del proceso de fabricación transcurre durante la producción de la espuma, se parte del diseño de un equipo – dispositivo – capaz de reducir estos tiempos de producción.

Existen diferentes procesos y equipos para producir espuma, dependiendo del tipo de espuma que se desee obtener y usos de la misma. En el presente caso se partió de la búsqueda de antecedentes sobre máquinas generadoras de espuma a partir de “aditivos espumígenos”.

Una vez fabricada y puesta a punto la máquina para obtener la espuma adecuada para realizar hormigón celular, se comienza cambiando los volúmenes de producción hasta lograr que desde una sola “maquinada” se pudiera llenar un molde entero y no fraccionado como los resultados obtenidos hasta el momento.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron favorables y alcanzaron los objetivos propuestos. Se pudo fabricar el equipo generador de espuma (Figuras 1 y 2), se obtuvo una espuma estable (Figura 3); se fue mezclando partiendo de una hormigonera de menor capacidad - 130 litros - (Figura 4) hasta alcanzar incrementar los volúmenes de una hormigonera de 300 litros (Figura 5 y 6), obteniéndose un producto aceptable en cuanto a resistencia y densidad.

Lo más significativo resultó el cambio de escala en el volumen de producción del material para su posterior descargado en moldes. El hecho de llenarlos de una sola vez, reduce el tiempo de producción, incrementando el número de piezas a moldear por unidad de tiempo, logrando un material más rentable (Figura 7y 8)



Figura 1: Dispositivo formador de espuma



Figura 2: Manómetros del dispositivo



Figura 3 : Prueba de Espuma



Figura 4: Hormigonera de 130 l



Figura 5: Colocación de espuma en hormigonera de 300 l



Figura 6 : Hormigonera de 300 l



Figura 7: Moldes llenos en una tirada



Figura 8: Equipos



Figura 9: Ensayo de Probeta cilíndrica



Figura 10: Ensayo de bloque

DISCUSIÓN

Sobre las probetas moldeadas y ensayadas a compresión(IRAM 1546-13) (Figura 9), y sobre bloques medidos y pesados para sacar densidad seca (IRAM 1564-97)(Figura 10), se puede observar que según los resultados obtenidos, el tiempo de espuma debe estar entre 40 segundos y 50 segundos para lograr bloques comparables a los bloques comerciales en cuanto a lo que se refiere a densidad y resistencia mecánica. Los datos alcanzados se pueden observar en las tablas 1 y 2 y en un resumen diario del protocolo de trabajo (Bitácora de un día de trabajo).

Tabla 1

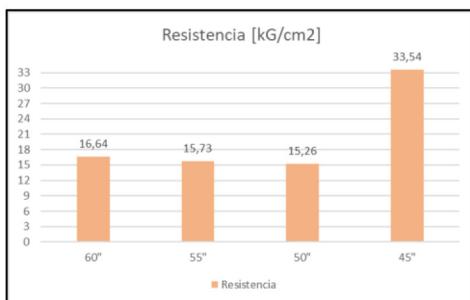
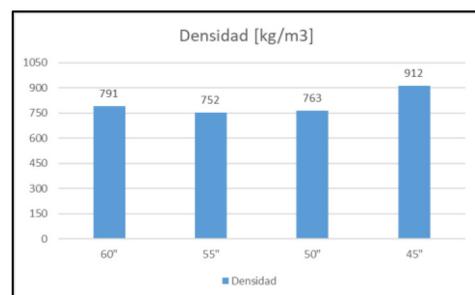


Tabla 2



Bitacora de un día de trabajo

- CONCLUSIONES HASTA EL 14/09/2017

- En el día de hoy repetiremos la tirada de los "LL", ya que observamos:

• JJ con 10 kg de agua + 20 kg de cemento + 10 kg de arena + 40 segundos de espuma → Resistencia aceptada de 4 MPa ; $900 \text{ kg/m}^3 < \text{Densidad JJ} < 1000 \text{ kg/m}^3$

• LL tiene 0,5 kg más de agua, con resto de los parámetros constantes, y aun así tiene una densidad superior a los 1000 kg/m^3 (ya ha disminuido el peso ese 7% máximo por secado).

• Es así que efectuaremos la tirada de los "MM" con

- 10,5 kg de agua
- 20 kg de cemento
- 10 kg de arena
- 50 segundos de espuma

ya que creemos que, en los "LL", no fueron suficientes los segundos de espuma, pues el chorro era discontinuo. Entonces se incrementa en 50 segundos el tiempo de aplicación de la espuma.

Recordemos que elegimos 10,5 kg de agua porque fue un promedio de:

- 10 kg de agua en JJ con 40 segundos de espuma (invariable) → Densidad cercana a los 1000 kg/m^3 pero con una resistencia de 4 MPa.

- 11 kg de agua en KK con 40 segundos de espuma (invariable) → Densidad cercana a los 800 kg/m^3 pero con una resistencia de 2 MPa. El resaltado en amarillo es correcto?

Prueba día 14/09/2017

En el día 14/09/2017 hicimos una prueba con espuma preconformada.

Esta es la prueba realizada:

Espuma	
Espumígeno	40 cc
Presión en manómetro de regulador	5 kg/cm ²
Presión en manómetro de agua	3 kg/cm ²
Presión en manómetro de compresor	5 bar
Agua	10 litros
Mortero de Cemento	
1 balde Cemento Loma Negra CPC 40 con adición de filler calcáreo (viejo) + 1 balde Cemento Holcim CPF 40 con adición de filler calcáreo (nuevo)	20 kg
Arena	10 kg
Agua	10.5 kg (además de la espuma)
Tiempo espuma	50 segundos

Llenamos dos prismas de 12x50x25 y cinco probetas cilíndricas

CONCLUSIONES

De los valores obtenidos podemos afirmar que usando espuma preformada se puede incrementar el volumen de producción, bajando el tiempo de llenado de moldes, impactando directamente en el aumento de bloques fabricados y a la rentabilidad de microemprendimientos productivos.

REFERENCIAS

ACI 523.3R-14 “: Guide for Cellular Concretes above 50 lb/ft³ (800 kg/m³)” Norma del American Concrete Institute, 28/04/2014.

Norma IRAM 1546: 2013. “Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión”,

Norma IRAM 1564:1997. “Hormigón celular espumoso. Requisitos”.

RECICLADO DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE PELLETS PET PARA IMPRESORAS 3D

Fecha de Recepción: 31 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 02 de Setiembre de 2019

Abet, Jorge; Carrizo, Blanca R.*; Caminos, Constanza C.

Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba – Departamento de Ingeniería Industrial.
Maestro M. Lopez esq. Cruz Roja, Córdoba, Argentina.

**Autor a quién la correspondencia debe ser dirigida
Correo electrónico: coty_caminos@hotmail.com*

RESUMEN

La presente nota técnica tiene como finalidad dar a conocer un proyecto sobre el cual se viene trabajando en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba y en GICAP que tiene como finalidad incorporar un proceso de reciclado de botellas plásticas para la elaboración de filamento PET para impresoras 3D. Si bien en un primer momento el interés por el mismo surgió por la necesidad pedagógica de dar continuidad a la impresión 3D en las materias de Informática II y Gestión Ambiental de la Carrera de Ingeniería Industrial. Luego de un acabado estudio se encontró que en la actualidad si bien existen empresas nacionales que ya compiten por abastecer el mercado de las impresoras 3D ninguna de ellas genera un producto de origen reciclado. En este marco,

es imprescindible comenzar a pensar la producción dentro del Paradigma de Economía Circular que tiene como finalidad generar un circuito productivo basado en el reciclado de los Residuos Sólidos Urbanos. Por tal motivo los objetivos generales de este trabajo son: (1) Desarrollar un proceso de reciclado de envases de polietileno tereftalato para generar filamento PET para impresoras 3D y (2) Diseñar el pellet de filamento PET para impresoras 3D, basado en el Paradigma de Economía Circular en la provincia de Córdoba- Argentina.

Palabras clave: Filamentos Reciclables, Impresión 3D, Insumos de impresoras 3D, Economía Circular, Educación en la Ingeniería.

ABSTRACT

The purpose of this technical note is to publicize a project on which the Industrial Engineering Department of the National Regional Technological University of Córdoba and GICAP are working now, which aims to incorporate a process of recycling plastic bottles for the preparation of PET filament for 3D printers.

Although at first, the interest in it arose from the pedagogical need to continue 3D printing in the areas of Computing II and Environmental Management of the Industrial Engineering Degree. After a finished study, it was found that at present, although there are national companies that already compete to supply the 3D printer market, none of them generates a product of recycled origin. Within this framework, it is es-

sential to start thinking about production within the Circular Economy Paradigm that aims to generate a productive circuit based on the recycling of Urban Solid Waste. For this reason the general objectives of this work are: (1) Develop a recycling process of polyethylene terephthalate containers to generate PET filament for 3D printers and (2) Design the PET filament pellet for 3D printers, based on the Paradigm of Circular Economy in the province of Córdoba-Argentina.

Key words: Recyclable filaments, 3D printers, 3D printers inputs, Circular economy, engineer education.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad (2019) a la tecnología digital se la considera como la protagonista de la próxima revolución industrial puesto que no solo existe una demanda creciente para fines académicos, profesionales e industriales sino también se considera que puede generar consecuencias profundas en la manufactura, el comercio y el consumo (Fresolli, M. and Smith, A., 2015).

Frente a esta tendencia mundial, se encontró que en Argentina en el año 2016 el Centro de Investigación y Desarrollo Industrial del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) crea una unidad de asesoramiento y asistencia técnica en el rubro de las impresoras 3D.

En este marco, en el año 2017 el mismo Instituto publica un mapeo para identificar los distintos actores que intervienen en el sector de la impresión 3D y la distribución territorial de los mismos. En el mismo se presentó que 16 provincias argentinas se encuentran trabajando en el área; en ellas existen 129 prestadores del servicios, 59 proveedores de insumos y productos y 39 establecimientos educativos que tienen acceso a este recurso (INTI, 2017).

En el caso de la provincia de Córdoba, según el mismo informe del INTI, existen solo dos prestadores de servicio y dos entidades educativas que a la fecha eligen este recurso como principal motor de innovación y educación (INTI, 2017).

En el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba se incorpora en el año 2013 una impresora 3D con el fin de dar cumplimiento al desarrollo de las competencias que los alumnos necesitan obtener para aprobar las materias de Informática II y Gestión Ambiental, pero los costos de los filamentos, perjudico la continuidad de su utilización. Por tal motivo se comenzó con una investigación para crear un proceso a escala laboratorio capaz de cubrir con la demanda de este recurso.

En este marco se consideró que el mismo debía nacer dentro del Paradigma de “Economía Circular” que tiene como finalidad generar un circuito productivo basado en el reciclado de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), ya que si bien existen dos empresas nacionales “Kuttercraft” y “PrintaLot” que han comenzado con el proceso de sustitución de importaciones, ninguna de ellas hoy en día comercializa filamentos de origen reciclado.

Frente a esta realidad el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba ha iniciado una investigación que busca implementar en escala piloto un proceso productivo sustentable para generar un filamento PET que reutilice el plástico de envases cuyo compuesto principal es el polietileno tereftalato.

La incidencia que se procura generar con este Proyecto de Investigación tiene dos aristas. En primer lugar, en el ámbito social logrará disminuir la contaminación producida en la Ciudad de Córdoba y generar un producto que a su vez sea cien por ciento reciclable. Segundo, en el ámbito económico, permitirá dar continuidad al uso de la impresora 3D en el Departamento de Ingeniería Industrial al reducir los costos del insumo principal, y de ser posible con posterioridad se pretende poder producir a escala para cubrir la demanda de dicho producto a nivel nacional partiendo de un producto de origen 100% reciclado.

Objetivos Generales

(1) Desarrollar un proceso de reciclado de envases de polietileno tereftalato para generar filamento PET para impresoras 3D en la Provincia de Córdoba- Argentina.

(2) Diseñar el pellet de filamento PET para impresoras 3D, basado en el Paradigma de Economía Circular en la Provincia de Córdoba- Argentina.

Objetivos Específicos

(a) Determinar los residuos plásticos que pueden ser utilizadas para la creación de los filamentos PET para impresoras 3D.

(b) Desarrollar un plan logístico para la adquisición, acopio y limpieza de los residuos plásticos.

(c) Adquirir un extrusor plástico.

(d) Diseñar el pellet de filamento reciclado PET en la Provincia de Córdoba – Argentina para impresoras 3D.

(e) Generar el plan de acción para la fabricación de filamento reciclado PET en la Provincia de Córdoba – Argentina para impresoras 3D.

METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento con los objetivos planteados se utilizará en un primer momento una metodología cualitativa, cuyo método será el análisis de contenido inherente a los antecedentes sobre el tema. En segundo lugar se utilizará una metodología cuantitativa para el registro de datos estadísticos y el desarrollo de pruebas estandarizadas.

Repensar la producción nacional desde la economía circular

El presente apartado busca analizar el paradigma de la Economía Circular en Argentina y, en particular en la provincia de Córdoba, en vistas de conocer cuál es la situación actual relevada por el gobierno nacional y provincial que permita generar un circuito productivo basado en el reciclado de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) hasta la actualidad (2019).

En primer lugar, el paradigma de la “Economía Circular” se incorpora a nivel nacional en el año 2005 y se basa en tres objetivos principales (1) El Observatorio Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU); (2) La Coordinación de GIRSU; y (3) La Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que permitan gestionar los residuos sólidos desde una perspectiva técnico operativa (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019).

La labor de estas áreas se enmarca dentro de tres principios¹ sobre los cuales se fundamenta la “Economía Circular”. A los fines de esta investigación interesa el segundo, que se define como la optimización del uso de los recursos, mediante la rotación de productos, componentes y materiales haciendo uso de su máxima utilidad, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos (Observatorio Nacional para la GIRSU, 2019).

Ahora bien, al rastrear los avances desarrollados desde el año 2005 a la actualidad (2019) a nivel nacional se encontró que de los veintitrés documentos académicos publicados y difundidos por la Secretaría, ninguno cumple con los objetivos del principio dos, anteriormente presentado que investigue acerca del reciclado de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

A nivel provincial el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos delego a la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba (UTNRC) en el año 2016 la elaboración de un Diagnóstico Ambiental, en el cual si bien diferencia los RSU en orgánicos e inorgánicos no presenta ningún relevamiento de cuanto emite la población de la provincia de cada uno de ellos, solo presenta que en la capital en el año 2016 se desecha 1007 kg de residuos por día (UTN, 2016).

Según un artículo publicado en el año 2017 en Argentina se desechan doce (12) millones de botellas plásticas por día y solo son reutilizadas en un 30% (Encinck, 2017). En el caso de Córdoba se desechan cuarenta (40) mil envases diarios y solo un 10% es reciclado (Wald, 2018).

En cuanto a los recuperadores organizados de desechos, según el informe anteriormente mencionado de la UTNRC, para el año 2016 existían 8 empresas que recuperaban “todo tipo de plástico”, había 9 que reciclaban “plástico” y 1 de ellas solo tereftalato de polietileno (PET) que lo reutiliza para la producción de botellas; por último es importante resaltar que dos empresas cordobesas se dedican a la exportación de fibras PET a China (UTN, 2016) .

Para tener una aproximación del impacto que un proceso productivo de filamentos PET reciclados podría tener en el medio ambiente, se toma como dato el de una empresa holandesa denominada “Reflow” que afirma que “(...) cada kilogramo de filamento vendido representa la eliminación de 120 botellas de las calles” (Plastic Technology, 2016).

¹ “Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural controlando existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables. Principio 2: Optimizar el uso de los recursos rotando productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos. Principio 3: Fomentar la eficacia del sistema revelando y eliminando externalidades negativas” (Observatorio Nacional para la GIRSU, 2019).

Avances en la producción de filamentos PET reciclados

Existe una alta gama de filamentos para impresoras 3D las cuales se clasifican y utilizan según las diferentes propiedades del plástico utilizado y las características finales del producto que se quiera generar. A los fines de esta investigación se optó por elegir los filamentos PET por dos razones principales, en primer lugar porque es el plástico más utilizado en todo el mundo (Rohinrigger, 2019) y en segundo lugar, porque según el Diagnóstico Ambiental anteriormente presentado en Córdoba hay experiencia sobre su proceso de reciclado, lo que facilitaría la factibilidad de la elaboración de este proyecto (UTN, 2016).

Como datos importantes se encontró que las características de este material para la impresión 3D permite crear productos con mayor durabilidad, permite ser esterilizado y al necesitar una temperatura de 210° C para ser utilizado no elimina gases tóxicos (Rohinrigger, 2019) .

En la actualidad existen empresas internacionales en España, Canadá y Holanda que ya generan filamentos 100% reciclados. A continuación, se toma como referencia el caso de la última, puesto que la misma trabaja con una extrusora de código abierto diseñada por Techfortrade que es una entidad benéfica radicada en Reino Unido, cuyo lema es “las impresoras 3d pueden ser para la distribución lo que Internet es para la información²” (TechforTrade, 2018).

A nivel regional, existen casos como el desarrollado por el Instituto Tecnológico de Pachuca Chile, que ha generado un proceso de reciclado de botellas plásticas para un tonner para impresoras 3D (Packaging, 2019).

A nivel Nacional existe un solo antecedente de proyectos similares. En el año 2015 el Instituto Nacional de Tecnología, desarrollo un proceso productivo basado en el reciclado de envases plásticos para la producción de filamentos para impresoras 3D pero que al día de la fecha no está siendo desarrollado a escala para poder abastecer la demanda nacional (Educ.ar, 2015) . Y si bien hay una incipiente industria en el sector desarrollada por las empresas anteriormente mencionadas: “Kuttercraft” y “PrintaLot” las mismas no cuentan con un proceso productivo basado en la Economía Circular como el que aquí se propone.

Por tal motivo se planteó desde el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba generar un filamento reciclado y sustentable que pueda en un primer momento cubrir la demanda generada en el claustro, a escala laboratorio para luego poder generar una producción del mismo basada en el Paradigma de Economía Circular.

CONCLUSIÓN

Como conclusión, el objeto de esta nota técnica fue compartir los avances parciales a los cuáles se ha llegado con la investigación sobre la generación de filamentos reciclados PET para impresoras 3D fundados en el paradigma de la “Economía Circular” que procura generar a futuro un proceso de reciclado plástico para la generación del insumo por excelencia de las impresoras 3D cuya demanda va en aumento en el ámbito académico, profesional e industrial y que dada las características de la revolución digital también implican un cambio profundo en la manufactura, el comercio y el consumo (Fresolli, M. and Smith, A. 2015) .

² “(...) 3D printing could do for distribution what the Internet has done for information” (TechforTrade, 2018).

El mayor desafío del presente proyecto es lograr el circuito logístico que permita acopiar el plástico y darle valor mediante la creación del filamento PET sustentable. Una vez logrado el mismo se cree que el impacto de este proyecto podría ser sumamente benéfico para el país.

BIBLIOGRAFÍA

BLAZQUEZ TOBIÁS, Pedro. "Propuesta metodológica para la mejora del aprendizaje de los alumnos a través de la utilización de las impresoras 3D como recurso educativo en el aprendizaje basado en proyectos" Revista Scielo. Uruguay. 2018. Disponible en:

http://portal.bibliotecas.utn.edu.ar/proxy/http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-70262018000100139&lng=en&tng=en

Cámara argentina de impresión 3D y fabricaciones digitales. Disponible en:
<http://www.camar3d.org/socios/>

Comercio y Justicia. "La demanda de impresoras 3D aumento un 60% en 2017". Negocios. 2018. Disponible en:

<https://comercioyjusticia.info/blog/negocios/la-demanda-de-servicios-3d-aumento-60-en-2017/>

Educ.ar. "El INTI logró impresión 3D a partir de botellas recicladas". 2015. Disponible en:
<https://www.educ.ar/noticias/128263/el-inti-logro-impresion-3d-a-partir-de-botellas-recicladas>

ENSINCK, María Gabriela. Basura PET en Argentina: se tiran 12 millones de botellas de plástico por día". El Cronista. 2017. Disponible en:

<http://www.cronista.com/informaciongral/Basural-PET-en-la-Argentina-se-tiran-12-millones-de-botellas-de-plastico-por-dia-20170201-0026.html> Copyright © www.cronista.com

FRESOLLI, Mariano & Smith Adrian. "Fabricación Digital ¿Una nueva revolución tecnológica? ReserchGate. 2015. Pág. 114. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/282870488_FABRICACION_DIGITAL_UNA_NUEVA_REVOLUCION_TECNOLOGICA/references

HERNANDEZ SAMPIERI, et al. "Metodología de la Investigación". Mc Graw Hill. Cuarta edición. México. 2004. Disponible en:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38758233/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1559315105&Signature=zL69%2B3QJkeEQhgPIkUrT%2FauD%-2FHY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSampieri-et-al-metodologia-de-la-investi.pdf

IproUP. "Impresión 3D su constante crecimiento como industria de fabricación local". Innovación. 2019. Disponible en:

<https://www.iproup.com/innovacion/3419-emprendimiento-productos-innovadores-negocios-innovadores-La-industria-de-3D-gana-terreno-en-la-Argentina>

Observatorio Nacional para la GIRSU. "Introducción a la Economía Circular, Gestión de residuos e Innovación". Secretaria de Ambiente y Desarrollo. 2019. Disponible en:
https://cursos.ambiente.gob.ar/sigirsu/pluginfile.php/1150/mod_resource/content/1/Concepto%20Econom%C3%ADa%20Circular.pdf

Packaging. "Crean tonner para impresoras 3D con botellas". 2016. Disponible en:
<http://www.packaging.enfasis.com/notas/73974-crean-toner-impresoras-3d-botellas-pet>

Pearce Joshua. "3d printing industry " Michigan Technology University.United States. 2019. Disponible en:
<https://3dprintingindustry.com/news/michigan-techs-joshua-pearce-launches-free-open-source-3d-printing-course-150053/>

Plastic Techonology."Plástico reciclado convertido en filamento para impresión 3D". México. Disponible en:
<https://www.pt-mexico.com/noticias/post/plstico-reciclado-convertido-en-filamento-para-impre-sin-3d->

ROHRINGER, Sean. "Los 25 mejores filamentos 3D para imprimir Guía 2019". ALL3DP. Sin datos. Disponible en: <https://all3dp.com/job-offers-all3dp/>

RUA R., Edwin B. et al. "Impresión 3D como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de Algunos Conceptos de Ingeniería y Diseño". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2018, p. 70 – 83.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Investigación y Desarrollo. Argentina. 2019. Disponible en:
http://observatoriosu.ambiente.gob.ar/investigacion_y_desarrollo.htm

Tecfortrade. "3D printing for development". UK. 2018. Disponible en:
<http://www.techfortrade.org/#3d4d>

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN). Diagnóstico Ambiental de la Provincia de Córdoba. Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. Córdoba. 2016.

WALD, Einad. "La basura en Córdoba y cómo reciclarla (más de 40.000 botellas se desechan por día)". Infonegocios. 2018. Disponible en:
<https://infonegocios.info/y-ademas/la-basura-en-cordoba-y-como-reciclarla-mas-de-40-000-botellas-se-desechan-por-dia>

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE ACEROS INOXIDABLES UTILIZADOS EN PLATAFORMAS OFFSHORE

Fecha de Recepción: 14 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 12 de Setiembre de 2019

Lifschitz, Ana Julia y De Cristóforo, Norma*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Chubut. Avenida del Trabajo 1536 -9120 Puerto Madryn, Chubut.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida
Correo Electrónico: normadecristofaro@yahoo.it*

RESUMEN

Uno de los principales problemas que afronta la extracción de recursos energéticos en plataformas offshore es la durabilidad de los materiales de la construcción de plataformas, las estructuras conexas y demás componentes de los equipos. En el ambiente de ejercicio, los fenómenos biológicos, la corrosión, la cavitación y la corrosión – erosión, constituyen problemas corrientes. La resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable depende de la película pasiva que estos materiales desarrollan en contacto con el aire, inmediatamente después del proceso de fabricación, fenómeno denominado pasivación. Estas películas están constituidas por óxidos e hidróxidos de hierro y cromo con diferentes grado de hidratación. Las características protectoras de estas películas dependen de la composición química del material

y especialmente de su contenido en cromo. Otros elementos de aleación como el molibdeno, níquel y el nitrógeno contribuyen a este fenómeno. Sin embargo bajo determinadas circunstancias, por acción química y/o mecánica, esta película pasiva puede perder localmente sus características protectoras y originar procesos de corrosión localizada.

El objetivo del presente trabajo es establecer algunas consideraciones, relativas a los alcances y los límites del empleo de aceros inoxidable, destinados a sistemas off shore.

Palabras claves: Aceros inoxidable, Corrosión, Plataformas Off shore, Técnicas electroquímicas.

ABSTRACT

One of the main problems that the extraction of energy from the movements of seawater must face is the durability of the materials of construction of platforms, related structures and other components of the equipments. In the exercise environment, biological phenomena, corrosion, cavitation and corrosion - erosion, are common problems. The resistance to corrosion of stainless steels depends on the passive film that these materials develop in contact with the air, immediately after the manufacturing process, a phenomenon known as passivation. These films are constituted by oxides and hydroxides of iron and chromium with different degree of hydration. The protective characteristics of these films depend on the chemical composition of the material and especially its

chromium content. Other alloying elements such as molybdenum, nickel and nitrogen contribute to this phenomenon. But under certain circumstances, by chemical and / or mechanical action, this passive film can locally lose its protective characteristics and cause localized corrosion processes.

The objective of this paper is to establish some considerations, related to scope and limits of the use of stainless steels, destined to offshore systems dedicated to the production of marine energy.

Key words: Stainless steels, Corrosion. Off-shore applications, Electrochemical techniques.

INTRODUCCIÓN

El deterioro de los materiales por procesos de corrosión, en estructuras marinas, constituye un problema tecnológico de notable impacto económico. Por este motivo, una de las principales dificultades que debe afrontar la extracción de energía, por medio de la instalación de plataformas marinas offshore, es la durabilidad de los materiales utilizados en su construcción (Di Prátula, et. al., 2018). Los materiales constituyen un “cuello de botella” para el desarrollo ya que deben estar en contacto directo con uno de los ambientes naturales más agresivos, donde la corrosión, la cavitación, la corrosión-erosión y fenómenos de ensuciamiento biológico constituyen cuestiones corrientes. En general se trata de estructuras, componentes y equipos de considerable valor económico y de mantenimiento escaso, debido a la dificultad de las operaciones.

La problemática reviste un grado sumamente complejo ocasionado por la heterogeneidad ambiental. La parte de las estructuras en contacto con la atmósfera está sujeta a salpicaduras, a la acción del viento, de la lluvia y la irradiación solar. La zona de salpicaduras es rica en oxígeno. En esta área, además, existen efectos abrasivos como consecuencia del movimiento de las olas, partículas u otros objetos flotantes. Es el lugar donde se presentan altas velocidades de corrosión. Las estructuras fijas que se encuentren en la zona intermareal estarán en contacto con agua en constante movimiento determinado por olas y corrientes. La mayor parte de las estructuras se revisten con ensuciamiento biológico. En el límite entre la zona de marea y la zona sumergida se observa un incremento brusco de la velocidad de corrosión debido a la formación de celdas de aireación diferencial. En la zona que permanece permanentemente sumergida la corrosión dependerá fundamentalmente del nivel de oxígeno presente el cual disminuye con la profundidad.

Esta diferencia unida a un ambiente altamente conductor, con diversas situaciones de turbulencia y variaciones térmicas, determinan que este sea uno de los ambientes naturales más corrosivos (Galvele, Duffó, 2006).

El material de construcción de una estructura metálica que opere en el mar debe poseer alta resistencia a la corrosión o debe ser, preventivamente, protegido con algún tipo de tratamiento superficial, realizado mediante pinturas anticorrosivas y anti vegetativas o revestimientos plásticos, metálicos o cerámicos. Frecuentemente se recurre también a la protección eléctrica, la que necesita mantenimiento y gestión (Lazzari, Pedferri, 2000). Los aceros inoxidable de alto PREN (Pitting Resistance equivalent number) (International Molybdenum Association – IMO, 2019) son soluciones confiables pero de alto valor económico. Por lo precedentemente mencionado, la búsqueda de soluciones más confiables y, sobretodo, más económicas, es aún hoy, un problema abierto.

Es frecuente asignar a los aceros inoxidable convencionales tipo EN 1.4301 (AISI 304), EN 1.4401 (AISI 316) y EN 1.4406 (AISI 430), bajo muchas circunstancias, inmunidad a la corrosión en el ambiente marino. Condición ésta que no siempre logran cumplir. La resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable depende de la película pasiva que estos materiales desarrollan en contacto con el aire, después del proceso de fabricación industrial (De Cristofaro, Menegali, 2000). Estas películas están constituidas por óxidos e hidróxidos de hierro y cromo con diferentes grados de hidratación (De Cristofaro, et al., 1999). Las características protectoras de estas películas dependen de la composición química del material y, especialmente de su contenido en cromo (De Cristofaro, et al., 1997). Otros elementos de aleación como el molibdeno, el níquel y el nitrógeno contribuyen al fenómeno de la pasivación (Baulange.Peterman, et al., 2002), pero bajo determinadas circunstancias, por acción química y / o mecánica, esta película pasiva pierde sus características protectoras y se originan procesos de corrosión localizada (Baulange - Peterman et al., 2002; Szlarska-Smialoska, 1976; Sedriks, 1979).

El objetivo del presente trabajo es establecer algunas consideraciones, relativas a alcances y límites del empleo de los aceros inoxidable, destinados a sistemas off shore. En este marco se analiza el comportamiento a la corrosión localizada por picado e intersticial de aceros inoxidable de alta resistencia a la corrosión en comparación con los aceros inoxidable convencionales en el ambiente marino en la zona sumergida. El objetivo final es poner en evidencia el comportamiento de aceros inoxidable convencionales utilizados con frecuencia en condiciones de trabajo donde el material sufre corrosión localizada.

DESARROLLO

Materiales – El estudio se realizó utilizando aceros inoxidable comerciales, empleados habitualmente en numerosas aplicaciones industriales y un grupo de aceros inoxidable de alta resistencia a la corrosión. Se seleccionaron tres aceros de alta aleación (EN 1.4462, EN 1.4501 y EN 1.4507) y tres de tipo convencional (EN 1.4016, EN 1.4301 y EN 1.4401). La composición química, obtenida mediante fluorescencia de rayos X, junto a la estructura de los aceros examinados, y el Pitting Resistance equivalent number, PREN, se presenta en la Tabla 1. El índice PREN es una medida de la resistencia a la corrosión por picado en ambientes conteniendo iones cloruros. Valores altos de PREN indican mayor resistencia a la corrosión.

Tabla 1: Composición química (% peso) y estructura de los materiales examinados.

Estructura	Designación del acero	PREN	Cr	Mo	Ni	C	Cu	N	S	Mn
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
			Aceros inoxidables de alta resistencia							
Dúplex	EN1.4501	37,46	24.00	3.4	7.5	0.003	0.800	0.140	0.010	0.800
Dúplex	EN1.4462	35.44	22.15	3.30	5.80	≤0.07	0.15	0.15	0.03	≤2.00
Austenítico	EN1.4507	34,30	22.00	3.10	20.00	0.01		0.13	0.03	≤2.00
			Aceros inoxidables convencionales							
Ferrítico	EN1.4016 (AISI 430)		16.25	0.25	0.175	0.045		0.009	0.001	0.284
Austenítico	EN1.4301 (AISI 304)		18.32	0.290	8.100	0.060		0.013	0.005	1.300
Austenítico	EN1.4401 (AISI 316)		17.20	2.040	11.040	0.020	0.034	0.043	0.0043	1.370

PREN = *Pitting Resistance equivalent number*: % Cr + 3.3 (%Mo +0.5% W) + 16% N (International Molybdenum Association – IMO, 2019).

Estudios de corrosión localizada – Todos los materiales se emplearon con su acabado superficial industrial, 2 Bright (2B). Para determinar la susceptibilidad a la corrosión por picado e intersticial se realizaron los ensayos y las medidas electroquímicas siguientes:

Temperatura crítica de picado (TCP) - La determinación de la TCP se efectuó siguiendo los lineamientos de la norma ASTM G.48 modificada, método A (Norma ASTM G-48, 1992). Se utilizaron probetas de 25 mm por 50 mm y como electrolito, en lugar del $Fe_2Cl_6 \cdot 6H_2O$, recomendado por la normativa, se empleó una solución de NaCl 0.5 M. El objetivo de esta modificación fue emplear un electrolito de menor agresividad, que permita discernir entre potenciales de picados de aceros de composición química cercana. Se evaluó, además, la posibilidad de utilizar la norma ASTM G.150 (Norma ASTM G-150, 2004), que consiste en realizar una polarización potenciodinámica a diferentes temperaturas, utilizando un medio diferente al estándar, el método fue descartado debido al alto número de electrodos que presentaron corrosión intersticial en la interface portaelectrodo - acero, principalmente en el caso del acero ferrítico 1.4016 (AISI 430). Los materiales se emplearon conservando el acabado superficial comercial, en este caso todos los aceros inoxidables examinados presentaron terminación 2 Bright (2B). Antes de introducir en el electrolito, las probetas se desgrasaron con acetona y se lavaron con agua destilada. Todas las pruebas fueron realizadas en duplicado. Cada probeta fue expuesta a la solución agresiva por un periodo de 24 h, retirada del electrolito, enjuagada con agua destilada y observada al microscopio óptico (20X). Si no se observaba picado, la temperatura se aumentaba en 2°C y se repetía el procedimiento hasta la aparición de picaduras sobre la superficie metálica. La TCP se definió como la temperatura límite debajo de la cual no es posible la formación de picaduras.

Temperatura crítica intersticial (TCI) – La determinación de la TCI se realizó siguiendo los casos de determinación de la TCP. La geometría de intersticio se obtuvo mediante el empleo

de formadores de intersticios tipo Anderson (Ver Figura 1) construidos en un material hidrófugo (teflón), (Luperi, De Cristofaro, 2000). Lineamientos de la norma ASTM G.48 modificada, método B (Norma ASTM G-48, 1992) como en el caso de la TCP, cada probeta fue expuesta a la solución agresiva por un periodo de 24 h, retirada del electrolito, enjuagada con agua destilada y observada al microscopio óptico (20X). Si no se observaba corrosión de tipo intersticial, debajo de los formadores de intersticio, la temperatura se aumentaba en 2°C y se repetía el procedimiento hasta la aparición de corrosión. La TCP se definió como la temperatura límite debajo de la cual no es posible la formación de corrosión intersticial.

Técnicas electroquímicas – Estas técnicas se utilizaron para determinar la resistencia de la película pasiva, de los aceros inoxidable, en un ambiente ácido como el creado en los intersticios durante un proceso de corrosión localizada (Sedriks, 1986). Se emplearon técnicas galvanostáticas y potencioestáticas en ambiente ácido, H_2SO_4 0,25 M, utilizando una celda electroquímica convencional, un contraelectrodo de platino y un electrodo de referencia de calomel saturado (ECS) (ECS = EENH + 0,244 V). La celda se mantuvo a una temperatura constante de $23 \pm 0,5^\circ C$. Se realizaron 10 pruebas para cada tipo de acero inoxidable.

Los parámetros utilizados en ambas técnicas fueron seleccionados del estudio del comportamiento activo –pasivo visualizado a través de curvas de polarización anódicas potenciodinámicas en ácido, H_2SO_4 , 0,25 M. (N. De Cristofaro, et al., 2000). Para realizar la curva de polarización se utilizó una barrida de potencial de 1 mV/s a partir de 0.1 V debajo del potencial de corrosión hacia valores positivos mediante un potencioestado Solartron Modelo 1286.

Determinación de la calidad de la película pasiva, técnica galvanostática, programa 1 – El método se utilizó para determinar la calidad de la película pasiva, presente sobre la superficie del material, formada inmediatamente después de finalizado el proceso de fabricación industrial (N. De Cristofaro, et al., 1999). Por este motivo el material fue evaluado con su superficie comercial, sin pulir. El tiempo necesario para disolver la película pasiva indica su estabilidad en el electrolito (N. De Cristofaro, et al., 2000). Un esquema de la técnica aplicada se presenta en la Figura 2. El proceso de estudio se realizó a través de los siguientes dos pasos: 1) Registro del potencial a circuito abierto, OCP, durante 30 minutos. Disolución de la película pasiva mediante la aplicación de una corriente catódica de $-3.0E^{-5} A/cm^2$. La película pasiva se consideró disuelta cuando el potencial se situó a un valor de -0.9 V vs OCP.

Evaluación de la capacidad de pasivación, técnica potencioestática, programa 2 – Con este método se evalúa la calidad del sustrato a través de su capacidad para recrear la película pasiva, en el ambiente de ensayo (H_2SO_4 , 0,25 M). Por este motivo, en este programa el material fue evaluado eliminando la película pasiva formada inmediatamente después del proceso de fabricación de los materiales. La eliminación la película pasiva fue eliminada mediante pulido mecánico utilizado papel esmeril grado 400, 600, 800 y 1000.



Figura 1: Probeta y sistema formador de intersticios empleado en la determinación de la temperatura crítica intersticial (TCI).

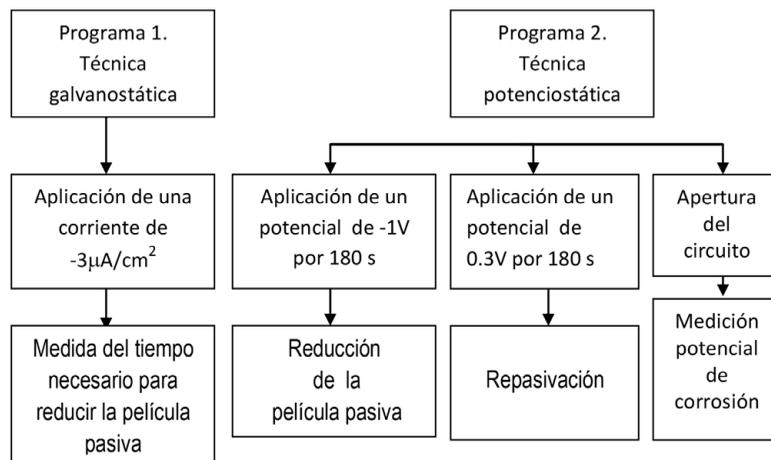


Figura 2: Esquema del programa corriente – potencial aplicado para estudiar las películas pasivas de los aceros inoxidables examinados.

El programa de medición se realizó a través de los siguientes tres pasos (Figura 2):

1) Inmediatamente después del proceso de pulido, el electrodo fue lavado con agua destilada, introducido en el electrolito y sometido a la aplicación de un potencial catódico de -1 V (vs OCP) por 180 s para eliminar eventuales restos de la película pasiva.

2) A continuación, la superficie de los electrodos se pasivó en ácido sulfúrico, mediante la aplicación de un potencial, elegido dentro del campo pasivo (0.3 V vs OCP) por 90 s.

3) Por último se realizó la apertura del circuito eléctrico y la sucesiva registración del tiempo empleado para la disolución de la película pasiva formada en el electrolito de estudio, la película pasiva se consideró disuelta cuando el potencial se situó a un valor de -0.9 V vs OCP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de establecer consideraciones, relativas a alcances y límites del empleo de aceros inoxidable, para sistemas off shore se realizaron pruebas de corrosión localizada por picado y corrosión intersticial sobre los dos grupos de materiales seleccionados. La Figura 3 muestra la Temperatura Crítica de Picado (TCP/ °C) de los aceros examinados obtenida aplicando la normativa ASTM G48 modificada, método A. Si bien el procedimiento se realizó siguiendo la normativa, en lugar de utilizar una solución de tricloruro férrico se empleó una solución de cloruro de sodio 0.5M. El motivo de esta elección radicó en el hecho del alto poder oxidante del F_62Cl_3 que originaría un proceso de picado muy veloz que no permitiría diferenciar comportamientos cercanos.

Los resultados muestran claramente la existencia de dos grupos de materiales, el primer grupo integrado por los aceros inoxidable EN 1.4462, EN 1.4501 y EN 1.4507 que presentan altos valores de TCP (superiores a 68°C) y un segundo grupo integrado por los aceros convencionales, EN 1.4016, EN 1.4301 y EN 1.4401 que han mostrado valores menores (inferiores a 16°C). Los resultados obtenidos muestran una excelente resistencia a la corrosión por picado del primer grupo de materiales, indicando claramente que no sufrirán este tipo de corrosión, si son utilizados sumergidos en agua de mar. El acero inoxidable EN 1.4501 presentó el mayor valor de TCP en acuerdo con el mayor índice PREN, seguido por el acero EN 1.4462 y el EN 1.4507. En cuanto al segundo grupo de aceros inoxidable, observamos que las TCP obtenidas son significativamente inferiores a la TCP de todos los aceros del primer grupo de materiales. El acero inoxidable EN 1.4401 en acuerdo con la presencia de molibdeno en la aleación, presentó el mayor valor de TCP. En el caso del acero EN 1.4016 (AISI 430) y del EN 1.4301 (AISI 304) se infiere que estos materiales podrían sufrir corrosión por picado, aún a temperaturas inferiores a los 12°C.

La Figura 4 presenta la Temperatura Crítica Intersticial (TCI/ °C) de los aceros examinados utilizando la normativa ASTM modificada, método B. Los resultados de estas mediciones muestran, también en este caso, la existencia de dos grupos de materiales: el primer grupo integrado por los aceros inoxidable (EN 1.4462, EN 1.4501, EN 1.4507) y un segundo grupo integrado por los aceros convencionales (EN 1.4016 y EN 1.4301 y EN 1.4401).

Se observa que todos los valores obtenidos son significativamente inferiores a los valores obtenidos de las pruebas de temperatura crítica de picado. Los resultados muestran que a pesar de obtenerse temperaturas inferiores, el primer grupo de materiales sigue conservando una excelente resistencia. Un desempeño inferior presentaron los aceros del segundo grupo. Todos los materiales susceptibles a la corrosión por picado son también susceptibles a la corrosión intersticial. Como en el caso de los ensayos de corrosión por picado, el acero inoxidable EN 1.4401 presentó el mayor valor de TCI. Los aceros EN 1.4016 (AISI 430) y del EN 1.4301 (AISI 304) presentaron la menor resistencia a la corrosión intersticial.

La resistencia a la corrosión localizada de los aceros inoxidable depende de la calidad de su película pasiva (De Cristofaro, et al., 1997), por este motivo es necesario evaluar la calidad de esta película y su capacidad de repasivación, en el caso que esta sea dañada localmente en forma mecánica o por el inicio de un proceso de corrosión. En este trabajo se evalúa la resistencia de las películas pasivas, de los materiales considerados para el estudio, a la corrosión localizada: por picado e intersticial. Estas son las dos formas de corrosión localizada presentes frecuentemente en aceros inoxidable expuestos a ambientes conteniendo iones considerados promotores de

ataque localizado, como es el caso de los iones cloruros, presentes en abundancia en el agua de mar (30-35 g/l).

El mecanismo de la corrosión intersticial es idéntico al mecanismo de desarrollo de la corrosión por picado pero no al mecanismo de inicio. La corrosión por picado se inicia en puntos de alteración de la pasividad donde el ambiente agresivo posee acceso libre. La corrosión intersticial concentra su ataque solo en intersticios, donde la corrosión consume el oxígeno disuelto modificando la película pasiva y aumentando la concentración de cargas positivas, las cuales atraen los iones negativos presentes en el agua de mar como los cloruros. La hidrólisis de estos iones produce una solución ácida concentrada dentro de la rendija (Galvele, Duffó, 2006; Sedriks, 1979, Luperi, De Cristofaro, 2000).

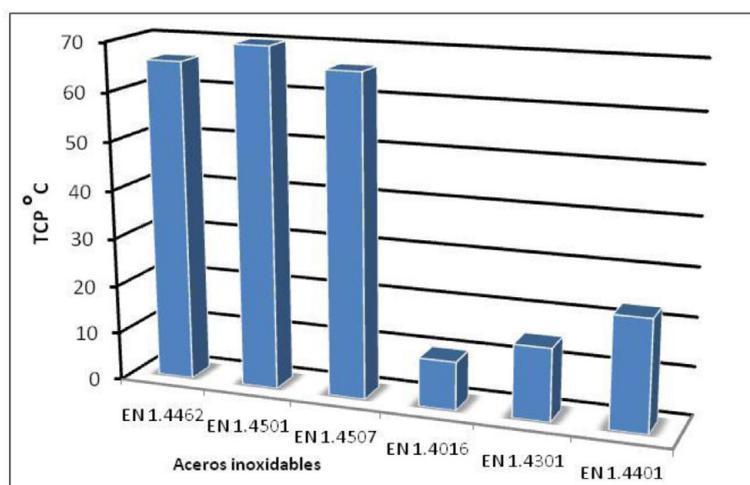


Figura 3: Valores de temperatura crítica de picado (TCP) obtenidos utilizando la metodología de la norma ASTM G48, método A, en agua de mar.

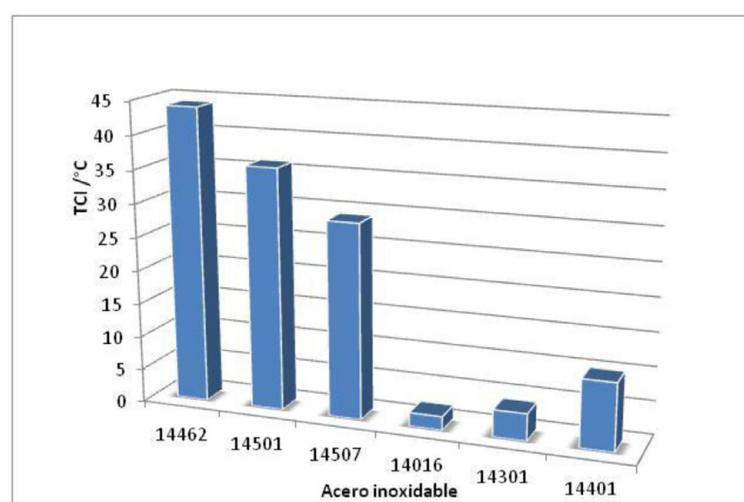


Figura 4: Valores de Temperatura Crítica Intersticial (TCI) obtenidos utilizando la metodología de la norma ASTM G48, método B, en agua de mar.

Para evaluar la resistencia de las películas pasivas presentes en la superficie comercial de los materiales examinados (acabado 2B), en un ambiente ácido, como el formado en los intersticios durante el proceso de corrosión intersticial, se utilizó la técnica electroquímica de determinación de la calidad de la película pasiva, previamente descrita (técnica galvanostática, programa 1, Figura 2). Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 5. El tiempo transcurrido entre la aplicación de la corriente catódica de disolución y la estabilización del potencial, en la zona activa (-0.9 V vs. OCP), fue considerado el tiempo empleado para la pérdida de la pasivación metálica, tiempo de depasivación. Cuanto mayor es el tiempo transcurrido, mayor es la resistencia del material a perder su estado pasivo. La disolución de la película (tiempo de depasivación), presente sobre la superficie del acero inoxidable EN 1.4016, ocurrió después de 14 s de la aplicación de $-3.0E^{-5}$ A/cm². Una mayor estabilidad en el electrolito presentó el acero EN 1.4301 que mostró un tiempo de depasivación de 28 s, mientras que el acero EN 1.4401 presentó la mejor calidad de película pasiva mostrando un tiempo superior a los 36 s. Los tres aceros de alta aleación examinados se mantuvieron pasivos por todo el período de prueba (180 s).

La capacidad de regenerar la película pasiva de un acero inoxidable, dañada localmente en forma mecánica o por el inicio de un proceso de corrosión, reviste una gran importancia en condiciones de ejercicio, ya que esta capacidad incidirá en la vida útil de equipos y accesorios. Mediante la aplicación de la técnica de evaluación de la capacidad de pasivación, (técnica potenciostática, programa 2) se ha evaluado la calidad del acero inoxidable a través de su capacidad para recrear la película pasiva, en el ambiente del ensayo. Para realizar esta evaluación los aceros inoxidables fueron evaluados con una superficie libre de su película pasiva. La eliminación de dicha película se realizó con un doble procedimiento de eliminación: mecánica (proceso de pulido previamente descrito) seguido de un proceso de disolución sometiendo al electrodo de trabajo a una disolución catódica (aplicación de un potencial de -1V Vs.OCP por 180 s).

Los resultados obtenidos han mostrado que, en las condiciones del ensayo, solamente el acero inoxidable EN 1.4016 pierde las características pasivas mostrando un tiempo de depasivación medio de 65,1 s. Los otros aceros inoxidables estudiados se mantuvieron pasivos por todo el período de prueba (180s).

La mayor resistencia de la película pasiva mostrada por el acero EN 1.4401 (11,04% de Ni; 2,04% de Mo; 17,20% de Cr), comparada con la del acero EN 1.4301 (8,10 % de Ni; 0,29% de Mo; 18.32% de Cr), en ambiente ácido, está justificada por su mayor contenido en níquel, y molibdeno en la aleación.

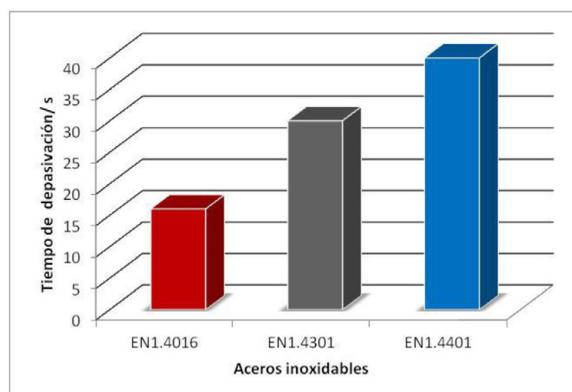


Figura 5: Tiempo de depasivación medio obtenido para los aceros inoxidables EN 1.4016, EN 1.4301 y EN 1.4401 en NaCl 0,5 M.

Es conocido que el níquel, si bien no influye la capacidad de pasivación de los aceros inoxidables, contribuye fundamentalmente a aumentar la resistencia de las películas pasivas en ambiente ácido reductor como consecuencia de un enriquecimiento de este elemento en la película protectora (De Cristofaro, Torella, 1995). La fórmula de cálculo del PREN sugiere que el molibdeno es 3.3 veces más efectivo que el cromo para mejorar la resistencia a las picaduras. El cromo en cambio proporciona la característica de pasividad del material. El molibdeno no puede proporcionar esta cualidad, pero mejora significativamente la resistencia a la corrosión localizada por picado del acero inoxidable. El agregado de molibdeno, disminuye la velocidad de disolución de la película a través de un oxi-hidroxido de molibdeno formado en las zonas de disolución localizada (Pallotta, et al., 1986; De Cristofaro, 1999).

La baja resistencia del acero EN 1.4016 (0,175% de Ni; 0,25% de Mo; 16,25% de Cr), se justifica fundamentalmente por su menor contenido de cromo, níquel y molibdeno.

CONCLUSIONES

La necesidad de utilizar materiales de alta fiabilidad, libres de mantenimiento por tiempo prolongado, hace que pensemos en usar materiales de alta resistencia a la corrosión. Las consideraciones que limitan su uso son un alto costo y el hecho de ser materiales de importación. Estos factores limitan su empleo, fundamentalmente, a componentes críticos. Por este motivo los tres aceros inoxidables de alta aleación examinados (EN 1.4501, EN 1.4507 y EN 1.4462) presentan excelente resistencia a la corrosión por picado e intersticial, y podrán utilizarse solamente en aquellos componentes críticos donde se requieran condiciones de alta seguridad.

El acero inoxidable EN 1.4401 (AISI 316) puede emplearse en el agua de mar donde la probabilidad de formación de depósitos superficiales sea baja, debido a que podría presentar corrosión intersticial si la geometría de intersticio es idónea a desarrollar este tipo de corrosión.

Los aceros inoxidables EN 1.4016 (AISI 430) y EN 1.4301 (AISI 304) pueden presentar corrosión localizada en agua de mar aún en ausencia de depósitos superficiales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la revisión de texto a la profesora A. M. De Cristóforo.

REFERENCIAS

DI PRÁTULA H. et al., (2018). "Desarrollo de turbinas hidrocinéticas y estudio de la resistencia de materiales, en aguas dulces y marinas, en diferentes condiciones fluidodinámicas". II Congreso de Energías Sustentables, Buenos Aires, Bahía Blanca, 8-10 octubre 2018.

GALVELE, J.R., DUFFO, G.S., (2006). "Degradación de Materiales–Corrosión". Monografía Tecnológica No. 3. Instituto Sabato. Universidad Nacional de San Martín. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires (2006).

INTERNATIONAL MOLYBDENUM ASSOCIATION – IMO. Practical guidelines for the Fabrica-

tion of High Performance Austenitic Stainless Steels. https://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Austenitics.pdf, (2019).

LAZZARI, L., PEDEFERRI, P., (2000). "Protezione Catodica", McGraw Hill, Milano (2000).

DE CRISTOFARO, N., MENEGALI, D., (2000). "Effetto del trattamento di finitura superficiale sul comportamento attivo-passivo dell'acciaio inossidabile AISI 304" (2000). AIMAT, Spoleto, 17-21 Julio (2000).

Stability of Passive Films on Stainless Steels with different Surface Finishes, International Society of Electrochemical, N. De Cristofaro, S. Luperi and V. Ferrari, 51st International Society of Electrochemical Meeting, Warsaw, Poland, August (2000).

DE CRISTOFARO, N., PIANTINI, M., ZACCHETTI, N., (1999), "Effect of surface finish on the passivity and passivity breakdown of austenitic AISI 304 stainless steel". Proceedings of the International Stainless Steels '99-Chia Laguna, Sardinia, 6-9 Junio (1999).

DE CRISTOFARO, N., PIANTINI, M., ZACCHETTI, N., (1997). "The influence of temperature on the passivation behaviour of a super duplex stainless steel in a boric -borate buffer solution". Corrosion Science. 12, (1997).

BAULANGE-PETERMANN, L., et al., (2002). "Improvement of the cleanability and disinfection of stainless steel surfaces for the food industry (dairy and meat)". Technical Steels Research Series. EUR 20476 EN (2002).

BAULANGE-PETERMANN, L., et al., (2006). "Improvement of the surface performance of stainless steel regarding health and food industry applications". Technical Steels Research Series. EUR 22381 EN (2006).

SZLARSKA-SMIALOWSKA, Z., (1976). "Pitting Corrosion of Metals", NACE, Houston (1976).

GUNN, R.N. Duplex stainless steels. Microstructure, properties and applications. Cambridge - England: Abington Publishing, 2003. 204 p.

INTERNATIONAL MOLYBDENUM ASSOCIATION – IMOA. Directrices Prácticas para la Fabricación de Aceros Inoxidables Dúplex. https://www.imoa.info/download_files/stainlesssteel/Duplex_Stainless_Steel, (2019).

Standard test methods for pitting and crevice corrosion resistance of stainless steels and related alloys by use of ferric chloride solution, ASTM G48-1992.

Standard test method for Electrochemical Critical Pitting Temperature Testing of Stainless Steels and Related Alloys, ASTM G150-2004.

SEDRIKS, J., (1979). "Corrosion of Stainless Steels" Wiley and Sons, New York (1979).

LUPERI, S., DE CRISTOFARO, N., (2000). "Stability of passive films on stainless steels with different surface finishes". 51 st International Society of Electrochemical, ISE, Varsovia, Polonia 08 Agosto (2000).

SEDRIKS, J. (1986). Effects of alloy composition and microstructures on the passivity of stainless steels. Vol. 42, 7 (1986).

DE CRISTOFARO, N., TORELLA, R. (1995). Corrosion behaviour of 18% stainless steel with and without molybdenum and copper additions. International Conference, Corrosion in Natural and Industrial Environments; Problems and Solutions, NACE International Italia section, Grado, 23-25 Mayo (1995).

PALLOTTA, C. et al., (1986). "The Influence of Temperature of the Role of Chromium in the Passive Layer in Relation to Pitting Corrosion of AISI 316 Stainless Steel in NaCl Solutions". Electrochimica Acta, 10, 1265 (1986).

DE CRISTOFARO, N. (1999). "Passivity and Passivity Breakdown of 13% Cr, 15 % Cr and 13Cr-5Ni2MoN Stainless Steels in Chloride Containing Solutions". in "Advances in corrosion control and materials in oil and gas production" Ed. Jackman and L. M. Smith, The European Federation of Corrosion, London, 322-331 (1999).

ANÁLISIS REFLEXIVO DE ALCANCES, EJES TEMÁTICOS, TÓPICOS DE INTERÉS Y TENDENCIAS EN LA ASIGNATURA INGENIERÍA Y SOCIEDAD

Fecha de Recepción: 31 de Marzo de 2019 • Fecha de Aceptación: 05 de Setiembre de 2019

Ferrando, Karina*; Páez, Olga; Forno, Jorge.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Avenida Ramón Franco 5050 (1874) Villa Dominico, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

**Autor a quién la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: kferrando@fra.utn.edu.ar

RESUMEN

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) posee más de treinta facultades en todo el país y ofrece 15 terminales dentro de la ingeniería. En su currículo aparece, a partir de la reforma de 1995, una única asignatura de carácter obligatorio en el área de ciencias sociales: Ingeniería y Sociedad. Desde ella se estudian las relaciones entre el desarrollo del sector productivo, la sociedad y el conocimiento científico tecnológico, cuya complejidad requiere de un marco teórico superador de la visión instrumental o artefactual que se tiene de la ingeniería y la tecnología, para lo cual optamos por el enfoque de los ECTS. Este artículo analiza los ejes temáticos de los trabajos presentados por docentes de la asignatura a lo largo de tres

Jornadas Nacionales de Ingeniería y Sociedad (JISO) realizadas en 2014, 2016 y 2018. Se busca identificar tópicos de interés, ejes transversales e inquietudes teóricas que han aparecido y delineado tendencias pensando en un cambio de diseño curricular que tendrá lugar en 2020. Algunos ejes temáticos fueron: La Argentina y el mundo actual; Problemas sociales contemporáneas; Ciencia, Tecnología y Desarrollo; Política de desarrollo nacional y regional; Universidad y Tecnología. Se aportaron elementos teóricos para enriquecer la práctica docente y la investigación.

Palabras Claves: Ciencia, tecnología, sociedad, enseñanza, ingeniería.

ABSTRACT

The National Technological University (UTN) has more than thirty faculties throughout the country and offers 15 terminals within the discipline. In its curricula it appears, from the 1995 reform, a single compulsory subject in the area

of social sciences: Engineering and Society. From it, the relationships between the development of the productive sector, society and scientific and technological knowledge are studied, whose complexity requires a theoretical

framework that overcomes the instrumental or artifactual vision of engineering and technology, for which we opt for the ECTS approach. This article analyzes the thematic axes of the papers presented by teachers of the subject throughout three National Engineering and Society Days (JISO) held in 2014, 2016 and 2018. The aim is to identify topics of interest, cross-cutting themes and theoretical concerns that they have appeared and outlined trends thinking about a change of curricular design that will

take place in 2020. Some thematic axes were: Argentina and the current world; Contemporary social problems; Science, Technology and Development; National and regional development policy; University and Technology Theoretical elements were contributed to enrich teaching practice and research.

Key-words: Science, technology, society, education, engineering

INTRODUCCIÓN

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) es una institución pionera en la formación de ingenieros en Argentina. Posee más de treinta Facultades en todo el país y ofrece 15 terminales dentro de la disciplina. En su currículo aparece, a partir de la reforma de 1995, una única asignatura de carácter obligatorio en el área de ciencias sociales. Se trata de Ingeniería y Sociedad. Desde este espacio se espera abordar el estudio de las relaciones entre el desarrollo del sector productivo, la sociedad y el conocimiento científico tecnológico, cuya complejidad requiere, a nuestro entender, de un marco teórico superador de la visión instrumental o artefactual que se tiene de la ingeniería y la tecnología.

Este trabajo analizará los ejes temáticos de los trabajos presentados por docentes de la asignatura a lo largo de tres Jornadas Nacionales de Ingeniería y Sociedad (JISO) realizadas en los años 2014, 2016 y 2018. Se buscará identificar tópicos de interés, ejes transversales e inquietudes teóricas que fueron apareciendo y han ido delineando tendencias, sobre todo, pensando en un próximo cambio de diseño curricular que tendrá lugar en 2020. Las Jornadas de Ingeniería y Sociedad se realizaron en las Regionales: Buenos Aires (2014), Chubut (2016) y Avellaneda (2018).

Con la finalidad de ofrecer un ámbito de reflexión entre docentes e investigadores para intercambiar experiencias y conocimientos, algunos ejes temáticos propuestos fueron: La Argentina y el mundo actual; Problemas sociales contemporáneos; Ciencia, Tecnología y Desarrollo; Política de desarrollo nacional y regional; Universidad y Tecnología.

En todas las ediciones de las JISO se han presentado trabajos (que luego fueron publicados), se realizaron talleres que abordaron contenidos con el objetivo de conformar un marco teórico común; y hubo conferencias de diversos especialistas quienes aportaron elementos teóricos para enriquecer la práctica docente y la investigación.

DESARROLLO

Ingeniería y Sociedad es una asignatura obligatoria de primer año para todas las especialidades y pertenece, dentro del grupo de Materias Básicas, al área de Ciencias Sociales. En este grupo de asignaturas se ubican aquellas que permiten relacionar la sociedad, la tecnología y el trabajo

profesional, esperando que en forma integrada, permitan al alumno analizar los problemas de la sociedad, y en especial, de la especialidad elegida. Esto le dará la oportunidad de observarlos desde el punto de vista social e ingenieril.

El área tiene como objetivos formar ingenieros con conocimiento de las relaciones entre la tecnología y el grado de desarrollo de las sociedades y lograr ingenieros que interpreten el marco social en el que desarrollarán sus actividades e insertarán sus producciones.

Esta asignatura es obligatoria para todas las especialidades de Ingeniería, se cursa en el primer año y tiene una carga horaria de 64 horas.

En la Facultad Regional Avellaneda (FRA) se inscribe dentro del campo disciplinar de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ECTS), cuyo objetivo es la contextualización histórico social del conocimiento científico-tecnológico. Se trata de un campo interdisciplinario diverso, ya que está constituido por abordajes sociológicos, filosóficos, económicos e históricos. Es prioritario para nosotros trabajar desde esta perspectiva, que creemos contribuye a fortalecer un proyecto pedagógico orientado a la formación de ciudadanos críticos y de ingenieros capaces de comprender e intervenir responsablemente en la resolución creativa de problemas científicos, tecnológicos y sociales complejos.

Estos objetivos están en línea con lo que propone el Estatuto de la UTN. Según se expresa en él la misión de la universidad se extiende a “preparar profesionales en el ámbito de la tecnología capaces de actuar con eficiencia, responsabilidad, creatividad, sentido crítico y responsabilidad social, para satisfacer las necesidades del medio socio productivo y para generar y emprender alternativas innovadoras que promuevan sustentablemente el desarrollo económico nacional y regional, en un marco de justicia y solidaridad social.” (artículo 2°, inciso a).

En cuanto a la inserción profesional de los ingenieros, el diseño y desarrollo de la tecnología demanda de manera creciente no solo el desarrollo económico sino también el considerar sus consecuencias e impactos. Actualmente se entiende que el desarrollo tecnológico es producto de la actividad humana, o sea de un complejo entramado de diferentes actores sociales con valores y prácticas propias que excede lo técnico y lo científico.

Es así que desde la asignatura Ingeniería y Sociedad es prioritario plantear una formación ingenieril acorde a esos objetivos. En relación a esta visión de la educación tecnológica creemos necesario dotar a los estudiantes de herramientas que les permitan actuar en escenarios profesionales, políticos y sociales diversos, no solo en los aspectos puramente técnicos.

Desde la asignatura se plantea el problema de la visión de túnel ingenieril. Para Pacey (1990) “La visión de túnel en actitudes frente a la tecnología se extiende mucho más allá de quienes han recibido educación especializada, pues afecta también la toma de decisiones políticas e influye en las expectativas populares [...] Pero todos estos problemas (seguridad militar, contaminación, cura del cáncer) tienen un componente social. Abrigar la esperanza de una solución técnica para cualquiera de ellos, que no incluya medidas culturales y sociales, es moverse en un terreno ilusorio [...] Muchos profesionales de la tecnología son muy conscientes de que los problemas que enfrentan tienen implicaciones sociales, pero no saben con certeza la forma de manejarlos. Considerar únicamente los detalles técnicos y dejar de lado otros aspectos, es la opción más cómoda y, después de todo, la manera en que fueron educados”. Formar profesionales que superen la visión de túnel es primordial para lograr su futuro inserción en este entorno productivo complejo.

López Cerezo y Valenti (2000) sostienen: “En general, educar para la participación es propiciar cambios en los contenidos y las formas de la educación tecnológica. En los contenidos recogiendo

una imagen de la tecnología donde, además de los aspectos técnicos, queden adecuadamente resaltados los aspectos culturales y organizativos de las distintas tecnologías. El fracaso de proyectos tecnológicos en el mundo real, piénsese en obras públicas, biotecnologías o la propia energía nuclear, no siempre se debe a una falta de excelencia técnica por parte del profesional implicado sino con frecuencia a una falta de sensibilidad social para apreciar adecuadamente las dimensiones cultural y organizativa de la tecnología. Pero, además, el propio proceso enseñanza-aprendizaje en educación tecnológica debe realizar cambios metodológicos, didácticos y actitudinales de forma que la participación y la innovación sean también llevadas al aula.”

Situándonos en nuestra región y sus complejos problemas sociales nos parece pertinente incorporar el abordaje que plantea el enfoque de tecnologías para la inclusión social (TDIS). Hernán Thomas (2012) define a las tecnologías para la inclusión social como “formas de diseñar, desarrollar, implementar y gestionar tecnologías orientadas a resolver problemas sociales y ambientales, generando dinámicas sociales y económicas de inclusión social y de desarrollo sustentable”.

Thomas et al (2015) plantean que en el enfoque TDIS los actores interactúan dentro de Sistemas Tecnológicos Sociales. Esta interacción, en la que los ingenieros juegan un rol central, puede implicar la gestación de dinámicas locales de innovación, la apertura de nuevas líneas de productos, de nuevas empresas productivas, además de novedosas formas de organización de la producción y de nuevas oportunidades de acumulación así como la generación de nuevos sectores económicos, redes de usuarios intermedios y proveedores. Estas nuevas dinámicas pueden ocurrir tanto en el plano local como en el regional o internacional Señala el autor que la adopción de estas dinámicas como estrategia y política activa de desarrollo orientada a superar los problemas sociales y ambientales del conjunto de la población posibilitaría la construcción de sistemas socio-económicos más justos en términos de distribución de renta, y más participativos en términos de toma de decisiones colectivas.

El enfoque TDIS plantea una oposición a la visión tradicional de que solo el crecimiento económico o el aumento del Producto Bruto Interno generan desarrollo. El impacto de la ampliación de las capacidades cognitivas y tecnológicas de las personas y las comunidades o la capacidad de reconocer objetividades diferenciadas y, por lo tanto, adecuar las prácticas y las formas de organizar la producción y circulación de bienes son factores que los ingenieros no deben dejar de tener en cuenta a la hora de diseñar y desarrollar soluciones tecnológicas

Si bien existe en la UTN una lista de ejes temáticos a modo de contenidos mínimos, la priorización temática a partir de la cual se organiza el programa en nuestra Facultad Regional se centra en los ejes de Ciencia, Tecnología y Desarrollo, siempre en relación con el rol del ingeniero, y van de lo general (Revoluciones industriales, aparición de la tecnología y de la Ingeniería como profesión) a lo particular (situación de Argentina en el contexto regional y mundial y Rol del Ingeniero en ese contexto), adquiriendo un orden de complejidad incremental en el desarrollo de los temas, en el sentido que es a partir de lo aprendido en la primera unidad, que podemos pasar al desarrollo y comprensión de los temas abordados en la segunda y así sucesivamente.

La modalidad de dictado de la asignatura es de carácter teórico-práctica. Algunas de las actividades que realizan los alumnos con la supervisión del docente durante las clases tiene que ver con la lectura de los diferentes materiales propuestos por la cátedra y el análisis de los mismos, tanto en forma individual como en grupo. La discusión acerca de los tópicos trabajados y la puesta en común de las conclusiones redactadas a modo de respuesta de las consignas propuestas. Además del aprendizaje en contenidos promovemos el desarrollo de habilidades de expresión oral y

escrita, esenciales para el futuro desempeño profesional.

Las Jornadas de Ingeniería y Sociedad (JISO)

Aunque la asignatura comenzó a dictarse en 1995, recién en 2014 se promovió organizar un encuentro entre los docentes para discutir en torno a los ejes temáticos que se relacionan con los contenidos de la asignatura.

Han sido objetivos de las convocatorias (reiterados en las sucesivas ediciones)

1. Generar un ámbito para el intercambio de experiencias y conocimientos que permita difundir e impulsar el papel que tienen los conocimientos científicos y tecnológicos en la sociedad.
2. Profundizar a partir del debate y la reflexión la importancia nacional y regional del desarrollo sostenible y el crecimiento económico del país y sobre las herramientas para lograrlo.
3. Impulsar el desarrollo de estudios sociales sobre temas inherentes a las vinculaciones entre la ingeniería, la tecnología, la ciencia y la sociedad.
4. Propiciar la investigación, reuniones científicas y difundir las innovaciones realizadas en las diferentes regionales de la UTN y otras universidades nacionales en temas vinculado con la gestión de la ciencia, la tecnología y su vinculación con la sociedad.
5. Promover lazos de cooperación, brindar un espacio para la generación de acuerdos intra e interinstitucionales tendientes a intercambiar ideas y proyectos comunes.
6. Fortalecer la formación de recursos humanos en las diferentes regionales del país.
7. Exponer y publicar los trabajos de investigadores y docentes relacionados con la Ingeniería y Sociedad.

Para ello se delimitaron ejes temáticos en los que se presentarían los trabajos. Los ejes para presentación de trabajos fueron:

1. La Argentina y el mundo actual
2. Los problemas sociales contemporáneos
3. Pensamiento científico
4. Ciencia, tecnología y desarrollo
5. Política de desarrollo nacional y regional
6. Universidad y tecnología

Cada encuentro tuvo un tema convocante:

JISO 2014: Ingeniería y Sociedad por la Inclusión y el Desarrollo Sostenible.

JISO 2016: Gestión del Conocimiento y Desarrollo

JISO 2018: Tecnologías para el Desarrollo Inclusivo y Sustentable

La visión de los docentes en las conclusiones de un taller de las JISO 2016

Ferrando y Ramallo (2016) realizaron un trabajo a partir de las conclusiones de los resultados de un Taller en el que participaron docentes de la asignatura Ingeniería y Sociedad de la Universidad Tecnológica Nacional con el propósito de analizar los contenidos y objetivos de la misma, puestos en relación con la formación de Ingenieros, como parte de las JISO 2016. En el mismo se tomaron tres categorías en vista a lograr consensos respecto de los ejes que atraviesan la asignatura. Estas fueron: visión de la ingeniería, finalidad de la materia y lineamientos básicos.

Según el análisis de las autoras en cuanto a la visión de la ingeniería el trabajo de los grupos mostró un predominio de las miradas que relacionan a la ingeniería con la ciencia, tecnología y

sociedad. Las visiones humanísticas-sociales que definen de una manera amplia y abarcativa a la ingeniería fueron preponderantes frente a las estrictamente productivas.

Se puede identificar a partir de esta visión de la ingeniería una concepción de la profesión compatible con las necesidades de una sociedad que de manera cada vez más notoria desea llegar al desarrollo de forma sustentable. Supone partir de la comprensión de una realidad social y de los desafíos que impone este perfil innovador del ingeniero, el fortalecimiento de su vocación creadora en la construcción del desarrollo local, nacional y regional.

Con respecto a la finalidad de la materia se destacó la de “Formar ingenieros críticos, con capacidad de transformación y responsables”. Desde ese propósito se señala que el enfoque ECTS es adecuado para generar una visión holística-integral de la ingeniería a través de la cual se pueda formar un ingeniero crítico, transformador y responsable técnica-social y políticamente.

El trabajo de los participantes en el taller acerca de la finalidad de Ingeniería y Sociedad permite una reflexión acerca de la visión social de la profesión de la ingeniería. Esa reflexión resulta fundamental para promover en los estudiantes el desarrollo de una actitud crítica y proactiva ante la incidencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad en la que se desempeñará como profesional.

Finalmente, y en relación con los lineamientos básicos de la asignatura, los participantes mostraron su interés por priorizar entre otros los siguientes contenidos: la Argentina y el mundo actual; problemas sociales contemporáneos; Ciencia, tecnología y desarrollo y Universidad y Tecnología.

RESULTADOS

Tomando como insumo la cantidad de trabajos presentados en las tres ediciones de las JISO, los ejes temáticos propuestos, la realización de talleres y conferencias y el número de autores se pueden observar los siguientes resultados.

Cantidad de trabajos recibidos:

En las Jornadas de Ingeniería y Sociedad se han presentado un total de 157 trabajos: 61 en 2014, 59 en 2016 y 37 en 2018. Como se muestra en la Figura 1 a medida que se fueron realizando los encuentros, se observa una disminución en la cantidad de trabajos presentados, pero se aprecia la presencia de trabajos realizados por equipos de docentes (al inicio eran de un solo autor) e incluso, en la segunda y tercera edición, aparecen trabajos colaborativos interfacultades.

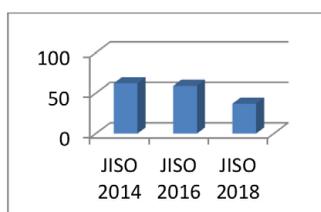


Figura 1: Cantidad de trabajos presentados en las Jornadas de Ingeniería y Sociedad

La tendencia a presentar un mayor número de trabajos en determinados ejes es de suma utilidad para entender las tendencias en los contenidos y los aportes teóricos que interesan a los docentes de la materia. Los ejes temáticos que han recibido mayor cantidad de trabajos, como se ve en la Figura 2, han sido, en primer lugar el de Ciencia, tecnología y desarrollo con 44 trabajos, seguido por el de Argentina y el mundo actual con 39 trabajos. Aunque, al ahondar respecto del contenido, casi todos los envíos remiten a cuestiones de propuestas de desarrollo sustentable propuestas para encarar el desarrollo nacional en el contexto latinoamericano.

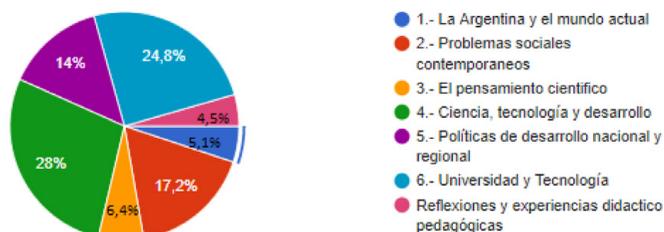


Figura 2: Trabajos recibidos por eje temático

Como indica la Figura 3, los trabajos siempre han oscilado entre desarrollar un tema ya existente en el programa hacia la propuesta de ampliar el marco teórico e incluso agregar temas o autores nuevos. Esta tendencia se ve cada vez en mayor medida, y siempre, las propuestas tienden a colocar temas del campo de los ECTS.

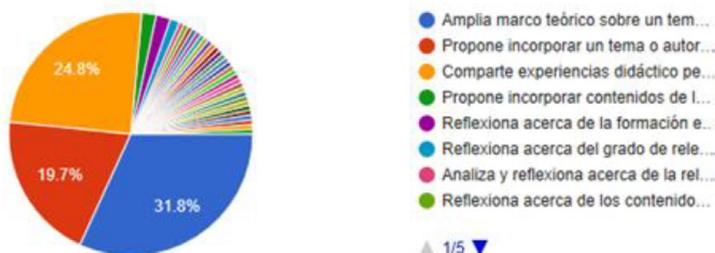


Figura 3: Tenor del trabajo presentado

Al inicio, los trabajos fueron individuales pero como se puede ver en la Figura 4, con el correr de las ediciones se viró al formato de colaboración entre equipos de docentes de la cátedra.

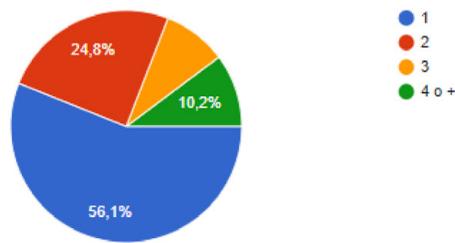


Figura 4: Cantidad de autores

En la Figura 5, A pesar de ser casi todos trabajos presentados desde una única Facultad Regional, en el segundo y tercer encuentro pudimos observar la aparición de algunos trabajos en colaboración entre dos o más Facultades.

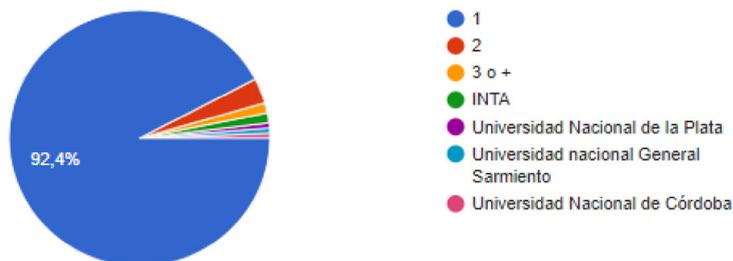


Figura 5: Cantidad de facultades regionales que participaron.

Cantidad de Talleres organizados en cada edición

En 2014 y 2016 fueron encuentros de trabajo entre docentes para discutir respecto de los ejes temáticos, pensar en identificar un eje transversal como para organizar en torno a ese el resto de los contenidos.

En 2018 se organizó un Taller teórico práctico sobre el tema convocante: Tecnologías para el Desarrollo Inclusivo y Sustentable. El mismo tuvo una duración de varias horas donde hubo una Conferencia magistral y luego de formaron grupos de trabajo, todo coordinado por el Dr. Hernán Thomas y los miembros de la RedTISA y el IESCT UNQ.

Conferencias en cada edición:

Las conferencias versaron sobre temas de interés común para la asignatura, salvo una de las dos de JISO 2016 que fue sobre un tema teórico de ECTS: “Filosofía y sociología de la ciencia” y, en JISO2018, también un tema teórico de ECTS: “Tecnologías para el Desarrollo Inclusivo y Sustentable”.

CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se han analizado los ejes temáticos de los artículos presentados por docentes de la asignatura Ingeniería y Sociedad de la UTN a lo largo de tres Jornadas Nacionales

de Ingeniería y Sociedad (JISO) realizadas en 2014, 2016 y 2018.

A partir de la información analizada en cuanto a autores, ejes temáticos predominantes, conclusiones de talleres y conferencias realizadas se han podido identificar tópicos de interés, ejes transversales e inquietudes teóricas que han aparecido y delineando tendencias.

Se puede observar que Ingeniería y Sociedad como área interdisciplinaria se propone construir un objeto de estudio centrado en la relación entre la ciencia y la tecnología, hoy atravesada por el nuevo paradigma del desarrollo sustentable. Esta visión supone no sólo una visión crítica de la ingeniería, que comprende el poder de lo que produce y su capacidad de impacto tanto en lo ambiental como en lo humano, lo social y lo político, sino también una comprensión proactiva de lo social, la sociedad es construida a través de numerosos esfuerzos compartidos.

Según las temáticas analizadas se observa que la asignatura se orienta a desarrollar capacidades inherentes a la comprensión del impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, de síntesis y el espíritu crítico de los futuros ingenieros. Por otro lado, se propone brindar herramientas para movilizar la vocación creativa, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, bajo el supuesto que el desarrollo de las mismas posibilitará una inserción competitiva y crítica en la sociedad nacional y regional.

Definir a los contenidos atravesados por la interdisciplina, nos conduce a la definición de un objeto de estudio, elemento central en toda propuesta de enseñanza, fundamental para vertebrar el resto de los contenidos de la materia. Sostenemos que la incorporación de contenidos ECTS resulta pertinente ya que esto atendería al contexto dinámico de los cambios políticos, tecnológicos, económicos y productivos de un desarrollo social basado en la gestión del conocimiento.

El enfoque de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (ECTS) brinda a la formación de los futuros ingenieros una mirada crítica, acertada y concisa de este entramado sistémico pluridimensional, una manera de comprender la relación ciencia-tecnología-ingeniería-industria en un mundo complejo y cambiante.

Hemos visto, a lo largo de los encuentros, que ha crecido de manera considerable la cantidad de trabajos enviados al eje Ciencia, tecnología y desarrollo, por sobre el resto, e inclusive, el eje de Pensamiento científico, prácticamente no ha recibido contribuciones.

Por otro lado observando el número de autores por trabajo se puede notar una tendencia al trabajo en equipo por sobre las contribuciones individuales. Esto tiene relación con la interdisciplinariedad de los contenidos propuestos y con una tendencia al trabajo en equipo creciente en el ámbito profesional en general y de la ingeniería en particular, que desde la asignatura también se busca promover entre los estudiantes.

La presentación de trabajos interfacultad que se pudo observar en 2018 nos muestra una tendencia a la actividad colaborativa que no solo abarca a las disciplinas sino también a las problemáticas de las regiones en las que está presente la UTN, una universidad de características únicas en el país por ser pública, tecnológica y abarcar problemáticas productivas de distintas regiones con sus particularidades específicas. Por otra parte esta modalidad de presentación promueve la generación de criterios comunes en cuanto a la formación profesional de los futuros ingenieros en relación con las distintas necesidades productivas y sociales del país.

Si bien entendemos que a partir de los resultados analizados en los tres eventos JISO la mayoría de los docentes han mostrado un interés por considerar el campo disciplinar de los ECTS como el más propicio para organizar la asignatura en torno a él, creemos necesario promover la actualización de los contenidos del área, a través de las actividades de investigación y formación,

como también la conexión con el medio laboral y social, como formas de retroalimentación de conocimientos y experiencias necesarias para enriquecer la práctica académica.

En momentos en que se trabaja respecto del rediseño del currículo de las carreras de Ingeniería basado en competencias, y, en función del material presentado, se pone de manifiesto el aporte, en ese sentido de la asignatura Ingeniería y Sociedad para la formación de ingenieros comprometidos con la realidad de nuestro país y la región. Esto se encuadra dentro del perfil de ingeniero propuesto en el Libro Rojo (2018): “La carrera de ingeniería deberá tener un perfil de egreso explícitamente definido por la institución sobre la base de su Proyecto Institucional y de las actividades reservadas definidas para cada título, con el objetivo que el graduado posea una adecuada formación científica, técnica y profesional que habilite al ingeniero para aprender y desarrollar nuevas tecnologías, con actitud ética, crítica y creativa para la identificación y resolución de problemas en forma sistémica, considerando aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales desde una perspectiva global, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad”.

REFERENCIAS

BECERRA, L. (2016). Análisis crítico de modelos de desarrollo, Documento de trabajo IESCT-UNQ N° 2. Bernal: IESCT-UNQ. (2016).

CONFEDI (2018) Libro Rojo. Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina. Universidad FASTA Ediciones. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf (Último acceso: 22/05/2019)

FERRANDO, K. (2016). Formas de inclusión de contenidos CTS en el currículo de carreras de Ingeniería presentado en CAESCYT 2016 - Segundo Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. San Carlos de Bariloche, 30 de noviembre al 2 de diciembre. ISBN 978 987 558 396 2.

FERRANDO, K. Y RAMALLO M. (2017). Análisis de la asignatura Ingeniería y Sociedad. Un aporte al campo interdisciplinar. En Cuenca Pletsch, Liliana et al (2017) CLADI 2017 Congreso Latinoamericano de Ingeniería.: ISBN 978-987-1896-84-4. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/14_cYKUGXflsAdt6bdyZA-Y7_koGaP4Gr/view (Última fecha de acceso 23/5/ 2019).

FERRANDO, K., RAMALLO, M. Y RAYNOLDI, S. (2018). Tecnologías para el desarrollo inclusivo y sustentable. III Jornadas de Ingeniería y sociedad JISO 2018. ISBN 9789879883563. Disponible en: <http://www.fra.utn.edu.ar/upload/810c156010d3231d7ed7ab4eaf687aec.pdf> (Última fecha de acceso 23/3/2019)

LÓPEZ CERREZO, J. Y VALENTI, P. (2000). Educación Tecnológica en el siglo XXI. En Polivalencia N° 8, Revista de la Fundación Politécnica/Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/edutec.htm> (Última fecha de acceso 23/3/ 2019).

PACEY, A. (1990). La cultura de la tecnología. Fondo de Cultura Económica. México.

RAMALLO, M., PERUSSET, M, NAPOLI, F. Y OTROS (compiladores) (2014). Aportes actuales acerca de las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad Una mirada múltiple de la Ingeniería y Sociedad. Buenos Aires. Editorial CEIT. ISBN 9789871978182.

RAMALLO, M. Y RAYNOLDI, S. (Compiladores) (2016). Libro de trabajos JISO 2016: Jornadas Nacionales de Ingeniería y Sociedad: Gestión del Conocimiento y Desarrollo- Puerto Madryn, 19 y 20 de mayo. ISBN 978-987-1896-59-2. Sitio web de referencia: http://www.edutecne.utn.edu.ar/jiso/Libro_II_JISO.pdf (Última fecha de acceso 23/3/ 2019).

RECTORADO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (1992) (Documento de circulación interna en la UTN)

THOMAS, H. (2012). Tecnologías para la inclusión social en América Latina: de las tecnologías apropiadas a los sistemas tecnológicos sociales. Problemas conceptuales y soluciones estratégicas en Thomas, Hernán; Fressoli, Mariano; Santos, Guillermo Tecnología, desarrollo y democracia: nueve estudios sobre dinámicas socio-técnicas de exclusión/inclusión social. Buenos Aires. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Nación.

THOMAS, H., JUÁREZ P. y PICABEA F. (2015). ¿Qué son las Tecnologías para la inclusión social? Cuadernillo 1 de la Colección Tecnología y desarrollo. RedTisa. Buenos Aires, UNQ.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (2011). Estatuto de la Universidad Tecnológica Nacional. Disponible en <https://www.utn.edu.ar/images/Secretarias/ConsejoSuperior/estatutocompleto.pdf>. (Último acceso: 29/05/2019)

ANÁLISIS DE PERTURBACIONES EN REDES ELÉCTRICAS, CAUSAS Y CONSECUENCIAS EN SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL

Fecha de Recepción: 15 de Mayo de 2019 • Fecha de Aceptación: 4 de Setiembre de 2019

Berasategui Aguirre, Imanol E.*; Bonino, Celina E.; González, Juan M.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Paraná, Av. Almafuerde 1033, E3102 SLK, Entre Ríos, Argentina.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida
Correo electrónico: imanol.berasategui@gmail.com*

RESUMEN

En el presente artículo se desarrolla una revisión sobre la temática de la presencia de contenido armónico en redes eléctricas, incluyendo el marco regulatorio actual de nuestro país, y se analizan e integran resultados preliminares de un proyecto de investigación en actual desarrollo. Se presenta también una referencia a estudios de casos donde la presencia de perturbaciones afectó el normal desempeño de actividades industriales y productivas.

Palabras Clave: Calidad de la Energía, Armónicas, Perturbaciones, THD

ABSTRACT

In the present article it is shown a revision of the presence of harmonic content on electric networks, including the current regulatory aspect of our country, and it is also analyzed and integer the preliminary results from an investigation project, still in development. It is also included a reference from study cases, where the presence of perturbations affects the normal performance of the industrial and productive activities.

Key Words: Power Quality, Harmonics, Disturbances, THD

INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos de potencia normalmente sufren perturbaciones que son debidas a causas externas: tales como las tormentas eléctricas o fuertes vientos; o internas: como los cortocircuitos o las maniobras de elementos de la red.

A su vez, dentro de las perturbaciones más comunes, de índole “interna” o inherente al sistema se encuentra la presencia de señales armónicas cuya frecuencia es un número entero de la frecuencia fundamental del sistema eléctrico (en nuestro país 50 Hz).

Las cargas domésticas e industriales contienen cada vez más circuitos electrónicos que se alimentan de corriente que no es senoidal pura. Desde el punto de vista de la red eléctrica, esto se traduce en que ésta debe alimentar un gran número de cargas que rectifican la corriente y por ello, la forma de onda de la corriente que consumen resulta alterada, de forma que ya no es una onda senoidal, sino una superposición de ondas senoidales con frecuencias múltiplos de la frecuencia de red (armónicos).

Cabe mencionar que el mercado eléctrico es cada vez más exigente en cuanto a la provisión del servicio; no sólo se requiere un suministro sin interrupciones, sino se pretende un nivel de calidad uniforme y superior al del pasado.

Todas estas perturbaciones antes mencionadas, afectan lo que internacionalmente se denomina Calidad de la Energía y, en nuestro país, Calidad del Producto Técnico. La definición del término no es única y varía de país en país.

A continuación, se enuncian algunas definiciones tomadas de instituciones que tratan sobre el tema en diferentes partes del mundo:

-El Instituto EPRI (Electric Power Research Institute) de los Estados Unidos, por ejemplo, define la calidad de la Energía Eléctrica (Power Quality) como: “Cualquier problema de potencia manifestado en la desviación de la tensión, de la corriente o de la frecuencia, de sus valores ideales que ocasione falla o mala operación del equipo de un usuario.”

- La norma IEC 61000-2-2 define la Calidad de la Energía Eléctrica como: “Una característica física del suministro de electricidad, la cual debe llegar al cliente en condiciones normales, sin producir perturbaciones ni interrupciones en los procesos del mismo”.

-Para la norma IEEE 1159 (1995): “El término se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente eléctricas, en un tiempo dado y en una ubicación dada en el sistema de potencia”.

Podemos considerar entonces a la Calidad de la Energía como “la capacidad de un sistema eléctrico de brindar permanentemente la onda de tensión alterna de amplitud, frecuencia, forma y simetría lo más cercanamente posible a la ideal. Todo aquello que afecte alguno de los parámetros citados se considera una perturbación o evento que afecta la calidad de la onda.” (Martinez Fayó et al., 2007).

Lo antes mencionado conlleva que tanto los entes generadores de electricidad, las instituciones

de gestión y distribución de la electricidad, el ámbito industrial y en menor medida los usuarios finales, están inmiscuidos en la problemática que presenta una mala o deficiente “Calidad de la Energía”.

Durante el transcurso de este artículo se determinarán los factores que originan una calidad de energía deficiente, cuáles son sus consecuencias y las posibles soluciones que pueden ser aplicadas.

DESARROLLO

Conceptos Teóricos

Para poder abordar entonces la temática de los problemas que se presentan en la red eléctrica, tanto en baja como en media tensión, se detallan los conceptos teóricos que comprende el análisis.

-Identificación del problema

El sistema de distribución eléctrica de baja tensión se plantea idealmente como una onda sinusoidal pura. Con una amplitud de 311 [V] de pico, y una frecuencia de 50 [Hz]. Y para el caso de líneas trifásicas, estas tendrán un desfase de 120° entre sí. Sin embargo, en la vida real, este no es el caso. Las líneas eléctricas comerciales presentan muchas imperfecciones en su onda. Estas pueden ser inherentes a la red, u ocasionadas por agentes externos. Es por eso que se diferenciará a las perturbaciones según su orden de procedencia. Sin embargo, se aclara que ambos tipos de perturbaciones coexisten en la misma red.

-Perturbaciones propias de la red

Estas son ocasionadas por el funcionamiento de la red. Durante la transmisión o distribución de la electricidad, se producen muchas perturbaciones debido a la propia manipulación de la misma. Entre los orígenes podemos encontrar, desperfectos en materiales utilizados en la red, o en la misma generación de la corriente eléctrica; desperfectos en las herramientas de medición y manipulación de la energía; movimientos involuntarios del cableado de la red, ya sea por vientos o choque de un objeto extraño al sistema, ocasionando movimientos en los terminales en los extremos de conexión; recierres en centrales de generación o estaciones transformadoras; cortes en el cableado; descargas atmosféricas, etc.

Entre los efectos que producen las perturbaciones inherentes al sistema, podemos encontrar:

Caídas y elevaciones permanentes de tensión, caídas y elevaciones momentáneas de voltaje, transitorios de tensión propios de la red o causados por descargas atmosféricas, entre otros.

-Perturbaciones externas a la red

Si bien los aportes individuales de las perturbaciones son ínfimos, la sumatoria de las generadas por los usuarios se complementan con las inherentes de la red. Entre los orígenes podemos encontrar, cargas inductivas (motores y reactancias), cargas no lineales (reguladores de tensión, fuentes de alimentación conmutadas, hornos de arco eléctrico, instrumentos de soldadura, variadores de velocidad), etc.

Entre los efectos que producen las perturbaciones externas a la red podemos encontrar:

- Huecos de tensión
- Impulsos de tensión
- Distorsión armónica (THD)
- Desequilibrios de tensión
- Variaciones de frecuencia
- Variaciones lentas de tensión
- Fluctuaciones de tensión (Flicker)
- Variaciones de frecuencia

Probablemente el más frecuente de estos eventos en el ámbito del sistema eléctrico de potencia es el hueco de tensión, considerado como una reducción repentina de la misma, durante un corto tiempo. Otra perturbación común en redes es la aparición de armónicos. Esta se define como una señal cuya frecuencia es un número entero de la frecuencia fundamental del sistema eléctrico (en nuestro país 50 Hz).

Al hablar de armónicos, se suele utilizar el término: Tasa de Distorsión total (TDT) o Total Harmonic Distorsion (THD), el cual es un parámetro que permite ponderar el contenido armónico total de una onda, ya sea de tensión o de corriente.

A modo ilustrativo, se anexan las Figuras 1, 2 y 3 realizadas por Brugnoli – Irigarne (2006) donde se pueden apreciar las diferencias entre las ondas de corriente y tensión para un mismo tubo fluorescente y cómo reacciona la red a diferentes métodos de encendido del mismo.

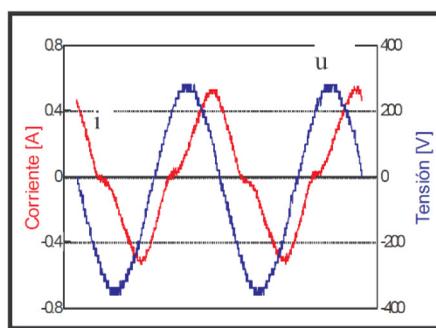


Figura 1: Formas de ondas de corriente y tensión para un Tubo Fluorescente con balasto convencional.
($k=0,981$; $\cos \varphi_1=0,54$; $FP=0,539$)

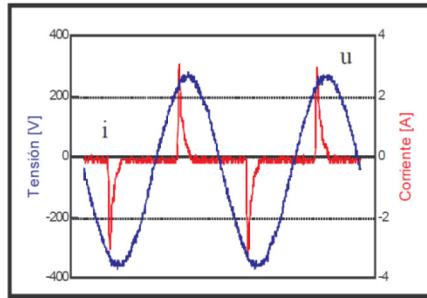


Figura 2: Forma de onda de corriente y tensión para un T.F. con balasto electrónico sin filtro.
($k=0,488$; $\cos \varphi_1 = 0,97$; $FP= 0,476$)

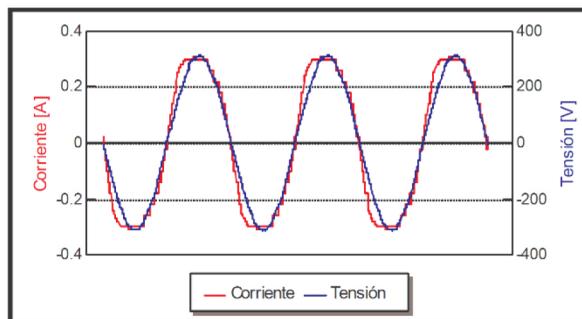


Figura 3: Forma de onda de corriente y tensión para un TF con balasto electrónico con filtro.
($k=0,976$; $\cos \varphi_1 = 0,95$; $FP=0,929$)

Hoy en día existen normativas que regulan los niveles de distorsiones permitidos que puede tolerar el sistema de distribución y las cargas distorsivas que producen los elementos electrónicos. Las normas establecen un mínimo de calidad de suministro, que se fija limitando los niveles máximos de distorsión en la onda de tensión suministrada en un punto determinado de la red.

Estos límites se denominan límites de compatibilidad y normalmente se establecen los límites de THD y contenido armónico individual aceptable para los niveles de tensión establecidos en las redes eléctricas. En caso de no ser establecidos expresamente se suele adoptar o tomar como referencia los establecidos por normas internacionales como la IEC 61000-2-4 o la IEEE 1195 o también con normativas regionales como la norma europea EN 50160.

INVESTIGACIÓN

Una vez que el grupo de investigación unificó conceptos, se inició el proceso de comprobación de la existencia de perturbaciones en media tensión. Basándose en el proyecto de investigación anterior del grupo (Martínez Fayó et al., 2007) se analizó, entre otras variables, la variación del nivel de contenido armónico en una red de 132 kV de Transmisión de la provincia de Entre Ríos,

donde se observó, como resultado preliminar, que el nivel de armónicos THD de tensión determinado, cumple la normativa indicada la cual fija un límite de 2 % de THD para este nivel de tensión.

Medición de Armónicos en Alta Tensión - 132 KV

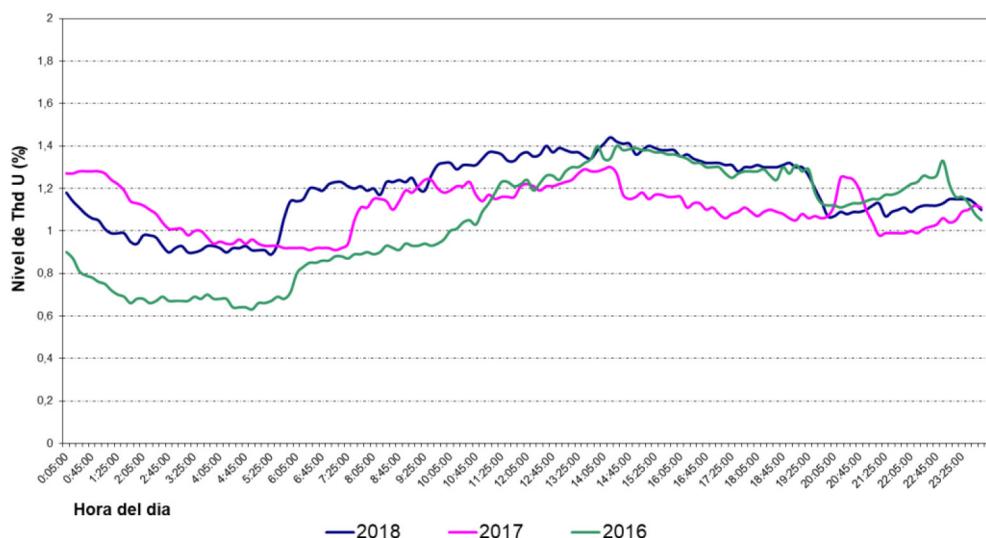


Figura 4: Grafica de Comparación de nivel de Contenido Armónico THD en red de Transmisión de 132 kV.

Por otro lado, se determinó en forma estadística y según los datos disponibles, que la variación interanual de esta red de Transmisión (la cual no presentó cambios de configuración o modificaciones mayores) presentó los valores indicados seguidamente:

Tabla 1: Valores THD interanual para la red de 132 kV.

	Año		
	2018	2017	2016
THD de Tensión (prom)	1,15	1,10	1,04
Variación interanual	4%	6%	3%

Se puede determinar que, para esta red, y sin que existan cambios mayores en la misma, es esperable un incremento anual del valor de THD de tensión de un 4 % debido al incremento de distorsión armónica producida por las nuevas cargas distorsionantes. Por lo tanto, se puede ver una tendencia creciente en el ámbito de las perturbaciones con contenido de armónicos dentro de las redes eléctricas.

Finalmente, el grupo de investigación corroboró los datos obtenidos por Brugnani – Irigarne (2006), mediante la simulación de una red eléctrica conectada con diferentes elementos distorsionantes, tales como tubos fluorescentes, focos de bajo consumo y LEDs, calentadores y motores eléctricos, donde se anexó un instrumento de medición de calidad eléctrica (Analizador de la ener-

gía y de la calidad eléctrica 435 Serie II Fluke), donde se comprobó fehacientemente que si bien los productos que dicen ser de bajo consumo, poseen una medición $\cos \phi$ aparentemente buena, su distorsión armónica es importante.

Si bien el aporte de distorsión a la red eléctrica, de un producto como el antes mencionado es ínfimo, las sumas consecutivas en grandes escalas de elementos distorsionantes producen un impacto considerable en la red eléctrica, tal como se puede ver en la Figura 4 y en la Tabla 1.

En la Figura 5 se puede apreciar una simulación de medición, realizada durante las “Jornada de Investigación. Postgrado y Transferencia Tecnológica” (U.T.N. – F.R.P., 2017) donde se utilizó un analizador de calidad de energía PowerGuia 440S de la marca Dranetz, para la demostración in-situ de las alteraciones que producen elementos como: focos de bajo consumo, lámpara LED y calventor.



Figura 5: Simulación acotada de efectos distorsivos durante exposición en la “Jornada de Investigación. Postgrado y Transferencia Tecnológica” (U.T.N. – F.R.P., 2017).

DISCUSIÓN

Consecuencias en el ámbito industrial

Según lo visualizado en los incisos anteriores, sabemos que, desde las redes de media y baja tensión, existe constantemente factores que amenazan al correcto funcionamiento y desempeño de las maquinarias y elementos eléctricos que se utilizan en la industria.

El elemento de control más común en la industria es el PLC, este dispositivo posee una lógica secuencial a la cual se le carga un conjunto de pasos a seguir que dan órdenes a la máquina para funcionar. En caso de encontrarse con perturbaciones de la red de alimentación este dispositivo puede perder su orden de funcionamiento, saltar pasos o dejar inutilizado un componente de la máquina. Inicialmente, estos dispositivos contaban con poca o nula protección a perturbaciones de línea, pero con el correr del tiempo, se le han anexado algunas protecciones básicas para impedir desperfectos en su funcionamiento.

Sin embargo, los factores de perturbación son de carácter variado, y, por lo tanto, realizar protecciones para todos los tipos de interferencias es de difícil tarea. Es por eso, que aún hoy en día, sigue habiendo inconvenientes con las perturbaciones en este ámbito.

Un ejemplo de este tipo de reacción se dio en la fábrica de cartón ubicada en la ciudad de Santa Fe, Smurfit Kappa S.A. Donde luego de realizarse un corte inesperado de servicio eléctrico, al reconectarse a la red se generó un pico de corriente que resultó en el funcionamiento erróneo del PLC que gobernaba la bomba de tinta de la máquina impresora. La consecuencia fue la liberación total del contenido de la bomba de tinta generando una falla que demoró la producción. La tinta ocasionó daños en los rollos de la máquina, y por consecuencia tiempo no productivo. Como puede apreciarse en la Figura 6, el rolo o rodillo junto con las partes no móviles de la máquina quedaron teñidas de rojo como consecuencia del desperfecto antes mencionado.



Figura 6: Rodillo de la maquinaria teñida por liberación de tinta debido a desperfecto de un PLC luego de una reconexión eléctrica.

Se destaca que las consecuencias de perturbaciones en el marco industrial no solo quedan relegadas a los PLCs, sino también a muchos otros dispositivos eléctricos, tales como teléfonos, radios, celulares, computadoras y maquinaria externa no asociada al proceso productivo. Las perturbaciones pueden ocasionar interferencias por ruido eléctrico, producidas por ondas electromagnéticas irradiadas, o bien infectar el sistema eléctrico con alguna de las ya mencionadas perturbaciones. También traen a consecuencia problemáticas económicas debido a infracciones acontecidas por aquella entidad que no posee métodos de medición y/o regulación de las distorsiones que produce como consecuencia de los dispositivos con los que opera.

Por otro lado, si la empresa que adquiere maquinaria que no posee regulación en la generación de perturbaciones, puede incurrir en una ineficiencia del desempeño de la misma, ya que, en el caso de producir armónicos, parte de la energía destinada al proceso principal, será desaprovechada debido a la distribución de la misma entre la componente principal y sus respectivos armónicos.

Caso ejemplar: CARTOCOR S.A. (Planta Paraná)

Luego de realizarse una visita a la planta CARTOCOR Paraná y efectuar una entrevista con el supervisor del área de mantenimiento eléctrico-electrónico, Ing. Lisandro Rios (2017) y la analista de recursos humanos, Lic. Evelyn Molina (2017), el grupo de investigación se interiorizó sobre las prácticas y costumbres que se llevan a cabo dentro del sector, con respecto a la calidad de servicio eléctrico.

Se aclaró que, debido a la ausencia de problemas relacionados específicamente a la calidad de servicio, no se realizan tareas de control sobre este ámbito. Sin embargo, se detalló que, como buenas prácticas de compras e instalación de equipamiento propio del sector, se tiene como criterio adquirir dispositivos que posean de antemano todas las prevenciones pertinentes para mitigar cualquier inconveniente eléctrico, y a su vez adquirir aquellos elementos extras, recomendados por el fabricante, que complementan la protección de los dispositivos.

Por otro lado, también se destacó que, para mayor seguridad de la planta, se encuentran físicamente separadas las redes de alimentación que suministran al área de máquinas con la del área administrativa. Se aclaró también que se realizan tareas de mantenimiento preventivo, y constante actualización del equipamiento eléctrico-electrónico.

Esto demuestra que al tener en cuenta los posibles riesgos que conlleva adquirir equipamientos sin protecciones y sus consecuencias para toda la fábrica, mejora el criterio al momento de elegir los dispositivos que formaran parte de la misma, y tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante, para el desempeño óptimo de los dispositivos. En consecuencia, permite a la fábrica prescindir de los controles periódicos de calidad de servicio.

Métodos de prevención y solución

Luego de haber examinado la información obtenida, y analizado los casos de estudio antes expuestos, se determina oportuno mencionar posibles métodos de mitigación de este tipo de problemática, ya que si bien hay casos de ausencia o no presencia de efectos directos de las perturbaciones en redes eléctricas, se considera que no todas las instituciones poseen la capacidad tanto monetaria como estructural como para adquirir todos los productos mitigadores o protectores ante

los efectos distorsivos, que ofrece el mercado. Por lo tanto, se confeccionó una lista de acciones a realizar según el tipo de perturbación que se presente.

A través de lo estipulado por Castaño - Cano Plata (2003) en conjunción con el estudio sobre la distorsión armónica realizado por Muñoz Ramos (1999) y las recomendaciones citadas por Rodríguez (2003), se puede establecer lo siguiente:

Soluciones Específicas

Variaciones lentas de tensión:

- Reguladores de tensión: Reduce los márgenes de variación del valor eficaz de la tensión de alimentación del receptor.
- Autotransformador regulado: Para casos en que la tensión de entrada sea variable.
- Conjunto motor-generator: Genera una tensión constante, destinada a receptores sensibles.

Fluctuaciones de tensión y Flicker:

- Reactancias controladas: Disminuyen las variaciones de potencia demandada que está asociada a variaciones de su componente reactiva.
- Capacitores Controlados (SVC – Static Var Compensators): Compensa incrementos de demanda de potencia reactiva, corrigiendo variaciones del $\cos \phi$, de forma que se mantenga aproximadamente constante a un valor prefijado.
- Estabilizadores magnéticos: Compensa incrementos de potencia reactiva mediante la conexión de un transformador en paralelo a la carga.
- Arrancadores de motores: Limita potencia demandada (muy superiores a las nominales) durante el proceso de arranque de motores.

Huecos de tensión y cortes breves:

- Inmunización de contactores: Evita la apertura de contactos ante la reducción brusca de tensión de alimentación, mediante retardadores capacitivos.
- Capacitor de almacenamiento: Mantiene la alimentación de un circuito de corriente continua debido a la carga almacenada en el capacitor.
- Conjunto motor-generator: Genera una tensión constante, destinada a receptores sensibles.

Impulsos de tensión:

- Supresores: Elemento que se conecta en paralelo con el receptor. Posee una impedancia muy elevada a valores cercanos a la tensión nominal del receptor y muy baja a partir de un valor determinado de tensión superior a la nominal. Dependiendo del tiempo de respuesta, existen diferentes tipos de supresores: Diodos Zener (picosegundos), Varistores (nanosegundos), Descargadores de gas (microsegundos), entre otros.

Distorsión armónica:

- Filtros pasivos: Construidos en base a capacitores e inductancias, son los más populares debido a su reducido costo.
- Filtros activos: Su funcionamiento se debe a sistemas electrónicos sofisticados, son costosos y delicados, lo que hace que tengan poca aceptación en el mercado.
- Conexión de transformadores: Dependiendo del caso específico se puede utilizar interconexión

nados triángulo-estrella (bloqueo de tercer armónico y armónicos de secuencia cero), transformadores de aislación (evita la transferencia de disturbios entre dos secciones de la red), conexión zigzag (cancelación de armónicos de secuencia cero), entre otros.

CONCLUSIONES

Es evidente, que en el transcurso las dos últimas décadas, la incidencia de equipamiento eléctrico/electrónico tanto en el ámbito industrial como hogareño ha ido tomando relevancia y, en consecuencia, sus efectos en las redes eléctricas.

En consonancia con el desarrollo tecnológico, las industrias han incorporado más y más dispositivos eléctricos que se encargan de desempeñar las tareas que normalmente concernían a los operarios. En consecuencia, dichos dispositivos han crecido en complejidad, para así poder controlar un sinnúmero de tareas en la actualidad, logrando así un lugar importante dentro del proceso productivo de muchas industrias. Tal es así, que se han implementado dispositivos destinados a optimizar el desempeño de las maquinarias, mediante el control del funcionamiento de las mismas.

La electrónica de control es particularmente susceptible al ruido eléctrico, por lo que debe ser equipada con elementos que inhiban o mitiguen los posibles efectos las distorsiones presentes indefectiblemente en la red eléctrica, ya que como se mostró anteriormente, las consecuencias pueden ser considerables.

Si bien el concepto de perturbaciones en las redes eléctricas se conoce hace un tiempo, estas estaban orientadas a efectos ocasionados por cargas inductivas, donde su mitigación cotidiana se basaba en la aplicación de los famosos bancos capacitivos. Hoy en día, dicha metodología no solo que en muchos casos resulta ineficiente, sino que puede agravar la situación previa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración plena para el desarrollo de esta investigación a: Ing. Armando Maxit, Ing. Gustavo Katzenelson, Ing. Alejandro Jerichau. Se agradece también a CARTOCOR S.A. (Planta Paraná) por permitir realizar la visita y entrevista a su personal. A Ing. Lisando Rios y Lic. Evelyn Molina por su tiempo y colaboración durante las entrevistas.

REFERENCIAS

Bibliografía

- BRUGNONI - IRIBARNE (2006): Estudio de Impactos en Redes de Distribución y Medio Ambiente Debido al Uso Intensivo de Lámparas Fluorescentes Compactas. Universidad de Buenos Aires Subsecretaría de Energía Eléctrica. Dirección Nacional de Promoción. (PROCAE)

- CASTAÑO- CANO PLATA (2003): Calidad de servicio de energía eléctrica. Universidad Nacional de Colombia.

- RAMOS(1999): Calidad de la Energía. ProCobre. Chile

- RODRÍGUEZ (2003): Sistemas de corrección de perturbaciones. Calidad en el Servicio Eléctrico – (Corrección de Perturbaciones). Universitat de Girona.

Entrevistas

- Molina, Evelyn (Lic.), Cartocor, Paraná, 2017
- Ríos, Lisandro (Ing.) Cartocor, Paraná, 2017

Normativa y documentación

- Norma IEC 61000-2-2 (2002), Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-2. Disponible en: Norma IEC 61000-2-2
- Norma IEC 61000-2-4 (2004), Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-4. Disponible en: Norma IEC 61000-2-4
- Anexo a la Resolución ENRE 184/00 (2000). Base Metodológica para el Control de la Calidad del Producto Técnico. Etapa 2. Disponible en: Resolución ENRE 184 (2000)
- Anexo a la Resolución ENRE 99/97. Base Metodológica para el Control de la Emisión de Perturbaciones. Etapa 2. Disponible en: Resolución ENRE 99 (1997)
- Martínez Fayó – Maxit – Rearte (2007). “EFECTOS DE HUECOS DE TENSIÓN EN EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL”. Proyecto PID EAPRPA257H

ANEXO
VII JORNADA DE TECNOLOGÍA DE LAS ORGANIZACIONES
I JORNADA DE TRANSPORTES Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

Primera Jornada Conjunta

**VII JORNADA PROGRAMA TECNOLOGÍA DE LAS ORGANIZACIONES
I JORNADA PROGRAMA TRANSPORTE Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

El jueves 26 de septiembre de 2019, en la UTN Facultad Regional Rosario se realizó la Primera Jornada conjunta entre los Programas de Investigación “Tecnología de las Organizaciones” y “Transporte y Vías de Comunicación”, con participación de la Facultad Regional Avellaneda, y otras Regionales del país, que integran los respectivos Programas.

La apertura de la Jornada estuvo a cargo del Coordinador de “Tecnología de las Organizaciones”, Mgr. Ing. Lucas Gabriel Giménez; el Coordinador de “Transportes y Vías de Comunicación”, Ing. Eduardo Donnet, y el Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado, Dr. Horacio Leone.

Durante la Jornada, los directores e integrantes de los respectivos PID expusieron sus proyectos y se realizó un taller para delinear posibles trabajos conjuntos.

Los resúmenes que integran este Anexo corresponden a un número parcial de Proyectos integrantes de los Programas de Tecnología de las Organizaciones y Transporte y Vías de Comunicación, respectivamente.

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS REGÍMENES PROVINCIALES DE PROMOCIÓN INDUSTRIAL EN EL DESARROLLO PRODUCTIVO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Tavella, Marcelo A.*; Bartolomeo, Mario V.; Miropolsky, Ariel G.; Manera, Roxana M.; Masia, Sonia; González, Gustavo J.

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional - Centro de Investigación y Transferencia en Tecnologías y Estrategias para el Desarrollo – CITED.

**Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: marceloandrestavella@gmail.com

RESUMEN

La primera Ley de Promoción Industrial en la provincia de Córdoba (LEY Provincial N° 3992) se sancionó en el año 1942. Su objetivo principal fue constituirse como un pilar legal esencial promotor del desarrollo de la industria local a favor de una evolución productiva territorial sustanciosa. A partir de entonces, se sucedieron diversas sanciones de Leyes de Promoción industrial que fueron derogando a las anteriores (por incluir nuevos aspectos antes no contemplados). Asimismo se crearon marcos legales especiales dirigidos a la promoción de una actividad o bien una empresa particular y programas específicos para áreas geográficas puntuales, destinados a promover el desarrollo industrial y las economías regionales en los departamentos menos desarrollados de la provincia.

La presente investigación tiene por objeto inquirir los resultados reales que se obtuvieron a nivel de actividad económica e industrial en la provincia de Córdoba a partir de la creación de las Leyes de Promoción Industrial. Se pretende concretar para ello un estudio empírico de los resultados e impactos reales que tuvieron los distintos regímenes en pos del desarrollo industrial desde su primera promulgación hasta el presente. Dichos impactos se podrán cuantificar, considerando indicadores claves, a través de cifras numéricas y datos estadísticos provistos, en su mayor parte, por organismos y entidades estatales. La investigación será llevada a cabo a partir de un diseño no experimental ya que se observarán los fenómenos tal cual hayan acontecido, sin tener control sobre las variables independientes. Se trabajará sobre fenómenos que ya han ocurrido y que, por lo tanto, no son manipulables.

A su vez, se tratará de un estudio descriptivo que persigue establecer asociaciones y correlaciones entre distintas variables, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su comportamiento.

Si bien es un proyecto nuevo, se halla en articulación y continuidad con la perspectiva de investigación, desarrollo y transferencias de modelos y herramientas para el desarrollo territorial sustentable adoptada en los PIDs: “Planificación estratégica para el desarrollo regional sustentable” y “Modelos asociativos para el desarrollo territorial productivo”.

La materia a abordar es de considerable importancia para el sector público y privado en la medida que ambos presentan intereses positivos en la temática. En lo que refiere al primero, la promoción de las leyes, supone un desvío de fondos estatales hacia el sector privado, a los fines de obtener resultados tangibles en materia de desarrollo regional, creación de empleo, impulso de exportaciones, atracción de inversiones extranjeras y transferencia tecnológica. Respecto al sector privado, el tema a tratar también resulta de peculiar interés al exponer los resultados obtenidos en materia de crecimiento y desarrollo por parte de aquellas empresas que ya han gozado de los beneficios otorgados por las leyes. Al apreciar los alcances y beneficios reales ya alcanzados por numerosas compañías condicionaría indefectiblemente nuevas plausibles inversiones desplegadas por el sector. En lo concerniente al aporte científico-técnico, permitirá sentar las bases iniciales para futuras investigaciones académicas en la materia ya que no se han encontrado, hasta el momento, trabajos académicos austeros dedicados de manera exhaustiva y exclusiva a investigar los efectos ciertos que tuvieron las Leyes de Promoción Industrial en la provincia de Córdoba.

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA Y TRAYECTORIA DE PARQUES INDUSTRIALES DE ENTRE RÍOS Y EL CASO RAFAELA. CAPITAL HUMANO, MODOS DE INNOVACIÓN Y ATRACTIVIDAD

Hegglin, Daniel*; Lepratte, Leandro; Blanc, Rafael; Ruhl, Leonardo; Costamagna, Pablo; Delbon, Samuel; Gutiérrez, María Cecilia; Rodríguez, María Alejandra.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Grupo de Investigación sobre Desarrollo, Innovación y Competitividad. Ingeniero Pereyra 676, Concepción del Uruguay.

** Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: heggliind@frcu.utn.edu.ar

RESUMEN

El estudio sobre las aglomeraciones productivas a escala regional ha sido objeto de diversas disciplinas relacionadas con la organización industrial, la gestión empresarial, el desarrollo económico y los sistemas regionales de producción e innovación. En la Argentina, una de las manifestaciones más comunes de aglomeraciones productivas son los parques industriales, por ser objeto de políticas e instrumentos públicos de impulso a la industrialización como así también de esfuerzos privados o mixtos público- privados. Se utilizarán relevamientos industriales muestrales de Entre Ríos generados por el GIDIC y el Censo Industrial de Rafaela, como así también información secundaria de instituciones provinciales y municipales. Los resultados serán de gran relevancia para mejorar los procesos de innovación en las firmas industriales de los parques industriales, plantear estrategias a escala local y provincial para promover el desarrollo industrial y los procesos de variedad relacionada y no relacionada. Se espera también que sea significativo el impacto en los procesos de aprendizaje por parte de las instituciones de CyT y universitarias de los territorios pues planteará procesos de análisis con estas para optimizar sus respuestas académicas en términos de formación de capital humano, de vinculación tecnológica y de I+D con el medio regional.

OBJETIVO GENERAL

Describir las modalidades de aprendizajes e innovación que se dinamizan en los parques industriales de Entre Ríos y de la ciudad de Rafaela, y explicar en qué medida éstas se relacionan con factores territoriales de producción, factores de gestión tecnológica y del conocimiento y cooperación, determinando su impacto en los tipos de innovación.

IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO Y ESTADO DE AVANCE

El proyecto contribuirá al conocimiento de las distintas trayectorias de los parques industriales en cuanto a su nivel de atraktividad de acuerdo a los niveles de servicios brindados y las políticas de fomento aplicadas por los mismos. Dará un diagnóstico del estado en cuanto a servicios, cantidad y sectores de las firmas de los principales parques de las provincias de Entre Ríos y de Santa Fe (Rafaela), permitirá diagnosticar el estado de los parques industriales y el impacto de las políticas públicas con objeto de su promoción. Servirá para inferir mejoras, considerar experiencias virtuosas, identificando las necesidades de nuevos servicios o infraestructura como en avances en los objetivos e instrumentos de políticas públicas y aprendizajes colectivos a escala territorial destinada a aglomeraciones de empresas, con énfasis en los aspectos de CyT, innovación y capital humano intelectual. Hasta el momento se encuentran relevados parques industriales de la ciudad de Concepción del Uruguay y de Gualeguaychú. Se han realizado publicaciones en los siguientes Congresos: Encuentro Nacional de Economías Regionales del Plan Fénix; Reunión Anual Red Pymes Mercosur y Congreso de Ingeniería Industrial COINI.

CONVERGENCIA TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN EN EMPRESAS INTENSIVAS EN CONOCIMIENTO

Lepratte, Leandro*; Hegglin, Daniel; Cettour, Walter; Ruhl, Leonardo; Blanc, Rafael; Costamagna, Pablo; Delbon, Samuel; Rodríguez, María Alejandra; Pietroboni, Rubén Mario.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Grupo de Investigación sobre Desarrollo, Innovación y Competitividad, Ingeniero Pereyra 676, Concepción del Uruguay.

** Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida
Correo electrónico: llepratte@gmail.com.*

RESUMEN

La convergencia tecnológica es un fenómeno que aún se encuentra en delimitación y análisis desde diferentes disciplinas y campos de aplicación. La importancia que han cobrado en los últimos años las NBTC (Nanotecnología, Biotecnología, TIC y Ciencias Cognitivas) como así también los escenarios de cambios tecnológicos actuales de manufactura avanzada y servitización han colocado en el centro de los estudios sobre innovación y gestión de la tecnología al fenómeno de la Convergencia Tecnológica. Esta ha sido estudiada en forma genérica y como fenómeno emergente a escala de sectores y/o países, pero son escasos los aportes investigativos orientados a estudiar cómo se produce la Convergencia Tecnológica a nivel de las firmas en tanto proceso evolutivo y complejo. Y el análisis de casos múltiples para estudiar firmas intensivas en conocimientos que operen con procesos de convergencia tecnológica, considerando factores endógenos y exógenos, capacidades dinámicas y gestión de la innovación como así también los escenarios de cambio tecnológico actuales de manufactura avanzada y servitización. El proyecto pretende a su vez elaborar en forma cogenerativa un modelo de gestión tecnológica y de la innovación orientado a firmas intensivas en conocimiento que desarrollen procesos de convergencia tecnológica. Los resultados del estudio están destinados a proponer soluciones de gestión para organizaciones relacionadas con convergencia tecnológica y para instancias institucionales relacionadas con políticas de ciencia, tecnología e innovación.

OBJETIVO GENERAL

Describir y analizar en profundidad procesos de convergencia tecnológica (CT), y explicar su relación con el desarrollo de capacidades dinámicas y la gestión de la innovación en empresas intensivas en conocimiento.

ESTADO DE AVANCE

En la reciente Jornada de Investigadores sobre Economías Regionales organizada por el CEUR-CONICET en la UNGS (Argentina), se conformó una mesa sobre: “Convergencia tecnológica, trayectorias sectoriales y tensiones territoriales”. Se presentan aquí avances de resultados relacionados con estado de la cuestión del proyecto en relación al fenómeno de la convergencia tecnológica a nivel internacional.

El grado de avance del Grupo GIDIC a su vez, ha sumado colaboraciones de firmas intensivas en conocimiento e instituciones para el desarrollo y la producción de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, permitirán el marco de trabajo requerido para la concreción del proyecto.

Con los colegas del Instituto Praxis de la Regional Rafaela de UTN, se avanza en la selección de casos de empresas e instituciones relacionadas con Industria 4.0 para ser estudiadas. Mientras que, con el Grupo de Base de Datos de la Regional Concepción del Uruguay, se presentó y fue aceptado una ponencia en las jornadas ESOCITE – Argentina en 2019.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE FACTORES DE ÉXITO PARA LA COMPETITIVIDAD Y LA SUSTENTABILIDAD DE LAS PYMES DEL SECTOR METALMECÁNICO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Miropolsky, Ariel*; **Tavella, Demián;** **Manera, Roxana;** **Olivos Aneiros, Federico;** **Hoya Sanchez, Roberto.**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. - Centro de Investigación y Transferencia en Tecnologías y Estrategias para el Desarrollo – CITED.

** Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*
Correo electrónico: amiropolsky@gmail.com

RESUMEN

Lograr ventajas competitivas que permitan a las organizaciones ser rentables a lo largo del tiempo es vital para su supervivencia y éxito. Ello sin perder de vista el ambiente cada vez más competitivo y dinámico en el que las empresas tienen que desarrollar su actividad, sumado a esto las relaciones cada vez más estrechas entre las universidades públicas, en particular la UTN - FRC, y los diferentes niveles e instancias de gobierno, las que permitieron percibir la enorme significancia que tiene para las políticas públicas la incorporación de la mirada tecnológica. Asimismo, la fuerte vinculación lograda en estos años entre la UTN - FRC y las cámaras empresariales, los colegios profesionales y demás actores relevantes de la sociedad civil, permitió detectar la imperante demanda que tienen estos sectores por la existencia de espacios en el medio universitario que pudieran proveerles un ámbito adecuado para canalizar sus inquietudes y propuestas de desarrollo con el correspondiente respaldo académico.

El presente proyecto se desarrolla en el CITED - Centro de Investigación y Transferencia en Tecnologías y Estrategias para el Desarrollo de la UTN - FRC. Si bien se trata de un proyecto nuevo, se halla en articulación y continuidad de los PIDs: “Planificación estratégica para el desarrollo regional sustentable”, “Identificación y análisis de las necesidades de vinculación, infraestructura y servicios tecnológicos de las empresas que se radicarán en el PIC” e “Identificación y evaluación de factores determinantes para la sustentabilidad de los modelos asociativos regionales”, entre otros previamente desarrollados en el Centro.

El principal objetivo de este proyecto es identificar los factores de éxito de las PyMEs del sector metalmeccánico de la provincia de Córdoba, para desarrollar propuestas de mejora de la competitividad sobre la base de diferentes criterios y, considerando además, las necesidades y limitantes que caracterizan al mismo. Para el logro de este objetivo, se pretende conocer las variables de dirección y la gestión que se relacionan con el éxito competitivo de las pequeñas y medianas empresas nucleadas en la CIM, que es la cámara empresaria que representa al sector metalmeccánico

de la provincia de Córdoba y de la Región Centro del país y que agrupa y coordina principalmente a las empresas proveedoras de terminales automotrices. Para identificar estos factores se realizarán encuestas y entrevistas en profundidad, utilizando como soporte un cuestionario dirigido al responsable, gerente o experto de las PyMEs integrantes de la muestra, es decir, a aquellas personas que tengan competencias desde su desempeño laboral o formación profesional, y otra serie de encuestas y relevamientos a funcionarios de organismos gubernamentales con pertinencia en la temática sobre la base de convenios de colaboración mutua preexistentes entre la Facultad Regional Córdoba y el Ministerio de Industria, Comercio y Minería de la Provincia de Córdoba.

Se pretende realizar un análisis comparativo de los principales factores de dirección y gestión basados en modelos asociativos que puedan ser adaptados a cámaras empresariales de este tipo, buscando apreciar sus ventajas y limitaciones y realizar un proceso integral, que permita una planificación del desarrollo industrial y urbano adaptado a nuestra realidad regional y sustentable en el tiempo.

INSTITUCIONALIZACIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN Y LOS SERVICIOS EN ORGANIZACIONES DEL ÁREA ECONÓMICA DE SAN NICOLÁS

Gómez, Carlos*; Meretta, Javier; Gómez, Leonardo; Gallegos, María Laura.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Nicolás. Colón 330 – San Nicolás – CP 2900 – Provincia de Buenos Aires - Argentina

**Autor a quien debe dirigirse la correspondencia
Correo electrónico: carengomez@hotmail.com*

RESUMEN

El presente proyecto permite realizar análisis de experiencias de implementación de prácticas de calidad y tener una visión evolutiva de la incorporación de prácticas de calidad e innovación, e información sobre la persistencia en el tiempo de las mismas.

El proyecto permite construir empíricamente el concepto de baja o alta institucionalidad de las prácticas de calidad que se han implementado. En las diversas entrevistas realizadas en organizaciones locales, se ha podido detectar que la falta de una adecuada consolidación de las prácticas de gestión organizacional, constituye una constante en muchas empresas de la región. Este fenómeno que se ha denominado baja institucionalización de prácticas de gestión, supone un problema para la mejora del rendimiento y complica el desarrollo de un adecuado aprendizaje social en las mismas, provocando un desaprovechamiento de recursos, ya que muchas empresas destinan importantes recursos económicos y humanos a la introducción de mejoras e innovaciones en sus organizaciones. El presente proyecto pretende ser un aporte para la mejora de la productividad y de la innovación, al intentar comprender los mecanismos generales de institucionalización e implantación de prácticas de gestión e innovación en organizaciones.

Para analizar los mecanismos de institucionalización en organizaciones, utilizaremos el modelo de análisis propuesto por Tolbert y Zucker (1996), donde se pueden diferenciar tres fases en el proceso de institucionalización: la primera etapa corresponde al proceso de pre-institucionalización y se denomina habituación, en esta etapa se introduce un cambio en el sistema y surgen las primeras respuestas al mismo en base a un uso reiterado de una práctica, la segunda etapa se denomina objetivación, supone el logro de un cierto grado de consenso entre los actores sobre el valor de una nueva institución, la tercer y última fase se denomina de sedimentación y constituye una fase de consolidación, donde la institución se arraiga en el entramado de la organización y la innovación incipiente ha sido objetivada por alguna simbología que permite reiterar la experiencia en una organización.

La metodología utilizada se basa en el estudio de caso cualitativo, orientado a realizar un relevamiento empírico de procesos de institucionalización en organizaciones, estos casos serán seleccionados por el equipo de investigación en base a criterios de pertinencia y accesibilidad, teniendo en cuenta a organizaciones ya contactadas para relevamientos de investigación en otros proyectos y con las cuales el GITO mantiene vínculos que permiten un acceso razonablemente cercano como para realizar estudios de caso.

SATISFACCIÓN LABORAL Y PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA METALÚRGICA DE SAN FRANCISCO

Yennerich, Germán*; Cerutti, Gabriel; Ponce, Valeria; Toloza, Alberto; Bruno, Javier; Rete, Oscar; Fussero, Ezequiel; Piris, Yamila.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Av. de la Universidad 501, San Francisco, Córdoba

**Autor a quien debe dirigirse la correspondencia*
Correo electrónico: yennerich_grillo@yahoo.com.ar

RESUMEN

El presente es un avance de un proyecto de investigación homologado por la Universidad Tecnológica Nacional (PID 4965), que surge de un proyecto anterior sobre el efecto de los puestos de trabajo en la situación laboral de los empleados. La correcta distribución de las cargas laborales y la correcta organización del trabajo, debiera ser una prioridad para las industrias, ya que de ello depende la salud de los empleados y la eficacia en la producción.

En este caso se ha decidido censar diez empresas metalúrgicas para analizarlas desde el punto de vista de la relación entre satisfacción laboral y productividad. Se presentan los resultados del estudio de cinco de dichas empresas.

Es necesario realizar un estudio de campo a nivel local, debido a que las teorías sobre satisfacción y motivación laborales si bien son abundantes, también son contradictorias y su base empírica en general es acotada y corresponde a realidades con características sociales y culturales diversas. Frederick Herzberg (1987), Edwin Locke (1976), Edward Lawler y Michael Porter (1968), Stephens Robbins (2004), entre otros afirman un vínculo entre satisfacción laboral y productividad; mientras que autores como Chris Clegg (1983) la niegan. De allí surge este proyecto para ver qué pasa en nuestro medio.

En este proyecto se visita a las empresas, donde se entrevistan a los empleados y encargados, con toma de fotografías y videos de los puestos laborales, que permite analizar información del campo, que es devuelta a las empresas para que tengan el conocimiento y la posibilidad de corregir errores y mejorar la situación laboral.

Las entrevistas se basan en dos encuestas sobre satisfacción laboral. Una es confección propia donde se relaciona la satisfacción con la situación personal, los estudios, el deseo de estudiar, el tipo de puesto y propuestas de mejoras. La otra encuesta es una adaptación de la diseñada por

Warr, Cook y Wall (1979) que manifiesta la satisfacción interna y externa del empleado. Ambas se aplican a los empleados más y menos productivos, según la Administración, para ver qué relación se puede establecer entre satisfacción y productividad.

Las fotografías y videos registran las exigencias físicas y psicológicas de los puestos, y se analizan con un método ergonómico de evaluación de puestos, el RULA (Rapid Upper Limb Assessment), que estudia la postura, la repetitividad y las cargas del empleado, para establecer si son aceptables, si exigen un mayor análisis o si hay que realizar cambios que favorezcan la satisfacción y productividad.

En estas dos fotos se ejemplifica el análisis a través del RULA:



Puesto Balancín
Ángulos límite: El cuello está demasiado flexionado hacia el plano de trabajo, los brazos, antebrazos y muñeca están en el aire, se abren y cierran en movimientos repetitivos hacia el plano sagital. Recomendaciones: Pausas que eviten la fatiga por repetición, apoyo isquiático de altura regulable. Elevar el plano de trabajo por ser tarea

de precisión. Alejar el contenedor de piezas para permitir que el trabajador camine hasta alcanzar las mismas y regrese al puesto de sentado. Si bien el trabajador rota con la guillotina, pasa casi toda la jornada en esta tarea, organizar el trabajo para que pueda trabajar más tiempo en la guillotina.



Puesto Torno CNC
Ángulos límite: la cabeza se encuentra en flexión y el ángulo de visión excede al límite.

Negativo: El ángulo de visión. Sin elementos de seguridad visual.

Positivo: la iluminación natural es buena. El tamaño de las piezas que se producen no demanda mucho tiempo, cambio de posturas

en lapsos de 3 minutos al cambiar las piezas. Movimientos continuos leves y sin esfuerzos, si de coordinación. Iluminación puntual nocturna.

Recomendaciones: un asiento sentado de pie, regulable en altura para propiciar el descanso de las extremidades inferiores y evitar la cabeza en flexión.

De las empresas estudiadas se puede inferir que la satisfacción laboral es levemente mayor entre los empleados más productivos, y que la productividad se relaciona con la mayor edad, el mayor nivel educativo, los deseos de aprender, mayor compromiso, y el puesto permanente e informatizado. En las fotografías se ejemplifican puestos que se relacionan con la baja productividad y menor satisfacción del empleado, como en el caso del balancín, y puestos que implican mayor creatividad y libertad que favorecen la mayor productividad y satisfacción, como es el caso del puesto del torno CNC.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS NORMAS DE CALIDAD CON LA NORMATIVA AERONÁUTICA Y SU IMPACTO EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE TALLERES DE AVIACIÓN UBICADOS EN EL AEROPUERTO DE MORÓN - PROYECTO PID TOIANHA4935

García, Adrián; Cortese, Sergio*; Rey, Eduardo.

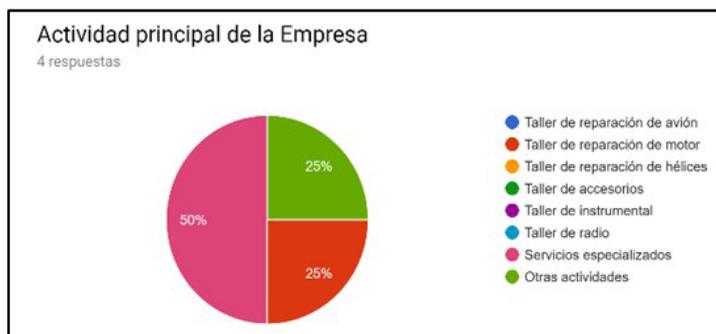
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, París 532, Haedo, Buenos Aires.

**Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia
Correo electrónico: scortese@frh.utn.edu.ar*

RESUMEN

El objetivo es determinar el impacto de las normas de calidad de uso internacional, en la gestión de los talleres aeronáuticos radicados en el aeropuerto de Morón, provincia de Buenos Aires, a través de un análisis comparativo con las normas aeronáuticas nacionales. Entendiendo por impacto como los cambios que producen la implementación de normas de calidad en: costos, seguridad, competitividad, competencias del personal y procesos. Asimismo, efectuar un diagnóstico del sector aeronáutico local con relación al estado de situación de los sistemas de calidad que operan en las Empresas. Identificar las debilidades y fortalezas del sector aeronáutico, que se relacionan con la capacidad de gestión del conocimiento para abordar las diferentes problemáticas en la implementación de sistema de calidad propios de la industria aeronáutica, de modo tal que ello permita orientar a las empresas en la complementación de normas de calidad.

El proyecto se plantea mediante una metodología mixta (cualitativa/cuantitativa) de investigación, a través del relevamiento de campo y un estudio cualitativo de vinculación entre las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) y las normas internacionales de Gestión de la Calidad ISO9001:2015. El procesamiento y análisis de los datos relevados permite medir cambios producidos por las normas de calidad en los aspectos de: seguridad, costos, competitividad, competencias del personal y re-procesos. Al presente, se han relevado datos de 4 Empresas que están siendo volcados en 2 formularios Google Forms, esperando finalizar el presente año con un total de 8 y en función de la instalación de nuevas empresas en el parque tecnológico del aeropuerto, incrementar la muestra para el próximo año.



Las primeras conclusiones arribadas, en base a las entrevistas realizadas, muestra que las empresas se ajustan al mínimo normativo exigido por la autoridad de aviación que se basa en control de calidad en procesos; no incorporando la gestión de la calidad en toda la organización. Además se observa un crecimiento lento en la incorporación de las empresas al Parque Tecnológico del Aeropuerto de Morón y una decisión política local de desarrollar un cluster aeronáutico en el territorio.



Rumbos Tecnológicos

Publicación anual
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Avellaneda

Ramón Franco 5050, Villa Domínico (1874)
Pcia. de Buenos Aires. Argentina
(+54 11) 4353-0220 int. 104
rumbostecnologicos@gmail.com