



CALIDAD DE EDIFICACIONES EN SUELO ESTABILIZADO Y SU EVALUACIÓN MEDIANTE MODELOS CONSTRUCTIVOS

Adriana Beatriz García¹, Juan Pablo Mazzeo², Pablo Grazi³

Facultad Regional Avellaneda - Universidad Tecnológica Nacional - Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEME) - Departamento Ingeniería Civil
San Vicente 206, Villa Dominico, Buenos Aires, Argentina
Tel: (54 11) 4353 0220 - int. 118; (1) abgarcia@fra.utn.edu.ar;
(2) jpmazzeo@fra.utn.edu.ar; (3) grazzipablo@hotmail.com

Palabras clave: calidad en edificaciones, modelos constructivos, suelo estabilizado

RESUMEN

El avance de estrategias constructivas que minimizan el impacto ambiental de los materiales empleados en la construcción de viviendas, especialmente las denominadas de interés social, se ha incrementado en los últimos años como un camino válido para resolver el déficit habitacional que globalmente afecta diferentes países en el mundo y se encuentra muy extendido en Latinoamérica.

Entre otros materiales el suelo solo o estabilizado es utilizado con este fin bajo distintas técnicas, presentando ventajas, entre otras, en cuanto a la factibilidad de transferencia tecnológica al medio, disminución de agresión hacia el medioambiente y menor costo de ejecución.

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación: "Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD", que actualmente desarrolla el Grupo Tecnologías Constructivas Biosustentables en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda, Buenos Aires - Argentina, centrado en el diseño experimental de un sistema de control estandarizado sobre modelos de ensayo contruidos con el mencionado material base. El mismo establece controles en laboratorio y métodos sencillos de control en campo durante el proceso constructivo, encontrándose el equipo trabajando en estos aspectos actualmente.

El estudio se fundamenta en que el establecimiento de métodos estandarizados de control específicos que, consideren las características propias de este tipo de mezclas, los métodos constructivos y su destino final, como es por ejemplo: cerramientos en las viviendas, se traducen en un aporte tecnológico desde la Universidad Tecnológica Nacional hacia la sociedad.

Se promueve de esta manera, el uso de metodologías destinadas a obtener edificaciones de calidad adecuada (resistencia y durabilidad) con estándares mínimos de aceptabilidad, que reduzcan el riesgo de daño al medio, y fundamentalmente contribuyan a la mejora de la calidad de vida de las personas.

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación a nivel mundial por encontrar respuestas a las necesidades de las comunidades que afecten en menor medida al medio y los recursos naturales es creciente.

El Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas (ONU, 1987), de la denominada Comisión Brundtland¹: Nuestro Futuro Común (Our Common Future), planteó una invitación al cambio de paradigma, un llamado a la reflexión, al expresar al desarrollo "sustentable" como aquel que logra:

"Meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs"

(Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades)

Se señaló el concepto de desarrollo sostenible asociado a aspectos: ambiental, económico y social.

En la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Agenda 21)² se planteó un programa de acción sobre desarrollo mundial sostenible mediante lineamientos tendientes a tomar como base los mencionados aspectos.

Esta mirada es una propuesta de desarrollo cuyo fundamento es mejorar la calidad de vida de la comunidad sobre la base de:

- Respetar la diversidad biológica, la ecología.
- Satisfacer necesidades básicas primarias de las personas, entre las que se encuentra la salud y la vivienda.
- Reducir del uso de recursos no renovables y la producción de basura.

La problemática de la escasez de vivienda se ha extendido a países de Latinoamérica y el mundo, acompañando a la escasez de recursos y la pobreza.

Actualmente, se desarrollan técnicas constructivas en las que se utilizan diferentes materiales como un desafío enfocado en el crecimiento de la denominada “Construcción sostenible”, aquella que respeta y se compromete con el Medio Ambiente.

En los últimos años la desocupación y la escasez de recursos, ha afectado a Argentina como a otros países de la región, presentando un panorama en el que se ha dificultado el derecho de las personas a una “vivienda adecuada”, y por lo tanto a aspectos como: Seguridad jurídica, disponibilidad de servicios, facilidades e infraestructura, habitabilidad, asequibilidad, etc.³

La declaración de Gobernadores propone el “Desarrollo sostenible para consolidar una política de crecimiento con equidad”⁴ cita en el punto 4 entre otras consideraciones:

“Que la comunidad internacional incorporó el paradigma del desarrollo sostenible, comprometiéndose a promover la integración de sus tres componentes: el crecimiento económico, la equidad social y la protección del ambiente “... declarando que “...Alcanzar el desarrollo sostenible constituye en la República Argentina una política de Estado”.

Muchos de los materiales tradicionales utilizados en la construcción introducen un impacto en el medioambiente, en las diferentes etapas como ser: su extracción y procesos de fabricación.

De la misma forma debemos considerar el impacto que puede generarse durante los procesos constructivos en los que se aplican sin dejar de lado la disposición posterior a la vida útil de la edificación.

Actualmente en diferentes centros de estudios en el mundo se desarrollan experiencias en las que se utilizan “ecomateriales” como materia prima para la construcción de viviendas.

La aplicación de estas tecnologías de bajo impacto como el uso de suelos estabilizados procura menor impacto en el medio ambiente, disminución de costos para un mejor aprovechamiento de recursos y principalmente deben atender a una mejor calidad de vida de las personas.

2. ANTECEDENTES

La presencia de edificaciones con el empleo de la piedra calcárea, ladrillo cocido y de tierra apisonada ha sido característica hasta de Dinastía III en Egipto. También se han desarrollado construcciones utilizando suelos en Asia y Europa.

En América países como por ejemplo Perú, Ecuador, México, Brasil y Argentina conservan hasta hoy muchas construcciones de este tipo.

En nuestro país el uso de “suelo” en construcción de viviendas en “adobe” se desarrolló especialmente en el periodo colonial. En diferentes zonas del país y en Buenos Aires permanecen actualmente algunas de estas construcciones a pesar del tiempo.

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.

La aplicación de suelos estabilizados en subbases destinadas a vías de comunicación es una práctica extendida por lo que podemos analizar patologías que se presentan habitualmente dadas por fallas debidas a:

- Selección del material
- Selección de mezclas dosificadas
- Deficiencias en el proceso constructivo
- Falta y/o escasez de especificaciones técnicas
- Falta de mantenimiento adecuado que asegure la calidad de las obras

Es previsible que esta situación se reitere en el uso de este material con destino en cerramientos de viviendas.

En diferentes reuniones técnicas internacionales de los últimos años como, por ejemplo, Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra -SIACOT V (2006), Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra - SIACOT VI (2007), Forum Internacional de Arquitectura y Tecnologías para la Construcción Sustentable - Ecobuilding 2008, varios grupos de investigación participantes y la Red Iberoamericana PROTERRA en su conjunto evidenciaron en forma reiterada, entre otros aspectos importantes, la necesidad de promover la elaboración de normativas específicas para estos materiales con destino a la construcción de viviendas.

La evaluación de desempeño y aptitud técnica a través de modelos constructivos de cerramientos de viviendas elaborados con suelo estabilizado, requiere desarrollos que contribuyan a asegurar la calidad, y conformen una base válida para el futuro diseño de normas específicas, inexistentes actualmente en el país.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras (LEME), Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda, el equipo de investigación realiza trabajos basados en tecnologías constructivas biosustentables desde el año 2004.

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de materiales que disminuyen daños al medioambiente, metodologías de control de calidad y conjuntamente con el grupo de investigación de CECOVÍ – Facultad Regional Santa Fe de UTN, que posee amplia experiencia en bioconstrucción, en el apoyo a la formación basada en prácticas que aseguren la calidad de las obras de profesionales y técnicos.

El proyecto “Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD” en particular propone aportes que faciliten el establecimiento de metodologías de control y el aseguramiento de la calidad de las obras, promoviendo fundamentalmente la mejora de la calidad de vida de la población.

La edificación utilizando suelos estabilizados es de bajo impacto hacia el medio ambiente y disminuye los costos comparativos con construcciones tradicionales, aplica tecnología de baja complejidad y ductilidad en la transferencia a la comunidad, facilitando su uso en la autoconstrucción.

3. OBJETIVOS

Aportar lineamientos de control metodológico destinados mejorar la calidad final de la vivienda, considerando requisitos técnicos, ambientales y sociales.

Esto implica establecer:

1. Criterios de control previos destinados a lograr una construcción sostenible sobre los que el profesional debe reflexionar y adoptar decisiones en relación al diseño.

Son pautas que estiman las condiciones del entorno donde se localizará la vivienda, usos de recursos, materiales y técnica adecuados, basados en recomendaciones a nivel mundial.

2. Desarrollo experimental métodos de control en laboratorio y su adaptación con prácticas de campo.

Determinación de técnicas de control basadas en prácticas experimentales, diseño de modelos de ensayo, evaluación de su comportamiento físico-mecánico.

3. Herramientas documentales de Registro de Ensayos y Lista de verificación de Criterios de Control Global.

4. DESARROLLO

A continuación se indican los avances realizados hasta el momento.

4.1 Criterios de control

De acuerdo a lo expresado anteriormente, entre los aspectos que debería considerar el profesional previo al diseño de una vivienda de construcción sostenible pueden mencionarse prácticas que disminuyan:

- El consumo energético
- El consumo de agua
- El uso de materiales que puedan afectar el medio y los seres que lo habitan, prevaleciendo aquellos de menor impacto bioambiental.
- La producción de residuos y contaminación que puedan ocasionar a través de la reutilización responsable con aportes de tecnologías.

Fortalecer además:

- El respeto por el ambiente natural
- Adaptación al medio
- Ambiente interno de la vivienda saludable
- El uso de materiales renovables.

4.2 Desarrollo experimental

Los antecedentes estudiados revelan la importancia de minimizar fallas en las construcciones con suelo estabilizado aplicados a viviendas de interés social, puesto que disminuye la confiabilidad del uso de estos sistemas constructivos.

Se ha planteado el estudio analizando la influencia de la calidad de los materiales componentes y producto final, y la calidad en los procesos constructivos, puesto que están ligados a la resistencia, durabilidad y economía del producto terminado y la estandarización de métodos puede contribuir a la mejora de la calidad. Se formulan:

- Ensayos de tipificación del material base de modelos.
- Ensayos de control en modelos.

- Técnica en los procesos constructivos.

En consecuencia se comenzó a trabajar en un plan de trabajo experimental, a saber:

- Recopilación, análisis y evaluación de antecedentes en la temática, 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. Se trabajó con suelo proveniente de la Pcia. de Buenos Aires.
- Definición de constantes físicas y características organolépticas del suelo solo y estabilizado.

Se determinó la densidad máxima de compactación y humedad óptima de moldeo.

- Evaluación de resultados de ensayos sobre materias primas (Terzaghi y Peck, 1973).
- Diseño de mezclas. Seleccionando la de mejor desempeño considerando todos los ensayos realizados.
- Determinación de comportamiento mecánico y evaluación de resultados. En la figura 1 se observan algunas probetas representativas de muestras ensayadas a la compresión.



Figura 1 – Probetas sometidas a ensayos mecánicos

- Construcción de modelos experimentales para ensayo.

Se trabajó en diferentes etapas sobre la base de construcción de modelos con posibilidades de ser ensayado con el equipamiento disponible en Laboratorio previa adaptación de mecanismos para la seguridad de los resultados.

Igualmente 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 (figura 2).



Figura 2 – Modelo constructivo de suelo-cemento con compactación manual

4.3 Instrumentos de registro

Para el registro de los ensayos realizados se diseñaron planillas de registro en las que se pudieran ingresar los datos y cuyo ordenamiento permitiera la evaluación de resultados en forma rápida.

Las mismas pueden observarse en las tablas 1, 2 y 3.

- Tabla 1: Ficha modelo de identificación de suelos (IRAM, 1968, 1971, 1982, 1986 y 2007; DVN, 1998; Minke, 2001).
- Tabla 2: Distribución granulométrica y constantes físicas de suelos (ejemplo) (IRAM, 1971, 1982, 1986 y 2007; DVN, 1998).
- Tabla 3: Ensayo de compactación (ejemplo) (IRAM, 1972 y 1977).

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) ⁵			

Tabla 2 – Distribución granulométrica y constantes físicas de suelos (ejemplo)

Granulometría	Resultados		
(IRAM 10507)	Tamiz Nº 10	Tamiz Nº 40	Tamiz Nº 200
(% que pasa)	84	71	51
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) ⁵	A-4 IG-1		

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 ³)	1450	1480	1380
Humedad óptima (%)	26,0	26,5	29,0

4.4 Criterios de control global

Considerando las pautas de trabajo de la investigación no podemos dejar de evaluar en forma global criterios que asuman responsabilidad sobre la construcción sostenible. Por lo cual planteamos criterios que deben evaluarse al momento de diseñar una vivienda de

interés social (Dirección de Tecnología e Industrialización, 2000) y verificados durante la construcción (Dirección de Tecnología e Industrialización, 2008), con los que se elaboró una lista de chequeo o verificación, a saber:

1. Criterio: Medioambiente
 - 1.1. Respecto por el medio, adaptación y disminución de posible agresión.
 - 1.2. Respeto por la cultura y medio social de la comunidad.
 - 1.3. Calidad del ambiente interno de la edificación, para que no afecte la salud de sus habitantes.
2. Criterio: Recursos
 - 2.1. Consumo de agua.
 - 2.2. Consumo de energía.
 - 2.3. Agresión hacia el suelo.
 - 2.4. Elección de materiales adecuados, minimizando contaminación y residuos.
3. Criterio Calidad Vivienda
 - 3.1. Calidad de los materiales y mezclas utilizados.
 - 3.2. Calidad de los procesos constructivos.
 - 3.3. Evaluación de mantenimiento y vida útil.
4. Criterio Factor Humano
 - 4.1. Formación de miembros de la comunidad para facilitar la autoconstrucción supervisada.
 - 4.2. Formación de profesionales en tecnologías con ecomateriales.

5. CONSIDERACIONES FINALES

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

Se han detectado los desvíos que pueden originar los defectos de compactación, de humedad adecuada y curado del modelo.

La aptitud del modelo constructivo (resistencia, durabilidad y economía del producto terminado) está relacionada con:

- a) La adecuación de la calidad de los materiales componentes de las mezclas y del producto obtenido.
- b) La adopción de procedimientos que aseguren la calidad en los procesos constructivos.

Continuamos trabajando con modelos de estudio puesto que consideramos que estos métodos de control tienden no solo a apoyar las actividades del profesional sino que es apropiado para grupos de autoconstrucción, puesto que fomenta la seguridad y calidad final de la construcción.

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, (2000) - Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo urbano y vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.

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.

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.

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 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.

2 – Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Segunda "Cumbre de la Tierra") en Río de Janeiro, junio de 1992.

3 – Universidad de Quilmes (2007) según Informe sobre "La situación habitacional en Argentina año 2001", convenio con la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación.

4 – 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.

5 - Dirección Nacional de Vialidad (1998), "Clasificación de Suelos", Normas de Ensayo, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.

AUTORES

Adriana Beatriz García, Ingeniera en Construcciones y Quality Auditor DGQ-EOQ. Docente Codirectora de equipo de investigación desde el 2004, Dpto. de Ingeniería Civil, Fac. Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional. Asesora tecnología de materiales de construcción y

gestión de la calidad en áreas privadas y públicas. Miembro representante de UTN FRA en la Red PROTERRA. Delegada UTN-FRA ante UNILAB.

Juan Pablo Mazzeo, Ingeniero Civil y Docente FRA-UTN. Becario en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras LEME desde el año 2004 a la fecha. 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.

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.