

ISSN 1666-6933

Año 3 - N° 6

Tecnología y Ciencia



REVISTA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - REPÚBLICA ARGENTINA



Staff

Revista Tecnología y Ciencia
ISSN 1666-6933

Editor Responsable

Universidad Tecnológica Nacional
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado

Comité Editorial

Lic. Ernesto **CARRIZO**
Lic. Juan Pedro **ESPERÓN**
Ing. Jorge Félix **FERNANDEZ**
Lic. Juan Miguel **LANGUASCO**
Dr. Ing. Juan Carlos Jesús **PITER**
Ing. Carlos Alberto **SANCHEZ**
Mg. Ing. Luis Alberto **TOSELLI**

Coordinador del Comité Editorial

Ing. Héctor H. **Dabbadie**

Edición y Diseño de Tapa

Sra. Patricia **Cejas**

Redacción y Administración

Sarmiento 440 - 3er piso
(1347) Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
Argentina
Tel-Fax: 54-11-5371-5608
e-mail: sec-cyt@rec.utn.edu.ar
http: www.utn.edu.ar/scyt

Tapa: Energía Sustentable en Argentina

Septiembre 2010

Sumario

A utoridades de la Universidad Tecnológica Nacional	2
S taff y Sumario	3
E studio Experimental de Probetas de Hormigón Confinadas con Materiales Compuestos. Kohan, Rango, Rougier.....	7
E studios In Vitro de Cementos de α -Fosfato Tricálcico Modificados con β -Silicato Dicálcico. Correa, Brito, Almirall, Delgado, Carrodegua, Santos	17
I ngesta de Aluminio al Cocinar Alimentos y Hervir Agua con Utensilios Domésticos, Luján	26
I nstancias de Gestión para una Mejor Divulgación y Participación sobre la Integración. Castelli, Patiño	33
M etodología para la Evaluación de la Integridad Estructural de Cilindros de Gas Natural Comprimido "GNC", Sanzi, Asta, Elvira, Cambiasso, Lopez Pumarega, Ruzzante.....	42
M icrosimulador de Lluvia Portátil para Estudios Hidrológicos, Weber, Paoli, Apestegui	53
O ptimización del Diseño de Mezclas para Hormigones Auto-compactables. Oshiro, Baronetto, Positieri, Beltramone	62
R egionalización de Precipitaciones Máximas Diarias para la Provincia de Entre Ríos. Zamanillo, Larenze, Tito, Gómez	70
R elación entre la Nudosidad y las Características Resistentes de la Araucaria Angustifolia (Pino Paraná). Guillaumet, Manavella, Filippetti, Diab, Armas	81
N ormas para la Presentación de Trabajos	89
N oticias de UTN	93

Registro Nacional de la Propiedad Intelectual en trámite. Se autoriza la reproducción total o parcial en cualquier forma de edición o idioma, citando debidamente a las fuentes. Estando firmados los artículos y opiniones, la revista de Tecnología y Ciencia no asume responsabilidad alguna sobre su contenido ni hace suyas opiniones y posiciones de los autores.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
INSTITUTO NACIONAL SUPERIOR
DEL PROFESORADO TÉCNICO

**TÍTULOS
CON
VALIDEZ
NACIONAL**

Av. Triunvirato 3174
(C1427AAR)
CABA (011) 4552-4176/6027
<http://www.inspt.utn.edu.ar>
infoinst@inspt.utn.edu.ar

**TÉCNICO SUPERIOR
Y PROFESOR EN DISCIPLINAS
INDUSTRIALES EN :**

- > Informática Aplicada
- > Control Eléctrico y Accionamientos
- > Mecánica, Automotores y Máquinas Térmicas
- > Automatización y Robótica
- > Electrónica
- > Química y Química Aplicada
- > Física y Física Aplicada
- > Diseño Tecnológico

PROFESOR EN :

- > Inglés e Inglés Técnico
- > Matemática y Matemática Aplicada
- > Profesorado para Profesionales Universitarios



EDITORIAL

Este nuevo número de Tecnología y Ciencia contiene contribuciones que muestran una de las características de la Universidad Tecnológica Nacional, como la diversidad de temáticas que se investigan. Estas temáticas comprenden un amplio abanico que abarca desde estudios experimentales en probetas de hormigón con materiales compuestos hasta investigaciones sobre microsimuladores de lluvia para estudios hidrogeológicos.

Tal diversidad de temáticas no resulta de un mero conglomerado de investigaciones sino que a través de los Programas de Investigación y Desarrollo de la Universidad se direccionan los esfuerzos de los investi-

gadores para encauzarlos en líneas prioritarias, las que a su vez se hallan definidas a partir de los consejos de los programas que son integrados por docentes investigadores de las diversas Facultades Regionales.

Disponer de contar con una revista con referato, totalmente escrita en idioma español, que brinda la posibilidad de publicar los trabajos de los investigadores de nuestra casa de altos estudios, constituye un ambiente muy propicio para difundir los resultados de los proyectos de investigación que se desarrollan en el seno de nuestra institución.

Es muy grato como Rector poder ver plasmado el resultado del esfuerzo institucional en impulsar la labor en investigación y desarrollo. Los trabajos que componen esta revista son una prueba escrita de ello. Recuperar el espíritu creativo de la ingeniería tradicional con la impronta y el nivel que exige la ingeniería de vanguardia. Este es el principal objetivo que nos embarga a todos los que nos toca conducir a la Universidad Tecnológica Nacional.





UNIDADES ACADÉMICAS QUE PARTICIPAN DEL PRESENTE NÚMERO

* **FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY**

* Grupo **CEDIA** perteneciente a la **FACULTAD REGIONAL TUCUMÁN**

* **FACULTAD REGIONAL ROSARIO**

* **Grupo de Investigación de Ingeniería Estructural y Grupo de Investigación de Mecánica de la Fractura.** pertenecientes a la **FACULTAD REGIONAL HAEDO**

* **FACULTAD REGIONAL DELTA**

* **Laboratorio de Hidráulica,** Departamento de Ingeniería Civil perteneciente a la **FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA**

* **Grupo GInTeMaC** perteneciente a la **FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA**

* **Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada** perteneciente a la **FACULTAD REGIONAL CONCORDIA**

* Grupo **CIDEC** perteneciente a la **FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

Además contamos con la colaboración de Investigadores Invitados de la **UNIVERSIDAD DE LA HABANA,** de la **UNIVERSIDAD FEDERAL DE RIO GRANDE DO SUL** y del **INSTITUTO DE CERÁMICAS Y VIDRIOS de ESPAÑA.-**

Ing. Héctor Carlos Brotto

Rector

Universidad Tecnológica Nacional

Estudio Experimental de Probetas de Hormigón Confinadas con Materiales Compuestos

Paul H. Kohan^a, Rita F. Rango^a, Viviana C. Rougier^b

^a Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería
Av. Bolivia 5150 (4400), Salta, Tel: 0387 4255380

^b Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ingeniero Pereira 676 (3260), Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Tel/fax: 03442 425541, Email: rougierv@frcu.utn.edu.ar

Resumen – Existen numerosas situaciones en las que es necesario mejorar la capacidad portante de elementos sometidos a sollicitaciones de compresión, como columnas y pilas de puentes. El refuerzo externo con polímeros reforzados con fibras (PRF) surgió como una solución que ha dado muy buenos resultados y cuya aplicación se ha incrementado en los últimos años.

En este trabajo se evalúa experimentalmente el comportamiento de probetas cilíndricas de hormigón simple y hormigón armado confinadas externamente con PRF y sometidas a carga axial. Se analiza la respuesta tensión-deformación axial y modos de falla, para ambos tipos de especímenes, hormigón simple y armado. En ambos casos el refuerzo externo de PRF incrementa la resistencia y confiere ductilidad a las probetas, confinando al hormigón y conteniéndolo luego de su falla. Se presentan también comparaciones entre valores experimentales de resistencia máxima a compresión y estimaciones realizadas a partir de modelos empíricos de diferentes autores.

Palabras clave: PRF, Hormigón, Compresión Uniaxial, Confinamiento

Experimental Study of Concrete Cylinders Confining by Composite Materials

Abstract – There are a number of situations where it may become necessary to enhance the load-carrying capacity of elements subjected to compression loads like columns and bridge piles. External reinforcement with fiber reinforced polymers (FRP) appeared with very good results and its use has increased in the last years.

The behaviour of simple and reinforced concrete cylinders confined with FRP and subjected to axial load is assessed experimentally in this paper. Axial stress and strain diagram and failure modes for both kind of specimens, simple and reinforced concrete are analyzed. In both cases FRP external reinforcement increases cylinders resistance and induces ductility, confining and containing the concrete after its failure. Comparisons between experimental maximum compression strength values and predictions using empirical models by different authors are also presented.

Key words: FRP, Concrete, Cylinders, Uniaxial Compression, Confinement

INTRODUCCIÓN

La aplicación de polímeros reforzados con fibras (PRF) como refuerzo externo de elementos comprimidos de hormigón armado ha resultado ser una solución muy eficiente, razón por la cual su uso se ha incrementado en las últimas décadas. Esta tendencia se debe al hecho de que estos materiales poseen ciertas características especiales y sus cualidades resultan totalmente diferentes a aquellas de los materiales isótropos normalmente utilizados con fines estructurales. Presentan una elevada relación resistencia-peso y rigidez-peso, son resistentes a la corrosión y su bajo peso y flexibilidad facilitan el transporte y la colocación en obra. Además, debido a su anisotropía, se puede optimizar fácilmente la respuesta estructural. De este modo, la adhesión de láminas de PRF a la superficie de una columna con las fibras orientadas en la dirección axial mejora la resistencia a flexión de la misma. La colocación de láminas de FRP en la dirección circunferencial, que debería hacerse juntamente con la axial, incrementa la capacidad de deformación del hormigón y, por ende, mejora significativamente la eficiencia del refuerzo, como así también la resistencia al pandeo de las fibras axiales (Arya et al., 2002).

La primera aplicación de esta tecnología se realizó en Japón en chimeneas de hormigón (1987) y luego la técnica se extendió al refuerzo de columnas de hormigón, (Mirmiran et al., 2000). Desde entonces, el método ha sido estudiado experimentalmente utilizando una gran variedad de fibras y diversidad de técnicas de

fabricación. Ye et al (2003) estudiaron el comportamiento sísmico de columnas prismáticas de hormigón armado confinadas externamente con bandas de polímeros reforzados con fibras de carbono (PRFC). Algunas probetas, fueron cargadas hasta alcanzarse la fluencia de las armaduras de acero y luego reparadas con PRFC y ensayadas a rotura. Otras en cambio fueron reforzadas y luego ensayadas, para reproducir el refuerzo bajo condiciones de servicio. Basados en los resultados experimentales, sugirieron un factor de confinamiento con PRFC y un Índice de refuerzo transversal equivalente. Tastani y Pantazopoulou (2004) evaluaron el comportamiento estructural de columnas prismáticas de hormigón armado dañadas por un proceso acelerado de corrosión electroquímica y reparadas externamente con PRFC y polímeros reforzados con fibra de vidrio (PRFV). Las probetas se ensayaron a rotura bajo compresión uniaxial; algunos especímenes fueron sometidos a ciclos repetidos de corrosión y luego ensayados. Observaron, en todos los casos, un aumento significativo de la resistencia y ductilidad de los especímenes reparados. En aquellas probetas reparadas con PRF y luego sometidas a ciclos repetidos de corrosión se registró una importante disminución de dicho proceso. Lin y Liao (2004) realizaron ensayos de compresión uniaxial sobre probetas cilíndricas de hormigón simple y hormigón armado reforzadas externamente con una y dos capas de PRFV. Comprobaron que al aumentar el número de capas, la efectividad del refuerzo mejora, si bien ello depende también de la calidad del material compuesto. Finalmente y a partir de la observación de los resultados experimentales formularon un modelo teórico simple para predecir la resistencia a compresión de columnas de hormigón confinadas con PRF. Li (2006) preparó probetas cilíndricas de hormigón simple confinadas externamente con dos tipos de PRF: tejido unidireccional y resina viniléster según distintos espesores y orientaciones de las fibras y tubos prefabricados de dos espesores. De los resultados experimentales obtenidos encontró que para lograr un confinamiento efectivo el hormigón debe estar dañado o tener una gran deformación axial y que la mayoría de los modelos teóricos existentes sobrestiman la eficiencia del confinamiento, existiendo una gran desviación entre la predicción obtenida aplicando dichos modelos y los resultados de los ensayos. Rousakis et al (2007), estudiaron la mejora en resistencia y ductilidad de especímenes de sección cuadrada confinados con PRFV y PRFC, sometidos a carga axial monótona creciente y carga axial cíclica. Los resultados indicaron que estas secciones, debidamente confinadas pueden alcanzar altos niveles de resistencia y ductilidad. Además desarrollaron un modelo de plasticidad capaz reproducir la respuesta tensión-deformación de columnas prismáticas cargadas axialmente y confinadas con tubos y láminas de PRF.

Teniendo en cuenta la importancia de contar con valores experimentales, el presente trabajo describe ensayos de compresión uniaxial, realizados sobre probetas cilíndricas de hormigón simple y hormigón armado, confinadas externamente con PRFC y sin confinamiento, de manera de comparar los resultados obtenidos y analizar los modos de falla. También se presenta un estudio comparativo entre los resultados experimentales, los obtenidos por la norma ACI 440.2R-02 y los estimados por tres modelos empíricos existentes en la literatura, (Lin y Liao, 2004).

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Especímenes y materiales

Se prepararon seis probetas cilíndricas de hormigón simple y hormigón armado de 150 mm x 300 mm según norma IRAM 1534. Algunas de dichas probetas fueron confinadas externamente con una capa de PRF. Las características y denominaciones de los especímenes se resumen en la Tabla 1. Para la elaboración del hormigón se utilizaron agregados de la zona y cemento portland normal. La dosificación se hizo en función de obtener una resistencia característica a compresión uniaxial a los 14 días de 13 MPa. Para ello se utilizó un acelerante de fragüe sin cloruros para morteros y hormigones.

En el caso de los especímenes reforzados externamente se utilizó como material de confinamiento un tejido unidireccional de fibra de carbono Sika Wrap Hex 103 C de alto módulo y alta resistencia saturado en obra con el sistema epoxídico Sikadur Hex 300. Las propiedades de la lámina curada se determinaron de acuerdo a las especificaciones suministradas por el fabricante y se detallan en la Tabla 2.

En todos los casos las probetas fueron ensayadas a compresión uniaxial según norma IRAM 1546, a los 14 días de ser coladas.

Probeta	Características	A _s	A _{st}	Refuerzo
PNA1	H° Simple	-	-	-
PNA2	H° Simple	-	-	-
PA1	H° A°	4 φ 6	3 φ 4.2	-
PA2	H° A°	4 φ 6	3 φ 4.2	-
PNAR	H° Simple confinado con PRFC	-	-	Tejido de fibra de carbono y resina epoxi
PAR	H° A° confinado con PRFC	4 φ 6	3 φ 4.2	Tejido de fibra de carbono y resina epoxi

A_s: Armadura Longitudinal, A_{st}: Armadura Transversal

Tabla 1 - Características y denominaciones de las probetas ensayadas

Módulo de Elasticidad E (MPa)	73100
Resistencia a tracción, σ_t (MPa)	960
Coefficiente de Poisson, ν	0.2
Alargamiento a la rotura (%)	1.33
Espesor (mm)	1

Tabla 2 - Propiedades mecánicas del PRFC

Proceso de aplicación del refuerzo de PRFC

La técnica de refuerzo y/o reparación se realizó envolviendo la superficie de las probetas previamente imprimadas con resina, con el tejido de fibra de carbono embebido en resina epoxi, siguiendo el proceso denominado húmedo y asegurando un solape de 7 cm (Fig. 1). Antes de la colocación del material de refuerzo, las superficies de los especímenes fueron cuidadosamente pulidas con cepillo de cerdas de acero a los efectos de eliminar polvo y cualquier imperfección superficial. Finalmente y para dejarlos perfectamente limpios, se aplicó aire con un compresor.

Se colocó una sola capa de refuerzo de 1 mm de espesor con las fibras orientadas en la dirección circunferencial.

Equipo de carga utilizado en los ensayos, instrumentación y adquisición de datos

La Fig. 2 muestra el montaje utilizado en los ensayos. La carga fue aplicada usando una prensa manual con una capacidad máxima de 60 tn, provista de un flexímetro para medir fuerzas. Para la medición de los desplazamientos verticales se utilizó un reloj comparador (flexímetro) con una sensibilidad de 0.001mm ubicado sobre la probeta a través de un soporte sujeto a 7.5 cm de los extremos de la misma.



Fig. 1 - Aplicación del compuesto



Fig. 2 - Montaje usado en los ensayos

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Todos los ensayos realizados consistieron en la aplicación de cargas de compresión uniaxial, cuasiestáticas monótonas crecientes. Se midieron cargas y desplazamientos axiales a partir de los cuales se construyeron luego diagramas tensión-deformación. En todos los ensayos, por razones de seguridad y para proteger el instrumental de medición, el mismo fue retirado al observarse en las probetas los primeros indicios de rotura. Por este motivo en los gráficos tensión-deformación no se representa el comportamiento posterior a la resistencia máxima.

Especímenes de hormigón simple (PNA1, PNA2 y PNAR).

El modo de falla observado en las probetas PNA1 y PNA2 fue el típico de ensayos de compresión uniaxial, formación de grietas paralelas a la dirección de aplicación de la carga, como se muestra en la Figura 3. La resistencia del hormigón obtenida de estos ensayos fue de 16.24 y 11.68 MPa que corresponden a cargas de falla de 287 y 206.42 kN respectivamente.



Fig. 3 - Probeta de hormigón simple. Modo de falla

En el caso de la probeta PNAR, reforzada con una capa de PRFC, se observó una falla repentina al cortarse un conjunto de fibras del refuerzo. Esta falla fue precedida por ruidos asociados al despegue del refuerzo que se inició en la zona de solape del mismo y continuó a lo largo de la interfaz hormigón-PRF. Como se muestra en la Figura 4 una capa fina de hormigón quedó adherida al PRF. Ello indica que la adherencia entre uno y otro material fue satisfactoria. No hubo desintegración del hormigón en la zona de rotura y la probeta permaneció íntegra hasta el final del ensayo. En la Figura 5 se representan las curvas tensión-deformación axial (σ - ϵ) del hormigón sin confinar y del hormigón confinado con PRFC. Esta última refleja una significativa mejora de la resistencia y ganancia en ductilidad del hormigón, aún con una sola capa de refuerzo, y está formada por tres regiones diferentes. En la primera, el comportamiento es similar al del hormigón sin confinar, es decir, la expansión lateral del núcleo de hormigón es insignificante.

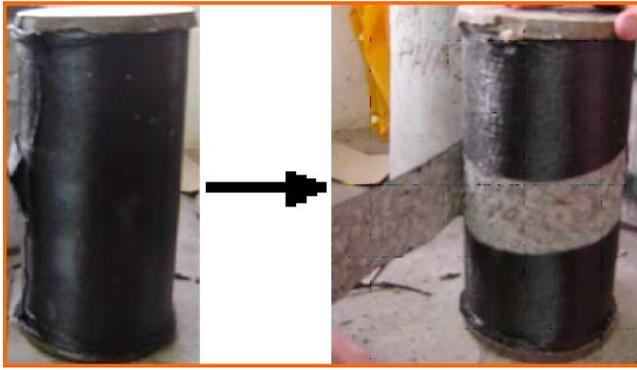


Fig. 4 - Probeta de hormigón simple confinada con PRFC. Modo de falla

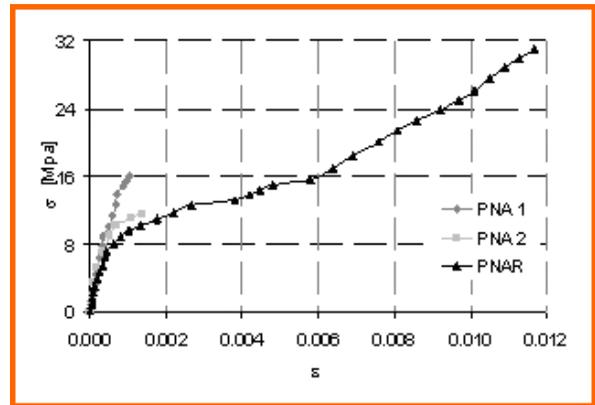


Fig. 5 - Curvas σ - ϵ . Probetas de hormigón simple

Con el crecimiento de las microfisuras, el volumen de hormigón comienza incrementarse provocando la activación del mecanismo de confinamiento. El refuerzo empieza, entonces, a ejercer presión lateral sobre el núcleo de hormigón y contrarresta la degradación del mismo. Este punto es llamado por algunos autores (Mirmiran et al, 2000) punto de transición e indica un comportamiento pseudoplástico del hormigón confinado con PRF. Finalmente, se reconoce una tercera zona en la cual el encamisado está completamente activo, y la rigidez se estabiliza alrededor de un valor constante. En esta región las tensiones son proporcionales a las deformaciones y la respuesta depende principalmente de la rigidez del material de confinamiento, pues el hormigón tiene un comportamiento plástico y no puede soportar cargas adicionales.

Especímenes de Hormigón Armado (PA1, PA2 y PAR).

En el caso de las probetas de hormigón armado no reforzadas con PRF, PA1 y PA2, las cargas máximas alcanzadas fueron de 287.30 kN y 276.65 kN, observándose fisuras similares a las de las probetas de hormigón simple sin confinar.

La falla de la probeta PAR confinada con 1 capa de PRFC se produjo para una carga de 606 kN. En este caso la rotura también fue repentina al cortarse algunas fibras del refuerzo y fue precedida por ruidos asociados a la rotura de la interfase entre la superficie de la probeta y el material compuesto, y a la deformación no uniforme de las fibras (Figura 6). No se produjo pandeo de las barras longitudinales de acero ni desintegración del núcleo de hormigón.



Fig. 6 - Rotura de la interfase material compuesto-hormigón

En la Figura 7 se reproduce el diagrama tensión-deformación axial (σ - ϵ) del hormigón sin confinar y del hormigón confinado con PRFC. Se puede ver un incremento importante de la resistencia última y de la capacidad de deformación del hormigón confinado. Como en el caso del hormigón simple confinado se obtuvo una curva bilineal.

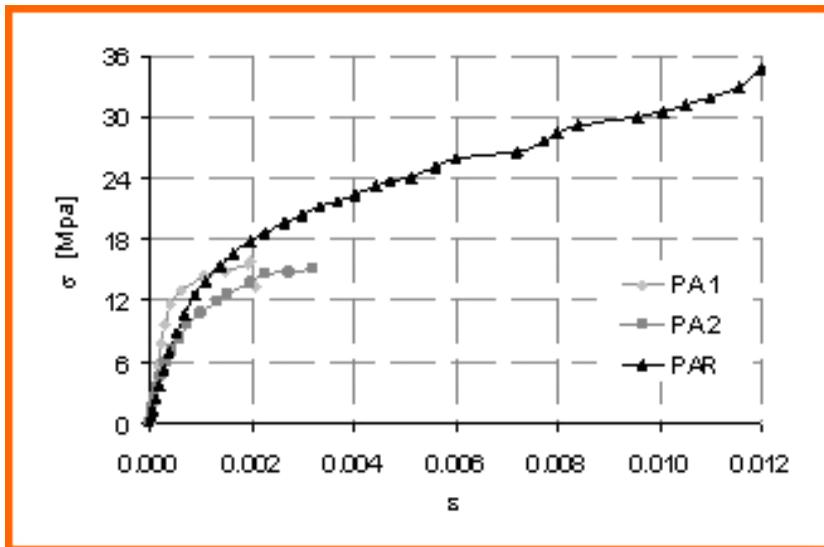


Fig. 7 - Curvas σ - ϵ . Probetas de hormigón armado

En la Tabla 3 se presentan los valores de carga máxima ($P_{m\acute{a}x.}$), tensión máxima ($\sigma_{m\acute{a}x.}$) y deformación axial máxima ($\epsilon_{m\acute{a}x.}$) alcanzados en el ensayo de compresión uniaxial por los especímenes de hormigón simple y hormigón armado sin refuerzo y reforzados con PRFC. Se puede ver una mayor resistencia de las probetas confinadas y una deformación axial considerablemente mayor con respecto al hormigón sin confinar. La eficiencia del confinamiento es ligeramente mayor en el hormigón simple que en el armado. Con respecto al hormigón sin confinar, la resistencia a compresión es 2.33 veces mayor en el primer caso y 2.44 en el segundo. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Lin y Liao (Lin y Liao, 2004) sobre probetas de 100 mm x 200 mm confinadas con una capa de PRFV. Del cociente entre las deformaciones axiales máximas del hormigón confinado y el no confinado se puede obtener un índice de ductilidad, a saber: 9.00 (0.0117/0.0013; ver Tabla 3) y 4.62 (0.0120/0.0026; Tabla 3) para las probetas PNRA y PAR, respectivamente.

De la Tabla 3 también se puede observar que el refuerzo o confinamiento con PRF es más efectivo que el refuerzo con barras de acero. De este modo la armadura de acero incrementa la resistencia a compresión del hormigón simple en 2 MPa y dos veces la capacidad de deformación. El refuerzo externo con PRF aumenta 9 veces la ductilidad y 17 MPa la capacidad resistente.

Espécimen	$P_{rot.}$ (kN)	$\sigma_{m\acute{a}x.}$ (MPa)	$\epsilon_{m\acute{a}x.}$
PNA1	287.00	16.24	0.0011
PNA2	206.42	11.68	0.0014
<i>Promedio</i>	<i>246.71</i>	<i>13.96</i>	<i>0.0013</i>
PNAR	547.80	31.00	0.0117
PA1	287.30	16.25	0.0020
PA2	276.65	15.66	0.0032
<i>Promedio</i>	<i>281.98</i>	<i>15.96</i>	<i>0.0026</i>
PAR	606.00	34.29	0.0120

Tabla 3 - Resultados Experimentales

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD A COMPRESIÓN AXIAL SEGÚN NORMAS ACI Y MODELOS EMPÍRICOS EXISTENTES. COMPARACIÓN CON RESULTADOS EXPERIMENTALES

A continuación se presentan los valores de capacidad de carga axial computados según las normas ACI 318-05 y 440.2R-02 para probetas de hormigón armado sin confinar y confinadas con PRF, respectivamente. Considerando los resultados de los ensayos de las probetas de hormigón simple se adoptó un valor promedio de resistencia a la compresión $f'_c = 14$ MPa.

Se debe destacar que los cálculos se hicieron en base a las normas ACI pues no existe aún en el país normativa para el cálculo de estructuras de hormigón reforzadas externamente con PRF. Por lo tanto para seguir una coherencia en el cálculo, la determinación de la capacidad axial para el hormigón armado sin confinar se hizo de acuerdo a la norma ACI 318-05.

Probetas de Hormigón Armado.

En este caso la capacidad axial P_n puede estimarse como:

$$P_n = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \quad (1)$$

donde A_g es la sección de la probeta [150 x 300] mm², A_{st} la sección de la armadura longitudinal = 4 ϕ 6, f_y la tensión de fluencia del acero = 420 MPa y f'_c la resistencia a compresión del hormigón sin confinar = 14 MPa.

Teniendo en cuenta las propiedades de los materiales, la capacidad axial P_n es de 256.40 kN. Dicha estimación resulta algo conservadora con respecto a los valores obtenidos experimentalmente ($PA1 = 287.30$ kN y $PA2 = 276.65$ kN).

Probetas de hormigón armado confinadas con PRFC.

La capacidad a compresión axial de una columna de hormigón armado reforzada con PRF, según la norma ACI 440.2R-02 puede computarse como:

$$P_n = 0.80 \left[0.85 \psi_f f'_{cc} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right] \quad (2)$$

donde ψ_f es un coeficiente de reducción que puede tomarse igual a 0.95, y f'_{cc} es la resistencia a compresión del hormigón confinado que puede determinarse como:

$$f'_{cc} = f'_c \left[2.25 \sqrt{1 + 7.9 \frac{f_l}{f'_c}} - 2 \frac{f_l}{f'_c} - 1.25 \right] \text{ [MPa]} \quad (3)$$

donde a su vez, la tensión de confinamiento producida por el PRF, f_l , se estima como:

$$f_l = \frac{\kappa_a \rho_f \varepsilon_{fe} E_f}{2} \text{ [MPa]} \quad (4)$$

El valor κ_a es un coeficiente de eficiencia que para secciones circulares puede considerarse igual a 1. El módulo elástico del PRF, E_f , es una característica propia del tipo de refuerzo y debe ser indicada por los fabricantes, en el caso de la lámina curada compuesta por tejido de fibra de carbono Sika Wrap 103C y resina epoxy SiKadur, es igual a 73100 MPa.

Según la norma la deformación efectiva en el refuerzo de PRF, ε_{fe} debe ser:

$$\varepsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.75 \varepsilon_{fu} \quad (5)$$

Para el material utilizado la deformación de rotura ε_{fu} es 1.33%. El parámetro ρ_f es una cuantía de refuerzo que puede calcularse como:

$$\rho_f = \frac{4nt_f}{h} \tag{6}$$

siendo n el número de capas del tejido (en este caso 1), t_f su espesor (1mm) y h el diámetro de la columna o probeta (150 mm).

Por lo tanto:

De (5) $\rho_f = 0.0267$

De (3) $f_l = 3.904 \text{ MPa}$

De (2) $f'_{cc} = 31.07 \text{ MPa}$ con $f'_c = 14 \text{ MPa}$

A partir de estos valores, la capacidad de la probeta sin armadura se estima en $P_n = 354.68 \text{ kN}$ y para el caso de probeta con armadura $P_n = 390.40 \text{ kN}$. Ambos valores están muy por debajo de las capacidades halladas experimentalmente (547.80 kN y 606 kN, Tabla 3), resultando una aproximación muy conservadora.

Con respecto a los modelos empíricos utilizados para predecir la capacidad resistente a compresión de columnas de hormigón confinadas con PRF, la mayoría de ellos han sido calibrados con datos experimentales de sus propios autores y algunos adaptados para el caso de confinamiento con FRP, pues originalmente las formulaciones fueron pensadas para reproducir el confinamiento con tubos de acero. En la Tabla 4 se presentan las ecuaciones y variables utilizadas por tres modelos analíticos para obtener la resistencia a compresión de hormigones confinados, Mander et al (Rougiar, 2003), Samaan et al (Samaan et al., 1998), Lin y Liao (Lin y Liao, 2004). Luego en la Tabla 5 se muestra la comparación de la resistencia máxima a compresión obtenida experimentalmente con los valores calculados a partir de la norma ACI 440.2R-02 y los modelos empíricos mencionados precedentemente.

Modelo	Ecuaciones
Mander et al., 1988	$f'_{cc} = f'_c \left(\begin{matrix} -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94f_r}{f'_c}} \\ -2 \frac{f_r}{f'_c} \end{matrix} \right) [MPa]$
Samaan et al., 1998	$f'_{cc} = f'_c + 6.0(f_r)^{0.7} [MPa]$
Lin y Liao, 2004	$f'_{cc} = f'_c + 2f_r [MPa]$

Tabla 4 - Modelos empíricos-Ecuaciones

Unidad de tensión: MPa			
Espécimen	PNAR	PAR	Variables
Valores Exp.	31.00	34.29	-
ACI 440.2R-02	20.07	22.09	$f'_c = 14 \text{ MPa}$
Mander et al.	47.53	52.12*	$f_{fu} = 960 \text{ MPa}$
Samaan et al.	49.74	51.74*	$t_f = 1 \text{ mm}$
Lin y Liao	39.60	41.60*	$d_c = 150 \text{ mm}$
* El cálculo de estas tensiones también se hizo utilizando un valor de $f'_c = 14 \text{ MPa}$, que corresponde a la resistencia promedio a compresión de las probetas de hormigón armado sin confinar (Tabla 3).			

Tabla 5 - Comparación de valores de resistencia a compresión, experimentales y empíricos, del hormigón confinado con PRF

donde f'_{cc} y f'_c tienen el mismo significado que en las fórmulas del ACI y f_r es la máxima presión de confinamiento ejercida por el PRF antes de la rotura.

$$f_r = \frac{2nt_f f_{fu}}{d_c} \tag{6}$$

donde n es el número de capas del PRF, t_f el espesor del PRF, f_{fu} la resistencia última a tracción del PRF y d_c el diámetro de la probeta de hormigón.

El modelo de Mander et al (Rougier, 2003), originalmente desarrollado para hormigón confinado con acero, relaciona la resistencia a rotura del hormigón confinado con la presión de confinamiento y la resistencia a compresión del hormigón sin confinar. Se basa en las propiedades del diagrama tensión-deformación y datos de ensayos.

La formulación de Samaan et al. (Samaan et al., 1998) fue calibrada con resultados experimentales obtenidos por los autores sobre probetas de hormigón encamisadas con tubos de FRP. Es un modelo de confinamiento simple, capaz de reproducir de manera satisfactoria la respuesta bilineal tensión-deformación axial y transversal del hormigón confinado con FRP. Los parámetros del modelo están relacionados directamente con las propiedades del compuesto (FRP) y del núcleo de hormigón.

El modelo de Lin y Liao (Lin y Liao, 2004), a diferencia de los dos anteriores, no es un modelo de regresión. Se trata de un modelo muy simple formulado por sus autores a partir de observaciones experimentales.

Se puede ver en la Tabla que los valores de tensión calculados a partir de la norma ACI 440.2R-02 subestiman la eficiencia del confinamiento con PRF, tanto en el caso del hormigón simple como el armado. Contrariamente los modelos empíricos, en particular los de Mander et al y Samaan et al. sobreestiman la resistencia a compresión del hormigón confinado simple (51 % y 58 %, respectivamente) y armado (39 % y 45 %), probablemente por haber sido originalmente propuesto para confinamiento con acero (estribos circulares y espirales), el primero, y calibrado para datos experimentales de sus autores, el segundo. La formulación de Lin y Liao es la que mejor se ajusta a los valores experimentales presentados en este trabajo, pues como se dijo anteriormente surgió del análisis de datos de laboratorio. La sobreestimación de la resistencia compresión es del orden del 26 % para la probeta de hormigón simple y del 16 % para el hormigón armado.

CONCLUSIONES

Si bien el número de ensayos realizados es modesto, del análisis y la comparación de los resultados se puede concluir lo siguiente:

El confinamiento lateral mediante la envoltura de láminas o tejidos de PRF, ha demostrado ser muy eficiente por cuanto incrementa notablemente la resistencia y ductilidad de las probetas. Esto se debe al desarrollo de un estado triaxial de tensiones que confina y contiene al hormigón luego de que éste ha sido dañado.

Se debe asegurar una perfecta adherencia entre el hormigón confinado y el PRFC, así como también una longitud de solape adecuada que evite el despegue del refuerzo y la consiguiente falla frágil de los especímenes.

Los valores de resistencia máxima a compresión axial obtenidos a partir de las fórmulas del ACI y de modelos empíricos existentes, tanto en el caso de probetas de hormigón simple como en el caso de probetas de hormigón armado, resultaron menores a los experimentales en el primer caso y sustancialmente mayores en el segundo, excepto el modelo de Lin y Liao (Lin y Liao, 2004), con el cual se logró un mejor ajuste de los datos de laboratorio.

De todas maneras para poder arribar a conclusiones más generales es necesario continuar realizando ensayos y analizar otras variables como por ejemplo cantidad óptima de PRF, esto es número de capas, longitud adecuada de solape para evitar la falla frágil por pérdida de adherencia que se produce en esa zona, así como también otros esquemas de refuerzo y PRFs.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, a Sika Argentina y a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Reg. C del U.

REFERENCIAS

Arya C., Clarke J., Kay E., O'Reagan P., "Design guidance for strengthening concrete structures using fiber composite materials: a review.", *Engineering Structures*, 24, 889-900, (2002).

- Mirmiran A., Zagers K., Yuan W., “Nonlinear finite element modeling of concrete confined by fiber composites”, *Finite Elements in Analysis and Design*, 35, 79-96, (2000).
- Ye L. P., Zhang K., Zhao S. H., Feng P., “Experimental study on seismic strengthening of RC columns with wrapped CFRP sheets”, *Construction and Building Materials*, 17, 499-506, (2003).
- Tastani S. P., Pantazopoulou S. J., “Experimental evaluation of FRP jackets in upgrading RC corroded columns with substandard detailing”, *Engineering Structures*, 26, 817-829, (2004).
- Luccioni B. M., Rougier V. C., “A plastic damage approach for confined concrete”, *Computers and Structures*, 83, 2238-2256, (2005).
- Guoqiang Li, “Experimental study of FRP confined concrete cylinders”, *Engineering Structures*, 28, 1001-1008, (2006).
- Rousakis T., Karabinis A., Kiouisis P., “FRP-confined concrete members: Axial compression experiments and plasticity modelling”, *Engineering Structures*, 29, 1343-1353, (2007).
- ACI 440.2R-02, “Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structures”, (2002).
- ACI 318-05, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, (2005).
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, IRAM 1534, Hormigón de cemento portland. Preparación y curado de probetas para ensayos en laboratorio, (1985).
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, IRAM 1546, Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de compresión, (1992).
- Rougier V., “Confinamiento de columnas de hormigón con materiales compuestos”, Tesis (Magister en Ingeniería Estructural), Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán. Argentina, 125, (2003).
- Samaan M., Mirmiran A., Shahawy M., “Model of Concrete Confined by Fiber Composites”, *ASCE, Journal of Structural Engineering*, 124 (9), 1025-1031, (1998).

Estudios In Vitro de Cementos de α -Fosfato Tricálcico Modificados con β -Silicato Dicálcico

INVESTIGADORES INVITADOS: D. Correa^a, L. Brito, A. Almirall^a, J.A. Delgado^a, R. Carrodegua^b, L.A. Santos^c
^aCentro de Biomateriales, Universidad de La Habana, Cuba, ^bInstituto de Cerámicas y Vidrios, España, ^cLabiomat, Universidade Federal de Río Grande do Sul, Brasil

RESUMEN - La capacidad que presentan los cementos de fosfato de calcio de fraguar en condiciones fisiológicas, así como su excelente biocompatibilidad, hacen estos materiales factibles para diferentes aplicaciones clínicas. Sin embargo sus bajas propiedades mecánicas limitan dichas aplicaciones a zonas de menores esfuerzos físicos. El β -silicato dicálcico (β -C₂S) es un componente del cemento Portland, que reacciona con agua formando una fase hidratada de elevada resistencia mecánica. Diferentes autores han demostrado la capacidad bioactiva de este compuesto. En el presente trabajo fueron preparados cementos de α -fosfato tricálcico (α -TCP) modificados con β -C₂S. El polvo de α -TCP fue obtenido por reacción ácido-base y el β -C₂S vía sol-gel. Los materiales fueron caracterizados físico-químicamente, además de estudiar la biodegradación de los mismos a través de su inmersión en solución fisiológica simulada. Los mayores valores de resistencia a la compresión y pH correspondieron al cemento con 20% de β -C₂S (19,8 MPa and 8,09 respectivamente)

Palabras clave: fosfato tricálcico, hidroxiapatita, bioactividad

IN VITRO STUDIES OF α -TRICALCIUM PHOSPHATE CEMENT MODIFIED WITH β -DICALCIUM SILICATE

ABSTRACT - The combination of in situ self-setting and biocompatibility, makes calcium phosphate cements highly promising materials for a wide range of clinical applications. However, its low strength limits their use only to low-stress applications. β -Dicalcium silicate (β -C₂S) is a Portland cement component, able to react with water to form a hydrated phase that enhance mechanical strength of material. Different authors reported the bioactive capacity of this compound. In this investigation, α -TCP cements modified with β -C₂S were prepared. The α -tricalcium phosphate (α -TCP) powder was prepared through acid-base method, and β -C₂S was synthesized by sol-gel method. Materials were characterized both chemically and physically. Biodegradability was studied by soaking the materials in simulated body fluid for various time periods. The results showed that a cement with 20 % of β -C₂S exhibited greater compressive strength and pH values (19,8 MPa and 8,09 respectively).

Keywords: tricalcium phosphate cements, hydroxiapatite, bioactivity

INTRODUCCIÓN

Los primeros cementos de fosfatos de calcio fueron desarrollados por Brown y Chow en la década del 80 del pasado siglo. Ellos demostraron que mezclas de sales de fosfato tetracálcico (TTCP) y fosfato dicálcico dihidratado (DCPD) al reaccionar con agua fraguaban debido a su disolución y posterior precipitación de cristales de hidroxiapatita, cuyo entrecruzamiento proporcionaba resistencia mecánica al material resultante. Iniciándose de esta manera el desarrollo de materiales a base de sales de fosfatos de calcio para ser empleados en la regeneración del tejido óseo (1,2).

Entre las formulaciones de CFC que aparecen reportadas en la literatura sobresale la basada en un polvo de α -TCP (α -Ca₃(PO₄)₂) que al fraguar en presencia de una solución acuosa forma la hidroxiapatita deficiente en calcio (CDHA, Ca₉(HPO₄)(PO₄)₅OH), similar a la hidroxiapatita biológica. El entramado de cristales de CDHA es el responsable de proporcionar resistencia mecánica al biomaterial (1,3). Además la CDHA es un material biocompatible y osteoinductivo, es decir, que estimula la regeneración del tejido óseo, facilitando la recuperación del sitio de implantación. Por otra parte, estos materiales se caracterizan por su posibilidad de fraguar en condiciones fisiológicas por lo que pueden moldearse y adaptarse perfectamente a la forma del defecto óseo (4,5). Esta propiedad también ha permitido preparar materiales inyectables. Sin embargo, presentan el inconveniente de poseer baja resistencia mecánica, alcanzándose, en el mejor de los casos,

valores similares a la del hueso trabecular o un 20 % a la del hueso cortical, limitando sus aplicaciones a lugares que no soporten grandes esfuerzos mecánicos (6,7).

En la actualidad se han reportado diferentes formulaciones de cementos de aluminatos y silicatos de calcio que se destacan por su elevada resistencia mecánica al fraguar en presencia de soluciones acuosas. Estos cementos son empleados en determinadas aplicaciones clínicas como recubrimiento pulpar y relleno del canal apical. Si bien estos materiales han demostrado una buena biocompatibilidad con el tejido óseo, así como un alto potencial bioactivo, a diferencia de los CFC no son osteotransductivos, es decir no son colonizados por el tejido óseo (9).

El silicato dicálcico (C₂S) es un constituyente del cemento de construcción Pórtland, que al estar en contacto con agua o una solución acuosa reacciona desarrollando resistencia a partir de su producto de hidratación (Ca₃Si₂O₇.2H₂O).

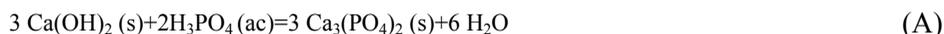
Estudios recientes han mostrado este material (C₂S) como un candidato potencial para la preparación de cementos óseos inyectables, debido a sus excelentes propiedades mecánicas y bioactividad, aunque algunos estudios *in vivo* han demostrado que sus productos de hidratación no son reabsorbibles (10, 11, 12).

En el presente trabajo se propone la preparación de cementos de α-fosfato tricálcico (α-TCP) modificados con β-silicato dicálcico (β-C₂S), obtenido por metodología sol-gel, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los materiales finales, así como el estudio de degradación *in vitro* de los cementos al interactuar con solución fisiológica simulada (SBF).

MATERIALES Y MÉTODOS

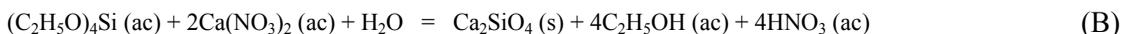
Síntesis del α-fosfato tricálcico (α-TCP) por vía húmeda

Se ponen a reaccionar Ca(OH)₂ y H₃PO₄ (0,5mol/L) en cantidades estequiométricas. El sólido obtenido se somete a un tratamiento térmico (horno eléctrico SANCHIS) de 1200°C por 6 horas, luego se realiza el *quenchi* (enfriamiento brusco) para obtener la fase cristalina deseada (fase α).



Síntesis de β-Ca₂SiO₄ (β-C₂S) vía sol-gel

Primeramente se realiza la hidrosilisis del alcóxido (C₂H₅O)₄Si (TEOS), luego se combinan el TEOS y el Ca(NO₃)₂.4H₂O (relación molar Ca/Si = 2), la reacción se mantiene durante 6 horas y a 60°C. Finalmente se deja gelificar y se somete a tratamiento térmico de 800 °C durante 3 horas.



Preparación de los cementos

En la tabla I se muestra la composición de los cementos preparados, en todos los casos como fase líquida se empleó una solución acuosa de (NH₄)₂HPO₄ al 2,5% en masa. Para cada formulación se adicionó la cantidad mínima de líquido aceptada por la fase sólida (polvo).

Formulaciones	Composición Química	R(L/P)
T	100% α-TCP	0,40
TS10	10% β-C ₂ S	0,45
	90% α-TCP	
TS20	20% β-C ₂ S	0,50
	80% α-TCP	

R (L/P): relación líquido-polvo [ml/g]

Tabla I - Formulaciones estudiadas

	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻
SBF	142,0	5,0	2,5	1,5	147,8	4,2	1,0	0,5
Plasma Sanguíneo	142,0	5,0	2,5	1,5	103,0	27,0	1,0	0,5

Tabla II - Composición de SBF [mmol/L]

Determinación de la porosidad aparente

Para el cálculo de la porosidad aparente (P_{AP}) fue utilizado el procedimiento descrito en la norma ASTM C 20-00 (2005) basada en el principio de Arquímedes. Se determinaron las masas de las muestras seca (m_s), húmeda (m_h) e inmersa (m_i), el líquido empleado fue etanol.

$$P_{AP} = \frac{(m_h - m_s)}{(m_h - m_i)} \times 100 \quad [\%] \quad (C)$$

Análisis de difracción de rayos X

Se empleó un difractómetro PHILLIPS® modelo X'Pert MPD con radiación CuK α 1 y límite de detección 4 %. Los difractogramas fueron obtenidos en un intervalo de 5-75° y paso angular 0,05°.

Estudios de degradación "in vitro"- Preparación de Solución Fisiológica Simulada (SBF, siglas en inglés)

La preparación del SBF se realizó según el procedimiento descrito por Kokubo y colaboradores (13).

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

La interacción del material con el medio fisiológico se llevó a cabo colocando las formulaciones preparadas en SBF durante diferentes períodos de tiempo (7,15 y 21 días) a 36,5°C. Los cambios superficiales, así como en las superficies de fracturas, ocurridos en las muestras fueron analizados por MEB, empleando un microscopio electrónico del tipo JEOL - JSM 5800.

Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos se realizaron en una máquina universal servohidráulica MTS 810 utilizando una célula de carga de 5 kN y una velocidad de ensayo de 1mm/min.

Variación de pH

La variación de pH que se produce en SBF, al estar en contacto con las muestras de cementos preparadas, fue estudiada con el empleo de un pHmetro modelo MPA210.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

α -fosfato tricálcico (α -TCP)

El fosfato tricálcico ($Ca_3(PO_4)_2$) presenta dos fases polimórficas, α y β , siendo la primera mucho más reactiva en contacto con solución acuosa a temperaturas ambiente y fisiológica (14,15). Para la obtención de esta fase (α) empleamos la vía ácido-base, pues es posible obtener dicho compuesto a menores temperaturas de síntesis y menor dependencia de la morfología de los materiales de partida como ocurre con las reacciones en estado sólido (16,17).

En la figura 1 se muestran los difractogramas del fosfato tricálcico (TCP) amorfo y luego del tratamiento térmico, puede apreciarse en el primer caso la presencia de bandas difusas, característico de los materiales amorfos, que carecen del ordenamiento estructural que presentan los sólidos cristalinos. Luego del tratamiento térmico, se observan señales correspondientes a la fase β . A pesar de no realizarse un estudio cuantitativo de las fases presentes, puede notarse que la fase α es mayoritaria. Diversos autores (18) reportan la presencia de fase β (hasta 15 %) en compuestos de α -TCP.

β -Silicato dicálcico (β -C₂S)

El C₂S presenta varias fases polimórficas, siendo γ la fase estable a temperatura ambiente. La fase β es la

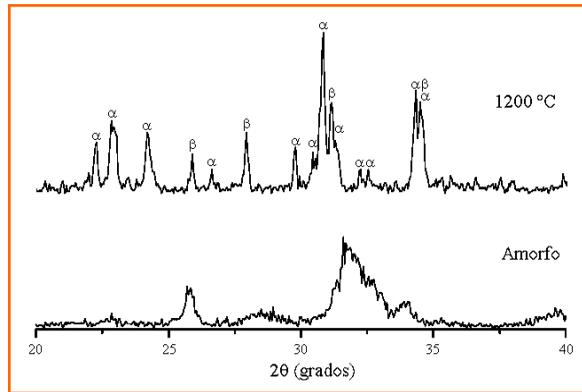


Fig. 1 - Difractogramas del TCP antes y después del tratamiento térmico

más reactiva y la empleada en los cementos Portland por su facilidad de hidratarse y aportar resistencia mecánica al material, sin embargo, puede transformarse con relativa facilidad a la fase γ . En nuestro trabajo empleamos una variante del método sol-gel propuesto por Chang (19) para la obtención de β - C_2S sin el empleo de estabilizadores químicos (20). En el difractograma que aparece en la figura 2 puede notarse que no se detectaron señales correspondientes a la fase γ , lo que resulta positivo desde el punto de vista de reactividad del material.

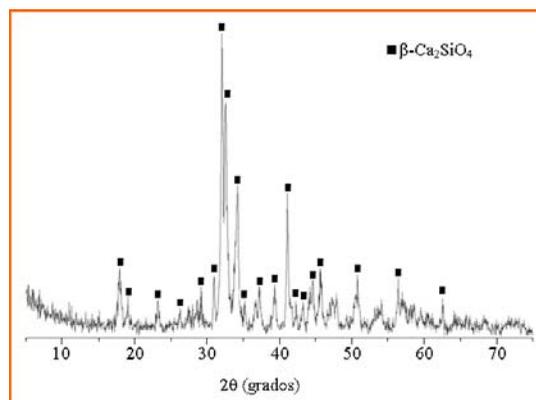


Fig. 2 - Patrón de difracción del β - C_2S

Degradación “in vitro” de los cementos

Las formulaciones estudiadas, así como sus composiciones están especificadas en la tabla I correspondiente a la parte experimental. La figura 3 muestra las micrografías de la superficie del cemento T (100% α -TCP), antes (0 días) y después de estar en contacto con SBF por diferentes períodos de tiempo.

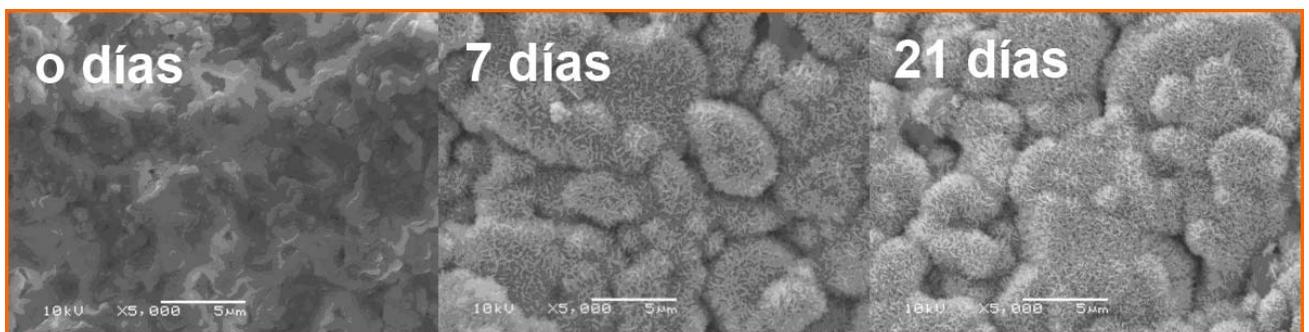


Fig.3 - Micrografías de la superficie del cemento T.

Puede apreciarse la formación de aglomerados formados por pequeños cristales en forma de agujas correspondientes a la hidroxiapatita (comprobado por DRX). Este tipo de estructuras coincide con las reportadas en la literatura para los materiales bioactivos (3,21).

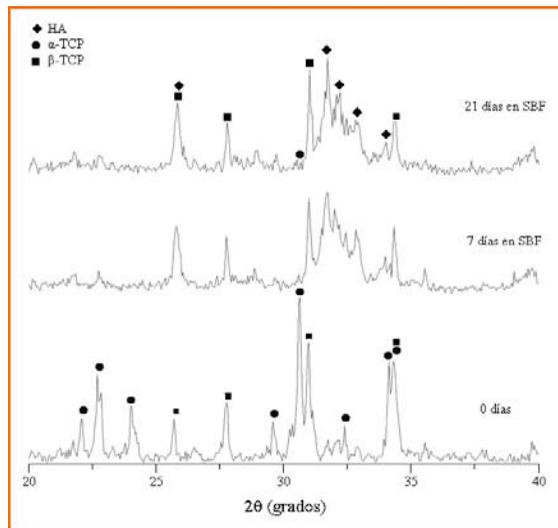


Fig. 4 - Difractogramas de T antes y después de estar en contacto con SBF

Los patrones de difracción muestran las señales características de la HA, en este caso correspondientes a una hidroxiapatita deficiente en calcio (CDHA). Se observa que a los 7 días de interacción del cemento con SBF ha reaccionado prácticamente todo el α -TCP, permaneciendo la fase β , aún a los 21 días, debido a la poca reactividad de la misma.

Los cementos de α -TCP modificados con β -C₂S (TS10 y TS20) mostraron comportamientos similares entre sí. Las figuras 5 y 6 muestran las microfografías y patrones de difracción de TS10 (10% de β -C₂S) respectivamente. En las microfografías se observan a los 7 días estructuras globulares bien desarrolladas, correspondientes a cristales de CDHA (según DRX figura 6).

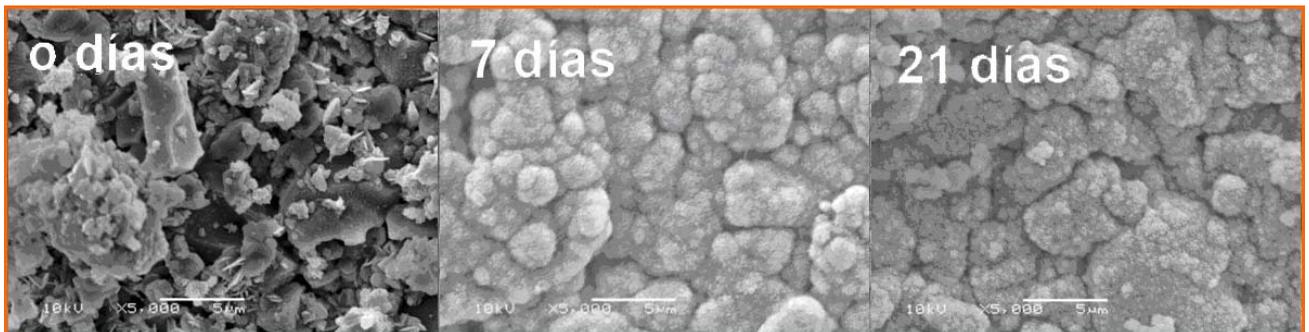


Fig. 5 - Micrografías de la superficie de TS10 a diferentes tiempos de interacción con SBF

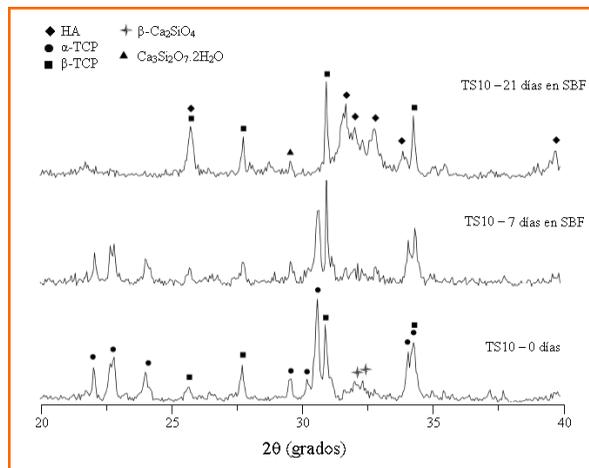


Fig. 6 - Difractogramas de TS10 a diferentes tiempos de interacción con SBF.

En los difractogramas de la figura 6 y 8 (7 y 21 días) aparecen además señales características de la fase hidratada $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ que se forma como resultado de la reacción de hidratación que sufre el β -silicato dicálcico.

En el cemento TS20 (20% de $\beta\text{-C}_2\text{S}$) se aprecia la presencia de cristales en forma de crestas (señalados en la figura 7) antes de ponerse en contacto con SBF, pertenecientes a $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; demostrando lo planteado en la literatura (12,19) respecto a la facilidad de hidratación del β -silicato dicálcico y la rápida formación de esta fase.

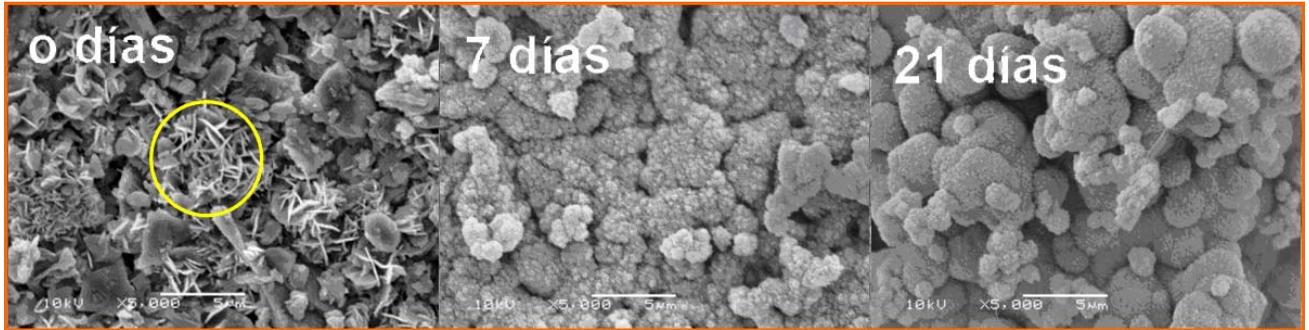


Fig. 7 - Micrografías de la superficie de TS20

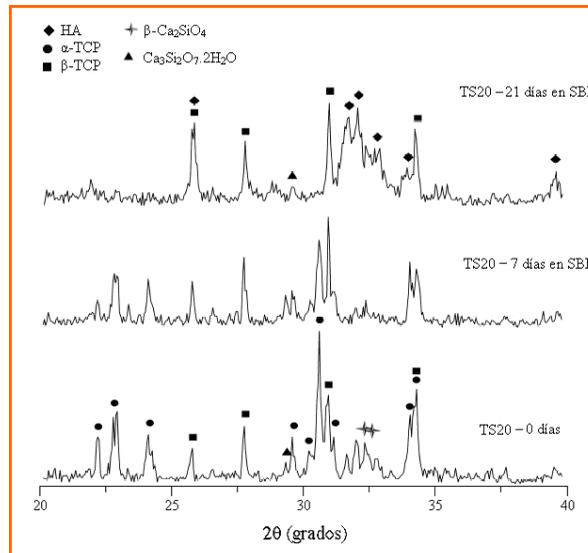


Fig. 8 - Patrones de difracción de TS20 antes y después de estar en contacto con SBF

En ambos casos (cementos TS10 y TS20) se aprecia la formación de las estructuras apatíticas que cubren completamente la superficie de estos materiales, luego de 21 días de interacción con SBF. Este hecho está relacionado con la ya demostrada capacidad bioactiva que presenta el $\beta\text{-C}_2\text{S}$, debido a la presencia de iones SiO_4^{4-} en su estructura, capaces de formar grupos silanoles (Si-OH) que actúan como sitios específicos que activan la nucleación de la hidroxiapatita (22).

Ensayos mecánicos. Resistencia a la compresión

Entre los factores que influyen en estas propiedades se destacan, además de la composición química de los materiales, la relación líquido-polvo ($R(L/P)$), tamaño de partículas del polvo y porosidad del cemento, entre otras (18). Por otra parte hay que tener en cuenta que la porosidad, a pesar de tener un papel negativo en las propiedades mecánicas, es un factor positivo en cuanto al comportamiento biológico del material, pues materiales con poros de tamaños inferiores a $100\mu\text{m}$ no permiten crecimiento de tejido óseo en sus intersticios (1,18).

En la tabla III se muestran los resultados de porosidad aparente de los cementos antes y después ($P_{AP}\text{-SBF}$) de interactuar con SBF. Todos los cementos experimentaron un aumento de su porosidad después de su

inmersión en SBF, lo que indica que estos materiales reaccionaron con la solución, disolviéndose parte de sus componentes más solubles.

Formulaciones	R (L/P) (ml/g)	P _{AP} (%)±SD	P _{AP} -SBF(%)±SD
T	0,40	19±3	31±1
TS10	0,45	18±2	30,1±0,8
TS20	0,50	17±2	30±2

Tabla.III - Porosidad aparente de los cementos preparados

En la figura 9 se muestran los resultados de resistencia a la compresión de las diferentes formulaciones estudiadas luego de estar en contacto con SBF durante 30 días.

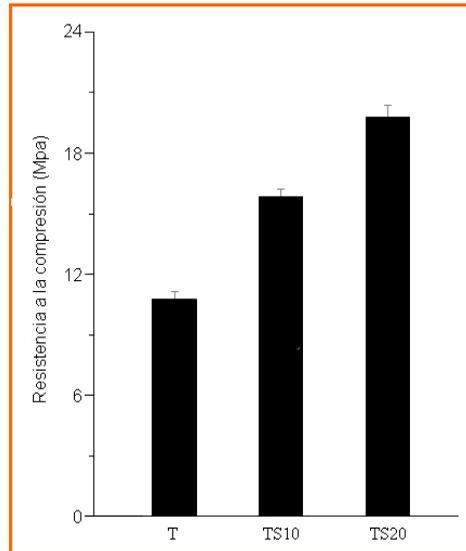


Fig. 9 - Resistencia a la compresión de los cementos estudiados

Se puede apreciar que el menor valor (10,8 MPa) corresponde al cemento T, pues solo presenta en su composición α -TCP, aunque este valor se encuentra alejado de los resultados reportados en la literatura para este tipo de materiales (18, 22, 23). Esta situación se repite para el resto de las formulaciones, pues en el caso de cementos de α -TCP modificados con β -C₂S (8 %) preparados por Wang y colaboradores, se reportan resultados de resistencias a la compresión superiores a 45 MPa (11). Las bajas propiedades mecánicas de estos cementos pueden estar relacionadas con la formación de pequeños cristales de HA en su interior (observados en las micrografías de la figura 10), incapaces de formar un entramado cristalino resistente que es el máximo responsable de la resistencia mecánica de estos materiales. También debe tenerse en consideración el relativamente elevado porcentaje de porosidad aparente presentado por estos cementos.

Los mayores valores de resistencias obtenidos corresponden al cemento TS20 (19,8 MPa), pues las micrografías de superficie de fractura muestran una estructura interna más compacta, debido a la existencia de cristales Ca₃Si₂O₇.2H₂O que refuerzan de manera significativa la resistencia mecánica del cemento.

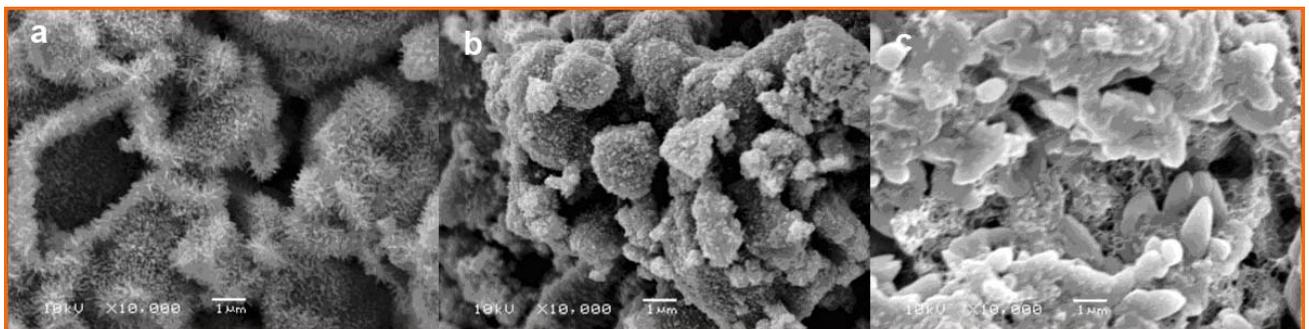


Fig. 10 - Micrografías de la superficie de fractura de T (a), TS10 (b) y TS20 (c), luego de 30 días inmersos en SBF

Variación de pH

Los cementos estudiados permanecieron inmersos en SBF durante diferentes períodos de tiempo con el objetivo de evaluar el comportamiento del pH de la solución (figura 11) en presencia de estos materiales.

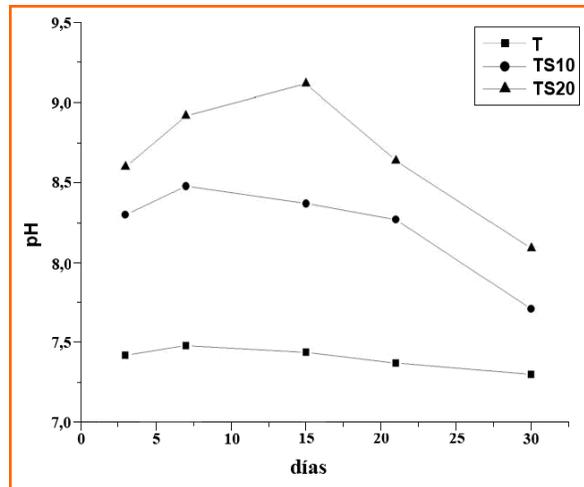
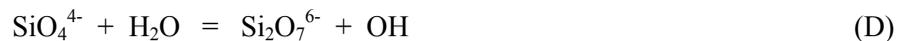


Fig. 11. Variación de PH de las muestras en estudio a 36,5°C.

En todos los casos se observa un aumento inicial, hasta los 7 días, en los valores de pH, con la excepción del cemento TS20 que mostró su mayor valor a los 15 días. El cemento T presenta los menores valores de pH, e incluso cercanos al pH neutro, debido a que en su reacción de fraguado consume iones OH^- de la solución para convertirse en hidroxiapatita.

En el caso de los cementos preparados con $\beta\text{-C}_2\text{S}$ el aumento del pH está justificado por las reacciones de hidratación que ocurren en los mismos. Se ha planteado que este compuesto se disuelve en agua liberando iones SiO_4^{4-} , sufriendo reacciones de condensación para formar iones diméricos $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$ e incrementándose el pH de la solución (19), la reacción puede ser planteada de la manera siguiente:



Los valores de pH finales de todos los cementos se encuentran dentro del intervalo permisible (6.5-8.5) planteado por diversos autores para el uso clínico de estos materiales (18).

CONCLUSIONES

Se logró obtener un polvo de $\alpha\text{-TCP}$ a partir de un fosfato de calcio amorfo obtenido por vía húmeda (reacción ácido-base). Así como el compuesto $\beta\text{-C}_2\text{S}$ mediante metodología sol-gel, empleado como modificador del cemento de $\alpha\text{-TCP}$. El cemento de $\alpha\text{-TCP}$ (T), así como sus modificaciones (TS10 y TS20) fraguaron formando hidroxiapatita deficiente en calcio (CDHA). En todos los casos después de 21 días de interacción con SBF, la superficie de los mismos presentaba aglomerados cristalinos bien desarrollados correspondientes a CDHA. Los valores de resistencia a la compresión aumentaron en el siguiente orden $\text{T} < \text{TS10} < \text{TS20}$, pues los cristales de $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ refuerzan las propiedades mecánicas del material final. A pesar que se consiguió aumentar la resistencia mecánica con el empleo de $\beta\text{-C}_2\text{S}$, los resultados obtenidos no fueron del todo satisfactorios, pues en la literatura se reportan materiales similares con resultados de resistencia a la compresión superiores a los aquí obtenidos. En los estudios de pH, el cemento T presentó la menor variación y menores valores de pH, debido que en el resto de las formulaciones las reacciones de hidratación forman productos con propiedades básicas, aumentando el pH del sistema. En todos los casos los valores de pH, después de 30 días, se encuentran dentro del intervalo aceptado por diferentes autores para el uso clínico de estos materiales.

REFERENCIAS

1. FERNANDEZ E., GIL J, GINEBRA M. P., DRIESSENS S F., PLANELL J. A., Production and characterization of new calcium phosphate bone cements in the CaHPO_4 a- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ system: pH, workability and setting times,

- Journal of materials science: Materials in medicine, v.10, p.223-230, 1999.
2. GINEBRA M. P. et al., Setting Reaction and Hardening of an Apatitic Calcium Phosphate Cement, *J Dent Res*, v.76, p.905-912, 1997.
 3. KOMATH M. AND VARMA H. K., Development of a fully injectable calcium phosphate cement for orthopedic and dental applications, *Bull. Mater. Sci.*, v.4, p.415-422, 2003.
 4. TADIC D., PETERS F., EPPL M., Continuous synthesis of amorphous carbonated apatites, *Biomaterials*, v.23, p.2553-2559, 2002.
 5. SUJIN K., In situ observation of hydroxyapatite nanocrystal formation from amorphous calcium phosphate in calcium-rich solutions, *Materials Chemistry and Physics*, v.91, p.500-506, 2005.
 6. GBURECK U., et al., Amorphous α -Tricalcium aluminate Phosphate: Preparation and Aqueous Setting Reaction, *J. Am. Ceram Soc.*, v.87, p.1126-1132, 2004.
 7. DOS SANTOS, et al., Dual-setting calcium phosphate cement modified with ammonium polyacrylate, Blackwell Publishing, v.27, p.412-418, 2003.
 8. CUNEY A., Chemical preparation of the binary compounds in the calcia-alumina system by Self-Propagating Combustion Synthesis, *J. Am. Ceram. Soc.*, v.81, p.2853-63, 1998.
 9. HENCH L. L., Theory of bioactivity: the potential for skeletal regeneration, *Anales de Química*, v.93, p.44-48, 1997.
 10. WANG X. et al., Self-setting properties of β -dicalcium silicate reinforced calcium phosphate cement, *J. Biomed. Mat. Res.*, 2006.
 11. CHANG J., Low-temperature synthesis of nanocrystalline β -dicalcium silicate with high specific surface area, *Journal of Nanoparticle Research*, v.9, p.1195-1200, 2007.
 12. KOKUBO T., TAKADAMA H., How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity?, *Biomaterials*, v.27, p.2907-2915, 2006.
 13. YANBAO L., WENJIAN W., KIM CH. T., Novel highly biodegradable biphasic tricalcium phosphates composed of α -tricalcium phosphate and β -tricalcium phosphate, *Acta Biomaterialia*, v.3, p.251-254, 2007.
 14. BOHNER M., MALSY A., CAMIRE' CH., GBURECK U., Combining particle size distribution and isothermal calorimetry data to determine the reaction kinetics of α -tricalcium phosphate-water mixtures, *Acta Biomaterialia*, v.2, p.343-348, 2006.
 15. GBURECK U., et al., Amorphous α -Tricalcium aluminate Phosphate: Preparation and Aqueous Setting Reaction, *J. Am. Ceram Soc.*, v.87, p.1126-1132, 2004.
 16. SANDI CAROLINA RUIZ S. C., DELGADO E., Propuesta y evaluación de una síntesis rápida y selectiva de algunos fosfatos de calcio por el método ácido-base, 2005. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia.
 17. DOS SANTOS L. A., Desenvolvimento de Cimento de Fosfato de Calcio Reforçado por Fibras para Uso na Area Médico-Odontológica, 2002. Tesis (Doctorado en Ingeniería Mecánica), Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
 18. GOU Z., CHANG J., Synthesis and in vitro bioactivity of dicalcium silicate powders, *Journal of the European Ceramic Society*, v.24, p.93-99, 2004.
 19. CHRYSAFI R., PERRAKI TH., KAKALI G., Sol-gel preparation of $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, *Journal of the European Ceramic Society*, v.27, p.1707-1710, 2007.
 20. VALLET-REGÍ M., GONZÁLEZ-CALBET J. M., Calcium phosphates as substitution of bone tissues, *Progress in Solid State Chemistry*, v.32, p.21-31, 2004.
 21. KOKUBO T., Novel bioactive materials, *Anales de Química*, v.93, p.49-55, 1997.
 22. ROEMHILDT M., MCGEE T., WAGNER S. D., Novel calcium phosphate composite bone cement: strength and bonding properties, *J. Mater. Sci.: Materials in Medicine*, v.14, p.137-141, 2003.
 23. SANG-HWAN CH., et al., Mechanical properties and workability of self hardening calcium phosphate cement as function of particle size distribution, *Journal Ceramic Processing Research*, v.1, p.57-62, 2004.

Ingesta de Aluminio al Cocinar Alimentos y Hervir Agua con Utensilios Domésticos

Juan C. Luján

CEDIA -Facultad Regional Tucumán – Universidad Tecnológica Nacional - Rivadavia 1050 (4000) Tucumán

E-mail: jclujan53@yahoo.com.ar

Resumen - Se estudia la liberación de aluminio iónico soluble por parte de utensilios de cocina con los cuales se preparan infusiones, bebidas calientes, o se cuecen diferentes tipos de alimentos, como así también el aluminio disuelto por bebidas enlatadas en recipientes de aluminio y envoltorios que utilizan dicho metal.

Motiva el presente trabajo la sospecha que el aluminio podría estar involucrado en patologías neurológicas inespecíficas, como la pérdida gradual de memoria, la comprobada demencia dialítica, el mal de Alzheimer y otras encefalopatías.

Se realizaron los procedimientos hogareños habituales para calentar agua, preparar infusiones y cocinar algunos alimentos, estudiando las concentraciones de aluminio presentes tanto en el agua como en los alimentos después del hervor o la cocción, haciendo uso de elementos de aluminio, enlozados, vidrio pirex, y acero inoxidable.

Se trabajó con aguas alcalinas, aguas neutras y aguas ligeramente ácidas para comparar los fenómenos de transferencia de Aluminio.

Los resultados obtenidos resultaron sorprendentes y preocupantes, ya que en algunos casos se encontró que la concentración de Aluminio se elevaba hasta 8 veces por encima del nivel máximo permisible en el agua potable de la República Argentina ($200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), y 16 veces respecto de las normas Canadienses que fijan $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, aunque la EPA que es más estricta, propone como nivel deseable de Aluminio $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, no debiendo superar los $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

También se aborda el tema de la ingestión masiva de Aluminio que ocurre cuando se consumen determinados medicamentos antiácidos que contienen Hidróxido de Aluminio.

Un comité de control federal-provincial de Canadá ha recomendado la adopción de un límite de $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ de aluminio a la salida de planta. Esto se debe a que algunos investigadores afirman que el aluminio podría acumularse en el cerebro matando a las neuronas y provocando pérdida de la memoria. Otros estudios aparentemente han encontrado mayores tasas de la enfermedad de Alzheimer cuando el agua de bebida tenía altos niveles de aluminio.

Palabras clave: Aluminio, Transferencia de Aluminio, Liberación de Aluminio, Alzheimer, Encefalopatías, Utensilios de Cocina.

Summary - The soluble ionic aluminum liberation studies on the part of kitchen utensils with which infusions are prepared, hot drinks, or different types from foods cook, like thus also drunk tinned in containers of aluminum and packages using this metal.

The suspicion motivates the present work that the aluminum could be involved in inespecifics neurological pathologies like the gradual loss of memory, the verified dialítica dementia, the Alzheimer's disease and other encephalopathies. The family procedures were realised habitual to warm up water, to prepare infusions and to cook some foods as much, studying the present aluminum concentrations in the water as in foods after the fervor or the baking, doing use of aluminum elements, tiled, pyrex glass, and stainless steel.

One worked with alkaline waters, neutral waters and slightly acid waters to compare the phenomena of Aluminum transference.

The obtained results were surprising and worrisome, since in some cases it was that the Aluminum concentration rose up to 8 times over the advisable maximum level in the potable water of the Argentine Republic ($200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) and 16 times with respect to the Canadian norms that fix $100\mu\text{g}/\text{l}$, although the EPA that is but strict it proposes like desirable Aluminum level $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, not having to surpass $200\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Also is the massive Aluminum ingestion, when certain antacid medicines interfere that contain Aluminum Hydroxide.

INTRODUCCIÓN

Toda la población está expuesta a niveles bajos de aluminio en los alimentos, el aire y el suelo.

La exposición a niveles altos de aluminio puede causar problemas respiratorios y neurológicos.

El aluminio (en compuestos combinado con otros elementos) se ha encontrado en por lo menos 606 de los

1.678 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA, por sus siglas en inglés).

Los efectos de la exposición a cualquier sustancia tóxica dependen de la dosis, de la duración, de la manera como la persona está expuesta, de sus hábitos y características personales, del perfil metabólico del individuo y de la presencia de otras sustancias químicas.

TOXICIDAD DE LOS METALES PESADOS

Es muy conocida la toxicidad de los siguientes metales pesados: mercurio Hg, plomo Pb, cadmio Cd, níquel Ni, cromo Cr, plata Ag, cobre Cu, arsénico As, y otros, ya que el organismo humano no cuenta con las vías metabólicas eficientes para eliminarlos, razón por la cual, estos se acumulan en los llamados órganos blanco, cuyos tejidos los fijan a través de ciertas proteínas y lípidos que poseen afinidad química.

Otros metales como el cinc, el aluminio, el hierro y el manganeso, poseen toxicidad discutida en ciertos rangos de concentraciones.

ANTECEDENTES DE TOXICIDAD EN UTENSILIOS

Existe como antecedente histórico la aleación conocida como alpaca, que se compone de 60% Cu, 25% Zn, 10% Sn, 5% Ni.

La misma fue retirada del mercado de los utensilios por su probada hepato-toxicidad, que en principio fue asociada al cobre.

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre. Siempre se encuentra combinado con otros elementos tales como oxígeno, sílice y flúor. Se pueden encontrar pequeñas cantidades de aluminio disueltas en el agua.

El aluminio metálico es de baja densidad y de color blanco-plateado. El aluminio se usa en envases de bebidas, ollas y sartenes, aviones, techos y cubiertas exteriores de viviendas.

A menudo se mezcla con pequeñas cantidades de otros metales para formar aleaciones, las cuales son más duras y resistentes.

Los compuestos de aluminio tienen muchos usos diferentes, por ejemplo, el alumbre en el tratamiento de aguas, también se encuentran en productos de consumo tales como antiácidos, astringentes, aspirina con cubierta entérica, aditivos para alimentos y desodorantes.

Se expone al aluminio consumiendo sustancias que contienen niveles altos de aluminio, por ejemplo antiácidos, especialmente cuando se consumen bebidas cítricas al mismo tiempo.

Los niños y los adultos pueden exponerse a pequeñas cantidades de aluminio con el uso sistemático de vacunas, tal es el caso de personas alérgicas que reciben a estas terapias.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA, no han evaluado la carcinogenicidad del aluminio en seres humanos, tampoco se ha demostrado que el aluminio produzca cáncer en animales.

Algunas personas con enfermedades del riñón, almacenan una gran cantidad de aluminio en sus cuerpos, y en ocasiones desarrollan enfermedades de los huesos o del cerebro que pueden deberse al exceso de aluminio. Algunos estudios sugieren que personas expuestas a niveles altos de aluminio pueden desarrollar la enfermedad de Alzheimer, mientras otros estudios no han observado esta asociación.

No se sabe con certeza si el aluminio causa la enfermedad de Alzheimer.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió la transferencia de aluminio desde los utensilios hacia el agua y luego hacia los alimentos durante los procedimientos corrientes de cocción.

1) Utensilios de Trabajo Utilizados

- Ollas comunes de aluminio de 3 litros de capacidad
- Ollas de aleación de aluminio tipo "Essen"
- Ollas, lecheras y cafeteras de hierro enlozado
- Lecheras de aluminio de 2 litros de capacidad
- Cafeteras de aluminio de 2 litros de capacidad
- Jarros de aluminio de boca ancha de 1,5 litros de capacidad

2) Utensilios de referencia utilizados(*)¹

- Todos los recipientes anteriores contruidos de material enlozado blanco
- Todos los recipientes mencionados contruidos de acero inoxidable AISI 304
- Algunos elementos tales como bandejas y jarras de vidrio borosilicato Pyrex

3) Otros recipientes

- Latas de cerveza
- Latas de bebidas gaseosas cítricas
- Latas de bebidas cola
- Cajas de cartón y aluminio plastificado tetra brix
- Papel de aluminio para uso alimentario

PROCEDIMIENTOS DE TRANSFERENCIA DE ALUMINIO DESDE LOS RECIPIENTES HACIA EL MEDIO, AGUA O ALIMENTOS

-Se calentaron los recipientes con llama directa de gas natural, hasta alcanzar el hervor del agua, tomando muestras a diferentes tiempos de hervor comprendidos entre primer hervor (en el caso de infusiones y 30 minutos para las cocciones de larga duración)

-En los procesos de calentamiento de agua con generación de vapor, se compensó la evaporación reponiendo agua destilada luego del enfriamiento en cantidad igual a la perdida.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Medición de aluminio en agua

-Se utilizó el método espectrofotométrico de la laca de aluminón utilizando como reactivo analítico el Aurín Tricarboxilato de Amonio con Tioglicolato de Amonio como inhibidor de interferencias, (1) Standard Methods APHA – AWWA – WPF , 11 Ed.

Medición de Aluminio en Alimentos

Se practicó una digestión sulfo-nitro-perclórica en caliente bajo campana para gases hasta obtener humos blancos y destrucción total de la materia orgánica, seguida de neutralización a pH 6,0 y medición del aluminio con el método espectrofotométrico del ácido aurín tricarbóxico con tioglicolato de amonio como inhibidor de interferencias, Standard Methods APHA – AWWA – WPF, 21 Ed.

Se utilizó como solución patrón aluminio metálico calidad ACS (polvo de aluminio grado analítico disuelto con ácido clorhídrico para análisis) para confeccionar la curva de calibración. Para todas las diluciones, preparación de gráficas de calibración, y demás operaciones analíticas se utilizó agua destilada de $5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ de conductividad.

Instrumentos Utilizados

Peachímetro Corning Modelo 7, Rango universal de pH 0,0 a 14,0 con electrodo específico combinado de vidrio

Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP 2.000, longitud de onda 525 nm, con cubetas de vidrio prismáticas de 10 mm de paso de luz.

Ensayos realizados

Se realizaron más de 40 determinaciones de la concentración de aluminio en el agua de red de la Capital de Tucumán. Luego se efectuaron 6 ensayos por cada utensilio de cocción de alimentos y 20 ensayos de transferencia de aluminio desde los utensilios hacia el agua. Se utilizaron aguas de distintas características de pH y alcalinidad. También se experimentó con bebidas enlatadas en aluminio, carnes, verduras, leche y alimentos envasados en cajas tipo tetra brick (cartón-aluminio-film polimérico).

¹ Aquellos materiales que se supone, no debieran liberar aluminio.

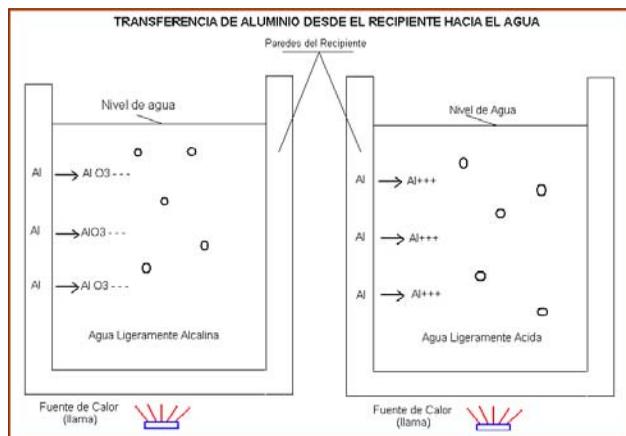


Fig.1 - Las aguas neutras o ligeramente ácidas mostraron mayor capacidad de disolución del aluminio

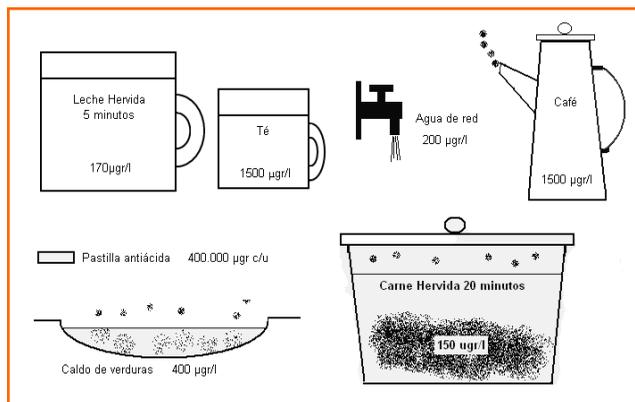


Fig. 2 - Muestra diferentes concentraciones de Al transferidas hacia diversos alimentos y líquidos cocidos en recipientes de aluminio

RESULTADOS OBTENIDOS

La tabla 1 condensa los valores promedio de las concentraciones de Aluminio encontradas en el agua y los alimentos que fueron sometidos a ensayos

MUESTRA	Al liberado	Incremento sobre el límite EPA	Incremento Porcentual
Aguas de red 40 muestras	70 a 220 µg.l ⁻¹	4 veces	--
Agua de Red Límite EPA	200 µg.l ⁻¹		
Agua de Red Límite Canadá	100 µg.l ⁻¹		
Jarro Enlozado	600 µg.l ⁻¹	3 veces	300%
Lechera de aluminio	1.470 µg.l ⁻¹	7,35 veces	735%
Cafetera de Aluminio	1.500 µg.l ⁻¹	7,5 veces	750%
Pava de Aluminio de poco uso	1.600 µg.l ⁻¹	8 veces	800%
Pava de Aluminio Incrustada CaCO3	295 µg.l ⁻¹	0,47 veces	47%
Cafetera de Acero Inoxidable 304	200 µg.l ⁻¹	0 no contamina	0%
Olla de Aleación Aluminica Essen	1.400 µg.l ⁻¹	7 veces	700%
Lata de Cerveza 280 ml C/H2O	270 µg.l ⁻¹	0,35 veces	35%
Caldo de Verduras	400 µg.l ⁻¹	2 veces	200%
Leche sin Exponer	150 µg.l ⁻¹	0,75 no contamina	—

Tabla 1 - Se debe escribir µg.l⁻¹ según IRAM

Observaciones Notables

Los recipientes de aluminio que se encontraban incrustados con depósitos carbonatosos (sarro) transfirieron al agua concentraciones de aluminio catorce veces por encima de los que no estaban incrustados, tal como se exhibe en la figura 3.

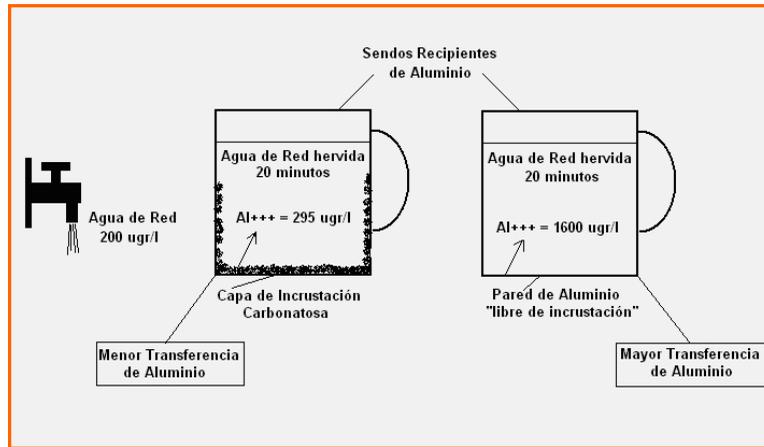


Fig. 3 - Muestra como influyen las incrustaciones carbonatas disminuyendo la transferencia del aluminio hacia el agua.

Nota: El pH del agua posee una marcada influencia en la transferencia del aluminio hacia el agua, en tal sentido, pHs ligeramente alcalinos que no superan el valor de 8,5 liberan menos aluminio que las aguas neutras o ligeramente ácidas, lo cual se visualiza en la figura 4.

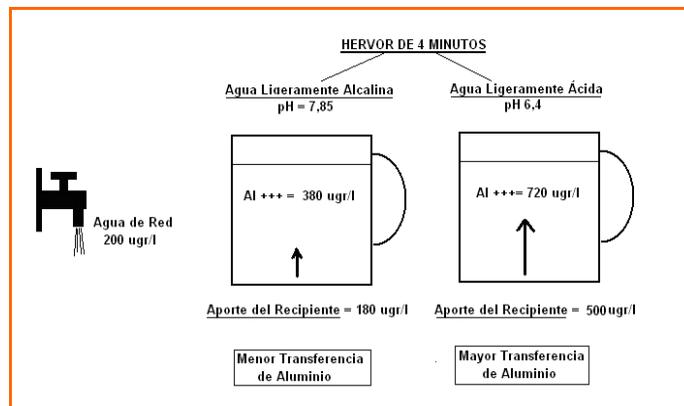


Fig. 4 - Influencia del pH en la transferencia de aluminio hacia el agua

Curva de transferencia de aluminio desde el recipiente hacia el agua

-Se pudo comprobar realizando extracciones seriadas de muestras cada 5 minutos, desde un recipiente donde se calentaba agua, que hay un incremento brusco en las concentraciones de aluminio en los primeros 5 minutos hasta alcanzar el hervor, para luego estabilizarse en una meseta con pendiente muy suave, ver figura 5.

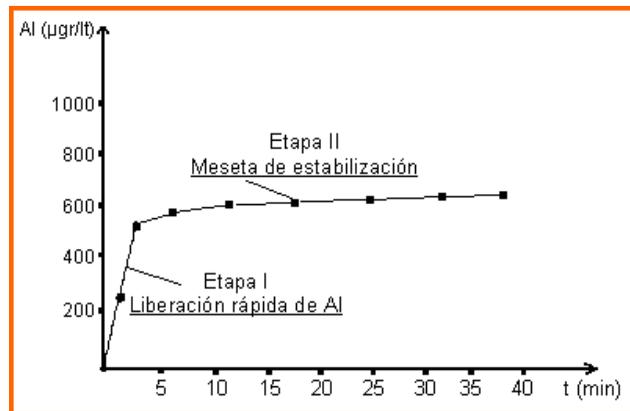


Fig. 5 - Esta gráfica muestra la curva de liberación del aluminio hacia el agua, observándose que la mayor cantidad ocurre en los primeros 5 minutos

La explicación de este último fenómeno no ha sido estudiada todavía, aunque se supone que podría deberse a fenómenos de pasivación de la superficie de aluminio provocada por oxidaciones, carbonataciones o depósitos de sustancias orgánicas, las cuales desaparecen al lavar el utensilio con detergentes, limpieza mecánica y dejarlo escurrir y secar hasta el próximo uso. Tal como se esperaba, el cocimiento de aguas y de alimentos en acero inoxidable y en vidrio pirex de boro silicato sódico, no exhibió transferencia de aluminio hacia los medios.

La sorpresa ocurrió con los utensilios enlozados, de los cuales no se esperaba la liberación de aluminio, sin embargo se comprobó que si emiten aluminio, aunque en concentraciones menores pero no despreciables, ver figura 6.

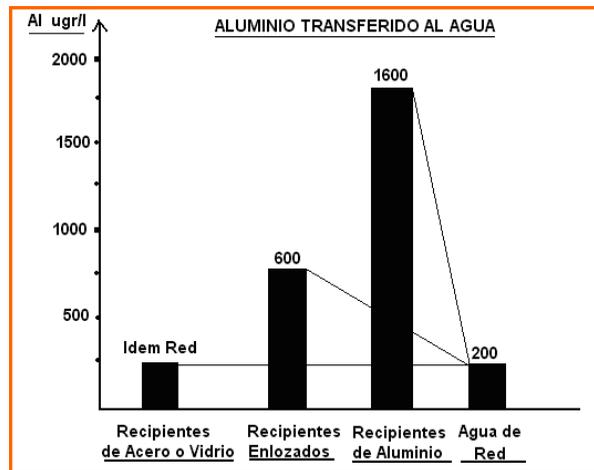


Fig. 6 - Comparación del aluminio liberado por diferentes materiales

Al revisar la bibliografía se encontró que el hierro enlozado, se fabrica a partir de arcillas y caolines que contienen sílico aluminatos de composiciones variables: $(SiO_3)_3 H_2 Al K$ y $(SiO_4)_2 H_2 Al_2 H_2 O$

La ebullición con el agua produce un cierto grado de hidrólisis que libera concentraciones apreciables de aluminio, aunque por debajo de la mitad de lo que liberan los recipientes de aluminio puro.

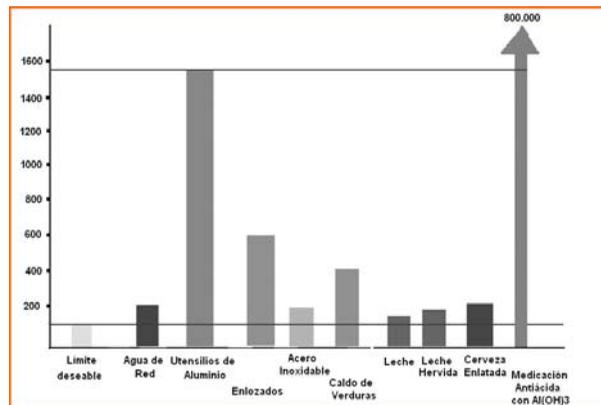


Diagrama comparativo de concentraciones de aluminio liberados por diferentes materiales hacia el agua y adsorbidos por distintos alimentos

CONCLUSIONES

Todas las personas que cocinan el agua y los alimentos en recipientes de aluminio se exponen a dosis hasta 8 veces superiores al nivel máximo de aluminio que aporta el agua potable.

Si se cocina en recipientes enlozados esa dosis se reduce por debajo de la mitad, y se hace nula si se eligen utensilios de acero inoxidable, hierro o vidrio tipo Pyrex de borosilicato.

La cocción de alimentos y en especial aquellos que son ricos en grasas, reduce la tasa de transferencia del aluminio desde el recipiente hacia el medio.

Los enlatados de aluminio anodizado conteniendo bebidas gaseosas y cervezas no aportan mas aluminio

que el aportado por el agua potable de Tucumán.

El pH ligeramente alcalino del agua y la presencia de incrustaciones sobre las paredes interiores de los recipientes, reducen la disolución del aluminio en el agua comparativamente a los recipientes nuevos, y a las aguas neutras o ligeramente ácidas.

El almacenamiento de alimentos ácidos, salsas, jugo de tomates, frutas en forma de ensaladas y jugos frutales de pH bajo, extraen aluminio de las paredes del recipiente, pasando a la fase líquida y a los alimentos.

Los medicamentos neutralizadores de la acidez gástrica compuestos por hidróxido de aluminio aportan 5.000 veces más aluminio que el agua potable.

Nota / El presente trabajo, no aborda el estudio de la absorción gastrointestinal del aluminio desprendido por los utensilios, lo cual podría resultar motivo de ulteriores investigaciones con seres humanos voluntarios sometidos a ingestas de aguas aluminizadas y controles secuenciados de aluminemia.

RECOMENDACIONES

-En los enfermos renales crónicos sometidos a terapias sustitutivas tales como la hemodiálisis, se deberá considerar la posibilidad de evitar cocinar aguas y alimentos con utensilios de aluminio, ya que en la diálisis aún en condiciones de óptima calidad de agua, están expuestos a una gran carga de elementos químicos procedentes del agua y de los preparados que se utilizan.

-No se recomienda cocinar ni almacenar en utensilios de aluminio alimentos conteniendo vinagre ni limón, tampoco salsas, ni tomates, ni frutas en general, ya que el bajo pH y la elevada acidez movilizan grandes cantidades de aluminio.

REFERENCIAS

- 1-Métodos Standard para el Examen de Aguas, 11^o edición, American Public Health Association, American Works Association, Water Pollution Control Federation Parte I Aluminio.
- 2-Química General Moderna Babor J Ibarz Aznarez J, Cap 34, Editorial Marín, Barcelona
- 3-Código Alimentario Argentino, capítulo IV, Artículo 184, Utensilios, Recipientes, Envases, Envolturas, Aparatos y Accesorios.
- 4-Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, Artículo 982, bebidas analcohólicas, bebidas hídricas, agua y agua gasificada, agua potable.
- 5- BROWN, P., Researchers divided over Alzheimer's and aluminium, *New Scientist*, pp. 28, 21 Ene 1989.
- 6- CANNATA, J. B., DOMINGO, Aluminium toxicity in mammals, *Vet Hum Toxicol*, 31 (6), pp. 577-83, Dic 1989.
- 7- CHAN, S., GERSON, B., Technical aspects of quantification of aluminium, *Clin Lab Med*, 10 (2), pp. 423-33, Jun 1990.
- 8- COUNOT-WITMER, G., PLANCHOT, J. J., Parathyroid gland in chronic aluminium intoxication, 14 (3), pp. 211-19, May - Jun 1990.
- 9- HEWITT, C. D., SAVORY, J., WILLS, M. R., Aspects of aluminium toxicity, *Clin Lab Med*, 10 (2), pp. 403-22, Jun 1990.
- 10- MARTYN, C., BARKER, D., OSMOND, C., HARRIS, E., EDWARSON, J., LACEY, R., Geographical relation between Alzheimer's Disease and aluminium in drinking water, *The Lancet*, pp. 59-62, Ene 1989.
- 11- Mc FARLANE, M., Aluminium menace in tropical wells, pp. 38-40, 3 Ago 1991.
- 12- MILLER, R., STOBBER, J., Occurrence of aluminium in drinking water, *Journal of the American Water Works Association*, 76 (1), pp. 84-91, Ene 1984.
- 13- PRESCOTT, ANN., What's the harm in aluminium ?, *New Scientist*, pp. 58-62, 21 Ene 1989.
- 14- ROMERO, R. A., Evaluación electroquímica de metales en el agua de consumo de Maracaibo, *Acta Científica Venezolana*, Suplemento 1, Vol 41, pp. 333, 1990.
- 15.- *The Lancet*, Aluminium and Alzheimer's disease, 14 Ene 1989.

Instancias de Gestión para una Mejor Divulgación y Participación sobre la Integración.

Lilia N. Castelli – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario
Estanislao Zeballos 1341 – 0341-4480102 – Fax: 0341-4482404 – lcastelli@firo.utn.edu.ar
Eldy G. Patiño – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario
Estanislao Zeballos 1341 – 0341-4480102 – Fax: 0341-4482404 – epatino@firo.utn.edu.ar

Resumen - El objetivo del trabajo es instalar en la Facultad Regional Rosario el conocimiento y apropiación de la problemática de personas con capacidades distintas. Para ello, las autoras participaron del proyecto de investigación de “Didáctica con tecnología para capacidades diferentes” que instaló la citada problemática en la Regional para luego proyectarla a la sociedad.

La Resolución N° 441 (30/10/1987) de la Universidad Tecnológica Nacional, es altamente significativa dado que, por el contenido de sus artículos, es un antecedente revelador de la Ley N° 25573/2002 que modifica a la Ley de Educación Superior N° 24521/1995.

La gestión de conocimiento, participación e integración, se operó también con los Departamentos, Materias Integradoras y, con especial fortaleza, en la asignatura Ingeniería y Sociedad, que analiza los problemas sociales con el objetivo de estimular el desarrollo de un pensamiento analítico, crítico, ético, creativo, respetando la diversidad.

Palabras clave: integración – capacidades distintas – divulgación – diversidad.

Abstract - The task aimed at inserting in Facultad Regional Rosario the knowledge and concern about handicapped people. In order to achieve this, we assisted in the “Didactics with technology for the handicapped” research Project. This topic was inserted in Facultad Regional Rosario in order to make it extensive to society.

Resolution Nr 441 (09/30/1987) from Universidad Tecnológica Nacional is highly significant due to its articles content is a revealing antecedent for law Nr 25573/2002, that modifies Superior Education Law Nr 24521/1995.

The knowledge, participation and integration action was also operated with the Academic Departments, Integrational Subjects, particularly focusing on “Engineering and Society” a teaching subject that studies social issues, and whose goal is fostering the development of analytic, critic, ethic, creative minds, respectful of people’s diversity.

Keyword: integrty – handicapped – publicity – diversity

INTRODUCCIÓN

Es tarea compleja incorporar innovaciones en una institución educativa. Nuestra labor fue pensar un modo de gestionar, en el ámbito educativo de la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional, para instalar en ella el conocimiento y apropiación de una realidad que nos atañe a todos y que debe abordarse con responsabilidad y profesionalismo. Lo que nos ocupa tiene su iniciación en el Proyecto de Investigación “Didáctica con Tecnología para capacidades diferentes”, y nuestra labor comenzó elevando a todas las áreas académicas de la Facultad notas que ponían en conocimiento el proyecto de investigación, con el propósito de compartir el compromiso de integración de alumnos con capacidades diferentes, en la comunidad educativa, para que luego se proyecte a la sociedad.

Debemos tener en cuenta que las instituciones educativas están inmersas en una sociedad que ha sufrido grandes transformaciones que la obligan a cambios profundos a fin de responder a las funciones que la sociedad les demanda. Al efecto, haciendo referencia a la autora Farjat, Liliana, “Conformar una institución capaz de satisfacer las necesidades de su contexto, implica una mirada desde el presente que contemple en prospectiva el redimensionamiento de cada área de gestión, sin perder de vista la historia y la identidad que le son propias, pero con una adaptación constante a los cambios que la haga vigente y productora de calidad”.

Este último párrafo nos indicó un camino que fue el de investigar la existencia de disposiciones, con respecto a Discapacidad, en la Universidad Tecnológica Nacional, logrando ubicar la Resolución Nro. 441, del 30 de octubre de 1987, emitida por el Consejo Superior Universitario Universidad Tecnológica Nacional, que nos proporcionó un respaldo para comenzar nuestra tarea de gestión dentro de la Facultad Regional

Rosario, mostrando la problemática de discapacidad a todos los alumnos de primer año y en la cátedra de la materia Ingeniería y Sociedad, en la que nos desempeñamos como docentes.

Con respecto al análisis de las disposiciones de la Resolución N°. 441, rescatamos los siguientes Artículos: ARTICULO 1° “Brindar ayuda prioritaria al discapacitado total o parcial en la Universidad Tecnológica Nacional, abarcando la totalidad de los Claustros (alumnos, docentes, no docentes graduados) a través de becas de asistencia económica, de servicios o grupos de investigación, sin dejar de lado, por cierto, la asistencia médica correspondiente”. ARTICULO 8° Se procederá a iniciar una campaña de divulgación general, a fin de lograr una respuesta de la comunidad universitaria” y ARTICULO 9° “Por intermedio de la Comisión de Enseñanza de este Consejo Superior, se contemplará todo lo enunciado anteriormente para su aplicación en el desarrollo de los programas de las cátedras de Diseño Arquitectónico I y II de la carrera Ingeniería en Construcciones”

Los ARTICULOS 1° y 9° los consideramos, significativos dado que, por su contenido, son un antecedente de la Ley N°. 25573, que modifica la Ley de Educación Superior N°. 24521, en referencia al tema de discapacidad.

Con respecto al ARTICULO 8° marca un camino de lo que hoy podríamos designar *gestión* de la *divulgación*, de la problemática de la discapacidad, en la comunidad educativa de la Universidad Tecnológica Nacional, y en cada una de sus unidades académicas, cuando expresa: “se procederá a iniciar una campaña de divulgación general a fin de lograr respuesta de la comunidad universitaria”

DESARROLLO

Retomando el Proyecto que nos ocupa y haciendo referencia a lo registrado en el resumen técnico, del proyecto “Didáctica con tecnología para capacidades diferentes”, donde dice: “*es común encontrar entre nuestros alumnos y egresados, personas con capacidades diferentes, sin habernos preguntado nunca que dificultades enfrentan o enfrentaron en su proceso de aprendizaje, especialmente en el ámbito universitario*” dado lo expuesto en el desarrollo de dicho proyecto, decidimos interrelacionarnos con todos los ámbitos académicos, para lograr una articulación con los Departamentos Académicos, -en especial con el Departamento Ciencias Básicas que incluyen asignaturas de primer año-, para realizar una comunicación fluida con profesores del citado nivel, a los fines de acompañar al docente que tuviese a su cargo alumnos que manifiesten capacidades diferentes.

El objetivo de la situación planteada es lograr que, en el ámbito de la Facultad Regional Rosario, se valore la importancia de una actitud democrática frente a la diversidad, reconociendo que hay alumnos con capacidades diferentes. Que se conozca, el proyecto de investigación “Didáctica especial aplicando medios tecnológicos para alumnos universitarios con capacidades diferentes”, como alternativa, que permita a todos los involucrados conocer globalmente y en detalle lo inherente a una motivación en el proceso de enseñanza -aprendizaje, a través de innovadoras estrategias didácticas. Que se reconozca, la necesidad de crear un ambiente propicio de interés y de trabajo, para que se valore la incorporación de un espacio de contención donde se brinden recursos psicopedagógicos a los docentes, a los alumnos y en especial a los que lo requieran.

Se observa en el diagrama de la Figura 1 una estructura en la que todos sus componentes se encuentran en constante interacción.

Fijados los objetivos, debemos planificar las estrategias para lograrlos. Es importante establecer un diagnóstico situacional.

Los elementos con que contamos, y su vinculación, que no siempre es secuencial.

Esos elementos los podemos clasificar de acuerdo a su contenido:

- a) El futuro deseado (objetivos y metas).
- b) El presente (conocimiento del contenido y el contexto).

Cada institución se identifica por las estrategias utilizadas, que son tan particulares como su identidad cultural.

Los dos grupos mencionados encierran el diagnóstico situacional; pero cada uno de ellos posee elementos constitutivos propios y singulares.

Tener claro los objetivos es fundamental para producir los cambios necesarios que, a su vez, permitan una

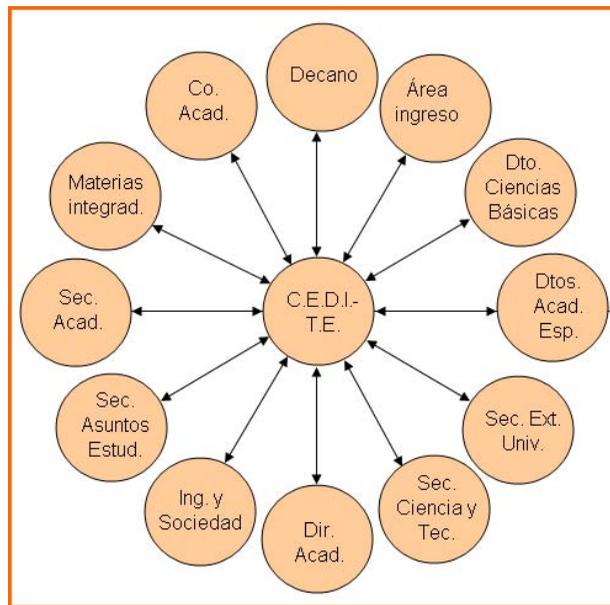


Fig. 1 - Integración e interacción entre el C.E.D.I.-T.E. y áreas de la Facultad.

mayor participación e integración de todos los involucrados, una mejor flexibilización para cualquier modificación y permitiendo una evaluación continua.

Es indispensable considerar y analizar en cada una de las partes o divisiones de la organización el clima, en el que se desenvuelven las personas responsables de las distintas actividades, considerando a este factor como preponderante para su rendimiento.

La autora Liliana Farjat, en *Gestión Educativa Institucional* (1998) hace la siguiente clasificación, de acuerdo al clima institucional y sus estructuras:

Clima organizativo: referido a la administración. Relacionado con el modelo de gestión.

Clima psicológico: percepción que tiene cada individuo de la organización institucional. Relacionado a las cualidades individuales.

Clima social: Referido a las percepciones colectivas, interpersonales en parte social.

Clima emocional: Referida a los afectos. Relaciones entre las personas del lugar.

Clima académico: De acuerdo al ambiente en el que se desenvuelven actividades de enseñanza-aprendizaje.

Con el paso del tiempo se ha buscado el modelo consumado de gestión y de allí surge la influencia del clima y cómo hacer para mejorarlo.

Habrán que tener presentes dos tipos de acciones:

- Medición del clima: a través de cuestionarios y valoraciones referidas a la estructura y dinámica de las relaciones.

- Posibilidad de optimizarlo: considerando distintos aspectos referidos a la conformación de equipos, la distribución de tareas, entre otros.

El papel de la investigación y su utilidad para el cambio.

No se comprende una Universidad sin investigación ya que es ella la que fija estrategias para el cambio, para mejorar la institución y la sociedad.

Es necesario considerar distintos factores que llevan al éxito de la investigación y, entre ellos, mencionamos el trabajo en conjunto, es decir consensuado, donde cada uno sea protagonista, que esté comprometido con intervención en la acción.

La investigación permite la complejidad del funcionamiento de una organización y fijar las estrategias o tácticas más adecuadas para mejorarla o cambiarla.

Toma de decisiones - Técnica colaborativa.

La investigación realizada en grupo, siempre lleva al frente a un Director, por tratarse de un equipo generalmente las decisiones son consensuadas, deliberadas, es decir, en colaboración, ofreciendo de esta manera,

la menor posibilidad de error.

Todos los involucrados asumen la responsabilidad en las decisiones.

En esta situación nos referimos a la técnica colaborativa para la que se cumplen varios pasos:

- a) Análisis de la situación: realizada por cada uno de los integrantes, informándose con claridad sobre los datos para accionar con rapidez.
- b) Objetivos del asunto: Identificar claramente la situación y lo condicionante del todo.
- c) Objetivos: Corresponde realizar un buen análisis de la situación o del obstáculo para tomar una buena decisión en la que estarán todos los integrantes involucrados.
- d) Selección de la alternativa: Se tendrá en cuenta lo más conveniente, necesario, urgente y posible, siempre en el ámbito del consenso.
- e) Estrategias: Una vez tomada la decisión para la acción, todos los integrantes del equipo aunarán esfuerzos para lograr lo propuesto y dispuestos a modificar el accionar ante situaciones imprevistas.
- f) Monitoreo: Se torna una necesidad que toda la actividad investigativa del grupo, además de ser consensuada, sea sometida a la evaluación continua de la marcha y del proceso de las distintas funciones que cumple cada integrante del grupo, dando la posibilidad de cambiar las estrategias si fuere necesario.
- g) Evaluación = reflexión = participación = modificación = mejora de la acción. Se medirá: qué, cuándo, cómo y para qué cambiar rumbos de acción y estrategias.
- h) Negociación: En un grupo de investigación, está referida a satisfacer a las partes intervinientes, para el logro del bien común. Esto es lo que ha dado en llamarse negociación cooperativa, en la que es necesario separar las personas del problema, concentrarse en los intereses, generar opciones o posibilidades y con criterios justos que conducen a acuerdos prudentes, que por supuesto benefician a todos.

La comunicación.

Todo lo que hemos visto hasta aquí no tiene sentido sin un fundamental elemento como lo es la comunicación, que siendo fluida, permite participación y motivación que estimulan y generan crecimiento y cambios que llevan a una nueva comunicación.

Los elementos mencionados, pueden variar de una institución a otra, de un grupo a otro, pero todos actúan en forma conjunta.

Entre otros autores consultados, se encuentra Jorge Hintze, (2003) que se especializa en temas de gestión en Instituciones Públicas, él observa cuatro modalidades:

Según de qué organización se trate y el objetivo que se persiga, es la modalidad de trabajo que se adopta en las distintas organizaciones. Así tenemos las siguientes:

a) Modalidad de trabajo operativa: basada en mantener una planta instalada con resultados sistemáticos y rutinarios.

Su estructura es jerárquica y verticalista, dividida en áreas y con asignación de tareas con categoría de cargos.

Se utiliza frecuentemente para lograr resultados constantes y regulares.

b) Modalidad de trabajo por Proyectos: es la organización del trabajo con asignación de recursos para obtener resultados en un tiempo determinado.

En esta modalidad no hay cargos, sino roles (no siempre constantes) cumpliendo actividades específicas y algunas veces variables, asumiendo la responsabilidad como “experto en...”, “gerente de...”, etc.

Las organizaciones que adoptan esta modalidad, son las llamadas de tipo matricial, es decir que no se da el verticalismo, por su forma de trabajo, donde en algunos casos por ejemplo: el director del proyecto con mayores responsabilidades esté bajo el encargado o experto, con menor responsabilidad.

El proyecto encierra instancias: trabajo en equipo, conciencia de las dificultades y problemas, estrategias de participación, cursos de acción, asunción de roles y responsabilidades, pertenencia institucional, evaluación permanente.

c) Modalidad de trabajo por “programa”, empleada por muchas organizaciones para lograr algunos de sus objetivos más importantes. Aunque se trabaje con cualquiera de las modalidades antes mencionadas, se puede emplear por “programa”, articulando áreas diferentes de una o más organizaciones.

Por otra parte, se hacen necesarias especiales herramientas gerenciales y disposición de recursos.

d) Modalidad de trabajo “micro planificada”, se asignan recursos a actividades o conjunto de actividades

definidas como necesarias para el logro de resultados aunque no siempre se logren o sean distintos a los esperados.

Tratándose de investigación básica, no se pueden anticipar los resultados.

Lo que se paga con la asignación es el conjunto de actividades desarrolladas con la metodología correspondiente, pero sin garantizar resultados, esta característica hace necesaria una planificación constante y reprogramación sobre la marcha, de allí su nombre de micro planificada.

Lo hasta aquí expuesto son las formas “puras” de trabajo en las organizaciones. En ellas estas modalidades se emplean en forma interrelacionadas, articuladas entre sí, como veremos a continuación.

Relaciones entre las modalidades de trabajo.

Las distintas relaciones posibilitan otras formas de trabajo.

a) Relación entre la modalidad “operativa” y por “programa”: permite la articulación entre organizaciones y sus áreas. Estructura vertical.

b) Relación entre la modalidad por “programa” y las por “proyecto” y “micro planificada”. Las últimas dos se vinculan con la primera, utilizando los recursos de ésta.

En cuanto a la micro planificada, no puede formar parte de proyectos, porque estos ya tienen sus resultados deseados identificados, y, en el caso de las micro planificadas, se caracterizan por lo contrario.

Relación modalidad “operativa” y por “proyecto”. Dentro de las organizaciones los proyectos se desarrollan en la modalidad operativa y se articulan con ella.

Suele darse el caso de proyectos independientes que actúan como organizaciones en sí mismos, pero son efímeros o transitorios.

En otros casos, una organización está en la fase de “proyecto” mientras se determina la ubicación (terreno), la definición y construcción de sus instalaciones, de su estructura organizativa, etc. A partir de allí, una vez comenzada la actividad para la que fue creada, se manifiesta la modalidad “operativa”

Todo proceso de integración entre personas genera conflictos.

La actividad a realizar, la competencia reconocida de los actores que van a llevar a cabo la actividad y la responsabilidad, entre los que se debe incluir tanto a los profesionales como a las personas con discapacidad.

La integración no está bien programada desde el Estado y, por ende, en las instituciones educativas públicas, no es solamente cuestión de amor y buena voluntad, sino que debe proveerse de personal capacitado, subsidios y permanente asesoramiento psicopedagógico a los involucrados.

Cabe destacar la importancia primero del entorno familiar, la persona con discapacidad, debe estar primero contenida, acoplada en su familia, para un mejor recorrido en el medio educativo.

De acuerdo a las investigaciones al respecto se demuestra contundentemente que nunca la integración resultó más perjudicial que la educación segregada; teniendo en cuenta que las probabilidades de adaptación varían en función de múltiples aristas.

La diversidad parece ser la primera premisa al momento de pensar la enseñanza, teniendo ésta, situaciones saludables y problemáticas:

La integración de alumnos con discapacidad, encarada con seriedad y profesionalismo, tiene sus ventajas. En la experiencia se enriquecen aquellos que pueden compartir un espacio diferente: diverso, amplio, democrático, etc. al alumno con discapacidad se lo estimula para que encuentre su propio camino y pueda así desplegar todas sus capacidades. Inmersos en un medio diverso, el alumno con discapacidad se expone a situaciones que lo harán desarrollar, más aún sus potencialidades.

Cabe dejar claro que los términos: exclusión, asimilación, integración, inclusión e inserción son discutidos al momento de su utilización, dado que hay similitudes, antinomias y preferencia según la perspectiva de abordaje de los distintos temas.

El término “excluir”, es tomado del latín “clausura” –acto de cerrar- derivado de “claudere” (cerrar), “excludere” (cerrar fuera), del participio también latino “esclusa”. Observando con ironía, lo “exclusivo” como elitista es a su vez lo “excluido”, pues como comprobamos ambos derivan de “exclusa”.

Si se rastrea etimológicamente el término “incluir” nos transporta por similares caminos y nos acerca al sentido de exclusión, ya que incluir es poner una cosa dentro de otra, adentro de sus límites. Contener una cosa a otra o llevarla implícita. Si continuamos con otras acepciones, hallaremos otras significaciones como por ejemplo, en matemática “incluir” refiere contener un conjunto a otro y en metalurgia se le llama inclusión

al fragmento de escoria que durante la colada de cualquier metal en el molde, permanece aprisionado en la masa metálica alterando su continuidad. Estos planteos nos transportan a observar que sustancialmente se acercan exclusión a inclusión, dado que es una forma velada de lo mismo. Se debe destacar “integrar” que implica sostener y tolerar la diferencia, en cuanto “incluir” significa borrar las diferencias, homogeneizar, anular la riqueza de la diversidad.

Dejando aclarada la significación de los términos “incluir” e “integrar”; puntualizamos otros riesgos que se registran, en el entorno que se comparte en las instituciones educativas, no siempre se logra aceptar las diferencias y se entiende la necesidad de ser solidarios. Existen docentes que no están capacitados para lograr ese equilibrio. La integración puede resultar contraproducente si no se la lleva a cabo con extremo profesionalismo. Siempre la discapacidad necesita un marco, un lugar desde donde posicionarse – entendiendo por esto también recursos que deben brindarse a los docentes – sin embargo, se requiere entender que no todo pasa por lo visible ni su tipificación o grados.

Atento a las anteriores consideraciones, en el ámbito universitario, la Ley Nro. 25573 de Educación Superior - sancionada en fecha 11-04-2002-, modificó a la Ley de Educación Superior (sancionada en fecha: 20-07-1995), con el fin de garantizar a las personas con capacidades distintas, que deseen cursar estudios universitarios, la accesibilidad al medio físico, servicios de interpretación y los apoyos técnicos necesarios, revalorizando su autonomía y capacitándolo para su inserción laboral.

De acuerdo a la investigación y ocultación, no se encuentran datos precisos en los Censos Nacionales (que se realizan al comienzo o al final de cada década), por ejemplo Censo Nacional 1969, que incluyan la temática de la discapacidad; pero lo que este relevamiento informó, principalmente, fue la representación que la discapacidad tenía en el imaginario social.

Dado los cambios socio-económicos, en la década que va de 1970 a 1980, comienza a pasar de un sistema de segregación a un sistema de integración, en especial en naciones post-industriales, a consecuencia del advenimiento de la informatización y se opera un desplazamiento en las ramas de la producción, pasándose de un sistema primario y secundario a uno terciario. Actualmente, ocurre en nuestro país que el sector de los servicios prevalece en desmedro del industrial, el agropecuario y extractivo. Por lo tanto no es casual que el movimiento de equiparación de derechos de las personas con discapacidades haya nacido en las naciones post-industriales.

La ley N°. 25573, que modifica: el artículo 2do); el inciso A) del artículo 28; el inciso e) del artículo 29; e incorpora el inciso f) al artículo 13, de la Ley N° 24521, no solo debe ser una inclusión en el soporte legislativo; sino que debe instrumentarse su real aplicación garantizando en cada institución educativa universitaria, los apoyos técnicos y psicopedagógicos y, en especial, en el cursado de materias, horas de consultas, exámenes parciales y finales. Como así también, un espacio de contención, capacitación y consulta a docentes y el personal que desarrolle tareas con alumnos con capacidades diferentes.

Diseño Curricular

En la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional, se cursan cinco carreras de grado: Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas de Información, con diseños curriculares de 1995, e Ingeniería Mecánica, cuyo diseño es de 1994, (en ambos diseños hubo modificaciones 2005) en todos los planes de estudios, se incluye la asignatura: Ingeniería y Sociedad, materia que crea situaciones académicas de integración, que favorecen la comunicación ente los alumnos de primer nivel, por sus trabajos grupales, por encuestas que realizan a docentes y personal vinculados a Departamentos y Secretarías de la Facultad, que hace que los alumnos conozcan y reconozcan la institución; sus autoridades, fortaleciendo las relaciones grupales y reconociendo la diversidad.

La asignatura Ingeniería y Sociedad analiza los problemas sociales y tiene por objetivo estimular el desarrollo de un pensamiento analítico, crítico, independiente, ético, creativo, respetando la diversidad.

Con lo expuesto tomamos como punto de partida para gestionar dentro del ámbito de la Facultad Regional Rosario, sobre lo dispuesto en la modificación del inciso e) del Artículo 29.- de la Ley de Educación Superior, que dice: “Formular y desarrollar planes de estudio, de investigación científica y de extensión y servicios a la comunidad, incluyendo la enseñanza de la ética profesional, y la formación y capacitación, sobre la problemática de la discapacidad”

Se elevó al Departamento de Ciencias Básicas, Unidad Docente Cultura e Idiomas, una propuesta de

participación de algunos de los miembros del grupo de investigación “Didáctica con tecnología para capacidades diferentes”, para desarrollar el tema “discapacidad” con los alumnos de primer año de todas las carreras de ingeniería, en las clases de la asignatura Ingeniería y Sociedad, finalizando con una encuesta referente al tema.

La misma gestión se operará con los Departamentos Académicos de cada ingeniería, no sólo para sensibilizar sobre la problemática de la discapacidad, sino para que dicho tema sea abordado en las materias integradoras y en niveles superiores en las asignaturas: Legislación y Economía.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron doscientas encuestas a alumnos de primer año, de todas las carreras de ingeniería que se dictan en esta Facultad Regional Rosario, de las cuales recibimos ciento setenta y una respuestas que, realizando un análisis cualitativo de las mismas, cuyas preguntas implicaban una respuesta con argumentos, las mismas indicaron lo siguiente:

Los alumnos respondieron coincidiendo mayoritariamente en que deben adecuarse los edificios públicos y privados en sus accesos, con rampas, barandas y toda innovación tecnológica posible, que contribuya a mejorar la calidad de vida de todos. Agregando que las construcciones nuevas deben cumplir rigurosamente con la reglamentación vigente al respecto, situación que es obviada en la mayoría de los casos.

Simultáneamente, se agregaron otras propuestas como las de generalizar la tecnología necesaria en el servicio público de transporte de pasajeros, semaforización para personas no videntes o disminuidos visuales. Control permanente en la contaminación en sus distintas facetas: visual, sonora, ambiental, etc., debiéndose buscar métodos efectivos de apropiación de saberes en pro del desarrollo del ser humano en plenitud.

Por otra parte, se rescata la importancia de incorporar un eficiente sistema lumínico, carteleras indicadoras e informativas; destinar fondos necesarios para mejorar la calidad de vida de todos.

Con respecto a la mejora y capacitación de los mismos, los encuestados han realizado una serie de propuestas de las cuales tomamos las más significativas:

- . Los alumnos consideran necesario contar con tutorías como herramienta de contención.
- . Apoyo individual.
- . Desarrollo de software y sistemas especiales.
- . Participación en la lucha por la igualdad de oportunidades.
- . Desarrollo de tecnología aplicable en los laboratorios.
- . Formación, capacitación y acompañamiento al cuerpo docente.
- . Adecuada divulgación de los proyectos vigentes dentro de la institución y pudiendo trascender fuera de ella.

Destacamos en un elevado porcentaje de las respuestas, el uso de términos como: solidaridad, dignidad, integración, responsabilidad, respeto a las normas, participación, concientización, educación; palabras fuertes, con contenido en sí misma que nos remiten a pensar cómo formar en valores.

Haciendo referencia a las respuestas de las encuestas:

Encuestas de la cátedra: Ingeniería y Sociedad para el trabajo de investigación: “Didáctica con tecnologías para capacidades diferentes – con capacidades intelectuales intactas” (Ver Fig. 2 y Fig. 3)

	SI	NO	NO CONTESTA
PGTA. UNO	17	140	14
PGTA. TRES	65	87	19
PGTA. CINCO	104	49	18
PGTA. SEIS	135	18	18
PGTA. OCHO	51	105	15

Tabla 1 - Cuadro Estadístico (Esta es una tabla para la obtención del gráfico Fig. 2)

	SI	NO	NO CONTESTA
PGTA.UNO	10%	82%	8%
PGTA. TRES	38%	51%	11%
PGTA. CINCO	61%	29%	11%
PGTA. SEIS	79%	11%	11%
PGTA. OCHO	30%	61%	9%

Tabla 2 - Cuadro Estadístico (Esta es una tabla para la obtención del gráfico Fig. 3)

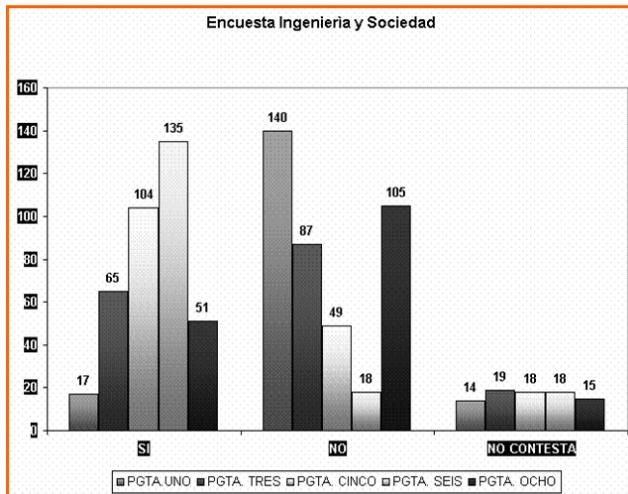


Fig. 2 - Gráfico de barras encuestas a alumnos

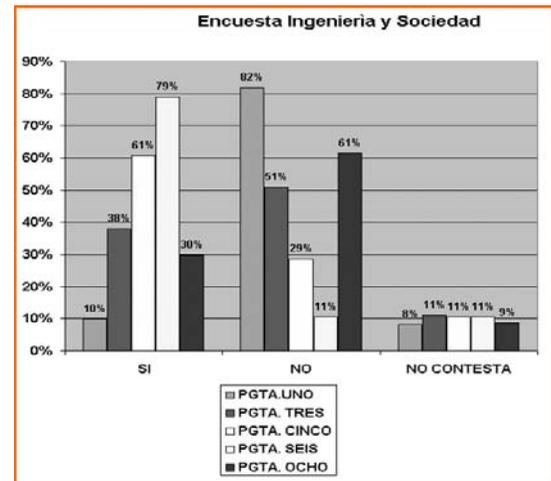


Fig. 3 - Porcentajes de respuestas encuestas alumnos

1.- ¿La Ciudad de Rosario está pensada para todas las personas?

Contestó SI el 10%; NO el 82%; NO CONTESTAN el 8%.

3.- ¿Pensás que la Facultad Regional Rosario, UTN, está en condiciones edilicias para recibir alumnos con discapacidad?

Contestó SI el 38%; NO el 51%; NO CONTESTAN el 11%

5.- ¿Tienes conocimiento si en la Ley de Educación Superior y su reforma, incluyen a los alumnos con discapacidad?

Contestó SI 61%; NO el 29%; NO CONTESTAN 11%

Se registró el 61% de respuesta afirmativas en el conocimiento de la reforma de la Ley Universitaria que aborda el tema de la discapacidad. Visto la situación deberemos, buscar otras metodologías para informar y analizar el tema desarrollado.

6.- ¿Estás de acuerdo en incorporar en los contenidos de algunas asignaturas de los planes de estudio de las carreras de Ingeniería, temas relacionados con la discapacidad?

SI el 79%; NO el 11%; NO CONTESTAN el 11%.

Estamos convencidos que debemos analizar el porcentaje del 22%, que no está de acuerdo o que no contestaron. Esto nos brinda la posibilidad de revisar los temas al respecto que tratamos dentro del aula. Nos sorprendieron estos porcentajes tratándose de alumnos de las carreras de ingeniería y en relación estrecha con innovaciones a tecnológicas, que genera un espacio que permite salvar distancias entre personas, con discapacidad o no. Observando el costado positivo, hay un casi 80% que sí incorporaría en los planes de estudio temas relacionados con discapacidad. Estos resultados nos hacen revisar, primeramente a nosotras y por extensión a todos los profesores de la asignatura Ingeniería y Sociedad, que debemos insistir en el trabajo conjunto con las asignaturas integradoras de todos los niveles. Atento a la modificación por la Ley 25572, del inciso e) del Art. 29, de la Ley de Educación Superior, que expresa: "Formular y desarrollar planes de estudio, de investigación científica y de extensión y servicios a la comunidad incluyendo la enseñanza de la ética profesional, y la formación y capacitación sobre la problemática de la discapacidad".

8.- ¿Conoces si en esta Facultad Regional Rosario, hay un espacio que brinde contención a alumnos con discapacidad?

SI el 30%; NO el 61%; NO CONTESTAN el 9%.

El 30% de los encuestados responden que conocen que hay un espacio de contención para alumnos con capacidades diferentes. Analizando esta situación, los alumnos que responden son del primer nivel de carrera de grado y es muy común que en el año del ingreso, encuentren limitaciones para reconocer los nuevos espacios, incluso a los que deben recurrir con mayor frecuencia.

Estas respuestas nos dan pautas para la búsqueda de nuevas y mejores estrategias orientadas a que los alumnos conozcan y se apropien de éste y todos los ámbitos de la Facultad, dado que esta situación también le da sentido de pertenencia.

REFERENCIAS

- Collo Paolo y Sessi, Frediano, "Diccionario de la tolerancia" Editorial Norma, Buenos Aires, (2002).
- Farjat, Liliana, "Gestión Educativa Institucional – De las intenciones a las concreciones", Editorial Lugar. Buenos Aires, (1998).
- Frigerio, Graciela, Poggi, Margarita y otros, "Instituciones Educativas Cara y Ceca, Elementos para su gestión", Editorial Troquel, Buenos Aires, (1998).
- Hintze, Jorge, "Gestión por procesos y por resultados en el aparato estatal". Ponencia presentada en el 2do. Congreso Argentino de Administración pública, Córdoba (2003). Disponible en www.top.org.ar
- Levin, Esteban, "Los niños del otro espejo. Discapa-cidad clínica y educación". Editorial Nueva Visión, Buenos Aires, (2002).
- Molero, Pablo, "La discapacidad, una cuestión, de Derechos Humanos" Editorial Espacio. Buenos Aires, (2003).
- Naishtat, Francisco y otros, "Filosofías de la Universidad y conflictos de racionalidades" Editorial COLI-HUE, Buenos Aires, (2001).
- Pérez Lindo, Augusto, "Universidad, política y sociedad". Editorial EUDEBA, Buenos Aires, (1999).
- Pérez Lindo, Augusto y otros, "Gestión del conocimiento, un nuevo enfoque aplicable a las organizaciones y la Universidad" Editorial Norma. Buenos Aires, (2005).
- Sander, Benno, "Gestión Educativa en América Latina". Editorial Troquel, Buenos Aires, (1995).

Otros documentos:

- Resolución Nro. 441/87 Consejo Superior Universidad Tecnológica Nacional
- Resolución Nro. 324/2003, "Reglamento para la implementación de Tutorías Académicas", emitida por el Consejo Académico de la Facultad Regional Rosario, U.T.N.,
- Ley Nro. 24521 de Educación Superior (sancionada en fecha 20-07-1995)
- Ley Nro. 25573 de Educación Superior - sancionada en fecha 11-04-2002-, modificó a la Ley de Educación Superior (sancionada en fecha: 20-07-1995),

Recursos WEB:

- . www.elcisne.org
- . www.discapnet.es
- . www.integrando.org.ar
- . www.polibea.com
- . www.estudiocontraste.com.ar/superarnos
- . www.universia.com.ar
- . www.siteal.iipe-oei.org

Metodología para la Evaluación de la Integridad Estructural de Cilindros de Gas Natural Comprimido “GNC”

Héctor Sanzi⁽¹⁾, Eduardo Asta⁽²⁾, Gustavo Elvira⁽¹⁾, Francisco Cambiasso⁽²⁾, María Isabel Lopez Pumarega⁽³⁾, José Ruzzante^(3,4)
Grupo de Investigación de Ingeniería Estructural.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo. París 532, (1706) Haedo, Buenos Aires, Argentina.⁽¹⁾
Grupo de Investigación de Mecánica de la Fractura.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo. París 532, (1706) Haedo, Buenos Aires, Argentina.⁽²⁾
Comisión Nacional de Energía Atómica, Av. General Paz 1499, (1650) San Martín, Buenos Aires, Argentina.⁽³⁾
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta, Buenos Aires, Argentina.⁽⁴⁾

Resumen - El diseño de un recipiente destinado al almacenamiento de Gas Natural Comprimido, para vehículos de transporte, debe considerar las distintas situaciones operativas que se presentan a lo largo del servicio, con el objeto de garantizar las condiciones de seguridad que el mismo requiere. El diseño debería incluir, además de las pautas que son propias en esta etapa, para su homologación, como recipiente nuevo, las técnicas de análisis necesarias que contemplan la evaluación de defectos con determinación de la vida residual, en las revisiones periódicas durante el servicio. En este trabajo se presenta un procedimiento de evaluación aplicable a la etapa de diseño y a la revisión periódica, en donde se detallan los alcances y requerimientos de cada etapa, utilizando técnicas avanzadas de análisis, alternativas a través de la aplicación del Método de Elementos Finitos, la Mecánica de Fractura, y la Emisión Acústica, entre otras. Basándose en los resultados de estos trabajos se realiza una propuesta para la inclusión de éstas técnicas de evaluación en las correspondientes normas de aplicación.

Abstract - The design of a vessel for natural compress gas in transporting vehicles, must consider the different operative conditions during its useful life. This must be considered to assess security conditions. For the standardization of a new vessel, the design process must include, beside the guidelines own of this stage, the necessary analysis techniques to evaluate the defects for considering the residual life during the periodic inspections. An evaluation procedure, for design and periodic inspection stages, with detailed scopes and requirements in each operative time of the equipment, are presented. Advanced analysis techniques, as Finite Elements Method and Fracture Mechanics, among others, are used. Based in this work, a proposal for the inclusion of these evaluation techniques in the corresponding standards is made.

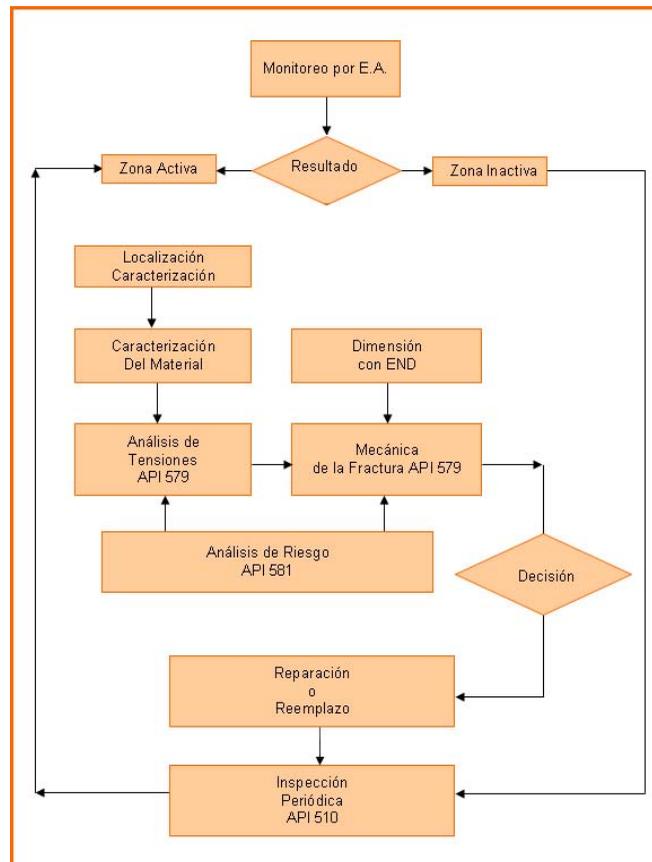
INTRODUCCIÓN

El programa general para la evaluación de la integridad de un recipiente de Gas Natural Comprimido, en adelante GNC, alcanza los distintos tópicos: Diseño y Homologación de Recipientes Nuevos, Aptitud para el Servicio, Evaluación de Defectos y Vida Residual, Ensayos y Mediciones.

En este trabajo se describen brevemente los alcances y procedimientos que forman parte de un Programa de Evaluación de la Integridad Estructural para equipos de GNC, que comprende el diseño del equipo y el tratamiento de aquellos que se encuentran en Servicio.

En el cuadro (A) se muestra el Procedimiento de Evaluación de Integridad Estructural, para un defecto o falla encontrada en un componente contenedor de presión, el cual será explicado mas adelante.

La propuesta de aplicación de este programa de integridad a las normativas, con su pertinente validación numérica y experimental, que se desarrollará por los grupos de investigación de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo y de la Comisión Nacional de Energía Atómica (cuyos participantes se detallan en el encabezado), ha sido presentada como Proyecto en Áreas Estratégicas del FONCyT, bajo el título de “Normalización de Procedimientos para Homologación y Verificación Periódica de Cilindros de G.N.C. Aplicados a Transporte Público y Privado, Garantizando Mayores Niveles de Seguridad, Mediante el Desarrollo y Experimentación de Metodologías Innovadoras”, obteniéndose su aprobación y financiamiento por el citado organismo, bajo el registro PAE 22.571.



Cuadro (A)

El procedimiento a desarrollar podría ser considerado como la base para la normalización de la homologación e inspección periódica de este tipo de cilindros por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM y posteriormente encuadrado en el marco regulatorio por el Ente Nacional Regulador del Gas, ENARGAS.

Los integrantes que conforman el Proyecto, participaron en la comisión convocada por el ENARGAS (mencionado más adelante), para analizar la factibilidad de metodologías alternativas de control como las que se proponen.

Las instituciones nacionales y privadas, beneficiarias de la conformación y desarrollo del presente proyecto, podrán enriquecer su investigación en dicho tema, complementar estudios ya realizados y desarrollar tecnologías transferibles.

DISEÑO Y HOMOLOGACIÓN DE NUEVOS CILINDROS

Actualmente, para la fabricación de cilindros se utilizan dos métodos: a partir de tubos y de discos. La industria nacional utiliza el primero de ellos. El acero que se utiliza normalmente es 34CrMo4 (EN 10083), templado y revenido. El control de la geometría o terminación final de los cilindros fabricados a partir de tubo es muy difícil, por la naturaleza del proceso, siendo la zona de transición con cabezal, para aquellos equipos como los mostrados en la Figura 1, la más crítica desde el punto de vista de las tensiones. Se ha verificado que bajo sensibles cambios en la terminación, el estado final de tensiones se modifica notablemente.

Los requisitos actuales reglamentados por la norma IRAM 2526, para el diseño de recipientes de GNC, exigen de una determinada cantidad de ensayos y requerimientos para su homologación. Ellos son, esencialmente: determinación del espesor requerido, ensayos y requerimientos de los materiales, pautas de fabricación, inspecciones y pruebas de aceptación: fatiga o ciclado, hidráulica y estallido.

En cuanto al diseño, la norma establece a través de sus expresiones, el mínimo espesor requerido de la parte cilíndrica y pautas-tolerancias admisibles para la fabricación de sus cabezales (ojivas), considerando criterios de resistencia o integridad tomados a partir de la Teoría Membranal.

A nuestro criterio, en lo que respecta al diseño de estos equipos, la norma es insuficiente e incompleta, a través de sus expresiones, para asegurar la integridad estructural de todas sus partes componentes contenedoras de presión. Por otro lado carece de información detallada sobre el acabado o conformado final de su superficie interior, especialmente en aquellos equipos como el presentado en la figura 1.

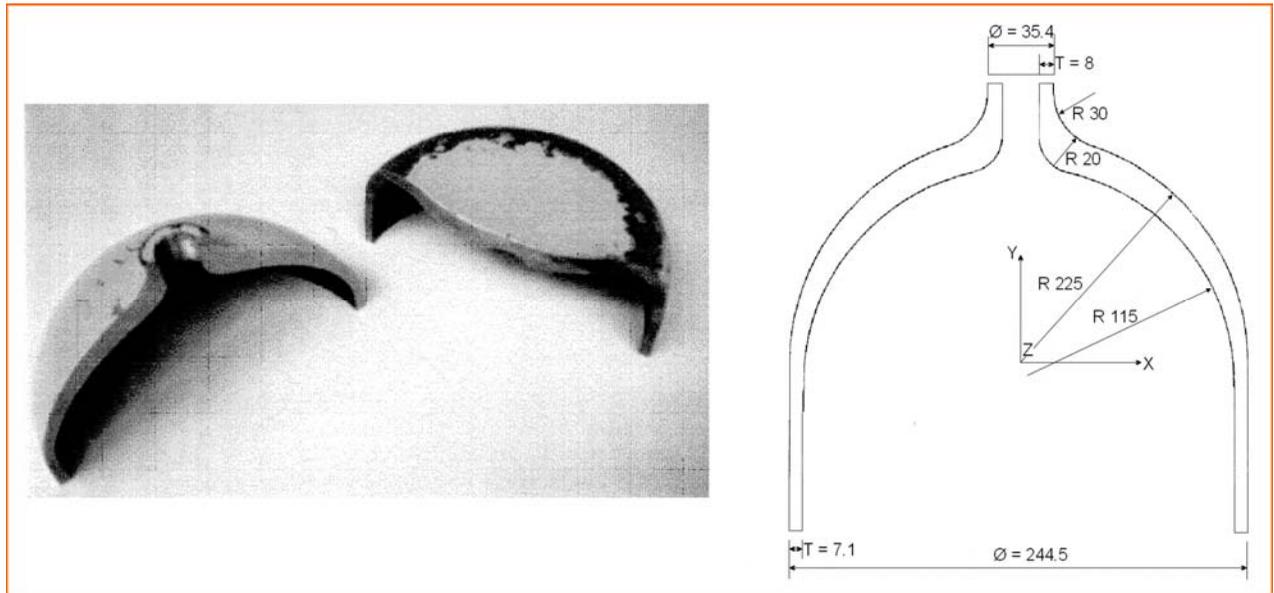


Fig. 1 - Geometría de Detalle de un tipo de Cilindro de GNC

Es conocido que dependiendo de las formas de los cabezales y de su transición con la parte cilíndrica, se generarán efectos de flexión, que elevan el estado de tensiones del componente. Por otro lado la terminación superficial incrementa el nivel tensional, por efectos de concentración de tensiones.

El incremento del estado tensional en estos equipos condiciona y reduce la vida útil de los mismos, por efectos de fatiga (un estado tensional mayor provoca una disminución en la vida útil del componente).

Para este caso, la norma IRAM 2526 no indica exactamente las expresiones necesarias para establecer el espesor requerido de esta zona particular, sólo pautas y relaciones de espesores referidas al sector cilíndrico son mencionadas, que no garantizan su seguridad estructural. En estos casos, sólo las pruebas o ensayos finales condicionarán su aceptación.

Los principales ensayos exigidos para proceder a la aceptación u homologación de un cilindro de GNC, son las pruebas de ciclado (fatiga) y de estallido, por presión hidráulica.

Otras normativas internacionales de aplicación, utilizadas en nuestro país, tales como el Código ASME Sección VIII División 1 y 2 o Ad-Merckblatter, ANSI/AGA NGV2, entre otras, recomiendan para estos casos el uso de procedimientos alternativos para la evaluación del componente, siendo el Método de Elementos Finitos, el más utilizado.

Es fundamental lograr la evaluación adecuada del componente, con el fin de asegurar su integridad a lo largo de la vida útil.

Esta alternativa de aplicación, a través de la utilización de la Simulación Computacional, mediante el planteo de un modelo por Elementos Finitos, proporciona una herramienta ingenieril adecuada y capaz de asegurar la integridad del componente.

Mediante la aplicación de estas técnicas de evaluación se evitarían costos adicionales o riesgos estructurales y humanos, innecesarios en la etapa de diseño. Es de suma prioridad, que este procedimiento alternativo de cálculo se incorpore en las normas vigentes de aplicación al diseño.

A título de ejemplo, en la Figura 2, se presenta un modelo de Elementos Finitos, que fue utilizado para determinar el comportamiento estructural de un cilindro para la condición operativa, en Servicio.

En base a esta explicación, durante la etapa de diseño, se deberían considerar como mínimo, los siguientes requerimientos con el fin de asegurar el adecuado comportamiento estructural durante todo el servicio.

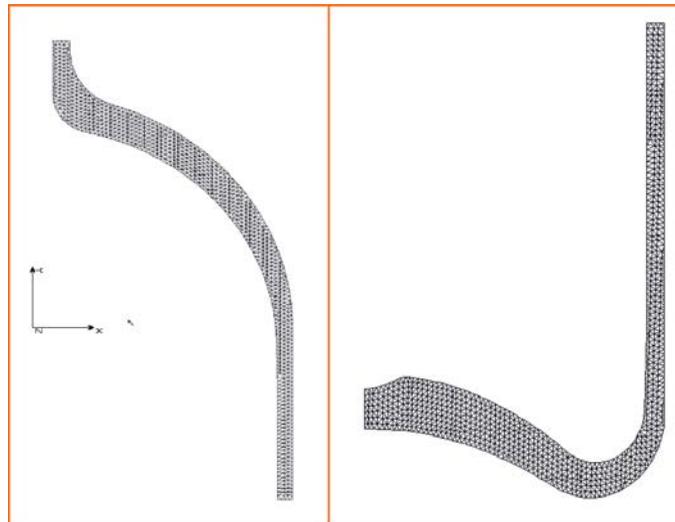


Fig. 2 - Modelo de Elementos Finitos

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO PARA LAS DISTINTAS PARTES COMPONENTES DEL RECIPIENTE, UTILIZANDO LAS EXPRESIONES DEL CÓDIGO Y/O MÉTODOS ALTERNATIVOS

Para configuraciones geométricas o dimensionales de los equipos, o de sus partes componentes, del tipo estándar, resulta de suficiente aplicación la utilización de la Norma IRAM 2526, para determinar el espesor requerido.

Para aquellos cilindros que presentan cabezales, o transiciones, como el mostrado en la Figura 1, u otros similares, la integridad estructural de dicho cabezal puede ser conocido con un alto grado de exactitud, a través de la utilización de Técnicas Computacionales por Elementos Finitos.

EVALUACIÓN DE LA FATIGA

El código ASME Sección VIII División 2, proporciona curvas de diseño de fatiga para determinar el número de ciclos admisibles de un recipiente. Utilizándolas adecuadamente y a partir de un detallado análisis de tensiones (“Stress Analysis”), se podría determinar el número de ciclos admisibles del cilindro para el estado de carga operativo.

De esta manera es posible contar con mayor información sobre el estado del equipo frente a la fatiga, en la etapa de diseño y previo a la homologación, evitando así riesgos futuros del equipo durante el servicio, asegurando de esta manera, mantener los niveles de seguridad adecuados para este tipo de recipiente.

El siguiente procedimiento puede ser aplicado para determinar el grado de integridad del componente, utilizando Técnicas Computacionales mediante Elementos Finitos (“Finite Element Analysis FEA”).

REPLANTEO DIMENSIONAL

La geometría se confecciona en programas de CAD, a partir de datos geométricos del componente completo o de aquellas partes componentes que presenten dificultad. Posteriormente se traslada dicha geometría a un Programa de Elementos Finitos, Figura 2.

Se debe considerar, en aquellas zonas donde actúan grandes gradientes de tensiones, una adecuada densificación de la red de elementos finitos, con el propósito de obtener resultados satisfactorios.

PLANTEO DEL MODELO DE CÁLCULO

Planteo de hipótesis de cálculo tales como linealidad física (el material trabaja en el rango elástico lineal) y linealidad geométrica (no se esperan grandes deformaciones ni desplazamientos).

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Determinación del estado tensional del equipo, obteniendo las tensiones de Von Mises o Tresca, para su comparación con las tensiones admisibles, Figura 3.

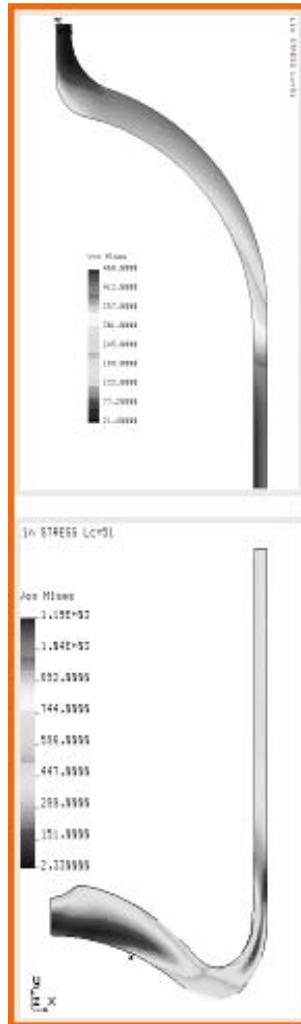


Fig. 3 - Resultados del Estado Tensional del Cilindro

En este caso, con la intención de optimizar el diseño, es posible aplicar los criterios de Clasificación de Tensiones, dados por el Código ASME Sección VIII División 2, pero utilizando las tensiones admisibles de la División 1.

Es de destacar que la aplicación de la Simulación Computacional, a través del Método de Elementos Finitos, y utilizada a partir de un “Especialista en Stress”, según los requerimientos de los Códigos de aplicación, ASME VIII División 2 durante el diseño y API 579 para el Servicio, permite anticipar en buen grado, el comportamiento estructural del equipo.

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL POR FATIGA

Como se mencionó anteriormente, el ciclado de cilindros es uno de los principales ensayos que se realizan para aceptar u homologar a un cilindro para GNC.

Las curvas de diseño para fatiga, que proporciona el código ASME Sección VIII División 2, entre otros, permiten determinar para un material dado, el número de ciclos admisibles en función del nivel de tensiones alternativas actuantes.

Estas curvas tienen implícitamente incorporado un coeficiente de seguridad que surge de experiencias propias del código. En la Figura 4, se presentan las curvas de fatiga utilizadas para estos equipos, dependiendo del tipo de material.

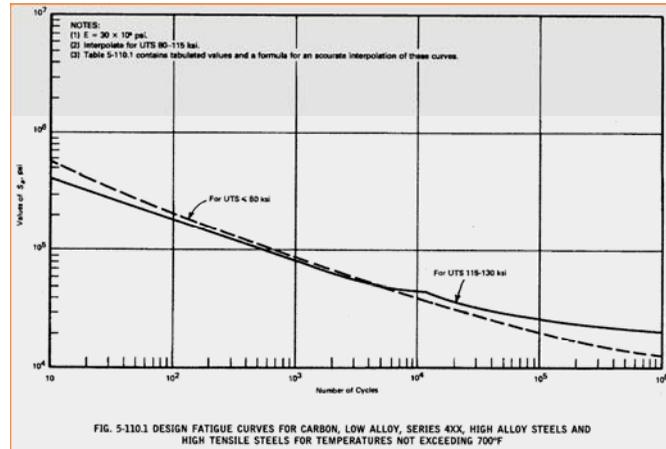


Fig. 4 - Curva de Fatiga tomada del Código ASME Sección VIII Div. 2 - Fig.5-100.1

A partir de los resultados obtenidos del estudio y con la incorporación de datos experimentales sobre el ciclado de los cilindros (trabajo realizado por el fabricante de los cilindros), es posible confeccionar curvas de presión máxima en función del número de ciclos, a partir del cual se produciría la falla.

En esta evaluación se deberían incluir los ciclos "Armónicos" que se producen en la etapa de carga del cilindro, ya que su aplicación reduce la vida útil del mismo.

Obviamente para este caso, los resultados obtenidos a través del uso de las curvas del código diferirán de las del ensayo, ya que estas últimas no están afectadas por coeficientes de seguridad y sólo predicen el número de ciclos en el cual el recipiente alcanza la falla.

Estos resultados proporcionan una importante información para "predecir" el comportamiento del cilindro en la etapa de la prueba y pueden utilizarse como patrones de control o referencia en estudios posteriores para ser realimentados en la etapa de diseño, logrando la optimización del mismo y alcanzando los niveles de seguridad que son propios o necesarios para este tipo de componente y servicio.

EVALUACIÓN DE EQUIPOS EN SERVICIO

La utilización de cilindros de GNC en vehículos particulares, de transporte de pasajeros y de carga, requiere de la regulación por parte de entes calificados que permitan garantizar, por medio de inspecciones y/o habilitaciones periódicas, la seguridad de dichos dispositivos a lo largo de su vida útil.

La práctica habitual consiste en la inspección de los dispositivos y cilindros ante posibles pérdidas y de una prueba hidráulica como máxima prueba de estanqueidad y resistencia. Los recipientes sometidos a presión, después de un período de uso fijado por las normas internacionales de aplicación, deben someterse a una serie de pruebas y ensayos para permitir su continuidad en servicio.

En nuestro país, en el tema de cilindro para gases, podemos mencionar a la siguiente normativa IRAM vigente:

IRAM 2529-1. Cilindros de acero. Parte 1: Revisión periódica.

IRAM 2529-2. Cilindros de acero para gases. Parte 2: Inspección de llenado para gases permanentes.

IRAM 2529-3. Cilindros de acero para gases. Parte 3: Inspección de llenado para gases no permanentes (licuados).

De la serie de ensayos que son requeridos por las normas vigentes, nos ocuparemos de la Prueba de Presión, que consiste en presurizar al recipiente a la presión de prueba (1.5 veces la presión de trabajo), midiendo la expansión total y la permanente del equipo durante el evento.

La relación porcentual entre la expansión permanente y la total, da una idea de la pérdida de elasticidad del recipiente; dicho de otra manera, sería el porcentaje de la deformación plástica respecto de la deformación total. En la mayoría de las normas cuando este valor supera el 10,0 % es causa de condena, lo que impide la nueva puesta en servicio del recipiente.

Para equipos que se encuentran en servicio, los códigos internacionales de aplicación, sólo se refieren a la prueba de presión cuando son homologados, es decir finalizado el proceso de fabricación, o después de una reparación importante (API 510). Es bien sabido que las reiteradas pruebas de presión, reducen la vida útil del

componente.

En estos recipientes sometidos a presiones cíclicas, es posible que a causa de su carga y posterior descarga, se produzcan fisuras internas, con mayor facilidad en aquellas zonas en donde están presentes los efectos de concentración de tensiones y de flexión (por cambios en la curvatura, caso de los cabezales como el presentado en la Figura 1).

Dichas fisuras son muy difíciles de localizar y en la mayoría de los casos no progresan durante la prueba de presión, dado que no han alcanzado su tamaño crítico. Existe la probabilidad que la prueba contribuya a su crecimiento, dado que el recipiente es presurizado a un 50 % más que la presión de servicio.

Además, este tipo de prueba puede llevar al enmascaramiento de defectos internos en el material y que contribuyan a su crecimiento, pero sin alcanzar la falla total.

En estas condiciones, de pasar la prueba de presión, el equipo se encontraría calificado como “APTO”.

Durante el Servicio y en manos de los usuarios, a una presión menor estas fisuras podrían propagarse por fatiga hasta alcanzar un tamaño crítico, capaz de provocar pérdidas o lo que es peor aún la rotura del mismo.

Ante la necesidad de contar con un procedimiento que permita determinar fisuras en forma rápida, sobre el 100 % del recipiente, se decidió el empleo de un método para la determinación de fisuras activas durante la prueba de presión, utilizando la técnica de Emisión Acústica y herramientas avanzadas de cálculo.

Se presenta aquí un procedimiento para la evaluación de la integridad estructural del recipiente, que contempla:

El análisis de tensiones (“Stress Analysis”) del cilindro en general.

Análisis de integridad utilizando técnicas de Mecánica de Fractura.

Pruebas de Presión.

Implementación de técnicas de ensayo no destructivas, de Emisión Acústica entre otras.

Análisis de Tensiones

Para obtener el estado real de tensiones (“Stress Analysis”) del cilindro se utilizan expresiones conocidas de uso habitual dadas por los códigos, o en su defecto la utilización de la Simulación Computacional mediante el Método de Elementos Finitos, que como se describió anteriormente, proporcionan una herramienta ingenieril alternativa y excelente para encarar este tipo de diseños.

Técnicas de Mecánica de la Fractura

Se ha desarrollado un programa para la evaluación periódica de la integridad estructural de los tanques de GNC utilizando un análisis basado en Mecánica de la Fractura elastoplástica, aplicando el criterio de carga límite. El tamaño inicial de fisura es medido por métodos no destructivos a partir de las indicaciones detectadas mediante emisión acústica.

El tipo de defecto analizado responde al que frecuentemente es detectado en estos equipos, fisura circunferencial superficial interna no pasante, tal como se muestran en la Figura 5, correspondiente al caso real de un cilindro para GNC sometido a un ensayo cíclico hidráulico hasta alcanzar la rotura. Posteriormente, se evaluó la superficie de fractura y se midió el tamaño de la fisura crítica, caracterizada por una zona de crecimiento de la fisura por fatiga y por la fractura final al alcanzar el tamaño crítico.

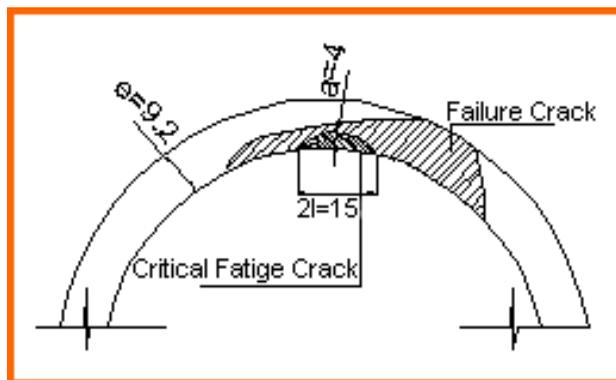


Fig. 5 - Geometría del defecto en la condición de falla para el caso real

De acuerdo con las características geométricas del recipiente, particularmente su espesor, no es factible usar un método de significación de defectos críticos mediante un análisis elasto-plástico, basado en la curva de diseño CTOD o por la metodología de la mecánica de la fractura lineal-elástica, tal como lo recomiendan los procedimientos de los documentos BSI PD 6493, CEGB R6, API 579 y la literatura "Análisis Comparativo de Varios Métodos de Significación de Defectos Aplicados a Uniones Soldadas de Caños de Acero".

Por su parte, la caracterización del material, de acuerdo con los ensayos realizados, no revela un estado de fragilización que pueda situar al mismo bajo el modo de falla conocido como fractura frágil. Esta afirmación se fortalece por tratarse de un recipiente de pared delgada sometido esencialmente a un estado plano de tensión y con una relación entre la tensión aplicada y de fluencia ($\sigma/\sigma_{0.2}$) menor a 0,4.

En consecuencia, el modo probable de falla en condiciones de operación, frente a la presencia de fisuras, podría ser la inestabilidad dúctil o el colapso plástico de la sección neta.

Tomando en consideración la hipótesis de falla descripta, el concepto de "Carga Límite o Colapso Plástico" de la sección neta es apropiado para su utilización. La condición de inestabilidad plástica por carga límite es descripta por medio de la siguiente relación:

$$Lr < 1 \tag{1}$$

$$Lr = \sigma / \sigma_1 \tag{2}$$

siendo σ la tensión aplicada y σ_1 la tensión de colapso plástico o carga límite de la estructura fisurada.

Las expresiones de colapso plástico corresponden a una geometría cilíndrica con fisuras circunferenciales internas no pasantes, como la propuesta por Chell (1979) y Kastner(1988), para una presión aplicada p_1 ,

$$p_1 = \sigma_y ((r_2)^2 - (r_1 + m)^2) / (r_1 + m)^2 \tag{3}$$

donde σ_y es la tensión flow (tensión rotura + tensión de fluencia) / 2, t el espesor y r_1 y r_2 el radio interno y externo respectivamente

$$m = a \left(1 - \left(1 + \frac{2l^2}{t^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \right) / \left(1 - a \left(1 + \frac{2l^2}{t^2} \right)^{-\frac{1}{2}} t \right) \tag{4}$$

donde a es la profundidad o penetración de la fisura y l el largo de la fisura.

Aplicando de manera comparativa las relaciones de Chell, Kastner y el documento CEGB R6, de acuerdo con la metodología de análisis descripta, en la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos para distintas combinaciones de profundidad (a) y semilargo (l/2) de fisuras críticas correspondientes a la condición de carga del ensayo hidráulico cíclico (presión p_1). Estas curvas representan el lugar geométrico de la condición de falla que predice el análisis de integridad estructural, y en donde se observa el punto de coordenadas que define el tamaño de defecto crítico medido en la superficie de fractura para el caso de ensayo.

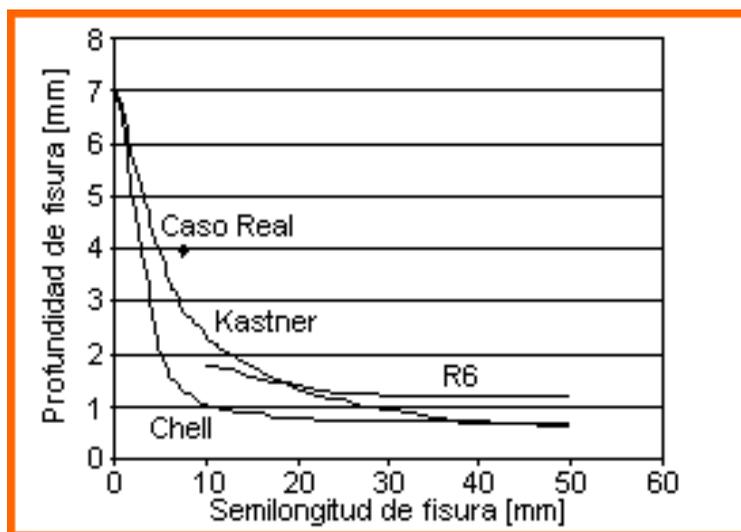


Fig. 6 - Curvas críticas para la integridad estructural de un tubo

Por su parte la Figura 7 muestra la aplicación de la metodología de integridad estructural en términos de un Diagrama de Análisis de Falla “FAD” donde se puede apreciar el punto correspondiente al caso real de rotura o falla obtenido mediante el ensayo de ciclado hidráulico.

También se aprecia el nivel de validez del análisis de integridad estructural considerando el aceptable margen de seguridad entre la condición crítica predicha (curva FAD) y el caso real de falla (recta entre 0 y el punto de falla). En consecuencia esta metodología es una herramienta eficaz para controlar la vida remanente de los cilindros cuando se detecta una fisura en los mismos. En una futura reglamentación de la inspección periódica, las dimensiones de fisura encontradas sobre un cilindro determinado podrían ser contrastadas con las curvas umbrales o de tamaños admisibles de fisuras, como la representada por la Figura 6, o con el diagrama FAD de la Figura 7.

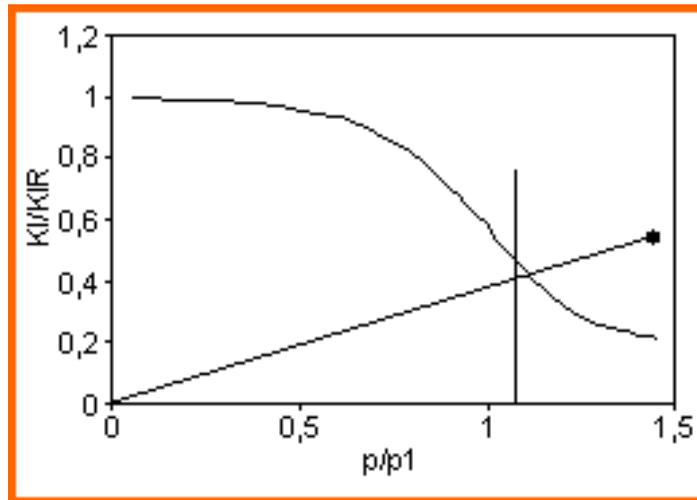


Fig. 7 - Validación teniendo en cuenta el caso real para el método CEGB R6, El punto incluido corresponde al caso real de rotura obtenida por ciclado hidráulico

El ensayo de ciclado hidráulico hasta la rotura también permite validar la metodología de integración del crecimiento de fisuras por fatiga en relación con los datos obtenidos en el material del cilindro por medio de ensayos con probetas siguiendo la norma ASTM E 647, que permite obtener los parámetros de comportamiento del material respecto del crecimiento de fisuras por fatiga. Esta es otra de las partes importantes de un programa de evaluación de la integridad estructural para poder predecir el número de ciclos remanentes, a partir de una geometría y tamaño de defecto detectado, hasta alcanzar su condición crítica y consecuentemente el margen de reserva o seguridad respecto del número de ciclos previstos hasta la próxima revisión.

Técnica de Emisión Acústica

Cuando por alguna causa externa, una fisura o grieta, crece en una estructura, genera ondas elásticas. Este fenómeno es llamado Emisión Acústica (EA). Las ondas se propagan por el material en todas las direcciones y al llegar a la superficie del mismo, sensores piezoeléctricos colocados sobre ella, se encargan de detectarlas y transformar la señal elástica, en otra eléctrica, equivalente. La señal eléctrica adecuadamente procesada da información sobre la propagación de la fisura, su severidad y la ubicación de la misma.

La EA como técnica de END es ya ampliamente usada. Incluso en nuestro país existe la normativa que regula su aplicación en distintos ámbitos industriales. De hecho en nuestro medio, ya hace unos años que se está trabajando en EA y cilindros de GNC. El primer ensayo de ciclado hasta rotura en un tubo de GNC, monitoreado con EA, fue realizado en 1993 en el Centro de Reprueba de Cilindros CERECIL S. R. L., con un equipo de EA Dunegan, de dos canales. Allí se logró detectar una primera fisura en la ojiva superior del cilindro, a tan sólo el 20% del ciclado total de rotura, y una segunda fisura en la parte inferior, 40% antes de la pinchadura final.

Posteriormente, por solicitud del Ente Nacional Regulador del Gas, ENARGAS, se realizaron una serie de reuniones entre proveedores de cilindros de GNC, centros de reprueba e institutos de investigación, para analizar la factibilidad del uso de la EA durante el control periódico de los cilindros.

En la literatura, existen antecedentes de la aplicación conjunta de la técnica de la EA y la mecánica de la fractura para estudiar la integridad de recipientes, con ensayos realizados en la empresa PETROBRAS.

En el ámbito internacional existe normativa específica de EA aplicada a tubos de GNC, algunos ejemplos son las siguientes normas o procedimientos: la ASTM E 1491; la CGA C18 la ISO/CD 16148. También como referencia, se puede tener en cuenta el Artículo 13 del Código ASME.

En Sudamérica, Brasil por intermedio de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desarrolló una norma para cilindros de gas, la norma NBR 13199, mientras que el Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM, tuvo la norma IRAM 771.

Por iniciativa de la Comisión de EA del IRAM, en el año 2004 se comenzó a trabajar en la normalización MERCOSUR de END, a través del Comité Sectorial 24 (CSM 24). Por lo tanto, las dos últimas normas mencionadas, la argentina y la brasileña, serán remplazadas por la equivalente norma MERCOSUR NM 304:2005. También se puede tener en cuenta la NM 303:2005, si bien no es específica para los cilindros de GNC.

En general, se toma al ensayo de EA como una alternativa a la prueba hidráulica, donde la máxima presión a alcanzar es un 50 % más alta que la presión de diseño.

Con el método de EA, la presión máxima a la cual el cilindro debe ser ensayado, es sólo un 10% superior a la presión de servicio. La presurización del cilindro debe realizarse a baja velocidad de llenado y de manera escalonada, de esta forma se garantiza la confiabilidad del ensayo. Generalmente se trabaja con equipos de EA de dos canales (lo que implica un bajo costo). Así, en el caso de que hubiera posibles áreas “activas” en el cilindro, se lograría su localización. Un área se considera “activa”, si se localizan cinco o más eventos de EA, concentrados en un zona caracterizada por una longitud equivalente al 5% de la distancia entre los dos sensores (generalmente se ubican en los extremos del cilindro). Si existiera una región activa en el tubo, ésta deberá ser inspeccionada con otros métodos de END, de manera de poder dimensionar los defectos. Si la dimensión del defecto es menor que el tamaño máximo de la fisura admisible, calculado sobre la base de la mecánica de fractura, el cilindro podrá seguir en uso hasta la próxima revisión.

El empleo de la EA durante una prueba hidráulica tiene la ventaja fundamental de requerir llegar sólo al 110 % de la presión de trabajo permitiendo localizar las fisuras activas, que son las únicas que representan un potencial peligro para la integridad del cilindro.

CONCLUSIONES

El alcance de las normas nacionales, dedicadas tanto al diseño de estos tipos de componentes como de aquellos que se encuentran en Servicio, no resultan suficientes para garantizar su integridad a lo largo de su vida útil.

Sólo las pruebas de presión, permiten de alguna manera predecir o prevenir riesgos estructurales, pero como se comentó, no siempre este tipo de ensayos aseguran el 100 % de eficiencia desde el punto de vista de su integridad.

Es de suma importancia incorporar el procedimiento de análisis aquí propuesto, en la etapa de Diseño y Servicio, utilizando técnicas avanzadas de cálculo, que permiten conocer detalladamente el estado tensional y de deformaciones del equipo, de tal manera de minimizar los riesgos a valores aceptables.

El procedimiento de análisis como el descrito, ha llevado a presentar a las autoridades reguladoras una propuesta de su incorporación a la norma IRAM 2526, con los siguientes objetivos:

Resguardar la seguridad del usuario de equipos de GNC y de la población en general.

Conocer el exacto estado tensional del cilindro, asegurando para el importador y fabricante nacional de cilindros, la integridad estructural de dicho recipiente y la certeza de su aceptación en la etapa de ensayos.

Contar con mayor información sobre los efectos de fatiga en los cilindros, a través de:

Efectuar un detallado análisis de la integridad estructural del recipiente mediante el método de elementos finitos.

Obtención de los parámetros de mecánica de la fractura de los materiales y análisis de significación de defectos.

Detección de fisuras a través de técnicas de Emisión Acústica.

Con respecto a este último punto, la Emisión Acústica, se desprende de lo ya comentado, que el país cuenta con suficiente experiencia en el área y con el respaldo de una importante normativa ya vigente.

AGRADECIMIENTOS

Parte de este Proyecto es subsidiado por el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica FONCyT, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, ANPCyT, Argentina.

REFERENCIAS

- IRAM 2526
ASME Boiler and Pressure Vessel Code. ASME Sección VIII, División 1 (2004 Add. 2006).
ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección VIII División 2, Edición 2002
Normas Alemanas para el diseño de Recipientes Contenedores de Presión, AD-Merkblätter
ANSI, Requisitos básicos para GNC, ANSI/AGA NGV2 (1992).
API 579 Edición 2002
IRAM 2529-Parte 1, 2 y 3, Cilindros de acero para gases.
API 510 Edición 2002
BSI PD 6493, British Standards Inst. (1980).
Milne I., Assessment of Integrity of Structures Containing Defects, Rep. CEBG R/H/R6 Rev.3, (1986).
Asta, E.P. y Pérez Ipiña, J.E., Análisis Comparativo de Varios Métodos de Significación de Defectos Aplicados a Uniones Soldadas de Caños de Acero, Proc. VII Congr. Sold. Arg., XIV.1- XIV .11, Vol 2, Bs.As. (1988).
Chell, G., Elastic - Plastic Fracture Mechanics, Developments in Fracture Mechanics 1, Appl. Science Pub., 67-105 (1979).
Miller, A. G., Review of Limit Loads Structures Containing Defects, Int.J.Pres.Ves.& Pip.32 197-327, (1988).
Norma ASTM E 647
"Normativa de Emisión Acústica en la Argentina", M. I. López Pumarega, J. E. Ruzzante, Actas "V Congreso Regional de Ensayos No Destructivos y Estructurales, V CORENDE", ISBN: 987-1154-66-6, pág. 325-331, Neuquén, Argentina, 2-4 de noviembre de 2005.
"Informe sobre la posibilidad de aplicación de la Emisión Acústica a la revisión periódica de cilindros de acero sin costura para GNC", Generado por la Comisión Técnica creada al efecto, 15 de abril de 1998. ENARGAS.
"Predicción de fallas por Emisión Acústica en cilindros de GNC", J. Ruzzante, I. López Pumarega, A. Straus, presentado en las "Jornadas de la Asociación Argentina de Materiales (SAM'94)", Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, 7 al 10 de junio de 1994
"Avaliação de Integridade de Esferas de GLP, Utilizando o Ensaio de Emissão Acústica e a Mecânica da Fratura", Pedro Feres Filho, Guilherme Victor Peixoto Donato, "XIX CONGRESSO NACIONAL DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS", São Paulo, Agosto, 2000.
ASTM E 1419, "Standard Test Method for Examination of Seamless, Gas-Filled, Pressure Vessels Using Acoustic Emission", (2002b)".
GA C18, "Methods for Acoustic Emission Requalification of Seamless steel Compressed Gas Tubes", (1995).
ISO/CD 16148, "Gas cylinders-refillable seamless gas cylinders-Acoustic Emission testing for periodic inspection", may (2001).
ASME Code, Article 13, "Continuous Acoustic Emission Monitoring", 2005.
NBR 13199, "Cilindros sem costura-Método de Ensaio por Emissao Acústica", (1994).
IRAM 711, "Ensayos de cilindros de acero sin costura por emisión Acústica" (2004).
NM 304:2005. "Ensayos No Destructivos, Ensayos de cilindros de acero sin costura por emisión acústica".
NM 303:2005. "Análisis de la emisión acústica en estructuras durante la estimulación controlada"

Microsimulador de Lluvia Portátil para Estudios Hidrológicos

Juan Francisco Weber, Héctor Ignacio Paoli, Laureana ApesteGUI

Laboratorio de Hidráulica, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria - CP (X5016ZAA) - Córdoba - Argentina. Correo electrónico: jweber@civil.frc.utn.edu.ar

Resumen - En este trabajo se presenta un microsimulador de lluvia portátil íntegramente diseñado, construido y calibrado en el Laboratorio de Hidráulica (UTN Facultad Regional Córdoba). Este equipo ha sido diseñado especialmente para la adquisición in situ de información experimental que permita la estimación de parámetros hidrológicos tales como: capacidad de infiltración, intercepción vegetal, erosión superficial, etc. La formación de gotas es realizada a través de una batea con 289 formadores que trabajan bajo presiones entre 0,98 y 2,45 kPa, produciendo intensidades comprendidas entre 65 y 120 mm/h. La calibración fue realizada a través de 350 observaciones experimentales, y dieron como resultado una curva potencial de regresión entre la carga y la intensidad de lluvia, con un error estimado de 3 mm/h. Los primeros ensayos de campo realizados muestran resultados satisfactorios, en comparación con la técnica del infiltrómetro de doble anillo utilizada hasta el presente en este Laboratorio.

Palabras clave: Hidrología, Infiltración, mediciones hidrológicas, simulador de lluvia

Portable rainfall micro-simulator for hydrological studies

Abstract - This work presents a portable rainfall micro-simulator entirely designed, constructed and calibrated in the Hydraulics Laboratory (UTN Facultad Regional Córdoba). This equipment has been specially designed for the acquisition of in-situ experimental information for the estimation of hydrological parameters, i.e.: infiltration capacity, plant interception, soil erosion, etc. Drop formation is done through a tray with 289 drop formers, which works under pressures between 0,98 and 2,45 kPa, producing rainfall intensities from 65 to 120 mm/h. Calibration was made over 350 experimental observations, and resulted in a head-intensity potential regression curve, with an estimated error of 3 mm/h. First in-situ experimental observations were successful, compared with double-ring infiltrometer technique widely used in this Laboratory.

Keywords: Hydrology, Infiltration, hydrological measurements, rainfall simulator

INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos hidrológicos de importancia en la modelación de eventos es la infiltración. La determinación in situ de los parámetros de un modelo de infiltración, se puede realizar a través de dos tipos de mediciones: las globales, que plantean un balance a nivel de cuenca, lo cual exige disponer de Instrumental espacialmente distribuido en la misma; y los puntuales, en los cuales se estiman parámetros en sitios específicos. Entre estas últimas se cuentan los ensayos del infiltrómetro de doble anillo y los microsimuladores de lluvia.

En el ámbito del Laboratorio de Hidráulica, UTN-FRC, se han llevado a cabo numerosas mediciones a través del dispositivo conocido como infiltrómetro de doble anillo (Weber et al. 2005). Este ensayo tiene la ventaja de ser de fácil implementación, pero presenta tres limitaciones importantes, a saber: el ensayo es de carácter puntual, esto es, el área involucrada es muy pequeña y por lo tanto los errores en la extrapolación a superficies del orden de magnitud de una cuenca son muy importantes; el ensayo está limitado a la condición de encharcamiento superficial permanente, lo cual acota la aplicabilidad de los parámetros a calibrar; y el dispositivo no representa fielmente la entrada hidrológica del sistema, esto es, la precipitación, dado que lo que se hace es mantener una lámina de agua constante en la superficie del suelo.

El micro simulador de lluvia tiene la ventaja de reproducir con más fidelidad el fenómeno de la precipitación.

Numerosos autores (Marelli, 1989) muestran la importancia del impacto de las gotas en la microcapa

superior del suelo en el balance hídrico, además del efecto evidente sobre la erosión superficial. Por otra parte, en este tipo de dispositivos es posible simular una precipitación de intensidad variable en el tiempo, incluso una precipitación discontinua. La necesidad de reproducir bajo condiciones controladas los efectos de la precipitación, y en especial el impacto de las gotas de lluvia sobre las propiedades físicas del suelo superficial, y las consecuencias que ello provoca en la infiltración, escorrentía y erosión, condujeron desde hace años al desarrollo de diferentes mecanismos e instrumentos que tratan de simular la lluvia natural (Pla Sentis, 1981; Rostagno y Garayzar, 1995). El mayor de estos problemas recae sobre la reproducción de gotas que se asemejen a las de una lluvia natural.

Los simuladores de lluvia son instrumentos de investigación diseñados para aplicar agua de forma similar a los episodios tormentosos naturales. Son útiles para obtener datos de erosión, infiltración, escorrentía superficial y transporte de sedimentos. No obstante, las características de la lluvia natural deben ser simuladas de forma adecuada, los datos obtenidos deben ser analizados cuidadosamente y se debe efectuar una buena interpretación de los resultados para obtener información fiable en las condiciones para las que ha sido aplicable la lluvia (Benito et al., 2001).

DESARROLLO

Se describen a continuación el proceso seguido en el diseño y construcción del equipo bajo análisis. Para mayor detalle, se puede consultar la referencia (Weber et al, 2009).

Antecedentes locales

Uno de los antecedentes que más se consideró a la hora de diseñar el simulador de lluvia fue el precedente local de un instrumento diseñado por Iruetia y Mon (1994); a partir de un modelo de Kamphorst (1987). Este microsimitador de lluvia fue luego modificado por Aoki y Sereno (1999), y se encuentra actualmente en uso en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Córdoba. En su forma básica el microsimitador es un prisma cuadrado de 1,5m de altura y de 0,25 m de base. La estructura es de hierro en ángulo, que sostiene las paredes de acrílico transparente que actúan como rompeviento. El peso total del aparato es de 8 kg. En la parte superior se apoya sobre una caja porta gotero de acrílico, en cuya base se encuentran 49 tubos plásticos formadores de gotas. Esta caja tiene una alimentación de agua, proveniente de un reservorio colocado en una de las aristas de la estructura. El reservorio está graduado en mm de lámina de agua aplicados en la microparcela, para simplificar la lectura durante la medición.

Formadores de gotas

El formador utilizado se compone de una aguja hipodérmica introducida en tubo rígido, el cual se obtiene de cortar su propio estuche, al ras de dicha aguja (Figura 1). Los formadores ensayados correspondieron a un mismo diámetro de la aguja, 0,8 mm, y tres longitudes diferentes, 25,4 mm, 38,1 mm, 50,8 mm, las que corresponden a 1, 1 ½ y 2 pulgadas respectivamente.

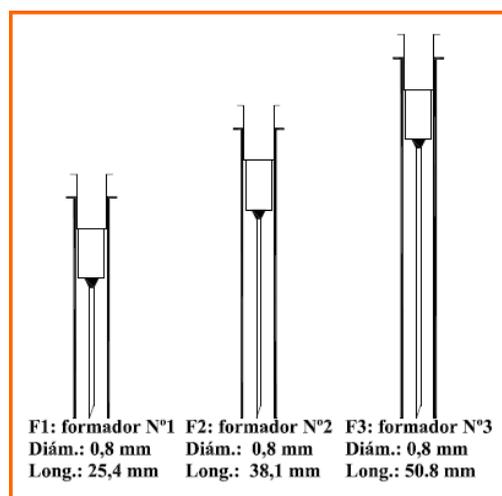


Fig. 1 - Formadores de gotas analizados

Se realizó una serie de mediciones de laboratorio para determinar el comportamiento hidráulico de estos formadores (Paoli y Rojas, 2006). En base a esta información se decidió colocar un total de 289 formadores, distribuidos en 17 filas por 17 columnas, y separados a una distancia de 5,30 cm entre ejes, cubriendo de esta manera cada formador, un área aproximada de 28,10 cm² sobre la base de una batea de 96 cm x 96 cm de lado. El tipo de formador seleccionado fue el N° 3, correspondiente a la aguja de 2 pulgadas, ya que fue el que presentó las menores intensidades (figura 2).

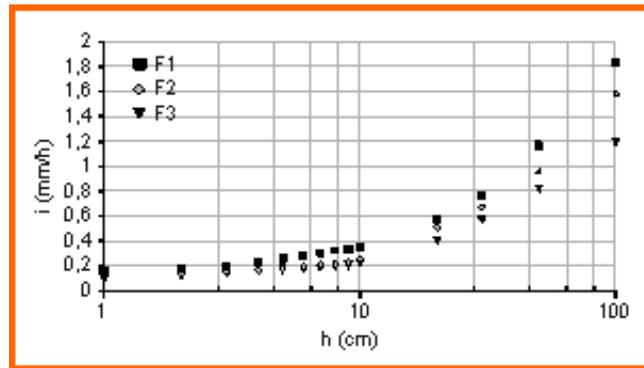


Fig. 2 - Intensidad de lluvia por formador – Resultados experimentales

El simulador de lluvia

El equipo (figuras 3 y 4) consta básicamente de una estructura metálica, de caño de acero de sección cuadrada, formando un prisma cuadrado de 2 m de altura y 1 m de lado. Este prisma se forma a través de cuatro columnas y cerrado por medio de cortinas rompevientos. Las columnas sostienen el sistema de alimentación de agua que está compuesto por dos tanques; uno de alimentación, solamente y el otro de alimentación y regulación de intensidad.

La regulación de la intensidad se produce a través de un flotante (Achutegui et al., 1996). Debajo del sistema de alimentación de agua se encuentra la batea con los 289 formadores de gota, que producen la lluvia simulada. La base de este prisma esta constituida por un marco cuadrado de hierro, de 1 m de lado y 0,10 m de altura, con vertederos en sus cuatro lados y canales para el transporte del agua escurrida. Este marco de hierro, en su posición de trabajo es clavado en el suelo, constituyendo así las paredes límites de la parcela de medición (Figura 4). El peso total del equipo armado es de 110,60 kg; el peso del fluido puede llegar hasta los 100 Kg.

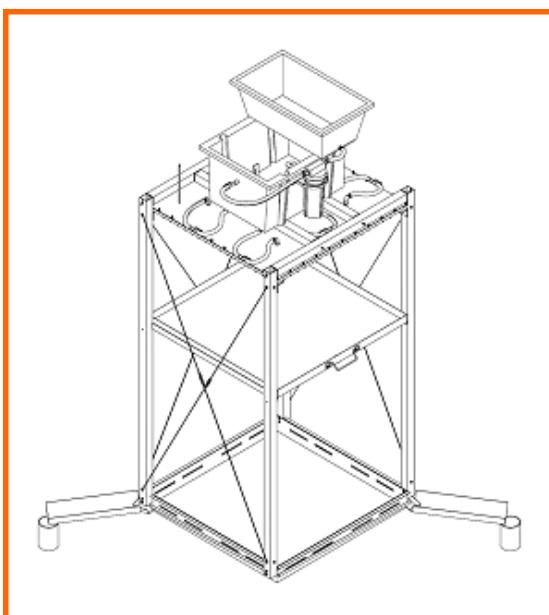


Fig. 3 - Simulador de lluvia – Vista axonométrica

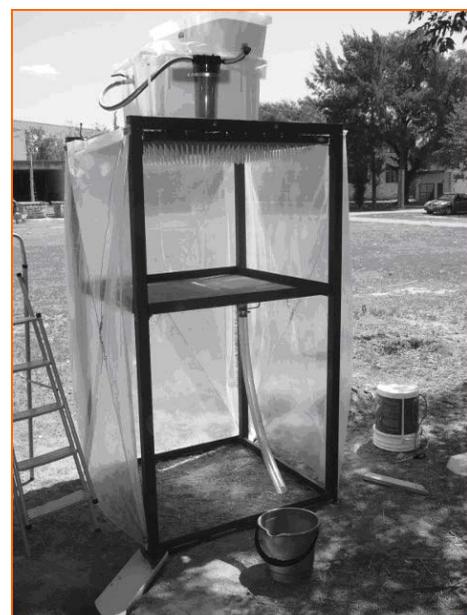


Fig. 4 - Simulador de lluvia en campaña

Las partes componentes del microsimulador de lluvia son:

- la estructura metálica: constituida por columnas, vigas tipo 1 (rigidización estructural) y tipo 2 (soporte para los tanques de alimentación), conjunto tensor y mamparas rompeviento. Las partes metálicas se hallan unidas entre sí por bulones y tuercas permitiendo así el rápido montaje y desmontaje de la estructura.
- el sistema de alimentación: conformado por los tanques alimentador 1 (reserva) y alimentador 2 (generación de carga), filtro de agua y conjunto flotante.
- el sistema de Lluvia Simulada: consta de la batea con los 289 formadores de gota, los cuales pueden ser reemplazados inmediatamente ante cualquier desperfecto en campaña.
- el sistema de Puesta en Régimen: conformado por una bandeja intermedia, cuya finalidad es evitar que durante el periodo de puesta en régimen del sistema (del orden de 15 minutos) se altere el contenido de humedad inicial del suelo (figura 5).
- la Parcela de Medición y Sistema de Recolección del Esguerrimiento Superficial: la parcela de medición queda definida por el marco de hierro hincado (figura 6), que posee salidas laterales por donde fluye el esguerrimiento superficial, que es capturado por canales y conducido finalmente a los vasos de medición.



Fig. 5 - Puesta en régimen del simulador de lluvia



Fig. 6 - Parcela de medición instalada en campaña

Montaje y desmontaje del equipo

Una vez finalizada la construcción del simulador, se realizó una experiencia de campo (denominada Ensayo 0) con el objeto de poner a punto el armado, operación y desarmado del equipo. En este Ensayo 0 se detectaron algunas deficiencias en el equipo que fueron subsanadas, y además se midieron los tiempos de armado, puesta en régimen y desarmado, como así también el consumo de agua, valores de fundamental importancia para la planificación de futuras mediciones en campaña.

Se indican a continuación en forma sucinta los pasos necesarios para el montaje y desmontaje del simulador de lluvia:

Montaje:

- Preparación del Terreno
- Instalación de la Parcela de Medición (figura 6).
- Sellado de los Bordes de la Parcela de Medición
- Colocación de Columnas
- Instalación de Batea con Formadores de Gota (figura 7).
- Colocación de Vigas Tipo N°1 y Tipo N°2
- Ajuste de Bulones y Fijación de la Estructura
- Colocación de Angulos Guías y de Bandeja intermedia.
- Instalación de Tanques Alimentadores N°1 y N°2
- Conexión de Mangueras y Accesorios
- Conexión del Filtro de Agua (figura 8).
- Colocación de los Canales de Transporte de Agua
- Colocación de los Puntos de Medición
- Colocación de Mamparas Rompevientos y Tensores (figura 4).



Fig. 7 - Estructura armada, con batea y bandeja instaladas



Fig. 8 - Tanques de alimentación y filtro de agua

Desmontaje:

- Desconexión de Mangueras y Sacado del Filtro
- Remoción de Tensores, Mamparas Rompevientos, y Angulos Guías
- Desajuste Parcial de los Bulones de la Estructura
- Retiro de Vigas Tipo 1 y Tipo 2
- Retiro de la Batea con Formadores de Gotas
- Retiro de Columnas
- Extracción de la Parcela de Medición

Tareas de calibración

Las tareas de calibración realizadas sobre el simulador de lluvia tuvieron los siguientes objetivos:

- Verificar que la intensidad de lluvia sea homogénea en toda el área precipitada.
- Estudiar el comportamiento general del equipo y el funcionamiento conjunto de los formadores de gota.
- Determinar una relación empírica entre la carga hidráulica sobre los formadores de gotas y la intensidad de lluvia generada.
- Determinar la incertidumbre asociada a la relación anterior.
- Comparar las intensidades de lluvia obtenidas con el simulador de lluvia, con las estimadas a partir de las mediciones de laboratorio (Paoli y Rojas, 2006).

Para la calibración se utilizaron 5 probetas graduadas de 1000 ml, con divisiones de 10 ml cada una. En su parte superior se les colocó un embudo de 32 cm de diámetro exterior y 31 cm de diámetro interior, funcionando el conjunto como un pluviómetro (figura 9).



Fig. 9 - Tareas de calibración

Los cinco pluviómetros se ubicaron como lo indica la Figura 10, uno en cada esquina y el último en el centro, para lograr cubrir la mayor parte del área precipitada.

Se midió el tiempo que tardó en llenarse un volumen fijo de 850 ml en cada pluviómetro para las diferentes cargas sobre formadores estu-diadas. Estas fueron 11 cm, 13 cm, 15 cm, 17,5 cm, 20cm, 22,5cm y 25cm.

Cada uno de los puntos fue medido simultáneamente durante un funcionamiento continuo del simulador de lluvia de aproximadamente 2 hs por ensayo, obteniéndose de esta manera diez datos por pluviómetro, y una muestra total de cincuenta datos para cada carga analizada. Esto representa un total de 350 datos obtenidos.

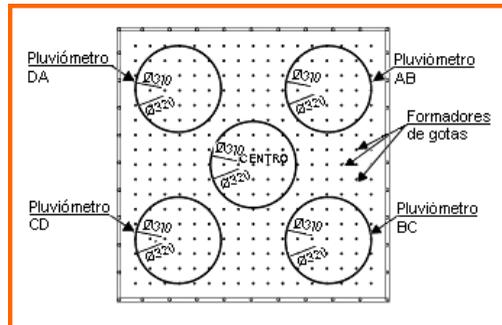


Fig. 10 - Posicionamiento de pluviómetros

Los resultados de estas mediciones debieron ser corregidos por el error sistemático introducido en el posicionamiento de los pluviómetros, que produjo que el número de formadores capturados variara entre 23 y 25.

Se verificó la normalidad de la distribución de las observaciones, estandarizando cada serie, obteniéndose el histograma de la figura 11.

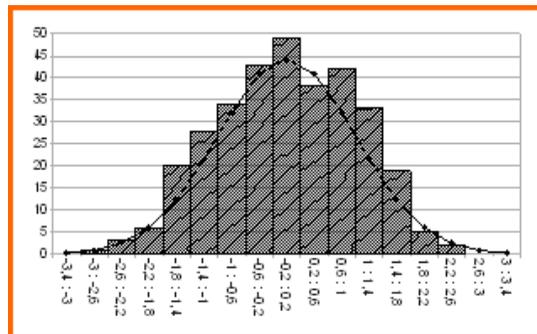


Fig. 11 - Histograma de observaciones estandarizadas

Con los valores medios de intensidad obtenidos para cada carga, se trazó la curva de ajuste indicada en la figura 12. En esta figura, las curvas que rodean a la regresión potencial corresponden a bandas de 99% y 90% de certidumbre, respectivamente.

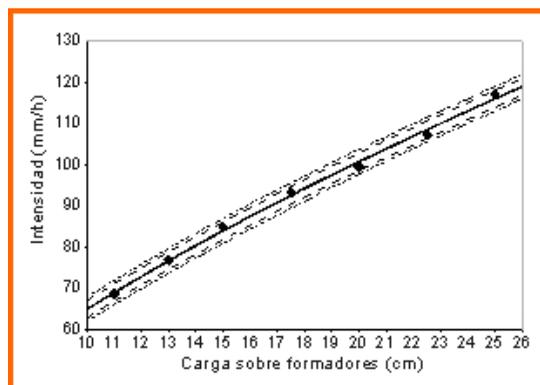


Fig. 12 - Curva de calibración del simulador de lluvia

La ecuación de regresión obtenida, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,997$ es

$$i = 15,15h^{0,63} \tag{1}$$

En esta ecuación, i es la intensidad de lluvia producida (en mm/h) y h es la carga (en cm) sobre los formadores.

Del análisis estadístico de los datos, se pudo concluir que los valores de intensidad obtenidos a partir de la ecuación (1) tienen una incertidumbre asociada de 3 mm/h, lo cual representa un error de entre el 3 y el 5 % de la intensidad producida.

Además, se determinó una relación experimental entre las intensidades teóricas calculadas a partir del análisis de laboratorio de los formadores (figura 2), y las observadas en las tareas de calibración, resultando la relación $(i \text{ experimental}) / (i \text{ teórica}) = 0,86$ (figura 13).

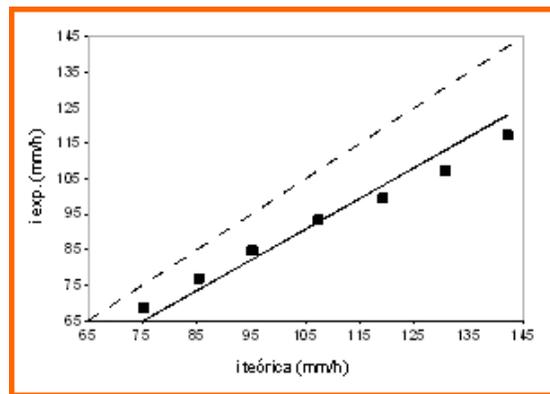


Fig. 13 - Intensidad teórica versus intensidad observada

MEDICIONES EN CAMPAÑA

El equipo fue utilizado en dos ensayos in situ, de carácter preliminar, realizados en la zona de Ciudad Universitaria, Córdoba. En estos ensayos se fijó como objetivo la medición (indirecta) de la capacidad de infiltración del suelo, a través de la cuantificación del escurrimiento superficial. El registro de los volúmenes erogados fue manual, a través de la cuantificación del escurrimiento superficial. El registro de los volúmenes erogados fue manual, a través de dos operadores.

Los ensayos se realizaron bajo dos intensidades i extremas: 69 mm/h y 117 mm/h. La curva de escurrimiento superficial se obtuvo por superposición de las obtenidas en cada punto de des-carga. A partir de éstas, y por diferencia con las intensidades generadas, se obtiene la curva de infiltración, y finalmente, por diferenciación de esta última, la tasa de infiltración en función del tiempo. Las curvas obtenidas corresponden a las figuras 14 ($i = 69$ mm/h) y 15 ($i = 117$ mm/h).

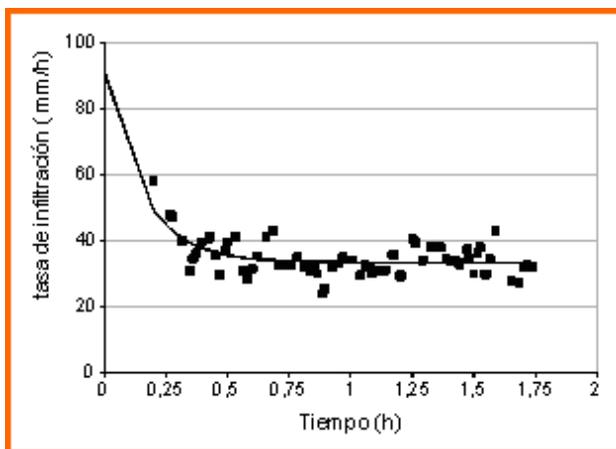


Fig. 14 - Tasa de infiltración – Intensidad 69 mm/h

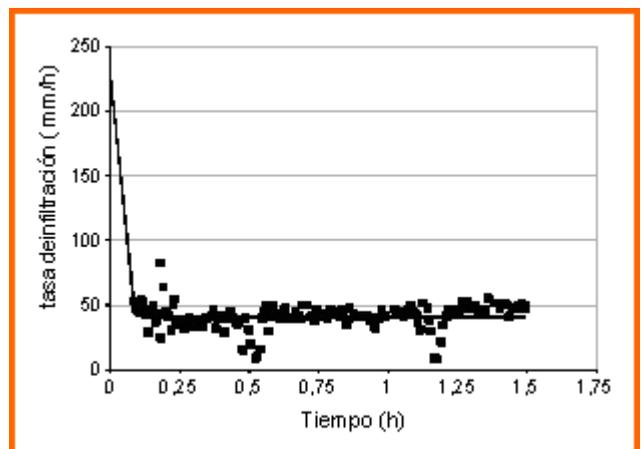


Fig. 15 - Tasa de infiltración – Intensidad 117 mm/h

A partir de esta información, se ajustaron los parámetros del modelo de infiltración de Horton:

$$f(t) = f_b + (f_0 - f_b)e^{-kt} \tag{2}$$

en la cual $f(t)$ es la tasa de infiltración variable en el tiempo, f_b es la tasa de infiltración base, f_0 la tasa de infiltración inicial (estas tres medidas en mm/h) y k es un factor de forma (en h^{-1}). En la Tabla 1 se muestran los valores calibrados de los parámetros del modelo de Horton (ecuación 2) ajustados por un procedimiento de optimización no lineal. En las figuras 14 y 15 pueden verse superpuestas a los puntos experimentales las curvas del modelo de Horton (ecuación 2) para los parámetros calibrados de la Tabla 1. Estos valores coinciden, en líneas generales, con los obtenidos previamente en la zona con el infiltrómetro de doble anillo (Weber et al, 2005).

parámetro	i = 69 mm/h	i = 117 mm/h
f_0 (mm/h)	90,8	225,5
f_b (mm/h)	33,3	40,1
k (1/h)	6,5	47,3

Tabla 1 - Parámetros calibrados del modelo de Horton

CONCLUSIONES

Se ha podido construir, en el ámbito del Laboratorio de Hidráulica, Facultad Regional Córdoba un microsimulador de lluvia portátil que cubre el rango de lluvias intensas, adecuado para el estudio in situ de procesos hidrológicos de escala puntual.

Se logró desarrollar un aparato totalmente desmontable, con un área de estudio de 1 m² y una altura de 2 m, que permite ser trasladado con relativa facilidad y no requiere mayor complejidad para su transporte.

Se trata de un equipo de simple fabricación, lo que permite su futura reproducción dentro del grupo de investigación, pudiendo contar de esa forma con varios equipos similares.

La parcela de medición permite la salida del agua escurrida por sus cuatro bordes lo que posibilita una menor alteración de las características físicas del terreno a estudiar, evitando así realizar una pendiente en el sitio de ensayo, orientada hacia un sólo punto de salida.

El sistema de puesta en régimen, una característica distintiva de este simulador de lluvia, posibilita calibrar la intensidad elegida en los primeros instantes del ensayo, sin alterar las condiciones antecedentes del terreno.

Se determinó una relación potencial entre la carga sobre los formadores y la intensidad real de lluvia simulada, que cuenta además con un intervalo de confianza determinado a partir de consideraciones estadísticas, permitiendo obtener no sólo el valor medio de la intensidad de lluvia generada, sino también su incertidumbre asociada.

Las pruebas preliminares realizadas en campaña han permitido por un lado, ajustar la metodología de montaje y desmontaje del equipo, y por otro, generaron información experimental a la cual fue ajustada el modelo de Horton, obteniéndose valores razonables para sus parámetros.

Futuras mejoras del equipo actualmente en marcha (adquisición electrónica de mediciones, aleatoriedad en la posición de impacto de las gotas) contribuirán a aumentar la calidad de las observaciones a realizar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo quieren manifestar su agradecimiento a la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional.

REFERENCIAS

- Achutegui A., Abreu X., Páez M.L. "Diseño y Evaluación de un Simulador de Lluvias Tipo Gotero con Efecto Vibratorio". *Venesuelos* 4:24-28 (1996).
- Aoki A.M. y Sereno R. "Modificaciones de un Microsimulador de Lluvia". *Investigación Agrícola*, vol 19 N° 1 y 2, 47-51 (1999).
- Irurtia C.B., Mon R. "Microsimulador de Lluvia para Determinar Infiltración a Campo". *Publicación N° 176*. Instituto de Suelos, Castelar, Buenos Aires, República Argentina. Pp. 18 (1994).



Kamphorst, A. "A Small Rainfall Simulator for the Determination of Soil Erodibility". *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 35, 407 – 415 (1987).

Marelli H. J. "La Erosión Hídrica. Proyecto: Alternativas Mejoradas Conservacionistas de Producción Agrícola Ganadera en el Sur de Córdoba". Publicación técnica N°1. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Marco Juárez, Córdoba, Argentina (1989).

Paoli, H. I., Rojas, J. A. "Estudio Hidráulico, Teórico y Experimental, sobre Formadores de Gotas". JEI 2006 (2006).

Pla Sentis, I. "Simuladores de Lluvia Para el Estudio de Relaciones Suelo Agua Bajo Agricultura de Secano en los Trópicos". Maracay, Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* 12 (1-2): 81-93 (1981).

Rostagno, C.M., Garayzar, D. "Diseño de un Simulador de Lluvia para Estudios de Infiltración y Erosión de Suelos". *Ciencia del Suelo*, 13, 41 – 43 (1995).

Weber, J. F., Paoli, H., Apestegui, L. "Diseño, construcción y puesta a punto de un microsimulador de lluvia portátil para estudios hidrológicos". XXII Congreso Nacional del Agua (2009).

Weber, J. F., Urbano, J. M., Stuyck, E. E., Azelart, D., Martínez, N. B. "Caracterización de los parámetros del modelo de Infiltración de Horton en suelos de la ciudad de Córdoba". *Cuadernos del Curiham*. ISSN 1514-2906. UNR Editora, Rosario. Vol. 11, No. 1, 29-38. (2005).

Optimización del Diseño de Mezclas para Hormigones Autocompactables

Ángel Oshiro; Carlos Baronetto; María Positieri, Claudia Beltramone
Investigadores del GInTeMaC
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina - Ciudad Universitaria - C.P. (X5016ZAA)
Tel.: (0351) 5986000 - Fax: (0351) 4681823 / E-Mail: aoshiro@scdt.frc.utn.edu.ar

Resumen - La utilización de hormigones autocompactables proporciona beneficios tales como aumento de la productividad, reducción de ruido y economía de energía. El diseño de estos hormigones requiere de un cuidadoso estudio, siendo el árido uno de los aspectos que toma importancia por su influencia en sus características. El trabajo presenta la búsqueda de la optimización de una relación adecuada entre áridos fino y grueso, tal que permita aprovechar al máximo las ventajas de este tipo de hormigones. Se planteó una dosificación patrón, tomando como variable la relación áridos finos/áridos totales. Para cada relación establecida se midieron las siguientes propiedades: Estado fresco: autocompactabilidad, capacidad de paso, capacidad de relleno y resistencia a segregación.

Estado endurecido: resistencia a compresión.

Los resultados indican que es posible la optimización de las mezclas a partir de una correcta elección de la relación entre áridos finos con respecto al contenido total de áridos del hormigón.

Palabras-Claves: autocompactable, árido fino, árido grueso, propiedades

Optimization of selfcompacting concretes mixing design

Abstract - Using selfcompacting concretes brings benefits such as productivity increase, noise reduction and energy save, so its utilizations is highly recommended. Nevertheless the concretes design requires carefull study and proper proportion of materials.

It's important the amount of variables that intervene in designing concrete, and selfcompacting in particular being the proportion of aggregate one of the most important fact in influencing the characteristics of these concretes.

Due to this importance this paper presents results in searching of optimization for an appropriate proportion between fine and coarse aggregates, allowing maximum benefits of these concretes.

It was settled a dosage pattern while maintaining constant the volume of aggregates. The variable is the relation fine aggregate/aggregate total, finding practically the optimum that facilitates the dosage of concrete.

In fresh and hardened state properties for each relation were measured: selfcompactibility, ability to step, filling capacity and resistance to segregation properties were studied in fresh state

In hardened state results of resistance to compression at 7 and 28 days of age are presented.

Results suggest that mixing optimization is possible from a correct choice of the relation between the content of fine aggregates and the total of aggregates.

Keywords: Selfcompacting, fine aggregates, aggregates coarse, properties

INTRODUCCIÓN

La utilización de estos hormigones autocompactantes proporciona beneficios tales como aumento de la productividad, reducción de ruido y economía de energía, por lo que su aplicación se torna altamente recomendable (GETTU, 2003) Sin embargo el diseño de estos hormigones requiere el empleo de un elevado contenido de finos que inciden aumentando el costo del hormigón autocompactable. Se entiende como finos aquellos materiales que en estado pulverulento tienen una finura semejante al del cemento, ya sean activas o no activas. Son ejemplo fillers calcáreos, cenizas volantes, polvo proveniente de la trituración de áridos pétreos generados en canteras (BARONETTO, 2008)

La incorporación de finos para la producción de hormigones es necesaria para la existencia para la sustentabilidad o equilibrio de la masa de hormigón en movimiento, homogéneo y que no necesite de com-

pactación mecánica.

Se entiende como hormigón autocompactable (HAC), según Okamura, 1997: aquel que es capaz de fluir en el interior del encofrado, llenándolo de manera natural, pasando entre las barras de las armaduras y compactándose única-mente bajo la acción de su propio peso y con:

1. efectos mínimos en generación de calor, endurecimiento, retracción por secado
2. fluidez libre, sin vibración
3. aumento de impermeabilidad (oxígeno, cloruros, agua).

Las propiedades de autocompactabilidad tales como capacidad de paso, capacidad de relleno y resistencia a la segregación son evaluadas a través de ensayos de extendido, Caja L, V Funnel y J- Ring, siguiendo las recomendaciones del EFNARC 2002; GETTU, 2003; y normas ASTM que se indican más adelante.

En estado endurecido, se presentan resultados de resistencia a compresión, a 7 y 28 días.

PROBLEMA ANALIZADO

Analizando algunos de los métodos de dosificación existentes para estos hormigones, se destaca que las características más comunes (OUCHI, 2003) en el proporcionamiento, son:

1. cemento + fino entre 450-600 kg/m³
2. cemento entre 200 – 400 kg/m³
3. agua entre 160 – 200 kg/m³
4. relación agua/finos (en volumen) entre 0,9-1,0.
5. relación árido fino/árido grueso en el orden de 1,0.

Este trabajo pretende contribuir en lo referente a la relación establecida anteriormente en el punto 5 de proporcionamiento de los agregados de peso normal.

Objetivo general:

Analizar la influencia de la variable árido fino/total de agregados en peso F/F+G en estado fresco y endurecido.

Objetivos específicos:

Verificar:

- a) la autocompactabilidad del hormigón en estado fresco.
- b) la capacidad de fluir bajo su propio peso.
- c) la resistencia a la segregación.
- d) la habilidad para pasar entre armaduras.
- e) las propiedades en estado endurecido; resistencia a compresión a 7 y 28 días.

PLAN EXPERIMENTAL

Para alcanzar los objetivos se procedió a definir las siguientes etapas:

1. Caracterización de los materiales
2. Diseño de hormigones
3. Análisis del comportamiento de los hormigones en estado fresco: capacidad de relleno (ASTM 1611-1661M-05), capacidad de paso (ASTM 1621-1621M-06)
4. Análisis del comportamiento de los hormigones en estado endurecido

MATERIALES UTILIZADOS

Cemento: se utilizó cemento con filler calcáreo, categorizado como CPF 40, de procedencia local, Córdoba, Argentina.

Densidad: 3,10

Filler: se utilizó un filler de origen calcáreo procedente de la fábrica de cemento ubicada en la provincia de Córdoba.

Densidad: 2,80

Árido fino: el árido fino utilizado es de origen natural del paleocauce del río Anisacate-Córdoba; en la Tabla 1 se presentan las propiedades físicas del mismo.

Ensayo	Resultado
Módulo de finura	2,33
Densidad relativa saturado a superficie seca [kg/dm ³]	2,61
Absorción [%]	1,25

Tabla 1: Propiedades físicas del árido fino

La distribución granulométrica del agregado fino utilizado se presenta en la Figura 1, cumpliendo los requisitos indicados en Normas IRAM.

Según los resultados de ensayos químicos, no posee sustancias nocivas ni perjudiciales que puedan afectar al hormigón.

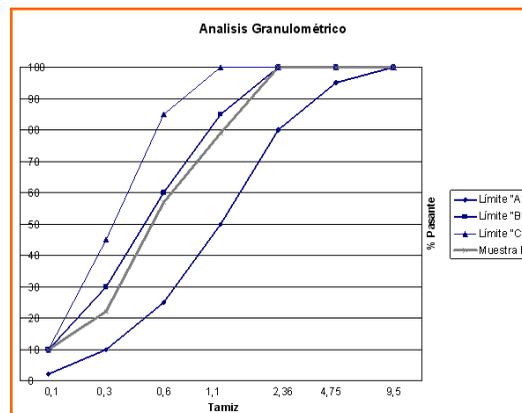


Fig. 1 - Granulometría árido fino

Árido grueso: las propiedades físicas del árido grueso se presentan en la Tabla 2. De acuerdo a las recomendaciones (EFNARC, 2002), el tamaño máximo no debe superar los 19 mm.

Ensayo	Resultado
Tamaño máximo [mm]	12,5
Densidad relativa saturado a superficie seca [kg/dm ³]	2,64
Absorción [%]	0,7

Tabla 2 - Propiedades físicas del agregado grueso

La distribución granulométrica del árido grueso se presenta en la Figura 2.

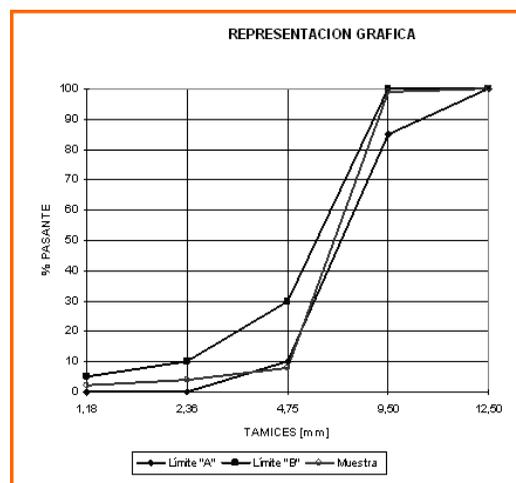


Fig. 2 - Granulometría del árido grueso

Aditivo: se utilizó un aditivo superfluidificante de última generación de base éter policarboxilato; su residuo sólido es de 36,2%.

DOSIFICACIÓN DE PARTIDA

Seleccionados y caracterizados los materiales se realizaron pastones de prueba para tener una dosificación inicial de partida, de tal manera que cumpla con las condiciones de autocompactabilidad.

Una vez conseguido esto, se variaron las proporciones F/F+G (agregado fino/total de agregados) en peso. Las relaciones fijadas se presentan en la Tabla 3.

F/F+G				
0,40	0,45	0,50	0,55	0,60

Tabla 3 - Relaciones F/F+G adoptadas

La dosificación de partida corresponde a F/F+G= 0,50 y se presenta en la Tabla 4.

Cemento [kg]	347
Filler [kg]	149
Água [kg]	177
Árido Fino [kg]	864
Árido Grueso [kg]	864
Aditivo [% de Cemento]	2

Tabla 4 - Dosificación inicial para F/F+G 0,50

RESULTADOS OBTENIDOS

Comportamiento del hormigón en estado fresco

La consistencia de los hormigones autocompactantes se caracterizó por la determinación de las propiedades de capacidad de relleno (ASTM 1611-1661M-05), capacidad de paso (ASTM 1621-1621M-06) y resistencia a la segregación.

Según las recomendaciones (EFNARC, 2002) una mezcla de hormigón sólo puede clasificarse como auto-compactable si se cumplen los requisitos para estas tres características.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se presentan en la Tabla 5, verificándose que los valores obtenidos satisfacen las características de autocompactabilidad recomendadas.

Hormigón	EXTENSION (ASTM C 1611 M-05)		J-RING (ASTM C 1621 M-06)	V-FUNNEL	CAJA L
	Diámetro [mm]	T50 [s]	Diferencia de diámetro [mm]	Tiempo [s]	h2/h1
Limites normales	650 á 800	2 á 5 [s]	0 á 25	6 á 12	0,8 á 1,0
F/F+G= 0,40	760	3	0	7	0,93
F/F+G= 0,45	680	6	20	7	0,88
F/F+G= 0,50	710	2	42*	10	0,86
F/F+G= 0,55	600	9	10	10	0,76
F/F+G= 0,60	650	7	0	11	0,81

* Bloqueo mínimo, imperceptible

Tabla 5 - Resultados obtenidos

En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos del ensayo de extensión realizado. Los valores obtenidos cumplen con los límites establecidos, verificándose que la extensión disminuye con la disminución del contenido de árido fino.

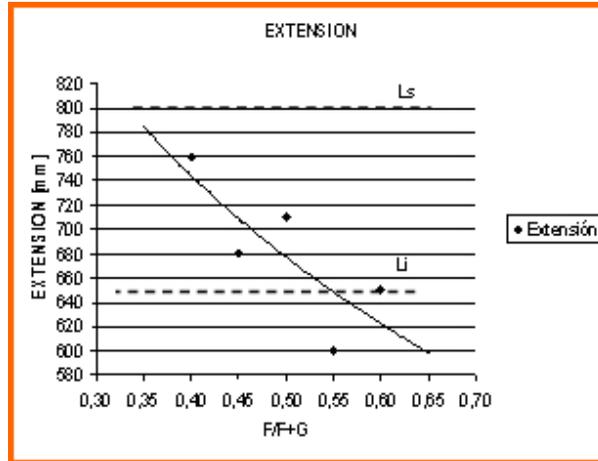


Fig. 3 - Resultados de ensayos de extensión

En la Figura 4 se muestra el aspecto del hormigón autocompactable durante el ensayo de extensión. En la Tabla 5 se presentan los resultados de los ensayos de autocompactabilidad.



Fig. 4 - Aspecto del hormigón en ensayos de extensión

Para el ensayo de J-Ring los hormigones estudiados presentan un comportamiento similar, con una diferencia de diámetro dentro de parámetros aceptables, que se muestran en la Figura 5.

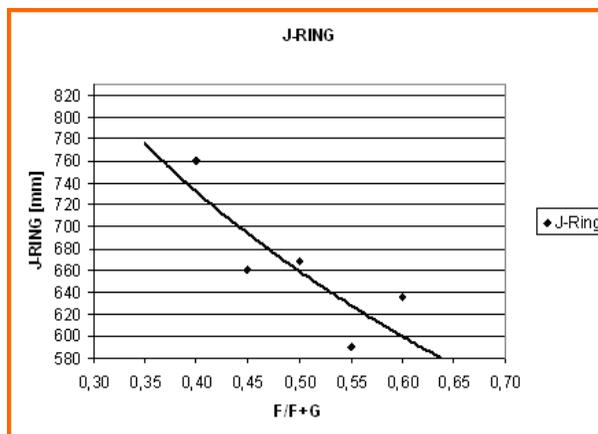


Fig. 5 - Ensayos de J-RING

En la Figura 6 se muestra un detalle del ensayo de J-RING que muestra el flujo del hormigón a través de las barras de acero.

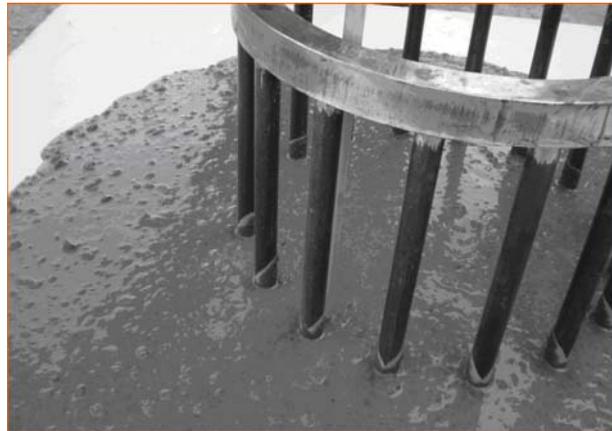


Fig. 6 - Aspecto del hormigón durante ensayos de J-RING

En la Figura 7 se presentan los resultados de los ensayos realizados con la Caja en L; permiten también verificar un comportamiento adecuado en estado fresco, no observándose bloqueo del árido grueso, lo que se muestra en la Figura 8.

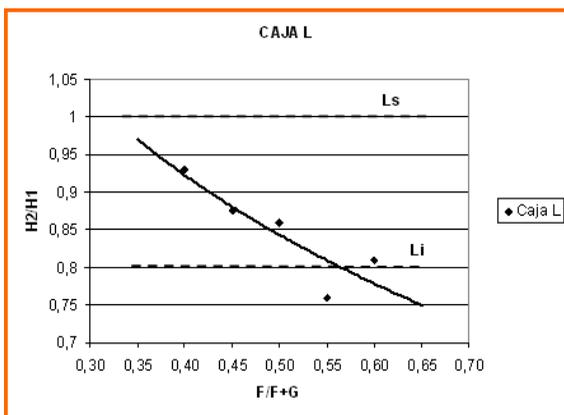


Fig. 7 - Resultados de ensayos de Caja L



Fig. 8 - Medición en el ensayo de Caja L

La Figura 9 muestra los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el V-Funnel; no se observa bloqueo del árido grueso, fluyendo el hormigón sin inconvenientes.

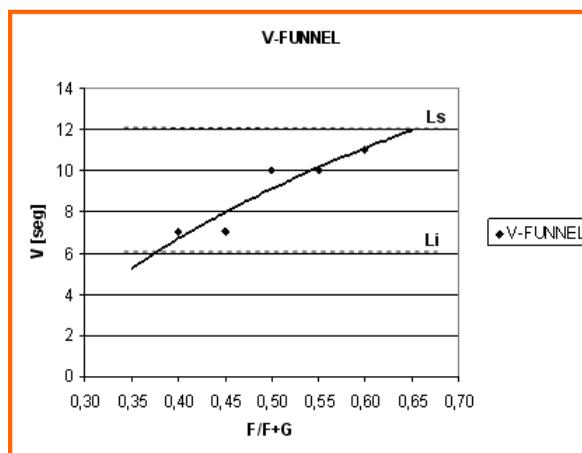


Fig. 9 - Resultados de ensayos con el V-Funnel

La Figura 10 muestra la realización del ensayo con el V-Funnel.



Fig. 10 - Ensayos con el V-Funnel

Comportamiento del hormigón endurecido. Resistencia a compresión

La propiedad que tradicionalmente se controla en el hormigón es la resistencia mecánica a compresión, lo cual es lógico atento a que tiene buen comportamiento frente a estas solicitaciones. Si bien la bibliografía referida a la dosificación del HAC pone énfasis en lograr la autocompactabilidad, debido a que en general se obtienen resistencias más elevadas que en hormigones tradicionales en este trabajo se moldearon probetas cilíndricas y se ensayaron a 7 y 28 días.

En la Tabla 6 se indican los valores obtenidos.

Hormigón	Resistencia a Compresión [MPa]	
	7 días	28 días
F/F+G= 0,40	23,5	34,7
F/F+G= 0,45	23,5	34,5
F/F+G= 0,50	29,2	32,0
F/F+G= 0,55	25,0	31,5
F/F+G= 0,60	22,0	27,5

Tabla 6 - Resultados de ensayos a compresión, 7 y 28 días

En la Figura 11 se presentan los resultados de resistencia a compresión a 7 y 28 días; los niveles de resistencia se encuentran en el orden de 24 a 35 MPa.

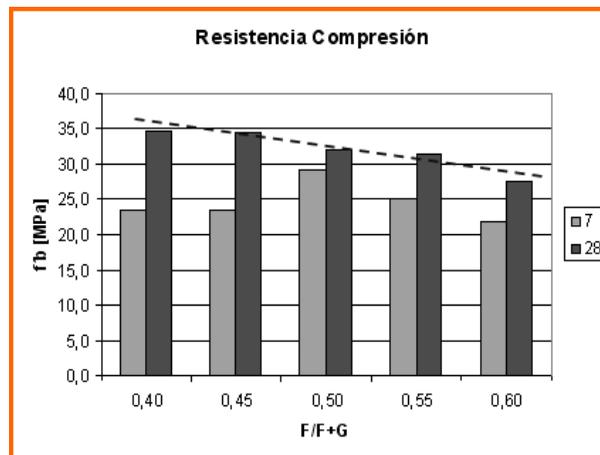


Fig. 11 - Ensayos a compresión a 7 y 28 días

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha partido de un ajuste previo del proporcionamiento de la mezcla de un HAC con materiales fácilmente disponibles en el ámbito local. Y a partir de allí, manteniendo el volumen de pasta constante, se han variado las proporciones de áridos finos y áridos totales. La dosis de aditivo se mantuvo constante.

Debido a que en etapa de producción se manifiestan variaciones en las propiedades de los materiales, es posible fijar límites o márgenes acotados. Y entre éstos, la relación F/F+G. Estudios preliminares sobre la proporción áridos como el desarrollado en el presente trabajo, permiten acotar esos márgenes.

En estado fresco:

Dentro de los rangos establecidos de F/F+G entre 0,40 y 0,60 se obtienen resultados dentro de los límites normales.

Lo importante es que en las obras es difícil mantener constantes la calidad de los áridos, por lo que, según los resultados obtenidos, debe elegirse aquel que se acerque a las necesidades o complejidades de la estructura a hormigonar.

En estado endurecido:

Se observa una tendencia a la disminución de la resistencia a compresión en la medida que aumenta F/F+G.

La variación es del orden del 22%, teniendo en cuenta el máximo, mínimo y media de los resultados obtenidos. Ese es un factor importante a tener cuenta en el momento de la elección entre el balance del cumplimiento de las condiciones de autocompactabilidad y resistencias necesarias.

AGRADECIMIENTOS

A la UTN, SC&T. A nuestros investigadores, alumnos, becarios y colaboradores por su activa participación.

REFERENCIAS

- ASTM 1611-1611M-05. Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete
- ASTM 1621-1621M-06. Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring
- BARONETTO, C et al. Hormigón autocompactante arquitectónico con residuo del proceso de la trituración de rocas. 1er Congreso Español sobre Hormigón Autocompactante. Valencia, España, 2008.
- EFNARC. Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC, 2002. Norfolk, Brian Poulson, 2003.
- GETTU, R. AGULLÓ, L. Estado del Arte del Hormigón Autocompactable y su Caracterización. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, abril 2003. Informe 4745/1
- Okamura, H. (1997) "Self-Compacting High-Performance Concrete," *Concrete Intl.*, Vol. 19, n° 7, pp. 50-54.
- OUCHI, M et al. Application of self compacting concrete in Japan, Europe and the Unite State. 2003 ISHPC

Regionalización de Precipitaciones Máximas Diarias para la Provincia de Entre Ríos

Eduardo A. Zamanillo, Gustavo R. Larenze, María J. Tito, Patricia Gómez
Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada
Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional
Salta 277 (E3200EKE) Concordia, Entre Ríos, Argentina
Teléfono / Fax: 0054 0345 421 4590 – Correo electrónico: gihha@frcon.utn.edu.ar

Resumen - Se presentan los resultados de la regionalización de precipitaciones máximas en la Provincia de Entre Ríos, incluyendo una descripción sintética de la metodología de regionalización adoptada, del proceso de recopilación y análisis estadístico de los datos pluviométricos, y de la elección de la distribución de probabilidad teórica. Como resultado se muestran los mapas de isohietas de precipitaciones máximas diarias para recurrencias de 2 a 50 años.

Palabras Claves: Regionalización, Precipitación Máxima, Análisis de Frecuencia

Regionalization of Maximum Rainfalls for the Entre Ríos Province

Abstract – The results of the Maximum Rainfalls Regionalization in the Entre Ríos Province are presented, including a synthetic description of the adopted regionalization methodology, the collection process and statistical analysis of the daily rainfall data, and the choice of the theoretical probability distribution function. As a result, the maps of maximum daily rainfalls for return periods from 2 to 50 years are shown.

Keywords: Regionalization, Maximum Rainfall, Frequency Analysis

INTRODUCCIÓN

El diseño y operación de las obras de infraestructura relacionadas con los recursos hídricos están directamente vinculados a la tormenta de proyecto que en algún momento futuro generará las máximas solicitaciones sobre las mismas.

Para que la precipitación pueda ser utilizada en la estimación de crecientes de proyecto es necesario realizar un análisis que relacione la intensidad de la lluvia con la duración y con la recurrencia de la tormenta en el lugar de interés.

En el caso de la provincia de Entre Ríos, existen pocas estaciones pluviográficas con registros sistemáticos de longitud suficiente, sobre los cuales puede desarrollarse este análisis, sin embargo se cuenta con una importante red de estaciones pluviométricas, que proveen totales diarios de lluvia.

A su vez, es posible aprovechar la información pluviométrica existente y combinarla a nivel regional con los registros pluviográficos disponibles para la determinación de tormentas de proyecto.

Este criterio es ampliamente utilizado en los países desarrollados. En todos ellos existen manuales de uso corriente en el área de ingeniería hidrológica que permiten la estimación de tormentas de proyecto a partir del resultado de la regionalización de precipitaciones máximas diarias.

Por esta razón, se procedió a efectuar el análisis regional de frecuencia de las precipitaciones máximas diarias en la Provincia de Entre Ríos, cuyos principales resultados se resumen en este trabajo.

DESARROLLO

Las principales etapas del trabajo de regionalización de precipitaciones máximas diarias, incluyen una descripción de la recopilación y selección de estaciones pluviométricas, la generación de series de máximos diarios, el análisis estadístico y elección de la distribución teórica de probabilidad, así como el método de análisis regional de frecuencia adoptado.

Recopilación y selección de estaciones

Se recopiló la información pluviométrica existente, generándose una base de datos constituida por estaciones

ESTACIÓN	LAT.	LONG.
1. GUALEGUAYCHÚ AERO	-33.000	-58.617
2. ISLETAS	-32.217	-60.350
3. CRUCESITAS III	-32.127	-59.699
4. HERNANDEZ	-32.338	-60.027
5. FEBRE	-32.467	-59.917
6. SAUCE VIEJO AERO	-31.700	-60.817
7. PARANÁ AERO	-31.783	-60.483
8. COLÓN	-32.217	-58.150
9. PAYSANDÚ	-32.350	-58.033
10. C. DEL URUGUAY INTA	-32.483	-58.333
11. GILBERT	-32.530	-58.932
12. VILLAGUAY	-31.850	-59.083
13. SAN SALVADOR	-31.633	-58.500
14. LOS CHARRÚAS	-31.181	-58.183
15. CONCORDIA AERO	-31.300	-58.017
16. EL YUQUERÍ	-31.383	-58.117
17. PASO JUNCUE	-30.350	-59.250
18. SAN GUSTAVO	-30.691	-59.387
19. LA PAZ	-30.747	-59.607
20. BANDERAS	-30.825	-59.234
21. EC-YESO Oeste	-30.857	-59.379
22. SAN JAIME	-30.333	-58.300
23. PEDRO VALLEJOS	-31.245	-59.745
24. COLONIA AVIGDOR	-31.184	-59.401
25. MERCEDES (URUGUAY)	-33.250	-58.067
26. CASTELAR INTA	-34.667	-58.650
27. PERGAMINO INTA	-33.933	-60.550
28. SAN PEDRO INTA	-33.683	-59.683
29. OLIVEROS INTA	-32.550	-60.850
30. ROSARIO AERO	-32.917	-60.783
31. ZAVALLA	-33.017	-60.883
32. EST. LA ESPERANZA	-30.200	-58.283
33. MERCEDES INTA	-29.167	-58.017
34. M. CASEROS AERO	-30.267	-57.650
35. PASO DE LOS LIBRES AERO	-29.683	-57.150
36. COLONIA	-34.450	-57.850
37. RECONQUISTA	-29.183	-57.150

Tabla 2.- Estaciones pluviométricas seleccionadas Longitud de registro: 1976-2005

Con el objeto de definir y comprobar testear la metodología de procesamiento de la información pluviométrica diaria se realizó la calibración del análisis estadístico. Para ello se seleccionó un grupo de estaciones de una zona de la provincia, y se procesaron las series utilizando el programa AFMULTI (Paoli C. *et al.*, 1996), a partir de cuyos resultados fueron adoptadas como candidatas las distribuciones Lognormal, GEV, Gumbel y Pearson.

Posteriormente se realizó el análisis de frecuencia de la serie de máximos anuales de 30 años de longitud de registro para cada una de las estaciones pluviométricas elegidas. La Figura 2 muestra un ejemplo del ajuste gráfico para la localidad de Concordia, indicando la variación de las distribuciones de probabilidad teóricas seleccionadas y de la frecuencia experimental en función del período de retorno.

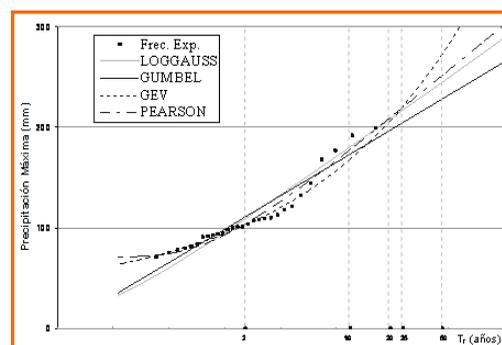


Fig. 2.- Análisis de frecuencia Concordia (1976-2005)

De las cuatro distribuciones teóricas de probabilidad seleccionadas, las dos que presentaron el mejor ajuste a los valores observados fueron la distribución de Valores Extremos Generalizada (GEV) y la distribución de Gumbel.

La función de Distribución General de Valores Extremos (GEV) está indicada en la Ecuación (1) (Chow V. *et al.*, 1994).

$$F(x) = e^{-\left(1 - \frac{k(x-x_0)}{\alpha}\right)^{\frac{1}{k}}} \quad (1)$$

Los tres parámetros de la distribución son k , x_0 y α , que determinan la forma, ubicación y escala.

El parámetro k permite dividir a la familia general en tres clases:

- Si $k = 0$ Distribución Gumbel o EVI
- Si $k > 0$ Distribución Frechet o EVII
- Si $k < 0$ Distribución Weibull o EVIII

Los parámetros de la Distribución de Valores Extremos Generalizada, se estimaron a partir de los momentos ponderados por probabilidad M_j (Paoli C. *et al.*, 1996):

$$M_j = \frac{1}{n} \sum x_i \cdot F_i^j \quad (2)$$

En estas expresiones F_i es una frecuencia empírica o posición de muestreo definida por Landwehr (1979) como:

$$F_i = \frac{i - 0,35}{n} \quad (3)$$

Siendo x_i cada uno de los n valores de la muestra, ordenados de manera ascendente.

De esta forma, los momentos ponderados por probabilidad quedan determinados por las ecuaciones (4) a (6).

$$M_0 = \frac{1}{n} \sum x_i \cdot F_i^0 \quad (4)$$

$$M_1 = \frac{1}{n} \sum x_i \cdot F_i \quad (5)$$

$$M_2 = \frac{1}{n} \sum x_i \cdot F_i^2 \quad (6)$$

Los parámetros de forma (k), escala (α) y ubicación (x_0) de la GEV quedan expresados según:

$$k = 7,859c - 2,95554c^2 \quad (7)$$

donde c , viene dado por la ecuación (8)

$$c = \left(\frac{2M_1 - M_0}{3M_2 - M_0} \right) - \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{(2M_1 - M_0) \cdot k}{\Gamma(1+k) \cdot (1 - 2^{-k})} \quad (9)$$

$$x_0 = M_0 + \frac{\alpha \cdot (\Gamma(1+k) - 1)}{k} \quad (10)$$

siendo $\Gamma(I + k)$ el valor de la función Gamma en $I + k$.

La Función de Distribución Gumbel está definida en la ecuación (11) (Chow V. *et al.*, 1994).

$$F(x) = e^{-e^{\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}} \tag{11}$$

Los dos parámetros de ubicación y escala de esta distribución son x_0 y α .

Los Momentos ponderados por Probabilidad M_k (Landwehr *et al.*, 1979) responden a las ecuaciones (12) a (14):

$$M_k = \frac{1}{n} \sum x_i \cdot (1 - F_i)^k \tag{12}$$

$$M_0 = \frac{1}{n} \sum x_i = \mu \tag{13}$$

$$M_1 = \frac{1}{n} \sum x_i \cdot \frac{n-i}{n-1} \tag{14}$$

Los parámetros de escala (α) y ubicación (x_0) de la Distribución Gumbel, expresados en función de los MPP resultan:

$$\alpha = \frac{(M_0 - 2M_1)}{\ln 2} \tag{15}$$

$$x_0 = M_0 - 0,577\alpha \tag{16}$$

Para medir la bondad del ajuste a escala regional se consideraron criterios basados en parsimonia y medidas de la variabilidad no explicada.

La idea de parsimonia es que un buen modelo tiene pocos parámetros, ya que ha capturado las propiedades intrínsecas de la serie que se analiza; por el contrario, un modelo con demasiados parámetros es un modelo que probablemente ajuste mejor pero que sea menos robusto.

Históricamente la calidad de ajuste de una distribución se ha realizado efectuando la suma de los cuadrados de los residuos (*ECMV*) dividida por el tamaño de la muestra (n).

El Criterio de información de Akaike (*AIC*) (Salas, 1980), definido por la ecuación (17), combina el *ECMV*, el total p de parámetros de la distribución que va ser ajustada y la longitud n de la serie.

$$AIC(p) = n \cdot \ln(ECMV^2) + 2p \tag{17}$$

El criterio de información de Akaike pondera la varianza residual y el número de parámetros p del modelo, en donde, para la distribución GEV, $p=3$, y para la distribución Gumbel, $p=2$. De esta forma un modelo será mejor que otro si el *AIC* es menor independientemente del número de parámetros.

En la Tabla 3 se muestran los valores promedio obtenidos para estos estimadores discriminando entre las estaciones dentro de la provincia y las externas. Esta tabla muestra que los mejores indicadores corresponden a la distribución GEV.

CRITERIO	DIST.	E. Ríos	Externas
ECM VARIABLE	GUMBEL	6,81	8.31
	GEV	6.03	7.27
ECM FRECUENCIA	GUMBEL	0.04	0.05
	GEV	0.03	0.04
AIC(p) VARIABLE	GUMBEL	94.28	112.30
	GEV	91.77	118.4

Tabla 3.- Valor promedio de los indicadores de Bondad de Ajuste

Como resultado de los tests regionalizados de bondad de ajuste se adoptó la Distribución General de Valores Extremos (GEV) para definir la distribución de probabilidad teórica que representa el comportamiento de las precipitaciones máximas en el ámbito de la Provincia de Entre Ríos.

Análisis regional de frecuencia

El análisis regional de frecuencia utiliza el conjunto de datos espacialmente distribuidos en puntos de una región considerada homogénea para estimar los cuantiles asociados a diferentes probabilidades de excedencia en un punto cualquiera dentro de esa región.

La condición de Homogeneidad Hidrológica fue verificada para las estaciones seleccionadas utilizando el Test de Langbein Dalrymple *et al.* (1960).

Este test está basado en la determinación de la desviación estándar de las estimaciones de la variable reducida y de la Función de Distribución Gumbel, determinada por la ecuación (18):

$$2\sigma_y = 2 \cdot \frac{e^y}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{(T-1)}} \tag{18}$$

Siendo *n* la longitud de la serie en años, *T* el período de retorno (en años), *y* es la variable reducida de Gumbel, y es función del tiempo de retorno *T*.

El test se realiza para un período de retorno de *T*=10 años, debido a que es el mayor período de retorno para el cual en la mayoría de los casos se obtienen estimaciones confiables, y para el cual el valor de la variable reducida *y* es igual a 2,25.

Se asume que σ_y se distribuye normalmente, por lo cual el 95% de las estimaciones deben estar comprendidas entre $\pm\sigma_y$ del valor más probable.

Por lo tanto, los límites de confianza al 95% quedan determinados por $2,25 \pm 6,3 \cdot \sqrt{n}$. Los correspondientes períodos de retorno *T* límites (en años) se indican en la Tabla 4 (Dalrymple 1960).

<i>n</i> (años)	<i>y</i>	<i>2σ</i>	<i>Lím. Inf.</i>		<i>Lím. Sup.</i>	
			<i>y - 2σ</i>	<i>T</i>	<i>y + 2σ</i>	<i>T</i>
5	2.25	2.83	-0.58	1.20	5.08	161.07
10	2.25	2.00	0.25	1.85	4.25	70.62
20	2.25	1.41	0.84	2.84	3.66	39.53
50	2.25	0.89	1.36	4.40	3.14	23.71

Tabla 4.-Límites de confianza del Test de Langbein

La homogeneidad hidrológica se comprueba determinando la precipitación para períodos de retorno de 10 y 2,33 años y realizando el cociente entre estos valores para obtener un valor medio característico de la región. Olmos *et al.* (2007)

Posteriormente se procede a obtener una *P*₁₀ corregida para cada estación, la cual se determina multiplicando *P*_{2,33} por el promedio de los cocientes.

A partir de los parámetros de forma, ubicación y escala de la distribución GEV se determinan los períodos de retorno de *P*₁₀ corregida en cada estación, los cuales se grafican en función de la longitud de registro de su estación (en años).

Según se presenta en la Figura 3, los puntos correspondientes a los períodos de retorno corregidos quedaron ubicados dentro de los límites de confianza indicados en la Tabla 5 para las 37 estaciones seleccionadas, considerándose a la región homogénea desde el punto hidrológico. Partiendo de este resultado, se procedió a efectuar el análisis regional de frecuencia de precipitaciones máximas diarias.

La regionalización de las precipitaciones máximas diarias se realizó utilizando el Método del Índice de Crecientes (Index Flood Method), uno de los métodos regionales más difundidos (Olmos *et al.*, 2007).

El mismo supone que los máximos anuales de precipitación en un conjunto de estaciones que pertenecen a

una región homogénea poseen distribuciones idénticas excepto por un factor de escala propio de cada estación.

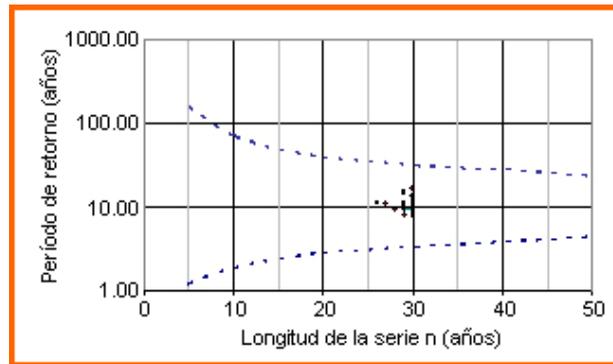


Fig. 3.- Límites de confianza del test de Langbein

Duración (días)	Período de retorno (años)					
	2	5	10	20	25	50
1	0.93	1.23	1.44	1.67	1.74	1.99
2	0.93	1.24	1.46	1.68	1.76	1.99
3	0.92	1.24	1.46	1.68	1.76	2.00
4	0.93	1.24	1.46	1.68	1.76	2.00

Tabla 5.- Índices de creciente regionales

De esta forma, el máximo anual X_j en una estación j de la región puede expresarse como:

$$X_j = \mu_j \cdot \eta \tag{19}$$

Expresión donde el factor de escala μ_j es una constante particular de cada estación y el índice de crecientes η es la curva regional de cuantiles adimensionales, común a todas las estaciones, el cual se adoptó igual al valor medio de la serie de máximos diarios. Por tal motivo, se regionalizó la Precipitación Máxima Media PM para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días, que se presentan en los mapas de isohietas indicados en la Figura 4 (Zamanillo *et al.* 2008).

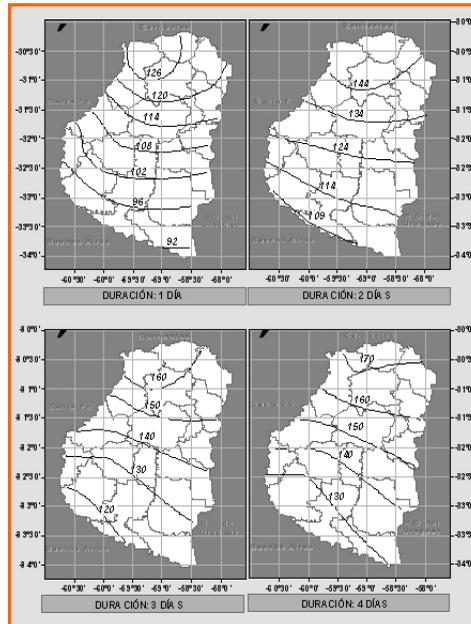


Fig. 4.- Isohietas de valores medios de precipitaciones máximas P_M (mm)

La adimensionalización de las series se llevó a cabo dividiendo cada valor de la misma P_{Tj} (para $T = 2, 5, 10, 20, 25$ y 50 años) por el factor μ_j , siendo $\mu_j = P_M$ la media de los máximos diarios de cada estación y P_{Tj} la precipitación Máxima para el periodo de retorno T en la estación j .

Por lo tanto, los cocientes o índices de crecientes locales de cada estación se calcularon para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días según:

$$\eta_j = \frac{P_{Tj}}{P_{Mj}} \quad (20)$$

Se determinó el Índice de crecientes regional adoptando el promedio de los cocientes correspondientes a las estaciones seleccionadas. La Tabla 5 presenta los valores correspondientes para cada duración y recurrencia de diseño.

El uso combinado de la Tabla 6 y la Figura 4 permite estimar en cada punto de la Provincia la Precipitación Máxima P_T (mm) asociada a un período de retorno T (años) para duraciones de 1, 2, 3 y 4 días.

Aplicación de cálculo de tormentas de diseño

Para caracterizar la variación geográfica de la lluvia de proyecto resulta necesario disponer de herramientas flexibles que faciliten la visión integral de los principales parámetros involucrados.

A tal efecto se generó una aplicación de cálculo que permite determinar la evolución de la lámina máxima acumulada en función del período de retorno, para cualquier coordenada geográfica ubicada en el ámbito de la Provincia de Entre Ríos.

La aplicación incluye también un acceso a los mapas de isohietas de máximos diarios para duraciones iguales a 1, 2, 3 y 4 días para períodos de retorno iguales a 2, 5, 10, 20, 25 y 50 años.

En la Figura 5 se muestra la hoja destinada al ingreso de coordenadas geográficas, mientras que la Figura 6 presenta la salida correspondiente a dichas coordenadas, donde se puede visualizar la gráfica de lámina acumulada vs. período de retorno.

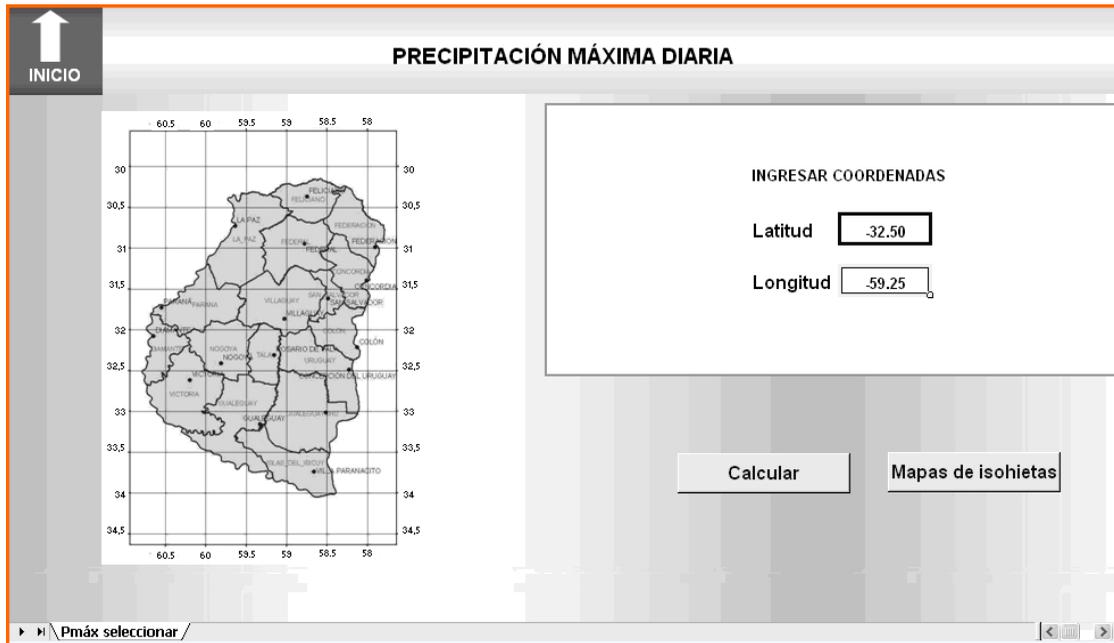


Fig. 5.- Selección de coordenadas geográficas.

Combinando este resultado con las características pluviográficas del punto de utilización es posible caracterizar la tormenta de proyecto que solicitará a las obras hidráulicas para los períodos de retorno analizados.

Combinando este resultado con las características pluviográficas del punto de utilización es posible caracterizar la tormenta de proyecto que solicitará a las obras hidráulicas para los períodos de retorno analizados.

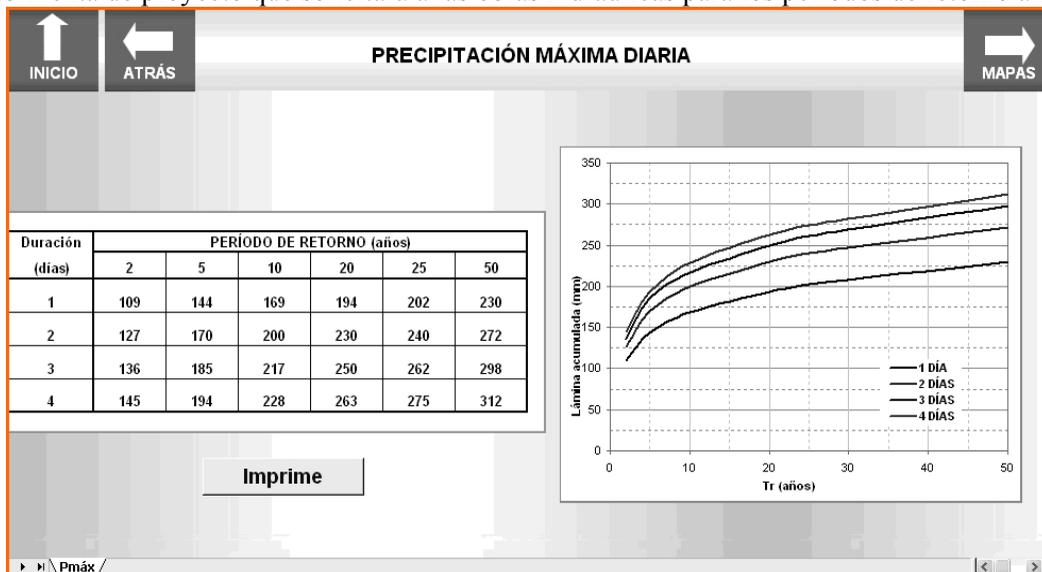


Fig. 6.- Cálculo de la precipitación máxima diaria para las coordenadas especificadas.

Sistemas de información

Se incorporaron los resultados de la regionalización de precipitaciones máximas a dos versiones de consulta: el Sistema de Información Geográfica que utiliza la plataforma ArcExplorer, denominado RegPrec-Max.axl, y su versión en formato HTML.

Los mismos fueron diseñados para facilitar la visualización y consulta de resultados en 250 localidades de la Provincia.

La Figura 7 presenta la Ventana Principal del Proyecto RegPrecMax. El recuadro 1 indica la tabla de contenidos donde se encuentran las distintas capas de información que integran el proyecto, el recuadro 2 es la zona de visualización donde se representan las mismas, y el recuadro 3 indica las coordenadas del punto donde está posicionado el puntero del mouse.

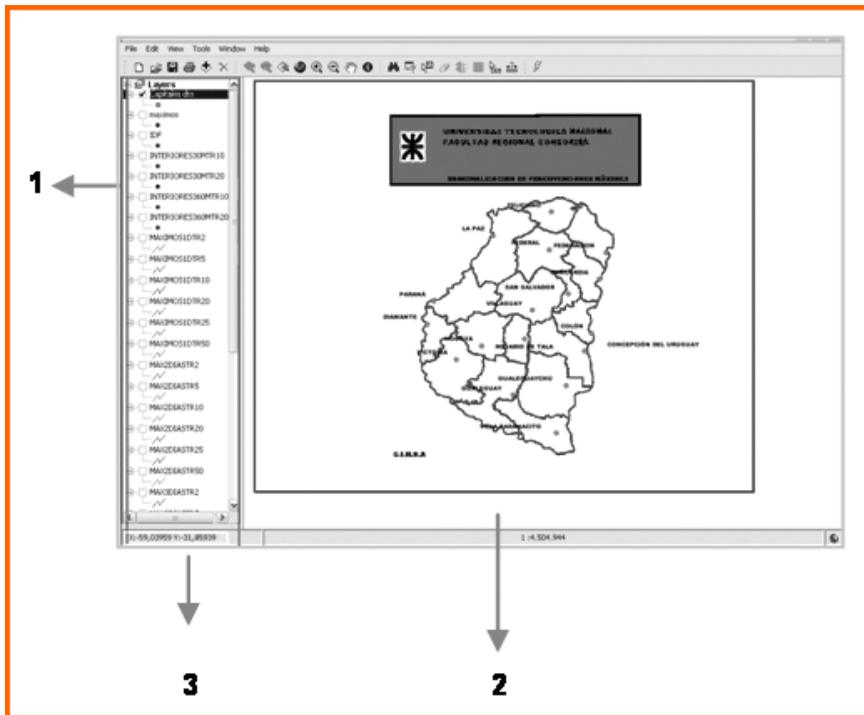


Fig. 7.- Reg. Prec. Max. - Ventana principal

Para determinar la precipitación máxima diaria correspondiente a distintos períodos de retorno, se debe marcar previamente la capa MAXIMOS y luego ubicar la localidad de la cual se desea obtener la información.

Como ejemplo, la Figura 8 muestra la ventana de visualización donde puede efectuarse la consulta de información sobre los máximos diarios para una localidad de la Provincia de Entre Ríos.

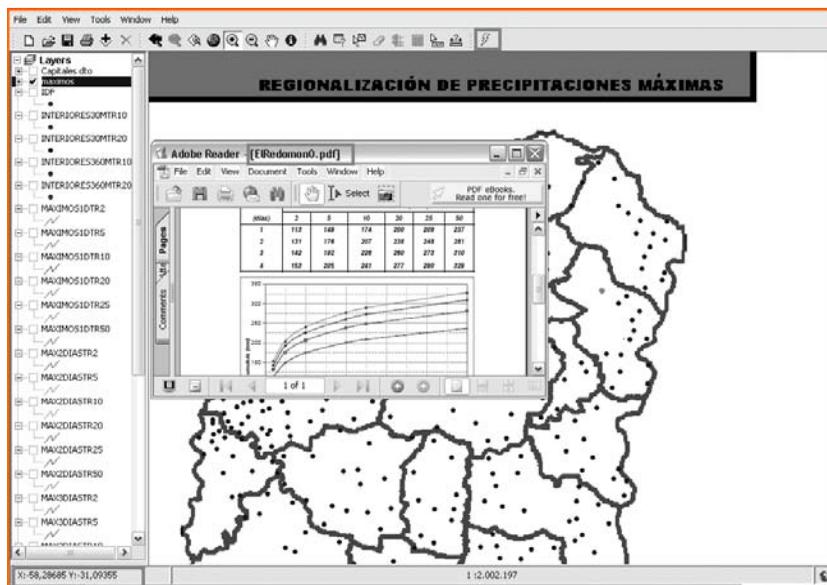


Fig. 8.- RegPrecMax - Máximos Diarios

CONCLUSIONES

Ha sido posible determinar la variación geográfica de la precipitación máxima diaria para los períodos de retorno usualmente empleados en el diseño de obras de pequeña y mediana escala, a partir de los registros pluviométricos disponibles.

Los resultados de dicho análisis han sido incorporados y sistematizados en una herramienta de cálculo y dos sistemas de visualización de resultados que permiten y flexibilizan la consulta del trabajo de regionalización en 250 localidades de la Provincia de Entre Ríos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección Provincial de Hidráulica, al INTA y al Servicio Meteorológico Nacional por el suministro de información indispensable. A los becarios del Proyecto.

REFERENCIAS

Zamanillo Eduardo A., Larenze Gustavo R., Tito María J., Pérez Martín M., Garat María E., Gómez Patricia, "Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos", Primera Edición, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, (2008).

Paoli Carlos U., Bolzicco José E. A. y Cacik Pablo, "Análisis de Frecuencia de Variables Hidrológicas", Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, (1996).

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. – "Hidrología Aplicada". Mc Graw – Hill Interamericana S.A. Bogota. Colombia. 1994

Landwehr J. M., Greenwood J. A., Matalas N. C. and Wallis J. R., "Probability weighted moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form". Water Resources Research, 15(5), 1049-1054 (1979).

Salas J. D., Delleur J. W., Yevjevich V. y Lane W. L., "Applied Modelling of Hydrologic Time Series", Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA, (1980).

Dalrymple Tate, "Manual of Hidrology, Part 3, Flood-Flow Techniques" Geological Survey Water-Supply Paper, 1543-A, U. S. Cover Printing Office, Washington, (1960)

Olmos L. A., Ibáñez J., Hartmann A., "Aplicación del Método del Índice de Crecientes en Lluvias Máximas Diarias de la Provincia de Santiago del Estero", Instituto de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, (2007).

Zamanillo Eduardo A., Larenze Gustavo R., Tito María J., Pérez Martín M., Garat María E., Gómez Patricia, "Regionalización de Precipitaciones Máximas Diarias para la Provincia de Entre Ríos", II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua, Córdoba, 5 a 7 de Noviembre de 2008.

*Relación entre la Nudosidad y las Características Resistentes de la Araucaria Angustifolia (Pino Paraná)**

Alfredo A. Guillaumet¹, Roberto D. Manavella², María C. Filippetti³, Jacinto Diab⁴, Alberto Armas⁵.

⁽¹⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEC. Esperanto 653.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. Cel: (03462)15500531.aaguillaumet@hotmail.com

⁽²⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEC. Colón 366.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 430751. rdmvt@yahoo.com

⁽³⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEC. Saavedra 2224.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 431776. cecilia_filippetti@hotmail.com

⁽⁴⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEC. Sarmiento 605.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 431036. jacintodiab@hotmail.com

⁽⁵⁾ UTN. Facultad Regional Venado Tuerto. Grupo CIDEC. Calle Pública "C" 4410.

Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina. TE: (03462) 15531226. albertoarmas@gmail.com

Resumen - En el presente trabajo se analizan 150 vigas a flexión y se establece la correlación entre la resistencia a flexión y el porcentaje de la sección transversal ocupado por la nudosidad. Los ensayos se realizan de acuerdo a Norma UNE-EN 408.

Los resultados muestran una fuerte correlación negativa entre el porcentaje ocupado por nudos en la sección transversal y su resistencia a la flexión. Se alcanza también una fuerte correlación entre el momento de inercia calculado considerando a los nudos como vacíos y la resistencia a flexión.

Se concluye que en las piezas de madera aserrada de *Araucaria angustifolia* la nudosidad genera una importante

* Trabajo publicado en la "XX Jornadas Argentina Ingeniería Estructural". Bajo el Nro 101. 15, 16 y 17 de Octubre de 2008. Ciudad autónoma de Buenos Aires.

pérdida de sección y es de suma importancia su consideración al momento del cálculo estructural.

Palabras clave: *Araucaria angustifolia*, características resistentes, clases resistentes, clasificación visual, propiedades mecánicas

Relation between the knotti-ness and the Resistant Characteristics of the Araucaria Angustifolia (Parana Pine)

Abstract - In the present work 150 beams to flexion are analyzed and it settles down the correlation between the resistance to flexion and the percentage of the transverse section occupied by the knotti-ness. The tests are made according to Norma UNE-EN 408.

The results show to a strong negative correlation between the percentage occupied by knots in the the transverse section and their resistance to the flexion. A strong correlation between the calculated moment of inertia is also reached considering to the knots like holes and the resistance to flexion.

One concludes that in the sawed wood pieces of *Araucaria angustifolia* the knotti-ness generates an important loss of section and is of extreme importance its consideration at the time of the structural calculation.

Key words: *Araucaria angustifolia*, Resistant characteristics, resistant classes, visual classification, mechanical properties

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en nuestro país utiliza la madera en diversas aplicaciones, estructuras, revestimientos, pisos, cielorrasos, aberturas y en algunos pocos casos como cerramiento vertical.

Las especies utilizadas habitualmente son nativas de bosques naturales (lapacho, virapitá, incienso, etc.) con excelentes propiedades, pero la disminución alarmante de los bosques y la toma de conciencia de la necesidad de proteger este recurso genera la utilización de madera de plantaciones de reforestación.

Las especies de reforestación poseen buenas propiedades resistentes pero todavía existen muchas imprecisiones e incertezas sobre las mismas. En nuestro país los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de piezas estructurales de madera de especies reforestadas con defectos corresponden a investigaciones realizadas en los últimos años. Estos trabajos han generado la norma de clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (*Pino elliotti* y *Pino taeda*) del noreste argentino mediante una evaluación visual (IRAM 9670,2002) y las normas de clasificación de tablas (*Araucaria angustifolia*, *Pino elliotti* y *Eucalyptus grandis*) para la fabricación de vigas laminadas. (IRAM 9662-1-2-3 ,2005).

Además de los trabajos de investigación que han brindado las bases para la confección de normativa IRAM existen diversas publicaciones que aportan datos sobre el comportamiento de la madera de reforestación, pero es necesario aumentar los esfuerzos para conocer mucho más profundamente su comportamiento y brindar a los profesionales de la construcción la información necesaria para diseñar y proyectar las estructuras con mayor seguridad y economía.

Este trabajo se desarrolla sobre el ensayo de 150 vigas de madera aserrada de Pino Paraná (*Araucaria angustifolia*), y analiza la relación existente entre la resistencia a la flexión y la nudosidad que presenta el elemento.

ANTECEDENTES EN CLASIFICACIÓN DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA

Se han establecido criterios de clasificación para determinar dos clases resistentes en tablas de *Araucaria angustifolia* destinadas a la fabricación de vigas de madera laminada. Se consideran dos parámetros, primero la presencia de médula que se admite solo en la clase 2, y después se limita la dimensión de la nudosidad, hasta 1/3 de la dimensión de la cara donde se manifiesta para la clase 1 y entre 1/3 y 2/3 para la clase 2. Se presentan los valores característicos de resistencia de la madera de esta especie para cada clase resistente. (CTM et al,2003)

En cuanto a la clasificación de vigas aserradas se toma como base y se adopta el criterio que establece tres clases resistentes.(Guillaumet A.A.et al., 2007).

Nuevamente aparecen la médula y la nudosidad como los parámetros determinantes para establecer los límites entre clases.

En el desarrollo de este trabajo se avanza en otros criterios de evaluación de la nudosidad y se evalúa la modificación del momento de inercia en las secciones con nudos a la luz de los resultados experimentales.

DESCRIPCIÓN DEL NUDOCOMO DEFECTO

Los nudos son una inclusión de una rama en el tallo de árbol. En todos los casos es considerado como un defecto de la madera e incide en varios aspectos:

- * Dificulta la trabajabilidad (operaciones de corte, confección de uniones, lijado y barnizado).
- * Genera particularidades de orden estético que en muchos casos pueden ser valoradas en forma negativa.
- * Provoca inconvenientes en el comportamiento mecánico, fundamentalmente a tracción y flexión.

Como el trabajo está orientado a describir las propiedades de las vigas aserradas de *Araucaria angustifolia* para uso estructural se evalúa la incidencia del nudo en el comportamiento mecánico.

“La presencia de nudos disminuye de forma notable la resistencia de la madera, sobre todo a los esfuerzos de tracción y flexión, haciendo el efecto que si de un agujero de la madera se tratara. La posición del nudo en la pieza también influye en pérdida de resistencia” (Vignote Peña S. et al, 2000).

En la figura 1 se aprecia el desvío de las fibras provocado por la presencia del nudo; este defecto afecta la rigidez y resistencia del material.

La especie que se está estudiando, por la particularidad del crecimiento de varias ramas en un mismo nivel y a intervalos prácticamente regulares, genera que muy rara vez se presentan nudos aislados sino que se presentan como agrupamiento de nudos, figuras 1 y 4.



Fig. 1 - Agrupamiento de nudos con desviación de las fibras
ENSAYOS Y CORRELACIONES

Este trabajo es la profundización de los estudios presentados en otra publicación (Guillaumet A.A. et al , 2007), por lo que se realizará una breve reseña de las condiciones en que fue ejecutado ese trabajo para luego avanzar sobre los nuevos análisis.

La especie forestal de la que se estudió el comportamiento estructural es el Pino Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze), procedente de Eldorado, Provincia de Misiones, Argentina.

Se ensayaron 256 vigas de madera aserrada, divididas en 5 series de distinta escuadría (2”x 3”, 2” x 4”, 2” x 5”, 2” x 6” y 3” x 6”). Los ensayos se realizaron de acuerdo a las prescripciones de la Norma Europea (EN 408, 1995). La figura 2 esquematiza el modelo de ensayo.

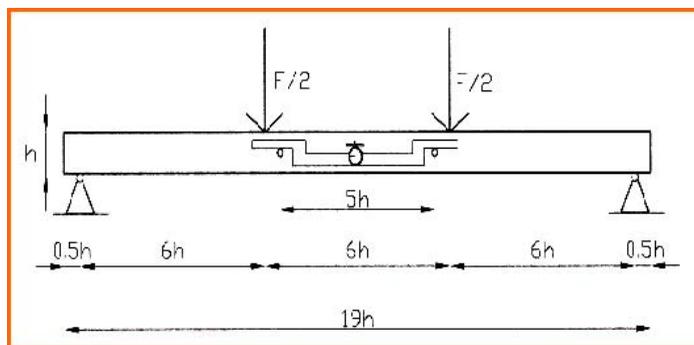


Fig. 2 - Esquema de cargas para ensayo a flexión

La expresión para determinar la resistencia a flexión es:

$$f_m = \frac{aF_{m\acute{a}x}}{2W} \quad (1)$$

donde f_m es la resistencia a flexión en N / mm², a la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en el ensayo de flexión, en milímetros, $F_{m\acute{a}x}$ la carga máxima, en newton y W el módulo resistente de la sección, en milímetros elevados a la tercera potencia.

El módulo de elasticidad se obtiene de la medición de deformaciones en una luz de 5h en el centro de la viga y la expresión para determinarlo es:

$$E_m = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16 I (w_2 - w_1)} \quad (2)$$

siendo E_m el módulo de elasticidad en flexión en N/mm², $F_2 - F_1$ el incremento de carga en la parte recta de la curva carga - deformación, en newton, $w_2 - w_1$ el incremento de la deformación correspondiente a $F_2 - F_1$, en milímetros, a la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en el ensayo de flexión, en milímetros, l_1 la longitud base de medida utilizada para la determinación del módulo de elasticidad, en milímetros y I el momento de inercia, en milímetros elevados a la cuarta potencia.

Las piezas son ensayadas con los defectos en la posición más desfavorable, por ello la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad están influenciados por su presencia; esta es la base sobre la que se propuso la clasificación en clases resistentes.

En ese trabajo se analizan cinco criterios para evaluar la nudosidad:

Criterio de nudosidad N1 (Nudo mayor):

Relación entre la dimensión del nudo mayor y la longitud de la superficie externa donde se manifiesta.

Criterio de nudosidad N2 (Grupo de nudos):

La relación entre la dimensión del nudo o grupo de nudos ubicados en un largo igual al canto de la viga (lo que resulte mayor) y la longitud de la superficie externa donde se manifiesta.

Criterio de nudosidad N3 (Perímetro):

Relación entre la sumatoria de las dimensiones de todos los nudos que se manifiestan en un largo igual al canto de la viga (grupo de nudos en todas las caras de la sección estudiada) y el perímetro de ésta en la sección en estudio.

Criterio de nudosidad N4 (Proyección sobre cuartos extremos de la sección transversal):

% ocupado por la proyección de los nudos sobre los cuartos extremos de la sección transversal.

Criterio de nudosidad N5 (Proyección sobre la sección transversal):

Relación en % del área ocupada por la proyección de todos los nudos de la sección y el área de la sección transversal considerada.

Dimensión del nudo:

El tamaño será la anchura del nudo o grupo de nudos, medidos perpendicularmente al eje longitudinal de la pieza.(EN 1310,1997)

La figura 3 ilustra sobre la determinación de los criterios de nudosidad.

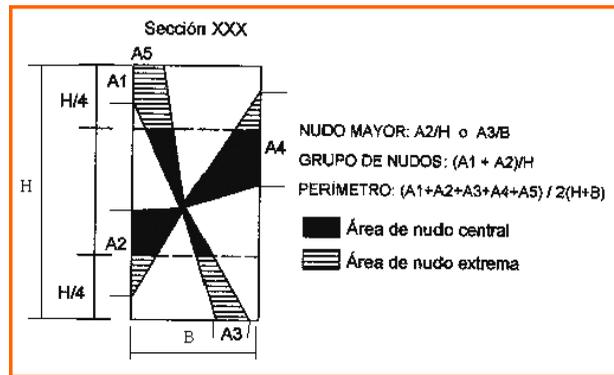


Fig. 3 - Esquema para ilustrar los criterios de nudosidad

Se debe tener en cuenta que los valores de resistencia a la flexión se ajustaron al canto de referencia de 150 mm y los valores de módulo de elasticidad a la humedad de referencia de 12%.

La tabla 1 presenta la correlación entre los criterios para evaluar la nudosidad y la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS					
PARÁMETRO 1	PARÁMETRO 2	MUESTRA			
		3 (2" X 4")	4 (2" X 6")	5 (3" X 6")	3 + 4 + 5
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N1	-0,55	-0,68	-0,43	-0,55
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N2	-0,62	-0,66	-0,39	-0,56
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N3	-0,69	-0,73	-0,61	-0,66
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N4	-0,61	-0,74	-0,64	-0,60
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	CRITERIO DE NUDOSIDAD N5	-0,63	-0,75	-0,69	-0,66
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	DENSIDAD	0,65	0,46	0,61	0,56
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD	0,73	0,81	0,77	0,76
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N1	-0,48	-0,69	-0,43	-0,50
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N2	-0,37	-0,60	-0,56	-0,47
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N3	-0,51	-0,68	-0,57	-0,57
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N4	-0,37	-0,66	-0,61	-0,45
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	CRITERIO DE NUDOSIDAD N5	-0,39	-0,67	-0,64	-0,53
RESISTENCIA A LA ELASTICIDAD	DENSIDAD	0,58	0,54	0,59	0,57

Tabla 1 - Correlación entre los criterios de evaluación de la nudosidad y la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad. (Series 3,4 y 5 y Total)

Los tres primeros criterios fueron analizados en extenso en el trabajo anterior (Guillaumet A.A. et al., 2007). Se debe destacar de los mismos que el criterio N3 es el de mayor correlación (0,66) contra el valor de N2 (0,56), pero a los efectos de proponer un sistema de clasificación en clases resistentes se prefirió el criterio N2 por ser su aplicación mucho más sencilla para un operario. No se debe olvidar que la eficiencia de la clasificación visual está directamente relacionada con la posibilidad de una aplicación rápida y sencilla por parte de un operario entrenado.

La propuesta de analizar los criterios de nudosidad N4 y N5 tiene como finalidad realizar una evaluación relacionada con la sección transversal que es la que resiste a flexión y comparar con la correlación seleccionada para clasificar.

En la tabla 1 se puede apreciar que la correlación con la resistencia a flexión del criterio N4 (solo nudos en los cuartos extremos) es ligeramente superior al criterio adoptado para clasificar (N2) pero inferior al criterio N3; el criterio N5 (todos los nudos en la sección transversal) es igual a N3. Se puede apreciar también que en las tres series los criterios N4 y N5, al igual que el N3, presentan valores muy similares al del total de las probetas sin mostrar un valor muy disperso como el caso de N2 en la muestra 5.

En el análisis de las correlaciones para el módulo de elasticidad se aprecia que los valores son sensiblemente inferiores a los observados para la resistencia a flexión. Los valores del criterio N4 son similares a los del criterio N2 y los del criterio N5 a los del criterio N3.

La tabla 2 presenta los coeficientes de correlación entre los valores obtenidos de resistencia a flexión experimentales con la inercia de la sección completa, con la inercia de la sección considerando como vacíos todos los nudos y con la inercia de la sección considerando como vacíos los nudos de la zona traccionada. Se aprecia que en la sección completa la correlación baja (0,42) y que la mayor correlación se da para la consideración de todos los nudos como vacíos (0,75). Para el módulo de elasticidad se produce la misma evaluación, aunque con correlaciones sensiblemente menores. Se puede afirmar que la nudosidad genera una pérdida de sección con una fuerte incidencia en las tensiones a flexión y en el módulo de elasticidad.

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PARÁMETROS			
PARAMETRO	MOMENTO DE INERCIA		
	SECCION COMPLETA	NUDOS COMO VACIOS TODOS	TRACCION
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	0,42	0,75	0,67
MODULO DE ELASTICIDAD	0,42	0,64	0,49

Tabla 2 - Coeficientes de correlación entre la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad con la inercia de la pieza.

ENSAYOS, RESISTENCIA A FLEXIÓN Y MOMENTO DE INERCIA

En los párrafos anteriores ya se manifestó que los valores obtenidos de resistencia a flexión y módulo de elasticidad fueron obtenidos en ensayos de piezas con nudos y que las expresiones (1) y (2) son las indicadas por la Norma para determinar los valores (EN 408,1995). Se puede apreciar que ambas expresiones utilizan los valores de módulo resistente a flexión y momento de inercia de la sección transversal completa, es decir sin considerar los nudos. Esta forma de cálculo es útil a los efectos de determinar los valores para una clasificación visual, pero nuestro interés es evaluar, con la teoría de la resistencia de materiales, como afecta a las propiedades resistentes la presencia de los nudos. Ya se apreció la fuerte correlación existente entre la resistencia a flexión determinada y la inercia de la sección considerando a los nudos como vacíos.

Teniendo en cuenta el efecto de los nudos en la resistencia de las vigas de madera se determinaron las tensiones generadas en las vigas de la serie 4 (vigas de 2" x 6") con las cargas de rotura experimentales y la inercia de la sección neta, suponiendo a los nudos como vacíos. (Vignote Peña S. et al, 2000).

En primera instancia se considera a todos los nudos existentes en la sección donde se inició la rotura como vacíos y de acuerdo a ello se calcula el momento de inercia para cada uno de los ejes, el momento de inercia centrífugo y los momentos de inercia para los ejes principales; después se consideran como vacíos los nudos que están en la zona traccionada y se calculan nuevamente todas las inercias.

La consideración de los nudos como vacíos genera que la flexión recta se transforme en flexión oblicua en virtud de que la distribución de los nudos en la sección es aleatoria y en general no simétrica. La figura 4 corresponde a secciones de *Araucaria angustifolia* con agrupamiento de nudos, se aprecia a la izquierda las secciones sin simetría y hacia la derecha como la aleatoriedad genera un aumento de simetría.

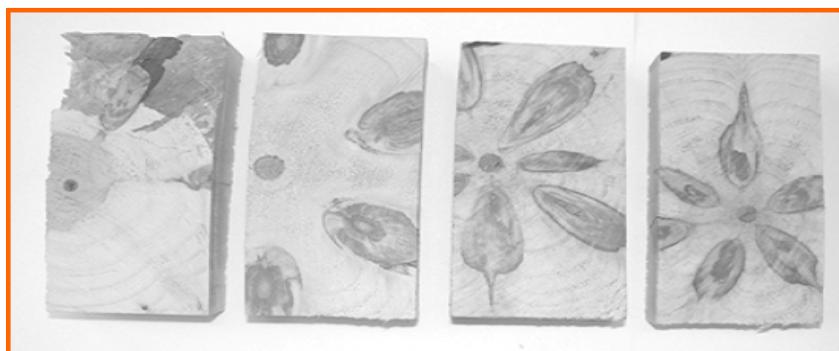


Fig. 4 - Fotografía de secciones transversales con agrupamiento de nudos

Para calcular las tensiones se utiliza la siguiente expresión proveniente de la resistencia de los materiales:

$$\sigma_z = \frac{(M_y * I_x + M_x * I_{xy}) * x - (M_x * I_y + M_y * I_{xy}) * y}{(I_{xy}^2 - I_x * I_y)} \quad (3)$$

La tabla 3 presenta el análisis estadístico de la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad para cada una de las consideraciones de la nudosidad enunciadas.

RESISTENCIA A FLEXIÓN (N/mm ²)			
	SECCIÓN COMPLETA	NUDOS COMO VACÍOS	
		TODOS	TRACCIÓN
PROMEDIO	45,26	64,14	60,40
PERCENTIL 5 %	20,63	39,37	32,57
DESVIACIÓN STD.	15,01	15,44	16,46
MÁXIMO	80,80	102,51	102,51
MÍNIMO	18,97	34,13	28,34

MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)			
	SECCIÓN COMPLETA	NUDOS COMO VACÍOS	
		TODOS	TRACCIÓN
PROMEDIO	13.674	17.338	16.142
PERCENTIL 5 %	7.981	11.829	10.372
DESVIACIÓN STD.	3.177	3.741	3,615
MÁXIMO	19.527	26.612	23.881
MÍNIMO	5.639	10.498	5.660

Tabla 3 - Valores obtenidos para la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad considerando la sección bruta y la sección disminuida por la presencia de grupos de nudos

Como era de esperarse al ser menor la inercia se produce un aumento de la tensión, que es mayor para la consideración de todos los nudos como vacíos que cuando se considera solo los existentes en la zona traccionada. Aumenta el percentil del 5% y el promedio y se mantiene la desviación estándar. De la misma manera ocurre para el módulo de elasticidad, aunque en este caso aumente la desviación estándar.

Estos valores por sí mismos no dicen nada nuevo, pero resulta de sumo interés su comparación con los valores obtenidos en la clasificación en clases resistentes propuesta en el trabajo anterior de clasificación visual. (Guillaumet A.A. et al., 2007).

En la tabla 4 se presentan los valores de tensión de flexión (f_{05}) y los valores de módulo de elasticidad medio (E_{medio}) para vigas de *Araucaria angustifolia*, determinados según el criterio adoptado para la clasificación visual en el trabajo anterior (Guillaumet A.A. et al., 2007).

		U.	TODAS	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
CRITERIO 5	Médula			NO	SI	SI
	GN	%		< 40%	< 60%	> 60%
	Probetas	%	100%	19.92%	56.10%	23.98%
	f_{05}	N/mm ²	21.14	43.60	24.32	20.06
	E_{medio}	N/mm ²	13.323	15.514	13.276	11.627
	ρ_{05}	Kg/m ³	390	443	390	387

Tabla 4 - Valores de tensión de flexión (f_{05}) y valores de módulo de elasticidad medio (E_{medio}) para vigas de *Araucaria angustifolia*, por clases.

Se puede apreciar que los valores alcanzados para las tensiones en flexión, considerando a todos los nudos como vacíos (39,37 N/mm²), son similares a los obtenidos para la clase 1 de la Tabla 4 (43,60 N/mm²).

Para el módulo de elasticidad medio en flexión estática se aprecia un valor ligeramente inferior.

Si bien existen variaciones en los valores que se comparan, deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones.

Los nudos son irregulares y su valoración se efectuó por métodos aproximados.

Las fibras de la madera no se cortan en el nudo sino que se desvían produciendo un aumento de densidad sobre el perímetro del nudo.

En la tabla 4, para la clase 1, se admiten nudos hasta un 40% de la dimensión de la cara donde se manifiesta pero no se admite médula. Además los valores corresponden a 250 ensayos, mientras que la evaluación de las inercias se realizó sobre 48 vigas evaluando los nudos y la médula como vacíos.

En la clase 1 al no admitir médula es poco probable la presencia de madera juvenil de menor resistencia, mientras que sí está presente en el estudio de inercias.

Las propiedades resistentes de la madera no están solo afectadas por la nudosidad, sino que la presencia de médula, la inclinación de las fibras, fisuras previas a la aplicación de cargas, madera juvenil, madera de reacción, tenor de humedad, entre otras, influyen en las características resistentes. A esto debe sumarse la anisotropía y heterogeneidad del material. Por ello, es poco significativo que los valores difieran en aproximadamente un 10%.

De lo expuesto se infiere que considerar a los nudos como vacíos representa acertadamente el comportamiento experimental. Si se considera que para esta especie los nudos no se presentan aislados sino en agrupamientos a intervalos regulares, la pérdida de inercia se produce en varias secciones de la viga; por ello a los efectos de evaluar deformaciones debe considerarse no solo la sección de mayor nudosidad sino además la cantidad de secciones afectadas por este defecto.

El método propuesto de clasificación para vigas aserradas de esta especie no considera este parámetro, tampoco lo hacen las normas IRAM de clasificación mencionada en la introducción y en bibliografía.

CONCLUSIONES

* Se aprecia que la correlación con las propiedades resistentes de una viga de madera aserrada de *Araucaria angustifolia* es sensiblemente mayor si se consideran los nudos en la sección transversal completa y no solamente en los cuartos extremos de la misma.

* La correlación con las propiedades resistentes considerando la proyección de los nudos sobre la sección transversal (N5) es similar a la de considerar los nudos sobre el perímetro de una sección (N3) y superior al criterio de evaluar los nudos en una cara de la viga (N2).

* La diferencia de correlaciones indicada no invalida la consideración del criterio N2 (% del grupo de nudos en relación a la dimensión de la cara donde se manifiestan), sino todo lo contrario, lo confirma como base para proponer un sistema de clasificación en clases resistentes.

* Evaluar a los nudos como vacíos, para determinar los momentos de inercia, representa acertadamente el comportamiento observado en los ensayos realizados.

* Diseñar criterios complejos para evaluar la nudosidad en vigas de madera aserrada de *Araucaria angustifolia* aumenta la correlación con las propiedades resistentes pero dificulta su aplicación práctica en aserradero.

* La evaluación de la nudosidad a través de la relación entre la dimensión del nudo o grupo de nudos ubicados en un largo igual al canto de la viga, (lo que resulte mayor), y la longitud de la superficie externa donde se manifiesta es el más recomendable para ser aplicado por un operario entrenado.

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Venado Tuerto, que participaron en las tareas de relevamiento de los defectos y los ensayos de laboratorio: Dutto Lucrecia, Gianinni Marianela, Ibarra José, Macerata Yanina, Quinodóz Miguel, Quiroga Mariana, Rabolini Sabrina, Romero Natalia, Sosa Miguel, Venturini Aldana y Viglioni Perla.

REFERENCIAS

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. "IRAM 9670: Madera estructural. Clasificación y requisitos. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (Pino elliotti y Pino taeda) del noreste argentino mediante una evaluación visual". (2002).

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. "IRAM 9662-1, Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*)" (2005).



Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. “IRAM 9662-2, Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de *Eucalyptus grandis*” (2005).

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. “IRAM 9662- 3, Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino *Tadea* y *Elliotis*”. (2005).

CTM (Centro Tecnológico de la Madera), CITEMA-INTI (Centro de Investigación y Desarrollo para la Industria de la Madera y Afines, Instituto Nacional de Tecnología Industrial), FCF-UNaM (Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones),GEMA-FRCU-UTN (Grupo de Estudio de Maderas, Facultad Regional de Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional), “Diseño de un método de clasificación visual de madera a utilizar en la fabricación de vigas laminadas (*Pinus elliotii* / *taeda*, *Araucaria angustifolia* y *Eucalyptus grandis*)”. XVIII JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS. Concordia. 23 y 24 de diciembre 2003. (2003)

Guillaumet Alfredo Aníbal, Manavella Roberto Daniel, Filippetti María Cecilia, Diab Jacinto, Armas Alberto, Clasificación Visual Resistente de la *Araucaria angustifolia* procedente de Eldorado, Misiones, Argentina”. Actas del III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales y no Forestales. Buenos Aires, Argentina, 3 al 5 de julio de 2007. (2007).

VIGNOTE PEÑA, S., JIMÉNEZ PERIS, F.J. y otros, “Tecnología De La Madera En La Construcción Arquitectónica”, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. (2000).

Comité Europeo de Normalización. “UNE-EN 408, Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas”. AENOR, Madrid. (1995).

Comité Europeo de Normalización. “UNE-EN 1310, Madera aserrada y madera en rollo. Método de medida de las singularidades”. AENOR.Madrid.(1997).

Normas para la Presentación de Trabajos

El Comité Editorial de la Revista Tecnología y Ciencia de la Universidad Tecnológica Nacional analizará los artículos científicos y/o tecnológicos de los docentes investigadores recibidos por la Dirección de esta revista, y será el encargado de aceptar la publicación de los mismos.

La Dirección de la Revista será la encargada de notificar al autor o a los autores del trabajo de la decisión del Comité Editorial que será inapelable.

Los autores interesados en publicar artículos en la revista “**Tecnología y Ciencia**” de la Universidad Tecnológica Nacional deberán enviar sus trabajos ajustados a las normas que se indicarán a continuación:

Se aceptarán trabajos relacionados con el área de ciencia y tecnología, que representen una contribución significativa para el desarrollo tecnológico.

Los mismos deberán estar redactados en castellano y se deberá poner especial cuidado en el correcto uso de la ortografía y redacción, de acuerdo a Normas de la Real Academia Española. Se deberá evitar el uso de términos en otros idiomas, si éstos tienen su equivalente en esta lengua.

La UTN se reserva el derecho de editar el trabajo respetando estrictamente su contenido, para lograr una mejor presentación y calidad visual de la Revista.

Con el envío de los trabajos, los autores conceden implícitamente los “Derechos de Autor” a la Universidad Tecnológica Nacional. Por lo tanto, a la fecha de envío del artículo, los trabajos remitidos para su publicación no deberán tener tales derechos otorgados a terceros.

La concesión de Derechos de Autor significa la autorización para que la UTN pueda hacer uso del artículo, o de una parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica-tecnológica. En ningún caso dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los autores.

Los conceptos y opiniones vertidos en los artículos publicados y del uso que otros puedan hacer de ellos, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Considerando que el artículo enviado es directamente reproducido, la responsabilidad final del escrito es de los autores y la responsabilidad sobre la calidad del impreso y su ajuste a estándares internacionales es de la Universidad.

FORMATO DEL ARTÍCULO:

Se recomienda que el trabajo completo tenga entre 4 y 12 páginas pares, incluyendo el resumen y, básicamente, las siguientes secciones: introducción, desarrollo, resultados y discusión, tablas y figuras, conclusiones y referencias.

Se podrá incluir una sección de Agradecimientos, que deberá estar redactada en no más de 4 líneas de una columna y se ubicará justo antes de las Referencias.

El formato obligatorio es a dos columnas (excepto el encabezado de la primera página), a espacio simple entre líneas de texto y dejando un espacio entre párrafos y entre subtítulo y texto. El ancho de cada columna será de 8 cm, siendo el ancho total del escrito de 17 cm y su largo de 22 cm.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO:

Primera página: Los artículos enviados para su publicación deben incluir un encabezado que constará de: el título, seguidamente y dejando un espacio en blanco, el nombre de los autores y luego su afiliación con dirección completa, teléfono, fax y correo electrónico (sólo en castellano).

Luego a dos espacios se presentará el resumen y debajo de este, a un espacio, se indicarán las palabras claves en idioma castellano.

A continuación se deberá repetir con el mismo formato el título, abstract y palabras claves en inglés.

Es recomendable indicar el autor a quien dirigir la correspondencia, si este no es el primero de la lista.

Título y autores: El título debe reflejar el objetivo principal del trabajo en forma concisa. Se recomienda utilizar un título complementario sólo cuando sea estrictamente necesario. Este se debe

escribir en negritas y con la inicial de cada palabra en mayúsculas (Ej.: Aplicación del Método de Elementos Finitos al Tratamiento...).

El nombre de los autores se indicará, sin grados ni títulos, de acuerdo a: primer nombre, inicial del segundo nombre y apellido(s). Se recomienda que el número máximo de autores no sea más de cuatro por trabajo.

Resumen: Este no debe exceder de 150 palabras en la versión en castellano y la cantidad que corresponda en la versión en inglés. Ambas versiones deben reproducir literalmente el mismo texto, sólo que estará presentado en distintos idiomas.

Este resumen debe presentar de manera precisa el contenido del trabajo, descrito de un modo simple y directo. Debe establecer objetivos y alcance del estudio realizado, describiendo de una manera sintética la metodología; un resumen de resultados y las principales conclusiones. No debe contener información o conclusiones que no estén incluidas en el artículo. No se debe usar abreviaturas; tampoco citar referencias, salvo estrictas excepciones.

Palabras clave: Se deberá incluir de tres a cinco palabras clave (keywords) que permitan a un potencial usuario identificar el artículo en bases de datos internacionales. Los autores deberán definirlas entre aquellas que consideran que resultarán más adecuadas para este propósito.

Generalmente, aquellas palabras que se eligen como palabras clave también figurarán en el título del artículo o, al menos, en el resumen.

Contenido del artículo: Luego del encabezado y dejando dos espacios en blanco deberá comenzar el texto del artículo con la introducción, su desarrollo continuará de acuerdo a lo indicado en el ítem *Formato del Artículo*. La última página deberá terminar también a dos columnas, independiente del área cubierta por el texto.

El trabajo deberá estar escrito en forma concisa y coherente, utilizando enunciados cortos y simples en estilo impersonal, evitándose los detalles disponibles en libros, tesis, artículos previos, etc.

Secciones: Los títulos de éstas serán escritos con letras mayúsculas, en negrita, centrados, sin numerar ni subrayar. Los subtítulos, ajustados a la izquierda, deberán ser escritos con letras minúsculas, en negritas y con letra cursiva, salvo la primera letra y la primera letra de los nombres propios, para los que se utilizará mayúsculas. Se debe dejar un espacio entre líneas antes y después de cada subtítulo.

Conclusiones: Estas se deberán indicar en una sección específica de un modo claro y preciso.

Fórmulas: Las fórmulas y expresiones matemáticas deberán estar separadas de los párrafos de texto por dos espacios en blanco. El mismo espaciado se respetará entre cada una de ellas si se deben listar varias en forma sucesiva.

Las fórmulas se ajustarán al margen izquierdo de la columna y se numerarán correlativamente y entre paréntesis en el extremo derecho de la línea correspondiente. El significado y las unidades utilizadas en cada término de las expresiones deberán quedar perfectamente definidos. Se recomienda el uso del Sistema Internacional de Unidades (SI). Si se cree conveniente, se podrán consignar entre paréntesis los valores de otras unidades o factores de conversión.

Figuras y tablas: Las figuras se numerarán correlativamente en orden de aparición en el texto e incluirán un breve título explicativo en la parte inferior de las mismas (Ej.: Fig. 1: Datos experimentales de capacidades caloríficas de líquidos). Si es necesario incluir fotos, éstas se deberán designar como figuras. **Las figuras deberán presentarse en blanco y negro;** en casos de gráficos con varias líneas, éstas deberán mostrar buen contraste y estar representadas con trazos diferentes (líneas continuas, de trazos, punteadas, etc.) al objeto de facilitar su interpretación. Las fotos y figuras obtenidas mediante scanner se incluirán en su versión original, nítidas y **en blanco y negro**.

Las tablas se numerarán correlativamente, en forma independiente de las figuras y según el orden de aparición en el texto, incluyendo un título explicativo (Ej.: Tabla 1: Datos de distribución de la población).

El tipo y tamaño de letra utilizado en el texto de las figuras y tablas deberán ser semejantes al empleado en el artículo. El grosor de las líneas en figuras y tablas será similar al de las letras del texto y uniformes en todo el artículo. Las figuras y tablas pueden ocupar las dos columnas de una página o incluso la página

completa si así es requerido. En todo caso se debe cuidar que el ancho del escrito sea de 17 cm. Y el largo de 25 cm., como se indicó anteriormente.

Las leyendas asociadas a los ejes deberán ser claras, precisas y legibles. Para el eje de ordenadas se ubicarán en forma vertical de abajo hacia arriba y para el de abscisas horizontalmente de izquierda a derecha.

Para facilitar la edición de la publicación, las tablas y figuras deberán insertarse en el texto del artículo y ubicarse próximas al lugar en que son mencionadas. **Las mismas no deben llevar fondos de ningún tipo** y encontrarse ajustadas a los bordes de la columna o página, según sea el caso.

Referencias: No se deberá usar el término Bibliografía como sinónimo de Referencias. En esta sección se listarán en orden cronológico y sin numeración todas las referencias citadas en el artículo, de acuerdo al siguiente formato:

Normas y Disposiciones Legales:

Las normas y estándares técnicos serán agrupadas por separado, ordenadas alfabéticamente por inicial de ente emisor y numéricamente por secuencia de estándar.

Ejemplo:

Normas técnicas -

ANSI, Requisitos básicos para GNC, ANSI/AGA NGV2 (1992).

API 579 Edición 2002

BSI PD 6493, British Standards Inst. (1980).

IRAM 711, Ensayos de cilindros de acero sin costura por emisión Acústica (2004).

IRAM 2529-Parte 1, 2 y 3, Cilindros de acero para gases (2003).

Las normas y disposiciones legales se agruparán por separado, ordenadas de acuerdo a su orden de prelación: Leyes, decretos, resoluciones y disposiciones nacionales, de entes autárquicos, de Provincias y municipios, ordenadas numéricamente por ente emisor.

Ejemplo:

Normas legales -

PEN Ley N° 25573 de Educación Superior - sancionada en fecha 11-04-2002-, modificó a la Ley de Educación Superior (fecha sanción: 20-07-1995).

UTN CSU - Resolución N° 441/87 Consejo Superior Universidad Tecnológica Nacional

UTN FRR - Resolución N° 324/2003, “Reglamento para la implementación de Tutorías Académicas”, emitida por el Consejo Académico de la Facultad Regional Rosario, U.T.N. Prov. de Santa Fe – Ley N° 4321, “Reglamento Edificio para la Discapacidad de los Usuarios”.

Artículos de revistas: Nombre del(os) autor(es), título completo de la publicación entre comillas, nombre completo de la revista (pueden emplearse las abreviaturas aceptadas en abstracts internacionales), volumen, número entre paréntesis (si hay), el números de página de inicio y fin del artículo separados por guión y, finalmente, el año de publicación.

Ejemplo: Eckert Charles A. and Sherman Steven R., “Measurement and Prediction of Limiting Activity Coefficients”, Fluid Phase Equilibria; 116, 333-342, (1996).

Libros: En este caso se deberá indicar además el número de edición, editorial, país de origen y páginas que fueron consultadas.

Ejemplo: Boyce William E. and DiPrima Richard C., “Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems”, Sixth Edition, John Wiley & Sons, USA, 169-204, (1997).

Tesis: Para citar estas se deberá indicar el siguiente detalle: autor, título, mención de la tesis (indicar el grado que se ha alcanzado entre paréntesis), institución, lugar, número de páginas y fecha de publicación.

Ejemplo: Ahmad Berit S., “Synthesis of Batch Processes with Integrated Solvent Recovery”, Thesis (Ph. D. in Chemical Engineering), Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts USA, 245, (1997).

Actas de Congresos: Se deberán citar de acuerdo al formato establecido para artículos de revistas pero reemplazando el nombre de la publicación por el correspondiente al evento, además del lugar y fecha de

realización.

Ejemplo: Valderrama José O. y Roselló Antonio, “Aplicación del Simulador Chemcad-Batch a la Destilación Vínica”, Actas del 3º Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos - CAIP’96, Villa María - Argentina, 12 al 15 de noviembre de 1996, 229-232, (1996).

Patentes: Se indicará autor(es), título, número de ésta, oficina, país de registro y fecha.

Ejemplo: Majewski Theodore E., Parsey Edward S. and Skelly Norman E., “Purification of Salicylanilide”, Pat. Num. 3,221,051 — United States Patent Office – USA - Nov. 30, 1965.

Documentos Electrónicos: El material a citar que este disponible en este tipo de soporte deberá recibir el mismo tratamiento que los documentos impresos citados, según sean: textos o publicaciones electrónicas, etc. Se indicará en un renglón posterior la dirección a través de la cual se tendrá acceso.

Ejemplo: Wollstonecraft M., “A Vindication of the Rights of Women: With Structures on Political and Moral Subjects”. Columbia Univer-sity, Bartleby Library, 17, 340, (1996).

www.edutecne.utn.edu.ar/loquenomedeberiaolvidar.htm

En el texto del trabajo, las referencias se citarán por autor y año entre paréntesis (Ahmad and Barton, 1997). Cuando existan más de dos autores, se citará el primer autor seguido de et al, (Chang et al., 1999). En el listado de referencias sin embargo se deberán mencionar todos ellos.

Acuso de recibo: El editor remitirá una notificación al recibir el trabajo. Una vez aceptado para publicación se comunicará a los autores y cuando esta se haga efectiva se enviarán separatas (reprints).

Evaluación: Los trabajos recibidos que cumplan estrictamente las normas establecidas serán evaluados por árbitros especializados designados por el Comité Editorial. La aceptación de la contribución estará condicionada al dictamen de los árbitros

Comunicación con los autores: Desde la recepción del trabajo hasta su publicación, el editor mantendrá comunicación con los autores en la medida que las circunstancias lo requieran. La comunicación se hará con el primer autor(a), a menos que se indique expresamente en la primera página del artículo a cuál de ellos se debe dirigir la correspondencia. Se solicita a los autores conceder al editor un tiempo prudente para realizar adecuadamente el proceso de evaluación.

Temas a tratar en la revista: “*Tecnología y Ciencia*” aceptará trabajos derivados de investigaciones realizadas en el campo de la ciencia y la tecnología.

Los temas a tratar tendrán como objetivo mantener permanentemente actualizadas aquellas áreas y disciplinas que abarca la ingeniería en su conjunto y su aporte a la sociedad y estarán focalizados en investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico e innovación productiva.

Los artículos técnicos deberán considerar temas de interés teórico-práctico, teniendo como finalidad profundizar el conocimiento tecnológico relacionado con los procedimientos y medios disponibles para abordar diversas problemáticas, tanto en el ámbito de la enseñanza universitaria como del ejercicio profesional.

Excepcionalmente se podrán contemplar artículos que no estén dentro de la temática definida con anterioridad pero que, a juicio del Comité Editorial, puedan resultar de interés.

Envío de trabajos: deberán remitirse los archivos en formato Word® compatible, por correo electrónico a:

Comité Editorial
Revista Tecnología y Ciencia
Secretaria de Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
dabbadie@rec.utn.edu.ar
C.C.: pmauro@rec.utn.edu.ar

Noticias de UTN

Curso a distancia “Formulación de Proyectos de I+D+i”

La Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado ofrece el curso a distancia “Formulación de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación” organizado en tres niveles. Actualmente se está desarrollando el segundo nivel, “Desarrollo de Proyectos de I+D+i”.

El curso fue concebido como un espacio para acompañar al investigador, y a través de él, a su equipo, en la formulación, ejecución y evaluación de un Proyecto de I+D+i que esté en condiciones formales de ser llevado a cabo en la UTN.

El eje de trabajo a lo largo del curso es la investigación, el desarrollo y/o la innovación en que cada asistente esté involucrado a través de su participación como investigador en un proyecto aprobado y evaluado según la normativa vigente en la UTN.

El diseño del curso apunta a reconocer al desarrollo de un proyecto como un proceso que puede involucrar estrategias, procedimientos y acciones asociados a la investigación científica, al desarrollo tecnológico y/o a acciones de innovación. Desde esta perspectiva, el proyecto se plantea como un diseño que integra dialécticamente, pensamiento y acción; el mismo ha de ser, entre otras cosas, factible, conveniente, de interés, tanto para el investigador como para la institución y el sistema científico-tecnológico. Esta tarea de diseño exige poner a prueba no sólo nuestros conocimientos sobre una materia, tema o área específica de interés, sino que además involucra una reflexión sobre la práctica en el campo abordado, una constatación constante de las hipótesis que la sustentan, un diálogo permanente con otros especialistas y con materiales bibliográficos especializados, y una exigencia de claridad, lógica y concisión que se plasmará en la formulación de nuestro proyecto, con beneficios para el posterior desarrollo y comunicación de los resultados y de sus alcances.

De este modo se va delineando un proyecto que requiere, entre otros, de una sistematización de tareas y del desarrollo de una metodología que hace uso de procesos y procedimientos específicos.

El primer nivel del curso apunta a que los docentes-investigadores actualicen herramientas y criterios para la formulación y elaboración de proyectos. Abarca cuestiones como la contextualización, fundamentación conceptual y dimensión teórica del proyecto, así como la dimensión metodológica y de presentación, en sus aspectos técnicos.

El segundo nivel busca favorecer estructuraciones que activen conocimientos fundamentales para el desarrollo del proyecto, para brindar las herramientas necesarias para ello. Incluye temas como el pasaje del diseño a la acción, metodologías, técnicas, recursos e instrumentos y culmina en la comunicación de resultados: artículos e informes en sus diferentes formatos.

La Coordinadora Académica del curso, Lic. Marta Mena, y las docentes responsables del mismo, Dras. Susana Marchisio y Sonia Concari, formulan precisiones sobre la metodología diseñada para esta propuesta:

“Con un enfoque metodológico que, en breve síntesis, podríamos caracterizar como teórico-práctico, buscamos promover en el ‘aula taller’, a través de *materiales didácticos* y *recursos de comunicación*, mediante el desarrollo de actividades individuales y grupales que involucran *reflexión, debate y producción* y con el seguimiento docente permanente, procesos cognitivos y metacognitivos tendientes al logro de los objetivos planteados.

El aula es concebida, a la vez, *centro de recursos*, en forma de materiales didácticos de distinto tipo, -a los que se accede en forma directa o mediante links a sitios-, *espacio de oportunidades para el aprendizaje* individual y colectivo –mediante el desarrollo de estrategias de andamiaje y la propuesta de actividades individuales y colectivas que involucran intercambios, reflexiones, análisis de casos, producciones personales y colaborativas-, y espacio de *socialización*.”

Con este curso, esta Secretaría confía en contribuir eficazmente a la formación continua de nuestros

investigadores, orientándolos acerca de los encuadres y procedimientos metodológicos y formales que conduzcan a la presentación exitosa de sus proyectos de investigación.

Nueva Maestría en Energías Renovables de la UTN

Con el objetivo de favorecer la formación integral de recursos humanos para la creciente industria de energías renovables, la UTN presenta una nueva propuesta de posgrado única a nivel nacional y regional. El ingreso es gratuito y solamente por sistema de becas.

En el marco de la celebración del Bicentenario de la Revolución de Mayo de 1810, la UTN presenta su nuevo programa de Maestría en Energías Renovables, en sus menciones de energía eólica, solar y biomasa.

Este esfuerzo académico y económico de la UTN, se suma como aporte a la actual Política de Estado. Las fuentes de energía renovable pueden constituir una parte importante de la respuesta a la creciente demanda energética, a la vez que favorecen la diversificación de la matriz energética nacional con escaso perjuicio al medioambiente y juegan a favor de la sustentabilidad como eje central, y dar respuesta a poblaciones rurales dispersas.

La Maestría en Energías Renovables que desarrolla la UTN es única en el país, porque incluye en su currículo tres importantes industrias emergentes constituidas como tres orientaciones específicas: energía eólica, energía solar y energía de la biomasa.

El principal objetivo de la carrera es promover la formación integral de profesionales en el área de las energías renovables, con especial foco en la realidad local y regional; evaluar los requerimientos de la industria en el marco de la matriz energética actual; aplicar los principios y técnicas de diseño y diagnóstico de la gestión energética, abordando los riesgos tecnológicos, económicos, su impacto ambiental y el desarrollo social en diversos escenarios.

En la carrera confluyen aportes de instituciones nacionales y extranjeras de reconocido prestigio. Entre las universidades nacionales que participan se encuentra la de La Plata, Buenos Aires y San Luis; El CONICET; el INTA, la CNEA, el Centro de Investigación del Mar y la Atmosfera, el Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, INTEA; las Empresas IMSA del Grupo Pescarmona, Pan American Energy, entre otros. Del ámbito internacional toman parte las Universidades de Brandeis University y University of Illinois -USA-, Oxford Brookes University –Reino Unido-, National Technical University of Athens –Grecia- Universidad del País Vasco –España- Universidad Federal de Pernambuco y Universidad Federal de Itajubá -Brasil- y la Universidad de Lisboa.

El plantel docente esta compuesto por personalidades destacadas en el campo de las energías renovables. Entre los especialistas extranjeros se encuentran Aldo Steinfeld (Suiza), Angus Rockett (USA), Juan C. Jimeno Cuestas (España) de Energía Solar; Andrea Bertello (Italia), Spyros Voutsinas (Grecia) en Energía Eólica y Luiz A. Horta Nogueira (Brasil), Alexander Bacq (Bélgica) en Biomasa.

Asimismo contamos con la participación de docentes-investigadores argentinos de reconocida trayectoria como Mario Néstor Nuñez, Dino Otero, Arnaldo Visintin, Daniel Pasquevich, Julio C. Duran, Gerónimo Cárdenas y Carlos Querini.

La dirección de carrera esta a cargo de Mg. Sebastián KIND que es ingeniero mecánico, Master en Ciencias en Energías Renovables y Energía Eólica por la Universidad de Zaragoza (España) y la Universidad Tecnológica Nacional de Atenas (Grecia) y cuenta con un Posgrado en Desarrollo Directivo (PDD) del IAE Business School. El Comité Académico de la carrera conformado por Ph.D. Julio Bragagnolo, Licenciado en Física y Ph.D. en Física del Estado Sólido por la Universidad de Delaware, USA.; Mg. Jorge Hilbert Ingeniero Agrónomo y Magister en Ciencias en Mecanización Agrícola de la Universidad Nacional de La Plata, Director del Instituto de Ingeniería Rural (IIR) y Coordinador del Programa Nacional de Bioenergía del INTA y el Dr. Mario Néstor NUÑEZ Licenciado y Doctor en Ciencias Meteorológicas de la Universidad de Buenos Aires; postdoctorado en la Universidad de Reading, Inglaterra e Investigador Superior del CONICET.

La Maestría está dirigida a graduados en ingeniería y profesionales del campo de las ciencias básicas

o exactas que realizan actividades relacionadas con el área energética, tanto en el ámbito público como privado. Los participantes están becados por la Universidad, incluso para el desarrollo de la tesis en la Argentina o en el exterior. El plan de estudios, está dividido en tres semestres consecutivos, comienza con un ciclo de fundamentación y se completa con un ciclo orientado a energía eólica, solar o biomasa. Incluye cursos y seminarios tales como Tecnología del hidrógeno, Sistemas híbridos, Aerodinámica y aero-elasticidad, Integración en redes, Radiación solar y arquitectura bioclimática, Energía solar térmica y fotovoltaica, Silicio y tecnología de fabricación de celdas solares, cultivos energéticos entre otros.

El grupo de alumnos que actualmente cursa la Maestría esta formado por docentes de distintas Facultades regionales de la UTN que pertenecen a grupos de investigación en las temáticas de la maestría, graduados provenientes de otras universidades y empresas del sector.

Al comenzar el segundo semestre, recogimos testimonios de los alumnos. Estos caracterizan a la experiencia como excelente o muy buena y también satisfactoria. Un alumno sostiene que “en mi opinión es una experiencia única. Estar en contacto con los mejores profesionales de cada área no es cosa de todos los días. Además de transmitir los conocimientos teóricos te introducen en el mundo práctico actual y de corto y mediano plazo”. Otro agrega “las materias son dictadas por docentes y profesionales de excelente calidad a nivel nacional e internacional lo que nos permite estar frente a frente con las personas que generan las noticias dentro de este ambiente”. Otro sostiene que “todas las personas que participamos en la maestría, tanto alumnos como profesores son apasionados del tema de las energías renovables, lo que ayuda a superar dificultades y a motivarnos para seguir adelante”. Un alumno dice que “otro aspecto muy interesante es la interacción entre los alumnos. Convivimos día a día ingenieros eléctricos, electrónicos, mecánicos, químicos industriales, civiles y hasta un arquitecto, todos trabajando en diferentes empresas y áreas”. Otro señala que “la mayoría de las materias están orientadas a la práctica profesional y creo que en la situación actual del país ha sido lo más razonable porque se van a requerir cada vez más profesionales especializados en temas que sólo han sido desarrollados en el país en pequeña escala”.

Respecto a la calidad del plantel docente coinciden en afirmar que la mayoría de los profesores transmiten conocimientos actualizados que expresan las últimas tendencias en los distintos temas abordados. Asimismo, señalan que los docentes poseen amplia experiencia práctica y brindan información adicional para profundizar los temas que desarrollan.

En cuanto a las posibilidades de transferencia de lo aprendido un alumno afirma “mi intención es poder volcar los conocimientos adquiridos en las carreras de grado de la UTN ya que salvo ingeniería química el resto de las ingenierías ignora las aplicaciones de estas tecnologías y sus beneficios. Son muy importantes las visitas a instituciones como el INTI y otras que se están organizando para tener contacto con el mercado”.

En síntesis las posibilidades de transferencia de lo aprendido se centralizan en torno al ámbito profesional, pues consideran que abre un nuevo campo de posibilidades de trabajo en un mercado emergente como es el de las energías renovables.

Universidad Tecnológica Nacional – U.T.N.
Nacional Technological University - Argentina



Rectorado	Sarmiento 440 3º, 5º, 6º y 7º piso - (1347) CABA Tel: (011) 5371-5600
Facultad Regional Avellaneda	Av. Mitre 750 (1870) Avellaneda - Pcia. de Bs. As. Tel: (011) 4201-4133
Facultad Regional Bahía Blanca	11 de Abril 461 (8000) Bahía Blanca – Pcia. de Bs. As. Tel: (0291) 4555-220 / 311
Facultad Regional Buenos Aires	Medrano 951 (1179) CABA Tel: (011) 4867-7500
Facultad Regional Chubut	Robert 61 (9120) Puerto Madryn – Pcia. de Chubut Tel: (02965) 45-4345 / 2449
Facultad Regional Concepción del Uruguay	Ing. Pereyra 676 (3260) Conc del Uruguay – Pcia. de Entre Ríos Tel: (03442) 425-541 / 423-803
Facultad Regional Concordia	Salta 277 (E3200EKE) Concordia – Pcia. de Entre Ríos Tel: (0345) 421-4590 / 422-6614 Fax: 421-4590
Facultad Regional Córdoba	Maestro M. López esq. Cruz Roja Arg. Ciudad Universitaria – C.C. 36 (X5016ZAA) Córdoba – Pcia. de Córdoba Tel: (0351) 468-4215 / 468-4006 / 468-4317
Facultad Regional Delta	San Martín 1171 (2804) Campana – Pcia. de Bs. As. Tel: (03489) 42-0400 / 42-2018 / 42-0249
Facultad Regional General Pacheco	H. Irigoyen 288 (1617) Gral. Pacheco – Pcia. de Buenos Aires Tel: (011) 4740-5040 / 5140 / 0119 / 6677 / 0216
Facultad Regional Haedo	París 532 (1706) Haedo – Pcia. de Buenos Aires Tel: (011) 4650-1085 / 4443-7466 / 4659-2575 Fax: 4443-0499
Facultad Regional La Plata	Calle 60 esq. 124 (1900) La Plata – Pcia. de Buenos Aires Tel: (0221) 482-3155 / 4855
Facultad Regional La Rioja	San Nicolás de Bari 1100 (5300) La Rioja Tel: (03822) 42-1017 Fax: 42-7100
Facultad Regional Mendoza	Cnel. Rodríguez 273 CPA (M5502AJE) Mendoza Tel: (0261) 423-9119 / 9596 / 0018 Fax: int. 131
Facultad Regional del Neuquén	J. M. de Rosas y J. Soufal (8318) Plaza Huincul – Pcia. de Neuquén Tel: (0299) 496-0510 / 1162 / 5259 / 3292 Fax: 492-3292
Facultad Regional Paraná	Almafuerte 1033 (3100) Paraná – Pcia. de Entre Ríos Tel: (0343) 424-3694 / 3054 / 6750 / 6877 / 3589 Fax: 3589
Facultad Regional Rafaela	Bv. J. Roca 989 (2300) Rafaela – Pcia. de Santa Fe Tel: (03492) 42-2880 Fax: 43-2710
Facultad Regional Reconquista	Pte. Roca 1250 P. A. (3500) Reconquista – Pcia. de Santa Fe Tel: (03482) 42-0048 Fax: 42-0048
Facultad Regional Resistencia	French 414 (3500) Resistencia – Pcia. del Chaco Tel: (03722) 43-2928 / 2683 Fax: 43-2683
Facultad Regional Santa Cruz	Solís y Becar (9400) Río Gallegos – Pcia. de Santa Cruz Tel: (02966) 42-9173 Fax: 42-9173
Facultad Regional Río Grande	Islas Malvinas 1650 (9420) Río Grande – Pcia. de Tierra del Fuego Tel: (02964) 43-2528 / 42-1404 / 42-1564
Facultad Regional Rosario	Zeballos 1341 (S2000BQA) Rosario – Pcia. de Santa Fe Tel: (0341) 448-0078 / 0102 / 0158 / 0148 / 1871 Fax: int. 205
Facultad Regional San Francisco	Av. de la Universidad 501 (2400) San Francisco – Pcia. de Córdoba Tel: (03564) 42-1147 / 43-5402 / 5403 / 1019 Fax: 42-1147
Facultad Regional San Nicolás	Colón 332 (2900) San Nicolás – Pcia. de Buenos Aires Tel: (03461) 42-0830 / 5266 / 2180 Fax: 42-0820
Facultad Regional San Rafael	Av. Gral. J.J. Urquiza 314 (5600) San Rafael – Pcia. de Mendoza Tel: (02627) 42-1078 / 4406
Facultad Regional Santa Fe	Lavaise 610 (3000) Santa Fe – Pcia. de Santa Fe Tel: (0342) 460-2390 / 1579 / 8585 / 469-0348 Fax: 460-8585
Facultad Regional Trenque Lauquen	Racedo 298 (6400) Trenque Lauquen – Pcia. de Buenos Aires Tel: (02392) 42-2023 / 5214
Facultad Regional Tucumán	Rivadavia 1050 (4000) San Miguel de Tucumán – Pcia. de Tucumán Tel: (0381) 430-5872 / 7385 Fax: 421-7150
Facultad Regional Venado Tuerto	Av. Castelli 501 (2600) Venado Tuerto – Pcia. de Santa Fe Tel: (03462) 43-4800 / 1013
Facultad Regional Villa María	Av. Universidad 450 (X5900) Villa María – Pcia. de Córdoba Tel: (0353) 453-7500 / 7501
Centro de Estudios Mar del Plata	Av. Buque Pesquero Borrego S/N esq. Av. de los Pescadores (B7600) Puerto de Mar del Plata – Pcia. de Buenos Aires Tel: (0223) 480-5049
Instituto Nacional Superior Del Profesorado Técnico	Triunvirato 3174 (1427) CABA Tel: (011) 4552-4176 / 6027

