

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE MEZCLAS DE SUELO ESTABILIZADO EN MODELOS CONSTRUCTIVOS FRENTE A ACCIONES CLIMÁTICAS

**Adriana Beatriz García; Juan Pablo Mazzeo; Pablo Grazi**

Facultad Regional Avellaneda. Universidad Tecnológica Nacional. Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEME) - Departamento Ingeniería Civil  
[civil@fra.utn.edu.ar](mailto:civil@fra.utn.edu.ar) - San Vicente 206 - Villa Dominico - Pcia. Bs. As., Argentina –  
Tel. 54-11-4353-0220 - int. 118

**Palabras clave:** control de calidad, suelo estabilizado, modelos constructivos

### RESUMEN

La búsqueda de materiales de menor nivel de agresión hacia el medio ambiente, conjuntamente con la problemática económica global y la escasez de recursos, se ve particularmente reflejada en países de Latinoamérica. En este contexto se han desarrollado numerosos estudios de “eco-materiales” aplicados a la construcción de viviendas, como respuesta válida al déficit habitacional.

La aplicación de mezclas de suelo seleccionado y/o estabilizado en viviendas presenta ventajas tecnológicas, económicas y de transferencia a la comunidad.

El estudio se encuadra en el proyecto de investigación y desarrollo denominado: “Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD”, diseño experimental de un sistema de control estandarizado basado en modelos de ensayo construidos en suelo estabilizado.

Las investigaciones tienen por objetivo el desarrollo de métodos estandarizados de control en laboratorio y campo, considerando las características propias de este tipo mezclas, los métodos constructivos y su destino final.

La evaluación del comportamiento de estas mezclas en su exposición a agentes climáticos, es de gran importancia desde el punto de vista de la durabilidad de las construcción y su habitabilidad.

Los trabajos que se están llevando a cabo sobre muestras testigo de modelos de ensayos que son sometidas a procesos alternativos de humedecimiento y secado, grado de absorción de agua y relevamiento de fallas, simulando situaciones climáticas a las que se ve sometida una construcción y grado de deterioro posible.

Esta situación a menudo es sufrida por la población especialmente aquella de bajos recursos económicos, cuando los emplazamientos habitacionales se encuentran por ejemplo en zonas inundables, quedando expuesta a la pérdida parcial o total de su vivienda.

Las actividades son desplegadas por el Grupo Tecnologías Constructivas Biosustentables en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda, Buenos Aires – Argentina.

Con la propuesta se procura promover el uso de metodologías en laboratorio y campo que se sustenten en la calidad final de las construcciones (resistencia y durabilidad), que reduzcan el impacto en el medio de emplazamiento y que favorezcan la transferencia para una mejora de la calidad de vida de las personas.

### 1. INTRODUCCIÓN

La escasez de recursos, la problemática habitacional y la pobreza han sido tratamiento de numerosos estudios por su extensión e intensidad y fundamentalmente por el impacto que causan en las poblaciones de todo el mundo.

El Organismo de las Naciones Unidas (ONU, 2008) en su Informe 2008 sobre Objetivos de Desarrollo del Milenio<sup>1</sup> propone 8 objetivos que deberían alcanzarse antes del año 2015, señalando que:

*“Aproximadamente 2.500 millones de personas, casi la mitad de la población del mundo en desarrollo, vive sin servicios de saneamiento mejorados...Más de un tercio de la población urbana en los países en desarrollo viven en tugurios.”*

Remarcando que en muchos casos se trata de espacios no habitables o inadecuados, o con una escasa durabilidad de la vivienda.

A esto se agrega la necesidad de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente incorporando prácticas sencillas, de bajo costo y menor agresión al medio.

Ya la Comisión Brundtland<sup>2</sup> (ONU, 1987) había expresado al desarrollo “sustentable” con anterioridad como aquel que logra “*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades*”.

También en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Agenda 21)<sup>3</sup> se planteó un programa de acciones de desarrollo mundial sostenible basado en la mejorar de la calidad de vida de las personas, considerando necesidades básicas primarias la salud y la vivienda. Allí se indicó la importancia de la reducción del uso de recursos no renovables y la producción de basura.

En las últimas décadas Argentina como a otros países de Latinoamérica, se han acentuado las dificultades para lograr una “vivienda adecuada” como derecho de las personas, y con ello aspectos tales como: Seguridad jurídica, disponibilidad de servicios, facilidades e infraestructura, habitabilidad, asequibilidad, etc.<sup>4</sup>

Se ha declarado que “...Alcanzar el desarrollo sostenible constituye en la República Argentina una política de Estado”.<sup>5</sup>

En la construcción tradicional muchos de los materiales constitutivos y sus técnicas de construcción provocan impactos considerables en el medioambiente, por lo que crecientemente se han ido estudiando materiales que provoquen menor agresión al medio con aprovechamiento de recursos y menores costos.

La aplicación de estas tecnologías de bajo impacto requiere además, de técnicas que garanticen seguridad en las construcciones y mejora de la calidad de vida de las personas.

## **2. ANTECEDENTES**

La búsqueda de tecnologías para construcción de viviendas de interés social basadas en el uso de suelo y/o suelo con diferentes estabilizantes es trabajo de grupos de investigación de numerosos centros de estudio del mundo.

En nuestro país, existe una tradición en ese sentido desarrollando trabajos entre otros: el ICPA - Instituto del Cemento Pórtland Argentino, el Centro de investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, el CECОВI – Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe, el CEVE – Centro Experimental de la Vivienda Económica - Córdoba, CRICYT – Centro de Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológica, Mendoza, INCIHUSA- Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales.

En diferentes reuniones técnicas sobre la temática de los últimos años, tales como SIACOT- Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT V,VI, VII 2006 al 2008), también en el Forum Internacional de Arquitectura y Tecnologías para la Construcción Sustentable - Ecobuilding 2008, se ha reiterado la necesidad de lograr una mayor acumulación de conocimientos en cuanto a estandarización de métodos de control específicos para estos materiales. En este marco el Grupo Tecnologías Constructivas Biosustentables desarrolla actividades de investigación desde el año 2004 en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras - LEME de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda, Pcia. Buenos Aires.

El proyecto “Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD” desarrolla ensayos que faciliten el establecimiento de metodologías de control y el aseguramiento de la calidad de las obras y la seguridad de las personas que habitan este tipo de construcción.

La evaluación de desempeño y aptitud técnica se realiza a través de modelos constructivos de cerramientos de viviendas elaborados con suelo estabilizado. Estos requieren generar conocimientos para el futuro diseño de normas específicas, inexistentes actualmente en el país.

Gran parte de la población, especialmente aquella de escasez recursos se ve afectada anualmente por problemas en sus viviendas ante la presencia de agentes climáticos como el agua.

En particular, interesa en esta parte del estudio el comportamiento de este material ante la exposición al agua, y en que medida afecta su durabilidad y dificulta la habitabilidad de la vivienda.

### **3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DENTRO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACION**

Evaluar el comportamiento de modelos instructivos ante el contacto con agua y en procesos de humedecimiento y secado.

### **4. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

La evaluación de la calidad<sup>6</sup> de un producto final colocado lleva implícita la consideración de la influencia de la calidad de los materiales que lo componen, la calidad en los procesos constructivos y el desempeño funcional del conjunto (García, Nigro y Mazzeo, 2007).

Se plantea el plan de trabajo experimental, a saber:

- Recopilación de datos y evaluación de antecedentes adoptando bibliografía en el tema patologías y normas relativas a materiales como base (Bowles, 1978).
- Búsqueda de suelo disponible en el mercado.
- Selección de cantera que aporte el material adecuado proveniente de la Pcia. de Buenos Aires.
- Definición de constantes físicas y características organolépticas del suelo solo y estabilizado, densidad máxima de compactación y humedad óptima de moldeo.
- Evaluación de resultados de ensayos sobre material base (Terzaghi y Peck, 1973).
- Diseño de mezclas. Evaluación de desempeño.
- Evaluación del comportamiento mecánico.
- Construcción de modelos experimentales para ensayo. Y adaptación de dispositivos de ensayo.
- Toma de muestras testigo para someter a ensayos de comportamiento frente al medio húmedo.
- Diseño de ensayos de evaluación de efectos del agua.
- Ejecución de ensayos y evaluación.

### 4.3 Instrumentos de registro

Los formularios diseñados para registro de ensayos pueden observarse en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5.

- Tabla 1: Ficha modelo de identificación de suelos. (IRAM, 1968-1971-1982-1986 y 2007),(DVN, 1998), (Minke, 2001).

Tabla 1 – Ficha modelo de identificación de suelos.

Ficha de Identificación del suelo			
Fecha extracción			
Cantidad muestra (IRAM 10500)			
Identificación Cantera			
Zona			
Color			
Olor (Minke, 2001)			
Granulometría (IRAM 10507)	Tamiz		
Resultados	Nº 10	Nº 40	Nº 200
(% que pasa)			
Constantes físicas (IRAM 10501)	LL	LP	IP
Resultados (%)			
Clasificación (IRAM 10509-10521)			
Clasificación (VN-E4-84) <sup>5</sup>			

- Tabla 2: Distribución granulométrica y constantes físicas de suelos (ejemplo) (IRAM, 1971- 1982-1986 y 2007) (DVN, 1998).

Tabla 2 – Distribución granulométrica y constantes físicas de suelos

Granulometría	Resultados		
(IRAM 10507)	Tamiz Nº 10	Tamiz Nº 40	Tamiz Nº 200
(% que pasa)			
Constantes físicas	Resultados (%)		
Límite líquido (LL) (IRAM 10501)	38,2		
Límite plástico (LP) (IRAM 10501)	33,4		
Índice de plasticidad (IP) (IRAM 10501)	4,8		
Clasificación (IRAM 10509-10521)	ML		
Clasificación (VN-E4-84) <sup>5</sup>	A-4 IG-1		

- Tabla 3: Ensayo de compactación (ejemplo) (IRAM, 1972 y 1977).

Tabla 3 – Ensayo de compactación (ejemplo)

Ensayo de compactación	Resultados		
(IRAM 10511-10522)	Suelo seleccionado	Suelo-cemento 10%	Suelo-cal 5%
Densidad seca máxima (kg/m <sup>3</sup> )	1450	1480	1380
Humedad óptima (%)	26,0	26,5	29,0

- Tabla 4: Ensayo de capacidad de succión por capilaridad (IRAM,1982)

Tabla 4 – Ensayo de capacidad de succión

Ensayo de succión	Resultados		
(base IRAM 12589)	Testigo Suelo-cemento	Ladrillo	Bloque cerámico hueco
Capacidad de succión (g/cm <sup>2</sup> )			
Succión característica (g/cm <sup>2</sup> )			

- Tabla 5: Método de ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado en mezclas de suelo-cemento (IRAM, 1972)

**Tabla 5** – Ensayo de humedecimiento y secado

Ensayo de humedecimiento y secado (IRAM 10524 - VN - E21 - 66)	Resultados		
	Testigo	Ladrillo	Bloque cerámico hueco
Capacidad de succión (g/cm <sup>2</sup> )			
Succión característica (g/cm <sup>2</sup> )			

#### 4.1. Ensayos de aptitud de modelo frente a efectos de agua.

Se utilizaron modelos constructivos con adaptación de los dispositivos de ensayo disponibles en Laboratorio para asegurar la confiabilidad de los resultados.

Para ellos previamente se desarrollaron diferentes técnicas de moldeo de modelos evaluando la simplicidad del trabajo, las alteraciones durante el proceso constructivo, el proceso de curado, el estudio de fallas y la prevención de aquellas potenciales, seleccionando las mas adecuadas.

Se realizaron los siguientes ensayos sobre testigos extraídos de modelos constructivos de laboratorio hasta el momento:

- Evaluación de muestra testigo por inmersión en agua a la edad de 7 y 28 ds.  
 Las muestras testigo extraídas de modelo constructivo de ensayo por calado fueron colocadas en recipiente por inmersión en agua a temperatura 22°C ± 2°C.durante un periodo de 28ds.
- Determinación de peso específico aparente para estado saturado y con la superficie seca y absorción de agua.  
 El estudio se realiza con las muestras testigo, mediante inmersión en agua basada en norma VN-E13–67- Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos gruesos.
- Ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento.  
 El estudio se realiza a efectos de determinar de comportamiento de muestras testigos a procesos de humedecimiento y secado en ciclos alternativos. Se utiliza como base la norma IRAM 10524 y la norma VN-E22-66. En las figuras 1 y 2 se observan algunas de las muestras utilizadas para el ensayo.



Figura 1 – Probetas sometidas a ensayos de humedecimiento y secado



Figura 2 – Muestras testigo sometidas a ensayos de humedecimiento y secado

- Método de determinación de características físicas. Resistencia a la intemperie. Capacidad de succión por capilaridad.

El estudio se realiza adaptando la norma IRAM 10589 para el estudio de probetas testigos extraídas de los modelos construidos. Se realiza un ensayo comparativo con ladrillos y bloques cerámicos huecos. En las figuras 3,4 y 5 se observan algunas de las muestras estudiadas.



Figura 3 – Bloques cerámico hueco sometidos a ensayo de capilaridad



Figura 4 – Ladrillos sometidos a ensayo de capilaridad



Figura 5 – Testigo de modelo constructivo sometidos a ensayo de capilaridad

## 4.2. Resultados de ensayos

### 1. Ensayo de inmersión de testigos en agua

Se partió de muestras secas al aire en ambiente de laboratorio luego se sumergieron en agua haciendo una observación de fallas y deterioro del material a la edad de 7 d y final a la edad de 38 ds.

No se observaron desprendimientos de material relevante, ni disgregación de partículas, conservando integridad.

### 2. Determinación de peso específico aparente para estado saturado y con la superficie seca y absorción de agua.

El promedio de resultados obtenidos arrojó un peso específico para la condición de saturado y con la superficie seca de  $1,81 \text{ g/cm}^3$ , y una humedad de absorción del aprox. 33%.

### 3. Ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado de mezclas de suelo-cemento.

Se ha utilizado como base las normas IRAM 10524 y VN-E22-66 con adaptaciones. Para estos primeros estudios la muestra es sometida a cinco (5) en cada ciclo a un humedecimiento por inmersión en agua a  $22^\circ \pm 2^\circ \text{C}$  durante 24 hs. y luego secado hasta peso constante en estufa a  $105 \pm 1^\circ \text{C}$ .

A final de los ciclos las muestras se observan sin disgregación de material relevante y conservan su integridad, observando pérdidas de peso menores al 1%.

### 4. Método de determinación de características físicas. Resistencia a la intemperie. Capacidad de succión por capilaridad.

Se utilizan muestras secadas a estufa  $105 \pm 1^\circ \text{C}$  hasta peso constante. Al finalizar el ensayo las muestras arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 6 – Succión característica

Succión característica	$\text{g/cm}^2$
Testigo de suelo estabilizado:	1,03
Bloque cerámico hueco:	0,44
Ladrillo:	2,02

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

De los estudios realizados pudo determinarse que los modelos constructivos presentan desempeños diferenciales según los medios y forma de compactación y curado posterior.

La aptitud del modelo constructivo en cuanto a su durabilidad ante la presencia de agua está relacionada con el tipo de mezclas obtenidas, los materiales componentes y forma de compactación:

En cuanto a la resistencia a la degradación por agua en inmersión los modelos con suelos estabilizados de buena calidad (tipo A-4) puede considerarse aceptable.

En cuanto al efecto de succión de agua por capilaridad, se observa que el valor obtenido en muestras de ladrillo macizo tradicional duplican el valor obtenido en las muestras testigo de suelo estabilizado. En este sentido el material en estudio presenta un mejor comportamiento que un ladrillo tradicional utilizado en muro. No obstante, debe indicarse que superó notablemente los valores obtenidos en bloques cerámicos huecos.

Se continuará con trabajos de evaluación complementarios a la investigación. Agradecemos la constancia y esfuerzo de los integrantes del grupo de investigación, técnicos Pedro Davio y Lucas Marzetti y el especial interés de los estudiantes becarios de ingeniería civil.

Entendemos que el logro de método de control y evaluación de aptitud de mezclas de suelos solos o estabilizados podrá ser un aporte tecnológico que asegure la calidad de las futuras construcciones en este tipo de materiales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- BOWLES, J., (1978). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Traducido por Arrieta, A. Bogotá: Editorial McGraw-Hill Latinoamericana S.A.
- DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA E INDUSTRIALIZACIÓN, (2008) - Recomendaciones para Inspectores. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo urbano y vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.
- DVN, (1998). Normas de Ensayo VN-E4-84 – Clasificación de suelos. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaria de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.
- DVN, (1998). Norma de Ensayo VN-E13-67- Peso específico aparente y absorción de agregados pétreos gruesos. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaria de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.
- GARCIA, A, NIGRO, E. Y MAZZEO, J.(2007) Métodos de control de calidad aplicados a "Modelos constructivos con suelo estabilizado", desarrollo de base normativa en UTN-FRA en Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable SIACOT VI, pág. 192-195. México, 2007.
- IRAM, (1968). IRAM 10500 – Mecánica de suelos. Preparación de muestras. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (2007). IRAM 10501 – Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1986). IRAM 10507 – Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1982). IRAM 10509 – Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1977). IRAM 10511 – Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en laboratorio. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1971). IRAM 10521 – Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1972). IRAM 10522 – Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en mezclas de suelo-cemento. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- IRAM, (1972). IRAM 10524 Mecánica de suelos. Método de ensayo de durabilidad por humedecimiento y secado en mezclas de suelo-cemento.
- IRAM, (1982). IRAM 12589 – Ladrillos y bloques cerámicos para muros. Método de determinación de características físicas. Resistencia a la intemperie. Capacidad de succión en ladrillo y bloques. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
- MINKE, G., (2001) - Manual de Construcción en Tierra. Uruguay: Nordan-Comunidad.
- ONU, 1987. Report of the World Commission on Environment and Development- WCED (Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo a la Asamblea de Naciones Unidas) N° A/42/427. Estados Unidos: Organismo de Naciones Unidas.
- TERZAGHI, K. y PECK, R., (1973) - Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Buenos Aires, El Ateneo.

## **NOTAS**

- 1 – Informe del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Secretaría de las Naciones Unidas con evaluación de logros al 2008 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
- 2 - Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU: Nuestro Futuro Común emitido por la denominada Comisión Brundtland (debido a la Primer Ministro Ambiental en Suecia Sra. Gro Harlem Brundtland), 1987.
- 3 – Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Segunda "Cumbre de la Tierra") en Río de Janeiro, junio de 1992.
- 4 – Universidad de Quilmes según Informe sobre "La situación habitacional en Argentina año 2001", convenio con la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación, 2007.

5 – Cita en el punto 4, “Desarrollo sostenible para consolidar una política de crecimiento con equidad” Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable - Declaración de los Sres. Gobernadores sobre Desarrollo sostenible, 05-05-2006, pag. web <http://www.ambiente.gov.ar> – Sección publicaciones.

6 – Los autores García, Nigro y Mazzeo en el artículo Métodos de control de calidad aplicados a “Modelos constructivos con suelo estabilizado”, desarrollo de base normativa en UTN-FRA indican las condiciones de aptitud de modelos constructivos. SIACOT VI, 2007.

**Adriana Beatriz García.** Ingeniera en Construcciones y Quality Auditor DGQ-EOQ. Docente Codirectora de equipo de investigación desde el 2004, Dpto. de Ingeniería Civil, Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Asesora tecnología de materiales de construcción y gestión de la calidad en áreas privadas y públicas. Coordinadora de Calidad y Delegada UTN-FRA ante UNILAB. Miembro representante de UTN FRA en la Red PROTERRA. [abgarcia@fra.utn.edu.ar](mailto:abgarcia@fra.utn.edu.ar)

**Juan Pablo Mazzeo.** Ingeniero Civil y Docente FRA-UTN. Becario en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras LEME desde el año 2004. Becario Investigador integrante de equipo desde el 2004, del Dpto. de Ingeniería Civil, Fac. Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Proyectista y calculista de estructuras metálicas y de hormigón armado en el ámbito privado. Miembro representante de UTN FRA en la Red PROTERRA. [jpmazzeo@fra.utn.edu.ar](mailto:jpmazzeo@fra.utn.edu.ar)

**Pablo Nicolás Grazzi.** Estudiante de Ingeniería Civil FRA-UTN. Becario en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras LEME desde el año 2007 a la fecha. Becario investigador integrante de equipo desde el 2007, del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Avellaneda - Universidad Tecnológica Nacional. [grazzipablo@hotmail.com](mailto:grazzipablo@hotmail.com)