



**REVISTA** **N° 9**

Julio 2019 - Diciembre 2019  
ISSN 2591-6602

**Giicma - CIENCIA, INVESTIGACIÓN,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**



**Rector: Ing. Héctor AIASSA**

Secretario de Ciencia y Tecnología y Posgrado: Dr. Horacio Leone

Secretario Académico: Mg. Ing. Liliana Raquel Cuenca Pletsch

**Decano: Ing. José Jorge PENCO**

Secretaria de Ciencia, Tecnología y Posgrado: Dra. Natalia TESÓN

Secretario Académico: Ing. Fabián Andrés AVID

**Director del GIIICMA: Prof. Jorge D. SOTA**

# Sumario

**Hotel Imperial de Concordia: Conservación del Patrimonio Construido. Un Caso de Estudio.**

# 7

F. Avid, A. Bruno, F. Altamirano, J. Sota - UTN-FRCON-GIICMA

*Octava Jornada de Ciencia y Tecnología. Facultad Regional Villa María de la UTN ( CyTAL) 12 al 14 de septiembre de 2018*

**Sobre el comportamiento de los suelos potencialmente activos estabilizados para su uso en la ingeniería vial**

# 17

O. Rico, A. García, M. E. Medina, M de los Á. Castañeda, A. Colicelli - UTN-FRCON-GIICMA-Laboratorio de Geotecnia

*Octava Jornada de Ciencia y Tecnología. Facultad Regional Villa María de la UTN ( CyTAL) 12 al 14 de septiembre de 2018*

**Caracterización estructural de suelos arcillosos de la región a partir de ensayos triaxiales escalonados**

# 23

P. G. Cano, M.. Jacob, L. Dalzotto, M.L. Torres. UTN-FRCON-GIICMA

*Octava Jornada de Ciencia y Tecnología. Facultad Regional Villa María de la UTN ( CyTAL) 12 al 14 de septiembre de 2018*

DIRECCIÓN DE LA REVISTA: Salta 277 Concordia Entre Ríos/República Argentina

**Director:** Prof. Jorge D. Sota

**Secretaria General:** Becaria Andrea S. Pereyra

**Secretaria Académica:** Ing. Luis P. Traversa

**Comité Académico:** Ing. Fabián A. Avid, Ing. Luis Benedetto, Arq. Mari A Bruno, Ing. Alejandro C. García, Ing. Gustavo Larenze, Cont. Marcela L. Lugones, Ing. Oscar D. Rico, Ing. Carlos O. Vercesi, Dra. Natalia Teson, Ing. Rosana Marcossi, Ing. Carlos Blank, Dra. Eugenia Garat, Ing. Carlos Pasquet, Ing. Juan José Jaunarena, Arq. Ángela Barrios Padula.

Los artículos son publicados con la sola responsabilidad de los autores. La Dirección no se solidariza con las opiniones vertidas en los mismos. Los artículos pueden reproducirse total o parcialmente citando la fuente. Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 249.362

El GRUPO GIICMA fue reconocido el 26 de Agosto de 2010 como Grupo UTN; mediante Resolución N° 794 del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional. Habiendo cumplido los seis años de existencia.

Desde sus orígenes como Grupo de Investigación de la FR Concordia, las actividades estuvieron focalizadas en aspectos vinculados con la durabilidad del hormigón, contando para su desarrollo con la infraestructura del Laboratorio de Tecnología del Hormigón de la mencionada Institución.

En este contexto, las líneas de investigación donde inicialmente se ha desarrollado la mayor capacitación es la caracterización de los agregados pétreos regionales para la elaboración de hormigones. Los materiales comprenden, tanto los agregados aluvionales constituidos por gravas y arenas de las cuencas de los ríos Paraná, Uruguay y Gualaguay, como los triturados basálticos de las provincias mesopotámicas.

El equipamiento actualizado y la precisión interlaboratorio lograda han permitido a este Laboratorio posicionarse como centro regional de consulta para la realización de los ensayos de reactividad álcali-agregado mediante el método acelerado de la barra de mortero, Norma IRAM N° 1674. El equipamiento adquirido y el continuo entrenamiento del personal y becarios del laboratorio permitieron incorporar las metodologías de ensayo correspondientes a la variante Australiana RTA363 del ensayo acelerado de la barra de mortero y el ensayo del prisma de hormigón correspondiente al procedimiento RILEM TC 191-ARP-03, incorporado como anexo de la Norma IRAM 1700-.

A los fines de verificar el desempeño del laboratorio de Tecnología del Hormigón de la Facultad Regional Concordia, se efectuaron estudios interlaboratorio conjuntamente con el LEMIT, ICPA y el INTI, con el objetivo principal de asegurar la calidad de los resultados obtenidos. Como objetivo secundario de esta metodología se logró ajustar los protocolos de operación, manejo, registro y análisis de muestras con un interés futuro en la acreditación del ensayo acelerado de la barra de mortero Norma IRAM 1674, estando en este momento con el ejercicio de la documentación.

Por otra parte, se han ampliado los estudios de hormigones reciclados elaborados con canto rodado y basalto, para evaluar su aprovechamiento y establecer relaciones con la corrosión de armaduras y la durabilidad frente a la RAS contando en este momento con metodología y resultados como para usar estos hormigones reciclados como agregados en pavimentos.

En los últimos años, se iniciaron trabajos en líneas de investigación para el desarrollo de equipamientos de madurez en el hormigón para determinar su resistencia y medida de la presión de las expansiones dentro del hormigón, estando en este momento abocados a la redacción de un libro sobre este tema solicitado por una Editorial española. El objetivo principal de los proyectos desarrollados y en curso, abarcan determinar su reactividad potencial álcali-sílice, medir la madurez del hormigón, medir la presión interna de expansión de los hormigones por reacciones químicas o físicas en su masa.

Otra línea de investigación que ha tenido un notable desarrollo e impacto en el medio, es la vinculada con los sensores remotos mediante el procesamiento e interpretación de imágenes Landsat y Radar. Esta tecnología está siendo utilizada para determinar la evolución de la línea de costa en el Embalse de Salto Grande como consecuencia de los procesos de erosión. También se

está aplicando en la elaboración de mapas topoclimáticos para la evaluación de sitios con riesgo de heladas, mediante la utilización de sensores térmicos de los satélites Landsat y Modis.

Se han ampliado los estudios en el último año en las áreas de Hidrología, Geología Aplicada y Suelos, contando con la infraestructura del Laboratorio de Geotecnia de la Facultad.

En el caso particular de suelos, se han sumado estudios de suelos viales modificados para su caracterización.

En el área de estructuras, se realizaron algunas experiencias trabajando en temas específicos como el punzonado de placas con la transferencia académica del tema, y el uso de fibras sintéticas en el desarrollo de piezas premoldeadas.

Durante el año se consolidó en el grupo el área de Química Analítica, con el laboratorio de análisis de agua para uso en hormigones y determinación de cal útil vial en la corrección de suelos viales.

Las actividades principales del año consistieron en la presencia de GIICMA con trabajos originales en Congresos Nacionales e Internacionales.

Prof. Jorge Daniel SOTA  
DIRECTOR

**RUS**



*Org.*  
*"El Galpón"*  
**RIO URUGUAY  
SEGUROS®**

# HOTEL IMPERIAL DE CONCORDIA: CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO. UN CASO DE ESTUDIO.

F. Avid      GIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional  
A. Bruno      Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA - academica@frcon.utn.edu.ar  
F. Altamirano  
J. Sota

## Resumen

El Hotel Imperial, es un edificio de construcción muy relevante ubicado en el centro de la ciudad de Concordia, Entre Ríos. Su construcción data de finales del siglo XIX y comienzos del XX [1] [2]. Las obras patrimoniales de esa época y su envergadura tienen relación con la pujanza económica de esta ciudad y su importante puerto fluvial sobre el Río Uruguay.

Ante la actual propuesta de la construcción de un edificio en altura en doce plantas y locales comerciales, con cocheras en sus plantas inferiores, y frente al estado de deterioro general del edificio original, con excepción de su fachada, se priorizó la conservación completa de la fachada original ejecutada con mamposterías de ladrillos comunes, sus aberturas originales, balcones y ornamentos de la época. [3] [4]

El edificio está resuelto en el lenguaje eclectista italianizante, con elementos ornamentales en las cornisas, y remate superior con frisos marcando el ritmo de las carpinterías. En la ochava y el acceso se remarcan con frisos tallados con el nombre del hotel.

Para poder trabajar en el mantenimiento de la fachada patrimonial, se desarrolló una metodología de submuración y estructura de contrafuertes sobre la línea municipal de construcción.

Este trabajo ilustra las distintas tareas y etapas necesarias para la ejecución de estas obras, que no son menores, así como exponer el seguimiento de las ordenanzas de conservación del patrimonio de la ciudad.

**Palabras clave:** Patrimonio, fachadas, conservación, estructuras de refuerzo.

## Abstract

The Imperial Hotel is a very relevant building located in the center of Concordia city, Entre Ríos. Its construction dates from the late nineteenth and early twentieth centuries [1] [2]. The patrimonial works of that period and their size are related to the economic strength of this city and its important river port on the Uruguay River.

Given the current proposal for the construction of a twelve-story building with commercial premises, and garage on the lower floors, and against the state of general deterioration of the original building with the exception of its facade, the complete conservation of the original facade executed with common brick masonry, its original openings, balconies and ornaments of that time was prioritized.

The building has an italianizing eclectic language, with ornamental elements on the cornices, and a top finish with friezes marking the rhythm of the carpentry. The chamfer and the access are highlighted with sculpted friezes with the hotel name.

In order to work on the maintenance of the patrimonial facade, a submuration methodology and buttress structure on the municipal construction line were developed.

This work illustrates the different tasks and stages necessary for the execution of these works, which are not minor, as well as expose the monitoring of the conservation ordinances of the city heritage.

**Keywords:** heritage, facades, conservation, reinforcement structures.

## INTRODUCCIÓN

En las ciudades del interior de Argentina, gran parte de su riqueza cultural se concentra en sus construcciones históricas. Sin embargo, y casi sin excepción, la mayoría de estas construcciones han sido afectadas negativamente por procesos de deterioro intrínseco de los materiales empleados y de las condiciones del ambiente de exposición que ponen en riesgo la preservación del legado histórico cultural que dichos centros albergan.

Así, las comunidades comienzan a perder un recurso valioso que, preservado y explotado adecuadamente puede contribuir a la calidad de vida de sus habitantes. Conscientes de estos riesgos, varias ciudades han tomado acciones para revitalizar sus construcciones históricas, muchas de las cuales han obtenido logros significativos. Estas acciones son de largo plazo y requieren una cantidad de recursos que por lo general exceden las posibilidades presupuestarias de los gobiernos locales.

En el caso de la ciudad de Concordia en la provincia de Entre Ríos, desde el Municipio y con la creación de la Comisión Asesora para la Protección del Patrimonio, se asumió la tarea de preservar y proteger el patrimonio histórico local, no solo para las construcciones significativas como es el caso de la Puesta en Valor del Palacio San Carlos (sitio que albergó al escritor Antoine de Saint Exupery, autor del aclamado libro “El Principito”), sino también en la intervención de construcciones menores pero de gran significado histórico, arquitectónico y/o cultural de la ciudad.

En este trabajo se comentarán las acciones desarrolladas para el mantenimiento y la puesta en valor de la fachada de un histórico edificio, el antiguo Hotel Imperial.

Las fachadas son el paramento exterior de un edificio, generalmente el principal. Hay una gran cantidad de éstas, que se clasifican por los materiales que se utilizan (ladrillo visto, revocado, de hormigón, revestimiento de piedra o de materiales cerámicos, etc.) y según su situación respecto al edificio (exteriores, principal y lateral, o interiores o de patio). Asimismo, se debe tener en cuenta que algunas fachadas presentan mayor exposición y otras están más protegidas,

dependiendo además de su altura y de las distintas ubicaciones dentro del edificio: plantas bajas, superiores, etc. [5] [6]

En nuestro caso se parte de la premisa que las fachadas de los inmuebles patrimoniales no deberían modificarse, y por ser necesaria su restauración o refuerzo estructural, ésta se ajustará a normas técnicas, manteniendo el estilo y proporciones originales del edificio. Con respecto a la materialidad, las fachadas respetarán en sus terminaciones las características de las edificaciones originales [7]. No se incorporarán elementos que denoten la época actual y no respeten la originalidad de los elementos.

Las nuevas obras deberán integrarse en forma armónica con la edificación existente, es decir, mantener ciertos elementos arquitectónicos, guardar las proporciones de la fachada, respetar un cierto porcentaje de llenos y vacíos, etc., sin que ello implique necesariamente la imitación o réplica exacta de los elementos decorativos. Los nuevos elementos que se incorporarán al edificio, así como los nuevos materiales, se diferenciarán de los antiguos, a través de juntas de dilatación o elementos divisorios.

Evidentemente, la conservación y restauración de los elementos constructivos más genuinos, tales como las fachadas de ladrillo, constituye un principio invariante de las intervenciones llevadas a cabo, que se compatibilizan con las necesidades de refuerzo estructural, reparación o limpieza y rehabilitación que demanda la nueva situación de las mismas.

Por otra parte, es frecuente en dichas intervenciones la consideración de las fachadas como hito y/o referente histórico en el contexto urbano donde se ubica, manteniendo sus características formales iniciales y propiciando una percepción singular de su entorno que refuerce el valor patrimonial.

## METODOLOGÍA

Cuando debemos intervenir en una obra que reviste el carácter patrimonial, es necesario realizar un análisis preliminar de la fachada existente, donde observaremos detenidamente los siguientes puntos:

- 1) Situación existente: tipo de construcción,

estado, ubicación en el tejido urbano, propiedades vecinas, deterioros expuestos, etc.

2) Empresa constructora: idoneidad, experiencia en preservación, disponibilidad de equipos, personal técnico capacitado, etc.

3) Estudio geotécnicos: características del perfil hallado, presencia de agua subterránea, recomendaciones de submuración, otros.

4) Profesionales debidamente preparados para el trabajo de intervención.

Si se trata de excavaciones para subsuelos es necesario la programación de las mismas y el control de la maquinaria durante su uso, puesto que una operación brusca o errónea conlleva generalmente daños en la estructura o paramento a conservar ya que los paramentos antiguos generalmente son de comportamiento frágil ante posibles embestidas de las mismas.

El antiguo Hotel Imperial, está situado en una importante esquina céntrica de la ciudad, su

construcción data del año 1890 (Figura N°1). Alrededor de 1906 era la sede de Correos y Telégrafos - Distrito 15, de la ciudad de Concordia. Al tiempo de la construcción del Hotel, la ciudad de Concordia tenía aproximadamente 20.000 habitantes. Se localiza en la esquina noreste en las calles Roque Sáenz Peña y Urquiza.

Su esquema funcional, es similar a otros hoteles de la misma época erigidos en la ciudad. Tenía dos plantas, con recepción, comedor y bar en planta baja y las habitaciones en la planta superior.

Fue originalmente construido utilizando morteros de barro, con paredes de tejas de más de medio metro de ancho con riostras metálicas. Poseía además estructura metálica en bovedillas para conformar los pisos, flejes insertos como riostras en las paredes. El estado actual de la fachada conservada es bueno, presentando algunas fisuras lineales por corrosión del acero en las molduras superiores. No se realizaron reparaciones con anterioridad. Su revestimiento es material de frente texturado.



Figure 1. Vista actual de fachada Hotel Imperial de Concordia.

Las tres plantas inferiores poseen diferentes destinos de uso: locales comerciales y oficinas por un lado y cocheras por el otro. Las plantas superiores están destinadas a unidades de vivienda de diferentes ambientes, totalizando cuatro por planta, como se observa en la planta tipo. (Figura N°2). En la actualidad se encuentra en ejecución un edificio en altura de trece plantas. (Figura N°3).



**Figure 2.** Planta Tipo del Edificio Imperial de Concordia.



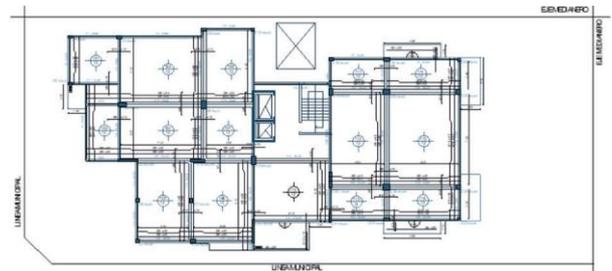
**Figure 3.** Vista de fachada sur Edificio Imperial de Concordia.

Para la ejecución de la estructura se proyectó una obra de hormigón armado tradicional [8]. Las fundaciones se han diseñado considerando bases aisladas vinculadas mediante vigas de fundación que servirán también de asiento para las distintas mamposterías a emplear, y se ha considerado como plano de asiento estimado para dichas bases

a los  $-3,00$  metros bajo nivel de terreno natural, de acuerdo a lo recomendado por el estudio de suelos realizado. La estructura sobre planta baja y pisos subsiguientes se compone de losas macizas cruzadas, soportadas por vigas de sección rectangular, soportadas por vigas cintas, que descansan en un entramado de columnas de sección cuadrada o rectangular. (Figura N°4).

Como materiales, para la estructura de hormigón armado se utilizó hormigón tipo H-21 y acero ADN 420.

Se destaca en esta obra que, dada la necesidad de conservar las fachadas originales, realizadas en ladrillos y con una altura aproximada de 12 m se realizaron obras de arriostramiento con estructuras de hormigón en sus diferentes paramentos (Figura N°5).



**Figure 4.** Estructura de planta tipo Edificio Imperial de Concordia.



**Figure 5.** Estructura de hormigón armado para la conservación de fachadas.

Como proceso de trabajo para la conservación de esta importante fachada es de destacar las secuencias de inserción de la nueva estructura. En

primer lugar, se realizaron las bases de las columnas desarrolladas sobre el paramento exterior, luego las vigas de fundación correspondientes, se procedió después a la ejecución de las columnas debidamente insertas en la mampostería de la fachada hasta llegar al primer nivel de la nueva estructura (Figura N°6 y 7).

En la Figura N°6 se observa el posicionamiento de la base de fundación y la armadura de columna para un pórtico de desvío de cargas superiores. En la Figura N°7 se aprecia la estratificación del suelo de asiento, la antigua fundación de la fachada en piedra arenisca (típica de la región) y el calado para la columna de hormigón armado.



**Figure 6.** Base de pórtico de desvío.



**Figure 7.** Base excéntrica.

Se destaca aquí la idea de realización de una estructura de refuerzo consistente en marcos cerrados de hormigón armado, materializados por las columnas en su faz vertical y por las vigas en la línea horizontal. [9]

Alcanzado el primer piso se llenaron las vigas dejando la armadura de espera para las futuras losas del nivel. Ese trabajo se continuó hasta terminar la estructura de riostra de la fachada [10].

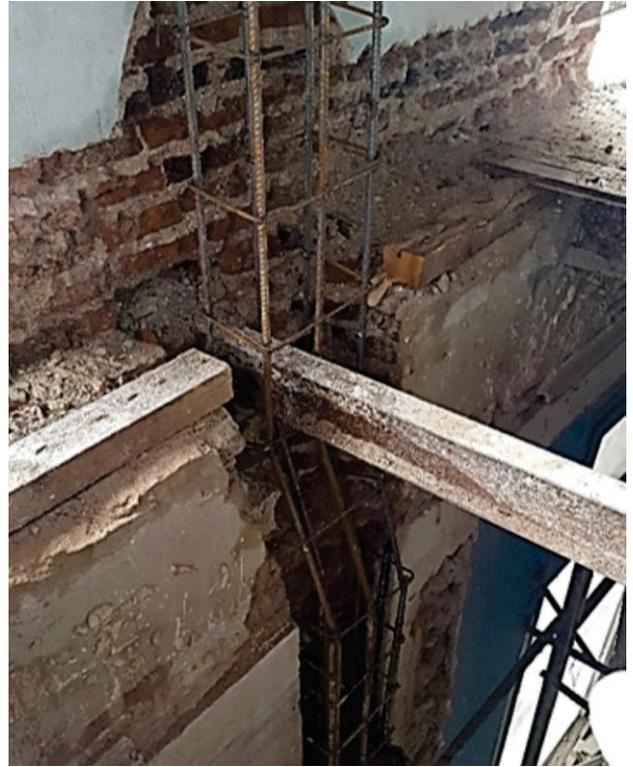
Se destacan los insertos que se anclaron en las columnas (Figura N°8). Los mismos fueron realizados con la idea de sujeción de la fachada de mampostería en la estructura espacial de hormigón armado para asegurar su sostenimiento.

Todas estas tareas se realizaron con las construcciones internas presentes o sea no demolidas, destacando la complejidad de este hecho (Figura N°9). Una vez que la estructura de marcos cerrados fue concluida comenzaron las tareas de demolición de las construcciones internas, iniciando la secuencia con el levantamiento de las cubiertas, luego demoliendo las mamposterías del último nivel. Realizando siempre la demolición desde arriba hacia abajo (Figuras N°10,11 y 12).

Toda esta tarea inicial que evidentemente provoca retrasos ayuda eficientemente a la conservación de la fachada original, quedando como tarea final la restauración completa de la misma. Luego de la demolición de las divisiones internas y solados se procedió a levantar la estructura restante, desde las fundaciones hasta las plantas de losas que se hicieron en una cantidad de tres niveles.



**Figure 8.** Vista externa de insertos dispuestos en columnas de hormigón.



**Figure 9.** Inserción de columnas en mampostería e intersecciones con estructura metálica existente.



**Figure 10.** Vista superior demolición de mamposterías, luego del retiro de cubiertas y de la estructura de arriostamiento de las fachadas.



**Figure 11.** Vista inferior demolición de plantas internas.



**Figure 12.** Vista superior demolición de plantas internas y estructuras de refuerzos de fachadas.

## Conclusiones

Como corolario final debe plantearse que es importante la preservación y el mantenimiento del patrimonio construido, pues eso valoriza a las ciudades en el plano cultural, histórico y turístico.

Para ello se visualiza como importante las acciones que realicen los municipios como en el caso de ciudad de Concordia, Entre Ríos, con la creación de una Comisión Asesora de Protección del Patrimonio.

Por otro lado, desde el punto de vista técnico es necesario tomar todas las precauciones posibles ante el comienzo de una obra de este tipo, analizando uno por uno los factores intervinientes, así como asegurando la presencia permanente de profesionales en la obra, según las tareas a ejecutar, en especial cuando se realizan tareas de submuración o aquellas que involucren excavaciones, tareas de desbaste de paramentos, remoción de estructuras antiguas, etc.

El patrimonio construido presenta generalmente estructuras como paramentos de características frágiles deterioradas por intemperismo, como se ha observado en este caso, que ante una acción defectuosa pueden dañarse. Ese daño puede resultar considerable y oneroso a la hora de proceder a reparar la obra en cuestión.

Es de destacar que todas estas tareas de conservación implican mayores erogaciones para los propietarios, razón por la cual se considera importante proveer de un beneficio fiscal por parte de los Municipios y las Provincias para el incentivo a tales emprendimientos.

## Referencias

- [1] Pezzarini, Heriberto María. (2007). "Historia de Concordia I". 1ª Edición. Concordia. Entre Ríos.
- [2] Pípolo, Juan Alejandro. (2013). "Concordia. La Ciudad y su arquitectura". Duograf. 1ª Ed. Concordia. Entre Ríos.
- [3] Belda Navarro, Cristóbal y García, Carlos Moisés. (1996). "Arquitectura en Cartagena: Eclecticismo y Modernismo". Ed. Darana. Murcia.

[4] Glass Architettura Urbanistica SRL. (2006) "Preparación programa para la revitalización del centro histórico de Cartagena de Indias". Informe final de consultoría. Cooperación Técnica CT-1047. Glass Architettura Urbanistica srl, Venezia, Italia.

[5] Quartesan, A., Romis, M., y Lanzafame, F. (2007). "Las industrias culturales en América Latina y el Caribe: Desafío y Oportunidades". Documento de Trabajo. Departamento de Capacidad Institucional y Finanzas, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.

[6] Ros Sempere, Marcos. (2009). "Documentación de los procesos de restauración arquitectónica". En Cuadernos de Documentación Multimedia. N.º 20. Publicación electrónica. Madrid.

[7] Tejela Juez, J; Navas Delgado, D.; Machín Hamalainen, C. (2010) "Rehabilitación, mantenimiento y conservación de fachadas". 1ª Edición: Tornapunta Ediciones, S.L.U. Septiembre. ESPAÑA, ISBN: 978-84-92686-86-5.

[8] Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). "Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón". CIRSOC 201-2005.

[9] Pedro Jiménez Montoya; Álvaro García Meseguer; Francisco Morán Cabré. "Hormigón Armado". 14ª edición basada en la EHE. Editorial Gustavo Gilli S.A. Año 2002.

[10] Instituto Mexicano del Concreto y el Cemento. "Control de Calidad del Concreto (ACI E 704 -4)". Editorial Limusa. – Edición 1988.



## LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACION TECNOLOGICA

### TECNOLOGIA DEL HORMIGON

- Estudio de materiales y componentes del hormigón armado
- Estudio de hormigones convencionales y especiales
- Durabilidad de agregados y de hormigones en distintos ambientes
- Métodos no destructivos
- Elaboración de especificaciones técnicas para obras civiles
- Evaluación de estructuras construidas afectadas por patologías
- Corrosión de armaduras



***Investigación y desarrollos tecnológicos***

***Capacitación RRHH***

***Servicios Tecnológicos a terceros***

**52 e/121 y 122 - La Plata - Buenos Aires - Argentina**

**Tel.: (0221) 4831141/44**

**[www.lemmit.gov.ar](http://www.lemmit.gov.ar)**

# SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS POTENCIALMENTE ACTIVOS ESTABILIZADOS PARA SU USO EN LA INGENIERIA VIAL

O. Rico  
A. García  
M. E. Medina  
M de los Á. Castañeda  
A. Colicelli

GIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional -  
Laboratorio de Geotecnia Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA

## Resumen

Los movimientos generados por los fenómenos de expansión retracción del suelo y los estados tensionales agresivos para las estructuras viales, en general se intentan controlar con la incorporación de sustancias que puedan combinarse químicamente con el terreno existente y eliminar la actividad del material arcilloso. Con éste trabajo se propuso ampliar el grado de conocimiento en el tema de los suelos de la región noreste de la provincia de Entre Ríos. Se planteó la necesidad de ponderar cualitativa y cuantitativamente los aditivos a incorporar vinculando esa “dosificación” con las propiedades índice de estos suelos.

Con muestras de suelo de dos localidades, ejecutando ensayos de laboratorio en situaciones controladas, se obtuvieron curvas de tendencia que permitieron relacionar porcentajes de “hinchamiento” y “valor soporte relativo”, con cantidades crecientes de adiciones para distintas condiciones iniciales de densificación.

**Palabras clave:** Arcillas activas, Estabilización química.

## Abstract

Generally, the movements generated by the phenomena of soil expansion and retraction and by the aggressive tension states for the road structures, are tried to control with addition of substances that can be chemically combined with the existing terrain and eliminate the activity of the clay material. This work was proposed to expand the level of knowledge on the subject of soils in the northeast region of the province of Entre Ríos. The need to qualitatively and quantitatively weigh the additives to be incorporated was raised, linking this “dosage” with the index properties of these soils.

Running laboratory tests in controlled situations with soil samples from two locations, trend curves were obtained that allowed to relate percentages of “swelling” and “relative support value”, with increasing amounts of additions for different initial densification conditions.

**Keywords:** active clays, chemical stabilization.

## INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA REGIONAL

Son bien conocidos los inconvenientes que se generan, en algunas regiones de la Provincia de Entre Ríos, al momento de diseñar pavimentos urbanos o rurales cuando los sustratos del terreno natural están gobernados por los denominados suelos potencialmente activos, comúnmente conocidos como expansivos.

Es frecuente observar en los pliegos licitatorios de obras públicas para la Región indicar que la subrasante deberá ser tratada o mejorada con cal, cemento u otras adiciones, especificando un porcentaje fijo de aditivo; sin indicar la cantidad necesaria y suficiente para contrarrestar los fenómenos de expansión-retracción, si se pretende solo la mejora o también la estabilización de éstos suelos.

Además, es usual no observar información alguna sobre cómo deberá tratarse dicha situación. Tampoco se especifican claramente los ensayos necesarios para controlar la mejora en las propiedades físicas de los suelos y para verificar la efectividad del tratamiento efectuado.

A partir de ésta realidad regional, se planteó la necesidad de ponderar la cantidad necesaria de aditivos a incorporar e incluso vincular dicha “dosificación” con las propiedades índice de estos suelos.

### Objetivos

En el presente trabajo se pretenden establecer criterios básicos que permitan definir el tipo de agente estabilizante más plausible, las proporciones del mismo y el grado de densificación necesario en los paquetes estructurales, para la fundación de pavimentos desarrollados sobre las arcillas activas del noreste de la Provincia de Entre Ríos; para lograrlo se buscaran hallar curvas de tendencia que permitan relacionar los valores de hinchamiento con cantidades crecientes de adiciones y con distintas condiciones iniciales de densificación, ejecutándose ensayos de laboratorio en situaciones controladas.

### Materiales

Se opta por comenzar el trabajo con suelo de localidades previamente analizadas [1] y donde, al momento de planificar la investigación, se encontraban ejecutando obras viales, lo que resulto facilitador de logística para obtención de muestras.

Se comenzó con el suelo de S. J. de Feliciano, región al norte de la provincia. Influyó en esta selección la proximidad a los tramos de la RN N° 127, la que presentaba serios inconvenientes relacionados con el objeto de esta investigación.

Posteriormente se extendió el área de estudio hacia el centro-norte de la provincia, incorporando muestras del ejido de San Salvador, al momento de extraerlas estaban dando inicio las obras de la Autovía RN N° 18.

### Caracterización

Es fundamental conocer el potencial de expansión que alcanzan estos suelos, por lo tanto se comenzó con la ejecución de ensayos de caracterización física.

Se efectuaron los siguientes ensayos de rutina para cada una de las muestras de suelos:

- Límites de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad)
- Tamizado por vía húmeda, lavado Tamiz N° 200
- Hidrometrías (Norma ASTM-D422)
- Con estos valores se logró cuantificar el potencial de expansión según los criterios y gráficos propuestos por Skempton (1953)
- Determinación del índice de Skempton.

Propiedad	San José de Feliciano	San Salvador	
		M1	M2
Límite Líquido	72%	47%	58%
Índice de Plasticidad	50	29	39,7
Pasante Tamiz N°200	97,80%	97	98,40%
Clasificación SUCS	CH	CL	CH
Clasificación HRB	A 7-6 (55)	A 7-6 (31)	A 7-6 (42)
% de Arcilla	53,50%	S/hidrometría	36%
Índice de Skempton	0,93	S/hidrometría	1,1

**Tabla 1:** Resumen de las propiedades físicas de las muestras.

### Análisis mecánico de las muestras

Según la clasificación HRB, estos suelos pertenecen al grupo denominado A7-6 (con I.G. comprendidos entre 40 y 60), se caracterizan por presentar muy bajo aporte estructural al momento de cuantificarlos desde el punto de vista vial.

Se llevaron adelante ensayos de compactación por el método dinámico propuesto por Proctor y ensayo de Valor Soporte Relativo (VSR), método dinámico simplificado, según la Norma de Vialidad Nacional vigentes.

La normativa indica para el Ensayo de VSR, indica que el suelo luego de compactado debe permanecer sumergido durante 4 días para medir el porcentaje de expansión. En nuestro caso el suelo natural compactado entre el 94% a 100% de la densidad máxima, se mantuvo sumergido hasta que el desarrollo de la expansión no indicara un incremento significativo. En esas condiciones extremas, de saturación e hinchamiento, se determinó el VSR; con sobrecarga de ensayo equivalente a la tapada del paquete vial característico (10 lbs.).

El plazo de sumergencia de las muestras, de acuerdo al grado de compactación y la procedencia que permitió el completo hinchamiento, fluctuó entre 20 días a un máximo de 60 días.

La normativa vigente para la preparación de las muestras, indica compactación dinámica con 12, 25 y 56 golpes por capa. Se optó disminuir la Energía, debido que la densificación alcanzada con 56 golpes, excede al 100% de la máxima del Proctor estándar. Se trabajó densificando con 8, 12 y 25 golpes por capa.

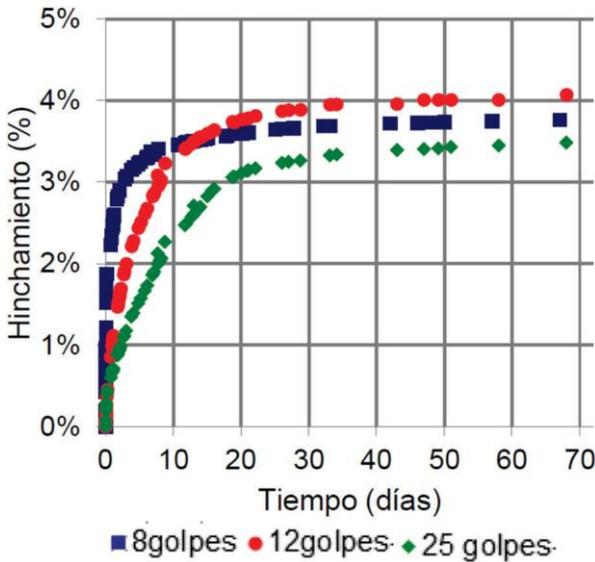
De la ciudad de San Salvador se utilizó inicialmente una muestra denominada M1, la que contenía betas de material blancuzco de origen calcáreo, probablemente ese material redujo significativamente la actividad del suelo. Debido a estas características de la muestra denominada San salvador M1, que arrojó baja plasticidad y expansión (levemente superior al 2%), fue descartada y se procedió con una segunda muestra con propiedades más acorde a los fines de esta investigación. En Tablas N° 2 y N° 3, se presentan los resultados obtenidos para cada ensayo:

Próctor T-99		Valor Soporte Relativo				
Humedad	Densidad	Humedad de moldeo	Peso U. Seco gr/cm <sup>3</sup>	% Densidad Máx. T99	VSR	Energía
32,37	1,392					
35,49	1,322	28,00	1,403	96,43	1,32	8 golpes
19,97	1,437	25,00	1,416	97,32	3,15	12 golpes
22,20	1,348	27,97	1,457	100,14	5,89	25 golpes

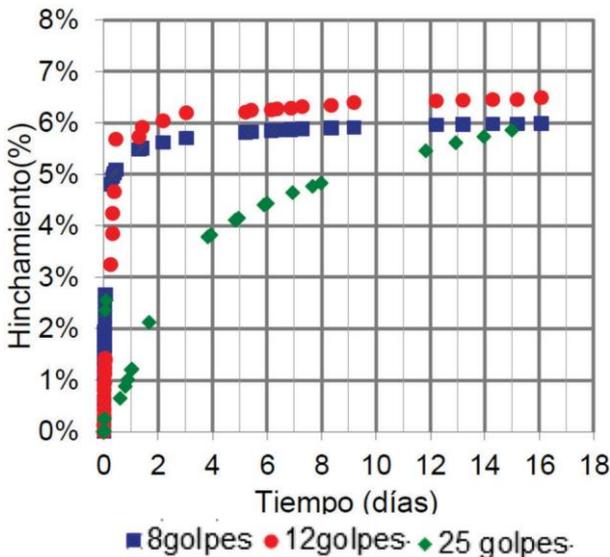
**Tabla 2:** Resumen de las propiedades mecánicas – San José de Feliciano.

Próctor T-99		Valor Soporte Relativo				
Humedad	Densidad	Humedad de moldeo	Peso U. Seco gr/cm <sup>3</sup>	% Densidad Máx. T99	VSR	Energía
21,94	1,457					
27,70	1,425	24,00	1,415	94,33	1,3	8 golpes
31,20	1,371	24,00	1,475	98,33	2,1	12 golpes
18,91	1,358	24,00	1,510	100,67	3,5	25 golpes

**Tabla 3:** Resumen de las propiedades mecánicas – San Salvador M2.



**Gráfico 1.** Curva hinchamiento vs. Tiempo San José de Feliciano.



**Gráfico 2.** Curva hinchamiento vs. Tiempo San Salvador – M2.

### Análisis de estabilización química

Cuantificada la problemática, es sabido que se puede mejorar el comportamiento expansivo y adicionalmente el VSR con la adición de sustancias o agentes químicos.

La técnica de estabilización química más difundida es la incorporación de cal. Desde el punto de vista de la mejora y estabilización de suelos, la calidad de la misma se caracteriza a través del denominado porcentaje de Cal Útil Vial (C.U.V.).

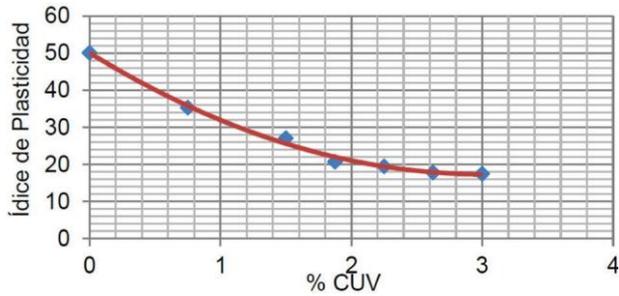
Actualmente, también se dispone de productos químicos que se comercializan en estado líquido y se adicionan al suelo conjuntamente con el agua de riego.

Como primer objetivo se propuso obtener el porcentaje óptimo de cal que permitiese disminuir significativamente las características expansivas del suelo. Realizándose las pruebas con distintos porcentajes de cal.

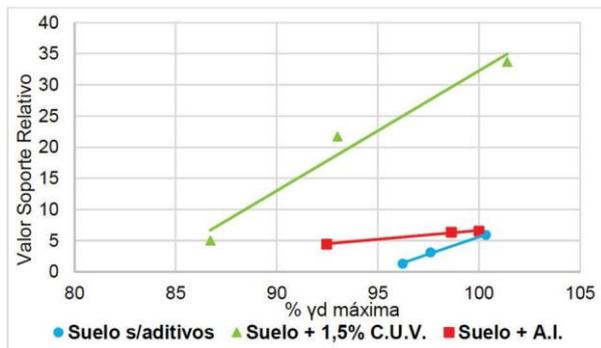
La cal utilizada para los ensayos fue del tipo cal hidratada Ca(OH)<sub>2</sub>, en polvo de origen comercial (Normas IRAM 1626 y 1508) y con un contenido del 68% de C. U. V. - valorada mediante el Ensayo de Cal Útil Vial según Método Potenciométrico propuesto por DNV.

Cabe aclarar que a efectos poder comparar los resultados con los ensayos Proctor del mismo suelo sin adiciones, se aplicó el ensayo VN - E5 - 93 referente a Compactación de suelos (que especifica 25 golpes por capa); en lugar del ensayo VN - E19 - 66 correspondiente “Compactación de mezclas de suelo-cemento y suelo-cal”, que para el caso de suelo-cal especifica mayor energía de compactación (35 golpes por capa).

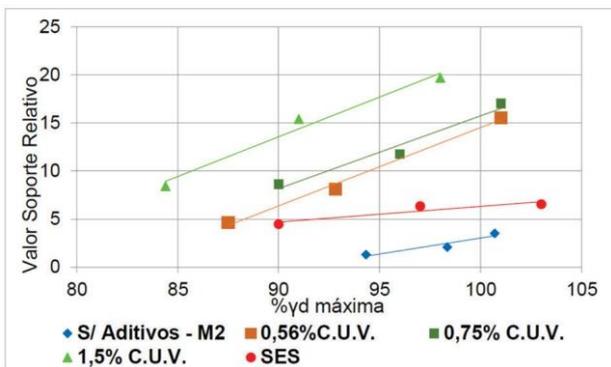
Por otro lado se realizaron los ensayos correspondientes utilizando un estabilizante químico comercial, del cual contábamos con antecedentes de pruebas y dosificaciones suministrados por el fabricante. En los siguientes gráficos se resumen los resultados obtenidos:



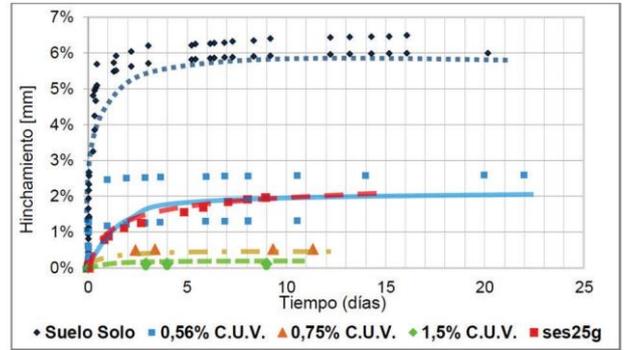
**Gráfico 3.** Variación del IP en función del porcentaje de CUV. San José de Feliciano.



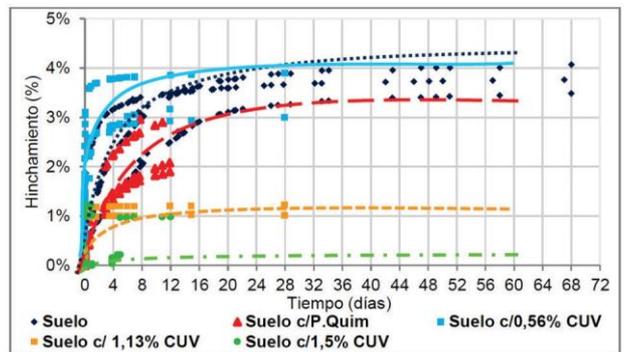
**Gráfico 4.** Valor soporte relativo vs porcentaje densidad máxima. San José de Feliciano.



**Gráfico 5.** Valor soporte relativo vs porcentaje densidad máxima. San Salvador M2.



**Gráfico 6.** Curva hinchamiento vs tiempo San José de Feliciano.



**Gráfico 7.** Curva hinchamiento vs tiempo San Salvador M2.

Finalmente se logró obtener una curva donde puede cuantificarse el porcentaje de C.U.V. que permite controlar completamente la expansión para un periodo de tiempo suficientemente extenso, con la muestra en inmersión.

### Conclusiones

- Sobre el suelo natural  
El valor final de hinchamiento máximo medido a largo plazo, es prácticamente independiente de la densificación inicial de la muestra. En el corto plazo (4 días), las muestras de mayor densidad alcanzan menor expansión.

El hinchamiento a 4 días, previsto en el ensayo normalizado, es significativamente menor al máximo alcanzado a largo plazo. No pareciendo ser indicativo de la expansión potencial para este tipo de suelos.

- Sobre el suelo tratado con cal  
La proporción de cal necesaria para eliminar

completamente la expansión es poco dependiente del grado de densificación inicial.

En los suelos estudiados, una cantidad de CUV del orden del 1,5 % al 1,6 %, logra controlar el hinchamiento.

Se observa un marcado incremento del VSR con el aumento del porcentaje de cal incorporado.

### **Referencias bibliográficas y marco normativo**

[1] Contribución al Conocimiento de las Arcilla Activas. Carlos A. Micucci et al, G.I.A.A., U.T.N. Facultad Regional Concordia. Año 2006.

- Normas de Ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad.
- IRAM y ASTM- Normas de Ensayos.
- PETG - D.N.V. - Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, Ed. 1998.

# CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE SUELOS ARCILLOSOS DE LA REGIÓN A PARTIR DE ENSAYOS TRIAXIALES ESCALONADOS

P. G. Cano    GIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional -  
M. A. Jacob    Laboratorio de Geotecnia Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA  
L. Dalzotto  
M. L. Torres

## Resumen

En la región suelen utilizarse para los suelos arcillosos, correlaciones internacionalmente difundidas entre parámetros de corte como la cohesión no drenada  $C_u$  y el número  $N$  obtenido en el ensayo estándar de penetración (SPT). Sin embargo, los autores de tales relaciones solicitan “prudencia” respecto al uso de sus expresiones y recomiendan validaciones para cada zona particular.

Este trabajo pretende ser un aporte al conocimiento de las variables que permiten definir la capacidad de carga de los suelos arcillosos, en general de alta plasticidad, distribuidos en gran parte del Noreste de la Provincia de E. Ríos.

Se exponen resultados de diferentes ensayos triaxiales ejecutados en forma escalonada, no consolidada ni drenada (UU) y a humedad natural; los cuales permiten la obtención de curvas tensión – deformación y parámetros de resistencia al corte  $\sigma_u$  y  $C_u$ .

Se presentan algunas relaciones obtenidas. Adicionalmente se indaga sobre la validez para estas arcillas, de las expresiones más conocidas en función de  $N$  y de la plasticidad.

**Palabras clave:** Arcillas activas, Estabilización química.

## Abstract

The internationally widely spread correlations between cutting parameters such as undrained cohesion  $C_u$  and the number  $N$  obtained in the standard penetration test (SPT) are often used in this region for clay soils. However, the authors of such relationships request “caution” regarding the use of their expressions and recommend validations for each particular area.

This work aims to be a contribution to the knowledge of the variables that allow to define the load capacity of clay soils, generally of high plasticity, distributed in a large part of the Northeast of the E. Ríos Province.

Results of different triaxial tests carried out in staggered form, unconsolidated undrained (UU) and to natural humidity are presented; which allow the obtaining of stress-strain curves and shear strength parameters  $\sigma_u$  and  $C_u$ .

Some relationships obtained are presented. In addition, the validity of the best-known expressions based on  $N$  and the plasticity for these clays is inquired.

**Keywords:** active clays, chemical stabilization.

## INTRODUCCIÓN

La determinación de la resistencia al corte de los suelos se basa principalmente en datos obtenidos de pruebas en laboratorio, siendo los ensayos triaxiales los más utilizados. El dispositivo básico para la realización del ensayo es el que se muestra en la Fig. 1.

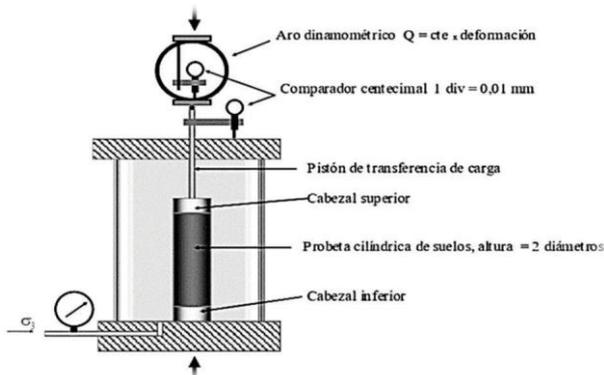


Figura 1. Esquema de Cámara Triaxial.

## Materiales y métodos

Se utilizaron muestras de suelos arcillosos, obtenidas mediante Ensayo de penetración SPT provenientes de distintas zonas de Entre Ríos: Chajarí, Colón, Los Charrúas, Chañar y Jubileo.

En esta primera etapa de investigación se realizaron ensayos triaxiales escalonados, sin drenar (UU), a humedad natural.

Una vez extraída la probeta se determinó la humedad natural, se la preparó para realizar el ensayo triaxial y luego de ensayadas se tomaron las humedades finales. Posteriormente para luego proceder a su clasificación, se determinaron los límites de Atterberg y se lavó por tamiz N°200, según normas IRAM.

## Instrumental

- Aparato de carga axial: constituido por sistema de pistón hidráulico o mecánico, accionado manualmente o mediante motor eléctrico por medio de engranaje de transmisión; y plataforma de carga equipada con tornillos de movimiento vertical y palanca.

- Dispositivo de medida de la carga axial: aro dinámico de carga en la parte superior, con su correspondiente flexímetro.
- Cámara de compresión triaxial: base metálica con apoyo central para la probeta y conexiones con válvulas de cierre a presión. Posee un cilindro de metacrilato y un cabezal también metálico atravesado por el vástago alineado con el eje de la probeta y por el cual se le transmite carga. El acople de los tres elementos constitutivos (base, cilindro y cabezal), con ajuste completamente hermético.
- Cabezales de la probeta: de material impermeable, indeformable y no corrosivo; con superficie de contacto de sección circular y plana. El cabezal inferior está acoplado a la base metálica para impedir movimientos laterales o volcamientos; el cabezal superior diseñado para recibir el extremo del vástago en áreas de contacto concéntricas. Se emplearon cabezales “ciegos”.

## Procedimiento

Lo primero que se hizo fue extraer cuidadosamente las muestras de suelo del interior de los tubos de muestreo, intentando producir una perturbación mínima. Posteriormente se recortan las caras transversales intentando que sean lo más paralelas posible entre si y ortogonales al eje longitudinal del vástago de aplicación de carga. La relación altura/ diámetro de la probeta debe ser entre 2 y 2,5 (Fig. 2 y 3).

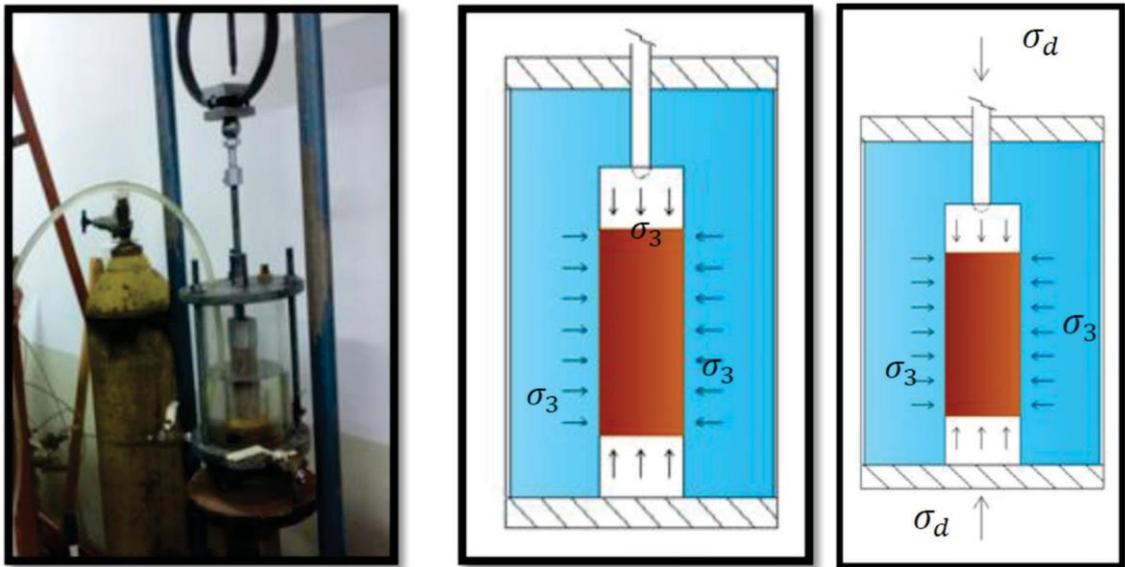
Para el armado de la cámara, se coloca la probeta sobre el cabezal inferior y se recubre el conjunto con membrana de látex, asegurando verticalidad y hermeticidad mediante una abrazadera ajustada en el mismo cabezal (Fig. 4). Luego se sitúa el tubo de lucite, la tapa que apoya sobre el mismo y el vástago que transmitirá la carga axial, se completa con agua y se lleva a la prensa.

El proceso de carga se efectúa en dos etapas. Etapa I: aplicación de la presión de confinamiento  $\sigma_3$  (Fig. 5 y 6). Se trabajó con escalones de presión  $\sigma_3$  de 1 Kg/cm<sup>2</sup>, 2 Kg/cm<sup>2</sup> y 3 Kg/cm<sup>2</sup>.

Etapa II, con la presión de cámara  $\sigma_3$  aplicada (representando la presión de tapada), se introduce la tensión desviante  $\sigma_d$  a través del vástago (Fig. 7).



**Figuras 2, 3 y 4.** Preparación de la probeta, verificación de paralelismo entre sus caras y posterior armado sobre el cabezal de la cámara.



**Figuras 5, 6 y 7.** Llenado de cámara con agua para transmitir mediante aire comprimido la presión de confinamiento, en la última figura aplicación de carga axial.

Se inicia el ensayo con una tensión  $\sigma_3=1\text{Kg/cm}^2$ , mediante aire a presión conectado a la cámara e impidiendo el drenaje. Conjuntamente a la aplicación de presión de cámara  $\sigma_3$ , se aplica la carga axial  $\sigma_d$ , tomando lecturas simultáneamente de los comparadores de deformación y de los de carga, en intervalos que permitan definir la curva tensión – deformación.

Mientras se efectúa la prueba, se controla la gráfica  $\sigma - \epsilon$  (Fig. 8) observando los cambios en su pendiente, lo que determina un “aviso” de rotura para detener el ensayo y proceder a aplicar una tensión de confinamiento superior, en este caso  $\sigma_3=2\text{Kg/cm}^2$ . Posteriormente se opera de la misma manera para  $\sigma_3=3\text{Kg/cm}^2$ , una vez alcanzada la falla o deformaciones mayores al 20%, se da por finalizado el ensayo (Fig. 9 y 10).

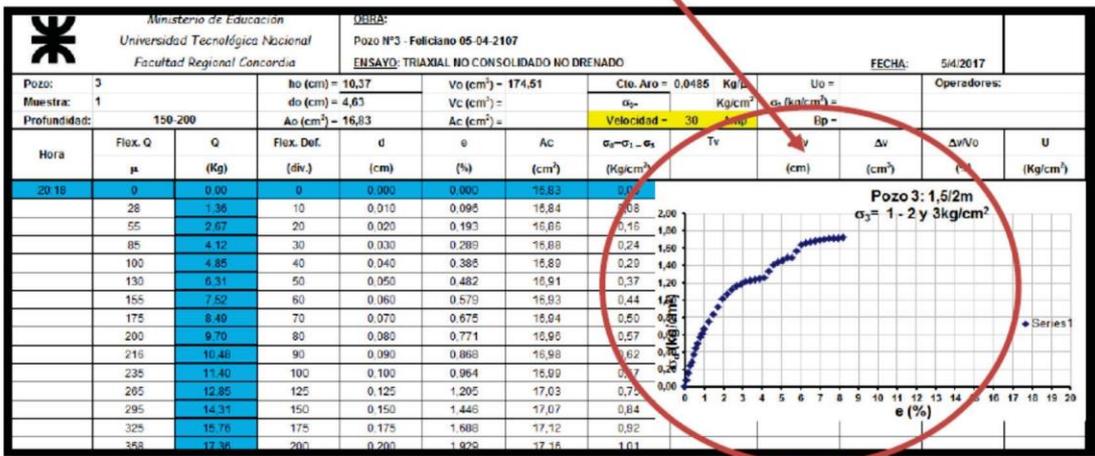
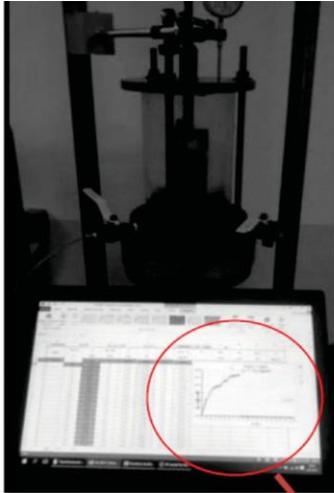


Figura 8. Llenado de cámara con agua para transmitir mediante aire comprimido la presión de confinamiento, en la última figura aplicación de carga axial.



Figuras 9 y 10. Probeta luego de ensayada recubierta en látex y presentando la rotura a 45° por esfuerzos de corte.

#### IV - Resultados

En un sistema de coordenadas ortogonales se representan en abscisas deformaciones axiales  $\epsilon$  y en ordenadas la tensión desviante  $\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$ .

Se determinaron tensiones desviantes correspondientes a rotura para cada escalón de carga. (Fig. 11).

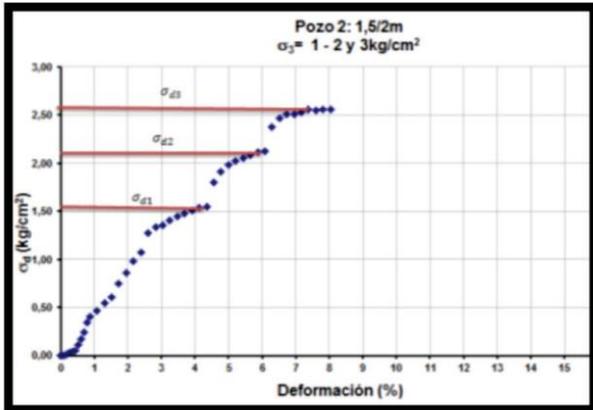


Figura 11. Diagrama tensión – deformación obtenido del ensayo.

Con los datos obtenidos se graficaron los círculos de Mohr de tensiones de rotura (Fig. 12), para cada tensión de confinamiento aplicada (escalón de carga), definiéndose la envolvente de rotura. Parámetros de resistencia al corte del suelo no consolidado ni drenado: Se definió la cohesión  $C_u$ , como el punto en que la misma corta al eje de ordenadas; en tanto que el ángulo que forma esa recta con el eje de abscisas indica el ángulo de resistencia al corte  $\phi_u$ .

En Tabla se presentan los valores obtenidos,  $C_u = 0,46 \text{ Kg/cm}^2$  y  $\phi_u = 11^\circ$ , para el ensayo de Fig. 11

$\sigma_3$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_d$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_d$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{31}$ 1	$\sigma_{d1}$ 1,60	$\sigma_{11}$ 2,60
$\sigma_{32}$ 2	$\sigma_{d2}$ 2,15	$\sigma_{12}$ 3,15
$\sigma_{31}$ 3	$\sigma_{d3}$ 2,60	$\sigma_{13}$ 5,60

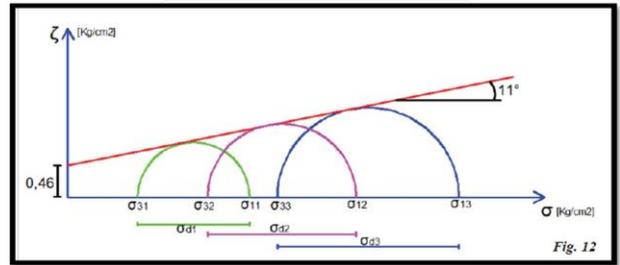


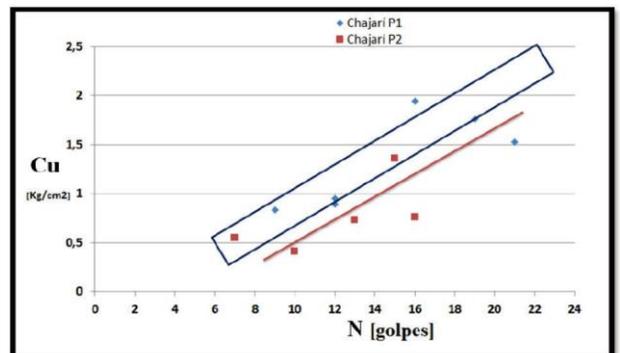
Figura 12. Trazado de los círculos de Mohr y su envolvente.

CHAJARÍ P1					CHAJARÍ P2				
Prof	Humedad	Cu	$\phi$	N	Prof	Humedad	Cu	$\phi$	N
0,50 - 1,00	17,42 %	1,78	11 °	8	0,50 - 1,00	22,61 %	0,55	5 °	7
1,50 - 2,00	22,28 %	0,83	12 °	9	1,50 - 2,00	25,97 %	0,41	12 °	10
2,50 - 3,00					2,50 - 3,00	23,56 %	0,73	9 °	13
4,50 - 5,00	22,13 %	0,95	3 °	12	4,50 - 5,00	18,08 %	0,76	7 °	16
5,50 - 6,00	15,57 %	1,76	11 °	19	5,50 - 6,00	16,14 %	1,36	7 °	15
6,50 - 7,00	14,71 %	1,94	5 °	16					
7,50 - 8,00	11,45 %	1,53	14 °	21					

#### V – Conclusión preliminar

Se ha observado una evolución de tendencia lineal, lo que permitiría considerar que existe una constante de proporcionalidad entre la cohesión no drenada y el número de golpes; resultando ello coincidente con gran parte de las correlaciones internacionalmente difundidas. Se continuarán ensayando muestras de similares propiedades físicas, verificando la proporcionalidad antes mencionada y buscando obtener valores de referencia a nivel local.

Para una totalidad de doce ensayos de muestras provenientes de Chajarí:



## VI - Bibliografía

[1] Terzaghi, K., Peck, R. B., Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica, 2da edición, Ed. El Ateneo, 1955.

[2] Stroud, M. A. "The standard penetration test in insensitive clays and soft rock," Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing, Sweden: Stockholm, vol. 2(2), 1974.

[3] Instituto Argentino de Normalización. Norma IRAM 10529 – Mecánica de suelos. Método de ensayo de compresión triaxial en suelos cohesivos sobre probetas no consolidadas ni drenadas. Argentina, 1985.

[4] Sabelli, A., Rodríguez, E., Rago, W. Las arcillas activas en Argentina. Diagnóstico y remediación. Primera etapa: Desarrollo básico. Informe de avance N°6: Resistencia al corte.

[5] Leoni, A.J. Resistencia al corte. Facultad de Ingeniería U.N.L.P.



Ministerio de Educación

**\*UTN**

**UNIVERSIDAD  
TECNOLOGICA  
NACIONAL**

Facultad Regional Concordia

**Giicma**

Salta 277 - Concordia (ER-ARG) - C.P. E3200EKE

Tel/Fax: (0345) 421-4590 / 422-6614

giicma@frcon.utn.edu.ar

[www.frcon.utn.edu.ar](http://www.frcon.utn.edu.ar)