



## CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. PROYECTOS DE DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA CONTEXTOS DE EMERGENCIA

Clara Giura<sup>1</sup>, Emiliano Cruz Michelena Valcárcel<sup>2</sup>, Simonetta Pagliolico<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia, Politecnico di Torino - Cso, Duca degli Abruzzi 24 – 10129 – Torino, Italia Tel: +39.011.090.4677 [simonetta.pagliolico@polito.it](mailto:simonetta.pagliolico@polito.it) [clara.giura@gmail.com](mailto:clara.giura@gmail.com)

<sup>2</sup> Dipartimento Interateneo di Scienza, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico di Torino, Cso, Massimo D'Azeglio 42 – 10125 – Torino, Italia Tel: +39.34-5995.8638 [emiliano.michelena@polito.it](mailto:emiliano.michelena@polito.it)

**Palabras claves:** Educación; Autoconstrucción; Producción Artesanal; Desarrollo Sustentable

### Resumen

Ante los desafíos implícitos en la búsqueda de un desarrollo sustentable, el rol de la arquitectura y la tecnología, de la innovación y la experimentación, ocupan un espacio preponderante. Ante el modelo High Tech dominante, la utilización de materiales constructivos de origen natural poco elaborados, en especial la tierra, podría ser la vía para la definición de una “tecnología apropiada” tanto para los países del sur del mundo, como para las economías dominantes cuyo modelo de desarrollo se encuentra actualmente en crisis. La experiencia didáctica desarrollada dentro de la Facultad de Arquitectura del Politécnico de Turín, se basa en la conexión entre teoría y práctica con el objetivo de crear una interacción entre la experimentación tecnológica y la profundización teórica, donde la actividad de campo se presenta como reflejo de la formación teórica y esta última encuentra un nuevo impulso en la acción, a través de un proceso orgánico y unitario. Se destaca la realización de prototipos para la construcción y adecuación de envolventes edilicias con el objetivo de mejorar las condiciones del confort en distintos contextos tanto rurales como urbanos. El resultado es la obtención de soluciones tecnológicas innovativas que permiten estandarizar y multiplicar la utilización de sistemas a base de materiales naturales a través de la modulación, la sistematización de los procesos de elaboración, y la puesta en marcha de procesos de transferencia tecnológica. Entre los resultados se incluyen la realización de diferentes bloques de tierra comprimida, revoques en tierra y procesos de impermeabilización, paneles en bambú revocados en tierra, paneles prefabricados con bloques de tierra especiales, paneles entramados con materiales reciclados y tierra y paneles de revestimiento de cultivación hidropónica.

## 1. PRESENTACION

### 1.1 Tecnología *low tech*, una opción para el sur del mundo

Entre las muchas definiciones de la práctica tecnológica, la que tal vez representa un enfoque más holístico puede ser *la aplicación de conocimientos científicos o de otro tipo con fines prácticos, mediante sistemas ordenados que involucran personas y organizaciones, seres vivos y maquinas* (Pacey, 1985, p.6). Esta definición, a diferencia de otras, no se limita a la consideración del conocimiento científico en función de la elaboración industrial como base del desarrollo tecnológico, sino que ofrece una visión más amplia que incluye todo tipo de conocimiento y sobre todo se centra en las personas y las relaciones.

Dentro de este enfoque pueden incluirse las diversas experiencias “alternativas” que fundadas en una considerable competencia técnica por parte de sus practicantes, recuperan y valorizan técnicas tradicionales, como una alternativa posible ante el modelo *high tech* que se presenta como la única alternativa en contextos altamente industrializados. Este último modelo no domina solamente la práctica profesional de los países del norte del mundo, sino que incluso en contextos considerablemente más pobres, y de diversas tradiciones tecnológicas, el intento por obtener productos edilicios altamente complejos e industrializados deriva en lo que algunos han llamado “*high tech* criollo”. De este modo algunas ciudades del sur del mundo importan piezas desde Bilbao, con el consiguiente perjuicio en términos de consumo de energía gris y producción de CO<sub>2</sub>, o se realizan copias de mala calidad que encandilan durante sus primeros meses de funcionamiento pero pronto pierden su atractivo y no logran ocupar un espacio en la conformación de la identidad.

Ante las condiciones geográficas, geológicas, físicas, climáticas, sociales, culturales y económicas, en algunos casos actualmente favorables, de las naciones del sur del mundo, la definición de un nuevo modelo de desarrollo sustentable tiene que incluir la consolidación de una “tecnología apropiada”. Una voluntad de *revisión del rol de la tecnología asociada a la contención del uso los recursos, a la reducción de los desechos, a la participación, al control y le gestión de los procesos por parte de los usuarios, a la valorización de factores no monetarios, a la atención al hombre* (Bocco; Cavaglia, 2008, p.128). En esta óptica recuperar técnicas con materiales naturales poco elaborados como la tierra, y poner en marcha procesos de innovación en el uso de los mismos, podría significar una alternativa para el *tercio de la población mundial que vive en barrios de emergencia, y que no están solo al margen de la producción de riqueza, sino también del recurso de principio-esperanza* (Irace, 2008, p.16). Incluso puede presentar una solución para los problemas habitacionales de las grandes urbes occidentales, sobre todo ante el nuevo panorama de crisis internacional que ha exacerbado los problemas habitacionales incluso en los países dominantes.

El uso de estos materiales, incluso en contextos industrializados y en proyectos convencionales, puede suponer una opción ante los productos ofrecidos por el mercado, muchas veces no necesariamente desarrollados para mejorar las prestaciones de los edificios, sino para abaratar costos de producción y eliminar mano de obra. Esto no supone una propuesta de eliminación o modificación radical de la industria de la construcción, sino la apertura hacia nuevas alternativas que podrían convivir e incluso enriquecer el modelo tecnológico actual. El retorno a un tipo de trabajo artesanal y a procesos de autoconstrucción que puedan convivir con la realidad industrial podría ser una respuesta al problema global de la falta de trabajo por el desplazamiento de la mano de obra (sobre todo en los procesos productivos de los materiales de la construcción) a favor de las máquinas.

## **1.2 El rol de la educación, nuevas alternativas.**

Es importante la construcción de una conciencia ética y de una sapiencia tecnológica relacionadas al oficio del arquitecto, dentro de este enfoque la formación académica es fundamental.

La crítica al modelo educativo tradicional evidenciado en el film documental, *La Educación Prohibida se propone cuestionar las lógicas de la escolarización moderna y la forma de entender la educación, visibilizando experiencias educativas diferentes, no convencionales que plantean la necesidad de un nuevo paradigma educativo*<sup>1</sup>. Reconoce que la educación tradicional actual fue consolidada dentro del paradigma positivista regido por una economía industrial, estandarizando resultados y definiendo objetivos generales. Ante esto se presentan diversas propuestas educacionales que consideran los vínculos humanos en el desarrollo individual y colectivo como fundamentales para la formación.

La educación universitaria en general, y la arquitectónica en particular, responden a la misma lógica. En los talleres de proyecto la práctica constructiva industrializada es considerada la práctica tradicional, mientras que las tecnologías utilizadas por siglos, son consideradas “alternativas”. El desarrollo de proyectos teóricos solo con materiales industrializados (presentados al estudiante como elementos completos y finalizados) aleja al estudiante del conocimiento de los procesos de elaboración y de la experimentación en campo.

La universidad debería ser el lugar de la experimentación y la innovación y donde más que en ningún otro ámbito se deberían anticipar las normas. Debería ser el lugar de intercambio de información y enriquecimiento mutuo con el sector productivo, para por un lado obtener el conocimiento necesario para el desarrollo de proyectos sustentables, y por el otro para aprovechar el enorme potencial de los jóvenes estudiantes en términos de innovación y creatividad.

Siguiendo con la experiencias encaradas por escuelas de arquitectura *hands-on* que ya existen desde hace mucho tiempo; como el TIBA de Jhoan van Lenghen (Brasil), el Gosht de Brian Mac Kay (Canadá), o Rural Studio (EE.UU.), entre otros, el Politécnico de Turín, a

través de una metodología “aprender haciendo”, propone a sus estudiantes una oportunidad de enriquecer el proceso proyectual con la adquisición de conocimientos específicos sobre materiales y procesos constructivos, a través de métodos de autoconstrucción. Se crea de este modo, a través del uso de materiales naturales, localmente disponibles, y eco-compatibles; y sumando la colaboración con haciendas industriales, asociaciones de trabajo artesanal y distinto tipo de organizaciones; un espacio inusual para la experimentación y la innovación tecnológica.

## **2. APRENDER HACIENDO, UNA METODOLOGIA INTERDISCIPLINAR**

### **2.1 Objetivos**

“Aprender haciendo”, aprender a través del hacer, del obrar, a través del accionar, manipular, actuar, experimentar sobre los materiales reales para obtener objetos físicos, y paralelamente, comprender, estudiar y elaborar la experiencia madurada a nivel teórico; es la estrategia educativa de tipo experimental adoptada en el Curso de Grado de Arquitectura Construcción y Ciudad, del departamento de Arquitectura y Design del Politécnico de Turín. Se permite así, a través de los distintos niveles formativos de la formación de grado, el desarrollo de Unidades de Proyecto Arquitectónico y Tecnológicos, junto a cursos opcionales y Workshops.

### **2.2 Metodología**

Particularmente, en el ámbito de las Unidades de Proyecto “Regeneración de la ciudad africana: intervenciones para la auto-construcción de edificios públicos en Kigali” y “Cuzco Ciudad Linear-Escenarios de transformación a lo largo de la ferrovía” (complementaria de la experiencia extracurricular PRO-ROM), se ha propuesto una metodología formativa integrada que une los conocimientos y las competencias específicas de dos disciplinas entre ellas complementarias – la composición arquitectónica y la urbanística – y de una disciplina afín e integrativa - la ciencia y tecnología de los materiales – considerada un conocimiento indispensable para encarar decisiones racionales de proyecto y congruentes aplicaciones en la fase ejecutiva, con particular referencia a la construcción con tierra y a los procesos de autoconstrucción. De este modo, se ha buscado crear un circularidad entre acciones y retroacciones, fase productiva y fase formativa, aprendizaje práctico y aprendizaje teórico, proyecto y autoconstrucción, donde la actividad se presenta como un reflejo efectivo de la formación y la formación como reflejo de la acción, a través de un proceso orgánico e unitario.

De esta manera los alumnos desarrollan propuestas que van desde la escala urbana, a la definición de los detalles constructivos de sus proyectos, pasando por diversas escalas de definición arquitectónica, en donde la adquisición de conocimientos teóricos y prácticos alimentan y modifican constantemente las decisiones proyectuales y se construye de este modo una conciencia de la complejidad del hecho arquitectónico. Por otro lado se ofrece un primer acercamiento al mundo de la construcción, reconociendo tanto las problemáticas de una obra y obteniendo un conocimiento real de las características físicas de los materiales y de las técnicas de ejecución.

Al entrar en contacto directo con la materia y los procesos productivos el alumno aprende de manera creativa a través de la formulación espontánea de las preguntas que derivan en la generación de las respuestas.

### **2.3 Colaboradores**

Esta idea ha podido concretizarse gracias a la cooperación y la patrocinio de algunas empresas y asociaciones italianas y el Politécnico de Turín, una colaboración didáctica que nace de la convicción puesta en la importancia de adquirir información directa del sector productivo y constructivo para comprender la potencialidad formal y expresiva de los materiales y de los componentes edilicios, además de las problemáticas relacionadas al proyecto tecnológico, a la puesta en obra y a la gestión. La hacienda agrícola Permacoltura

La Boa<sup>2</sup>, il Bambusetto – cooperativa artesanal CasaDiPaglia<sup>3</sup>; la empresa Matteo Brioni<sup>4</sup>, la industria Isolpack<sup>5</sup>, la industria Buzzi Unicem spa<sup>6</sup> y el el Sermig di Torino – Arsenale della pace (Servizio Missionario Giovani<sup>7</sup>) – grupo de trabajo Re.Te<sup>8</sup>, pusieron a disposición la experiencia tecnológica, la competencia de técnicos especializados y materiales para el desarrollo de los workshops de autoconstrucción.

De este modo, se pone en marcha una provechosa colaboración entre haciendas, mundo artesanal, cooperativas agrícolas, universidad y actividad de cooperación misionera, que ofrece la oportunidad de conocer estas realidades a los futuros arquitectos, y ha confirmado la eficacia de la sinergia didáctica entre formación académica y competencia artesanal e industrial, y por otro lado, ha permitido encarar diversas colaboraciones para el desarrollo de tesis de grado en países emergentes y en vías de desarrollo. El intento de establecer un diálogo entre técnicos, artesanos y estudiantes ha representado, en definitiva, otro aspecto de la experiencia didáctica propuesta y que se auspicia pueda encontrar en el futuro ocasiones concretas de proyecto en la actividad profesional de los alumnos participantes.

## 2.4 Contextos

Frente a un mundo que va hacia una pobreza creciente, la definición de los contextos de trabajo, no supone solamente la creación de una conciencia sobre los problemas de la actualidad, sino sobre todo la consolidación de un compromiso ético como futuros arquitectos.

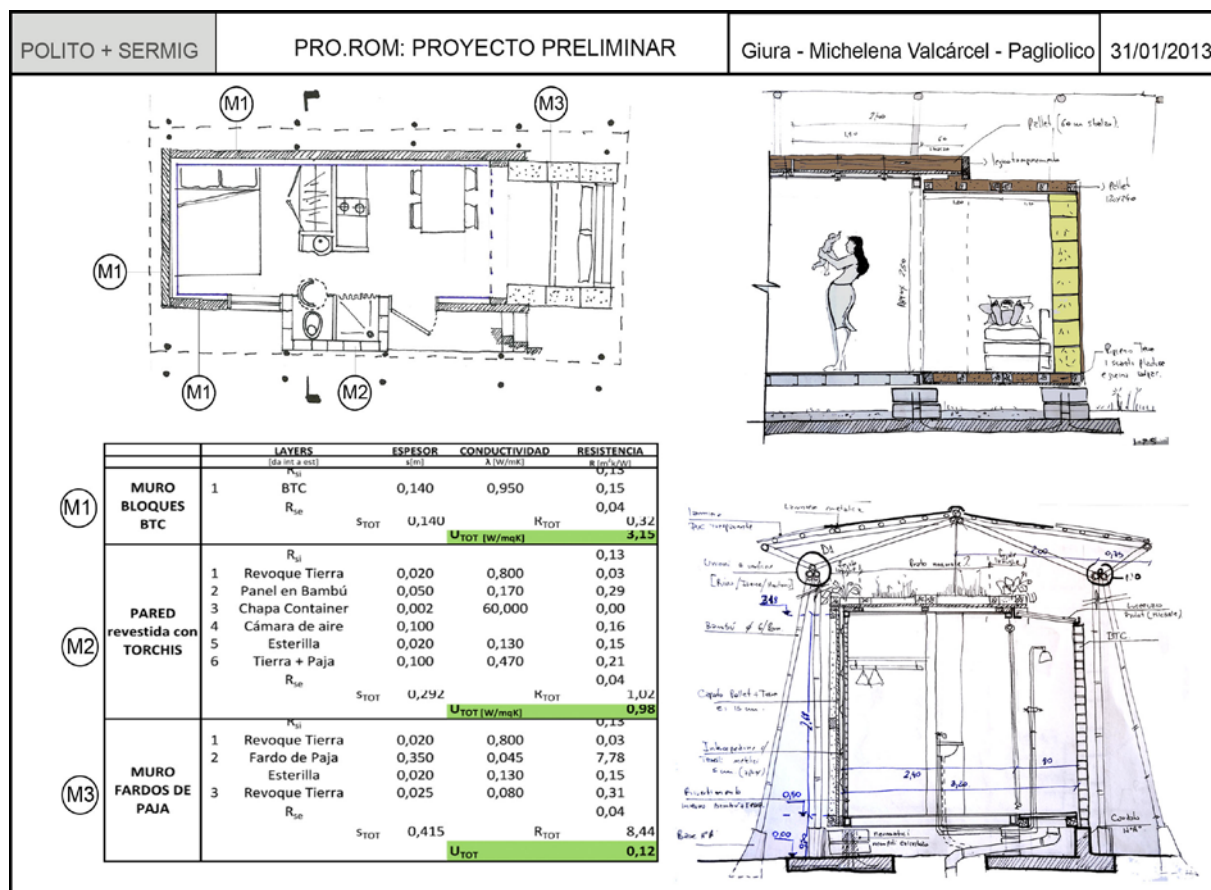


Figura 1: Proyecto preliminar Pro-Rom, con cálculo de prestaciones físico-técnicas estimativas

Los trabajos en ámbitos de emergencia de las ciudades del sur del mundo, obliga a estudiar el contexto tecnológico y la tradición constructiva con una mirada crítica que, al contrario de lo que uno pudiera suponer, deriva en la mayoría de los casos en conclusiones optimistas y esperanzadoras. Como explicaba Fridman (2009, p.16) *hemos constatado más de una vez que las bidonville, desde un cierto punto de vista son los laboratorios del futuro, en un mundo que se desliza hacia la pobreza*. Entre las ventajas dicho autor incluye la auto-planificación y la autoconstrucción, la búsqueda de independencia en la producción de

alimento y la obtención del agua, y sobre todo el intento de obtención de una tecnología apropiada.

El trabajo en ciudades como Kigali o Cuzco, supone desafíos diferentes en términos, tecnológicos, sociales y culturales, pero sirve además como laboratorio para el desarrollo de distintos proyectos de investigación encarados por estudiantes para ser aplicados Brasil, Rumania, Argentina, e incluso en Italia y aplicables en otros países europeos. Entre estos últimos, destaca el proyecto PRO-ROM (figura 1), que de manera extracurricular vuelve a incluir a los mismos colaboradores públicos y privados, y a los estudiantes dispuestos a continuar con su colaboración, proponiendo una aplicación en el contexto italiano de nuevas soluciones constructivas ante los diversos problemas habitacionales producidos por la crisis internacional.

### 3. CASOS ESTUDIO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA

Durante los distintos proyectos, los estudiantes han adquirido, no solo competencias proyectuales generales, sino que además, conocimientos específicos relativos a la disciplina de la planificación urbana y de la ciencia y tecnología de los materiales. Este enfoque tiene una particular referencia a la utilización de la tierra cruda en la construcción y a los procesos de autoconstrucción relacionado a otros actores del mundo productivo como la producción artesanal y la producción industrial.

La primera experiencia realizada, nace de la colaboración internacional entre el Politécnico de Torino y el Kigali Institute of Technology (KIT), Universidad Técnica de Ruanda, gracias a un acuerdo de intercambio docente cuyo objetivo era elaborar un proyecto de arquitectura de calidad a partir de una investigación crítica de los procesos de recualificación del tejido urbano de las ciudades africanas. A nivel tecnológico un estudio sobre los materiales disponibles, permite definir las tecnologías apropiadas a través del uso de bloques de tierra comprimida, estructuras de bambú, paneles de bambú revocados con tierra, impermeabilización de revoques de tierra, utilización de arena y pallets de madera para la realización de desagües y puentes. Además en el intento de definir procesos de transferencia tecnológica, se ponen a disposición de la Universidad de Ruanda, tanto los proyectos arquitectónicos, como los manuales de autoconstrucción que explican las soluciones técnicas experimentadas, para que estén disponibles para la comunidad.

A su vez, el proyecto Cuzco Ciudad Lineal, plantea la elaboración de propuestas ante el crecimiento urbano desmedido a lo largo de una línea ferroviaria en desuso. Reconociendo algunas problemáticas propias de los procesos de autoconstrucción con materiales industrializados en algunos ámbitos de emergencia del sur del mundo, se plantea sobre todo el trabajo sobre la envolvente de los edificios existentes (en su mayoría construidos en estructuras de hormigón armado y muros de cerramiento en bloques cerámicos huecos de 8 cm), a través del uso de técnicas híbridas que incluyan materiales naturales, materiales reciclados, técnicas artesanales y materiales industriales. Durante el Workshop de autoconstrucción, se utiliza como base la estructura de un container metálico (considerado la envolvente más desfavorable) para probar diversas técnicas constructivas relacionándose de este modo con el proyecto PRO-ROM cuyo objetivo es la realización y entrega al futuro usuario de un prototipo habitable, escala 1:1, eco-sustentable y auto-construible que se llevará a cabo mediante la adecuación de un container metálico de 6 metros.

Una estructura metálica abulonada a la estructura principal del container (figura 2), sirve de soporte a los paneles modulares, y permite tanto la construcción de una cámara de aire cuanto el espacio para la eventual aplicación de otros aislantes, permitiendo que la solución se adapte al contexto. El revestimiento final está compuesto por:

- Paneles de 240 cm x 120 cm x 10 cm compuestos por pallets rellenos en tierra cruda, revocados con tierra.
- Paneles de 120 cm x 120 cm x 10 cm compuestos estructuralmente de un mix de madera reciclada y bambú con revoques en tierra,



- Paneles 120 cm x 120 cm x 5 cm compuestos de un marco metálico que contiene bloques de tierra comprimida de 28 cm x 14 cm x 5 cm.
- Paneles 120 cm x 120 cm x 5 cm compuestos de un marco metálico que contiene diversos trenzados de bambú revocados con tierra
- Paneles compuesto por fardos de paja y marco estructural de pallets, revocados en tierra
- Pallet en madera de 240 cm x 120 cm x 10 cm para la realización de una huerta hidropónica, para la autoproducción de alimentos.
- Cubierta independiente a una falda, realizada con vigas y columnas con cañas y haces de bambú con distintos nudos y anclajes, base de hormigón y paneles industrial de chapa rellenos de poliuretano o fibras minerales.

El proyecto Cuzco y el Pro-Rom prevén además la entrega de los manuales de construcción y la realización en Agosto del 2013 del primer proceso de transferencia tecnológica en Rumania. Se prevé la realización de un workshop utilizando un container de iguales características y siguiendo los mismos objetivos que el anterior. Luego del análisis de los resultados, se continúa con el proceso de transferencia tecnológica en situaciones análogas en ámbitos rurales del Perú, y en ámbitos urbanos de Argentina y Brasil.



Figura 2: Esquema general de las pruebas de revestimiento sobre el container.

## 4 ESCALA 1:1 EXPERIMENTACIÓN E INNOVACIÓN

### 4.1 El Workshop de autoconstrucción

El Workshop de autoconstrucción realizado dentro del módulo relativo a la ciencia y tecnología de los materiales, orientado a dirigir a los estudiantes a tomar decisiones proyectuales fundamentadas y coherentes, se ha focalizado en la profundización de conceptos relacionados con las propiedades, las técnicas y la aplicación de materiales de

bajo costo, ecológicos, reciclables y disponibles localmente como el bambú, la arena, los pallets, container reciclados y en particular, la tierra cruda, material actualmente revalorizado por su compatibilidad con los proyectos de bio-arquitectura. De esta manera se permite a los estudiantes realizar proyectos de autoconstrucción escala 1:1

De hecho, todavía hoy la tierra cruda es el material de construcción ampliamente más utilizado en nuestro planeta, si bien aparezca en el imaginario común como un material pobre, problemático y tecnológicamente superado. *...Más de la mitad de la población mundial, cerca de tres mil millones de personas, distribuidas en los seis continentes, vive o trabaja en edificios construidos en tierra* (Rael, 2008, p.9).

Este material de tradición milenaria, hoy vive una fase de intensa innovación tecnológica, tanto en África como en Europa y América Latina, permitiendo, de hecho, el estudio de nuevas aplicaciones gracias a las correlaciones directas entre las características específicas proyectuales y las características prestacionales del material.

Se les ha otorgado a los estudiantes la oportunidad de focalizar la atención en aspectos fisicoquímicos y mecánicos de las manufacturas en tierra cruda y su correspondencia directa con las prestaciones macroscópicas de los materiales.

Cada workshop incluyó la participación de casi 70 alumnos divididos en grupos temáticos y responsables de elaborar el proyecto tecnológico, proponer innovaciones y desarrollar la construcción de los prototipos 1:1 de cada una de las técnicas seleccionadas.

## 4.2 Presentación de materiales

La tierra cruda fue el material preferencial para la experimentación durante los workshop. Por lo tanto el Politécnico de Turín ha recibido el apoyo de una empresa del sector, Matteo Brioni, con sede en Gonzaga (Mantua), que puso a disposición además de su experiencia y su contribución formativa, el material utilizado para la realización de los prototipos. Esta decisión fue tomada, por otro lado, para tener una caracterización precisa del material aplicado<sup>9</sup>.

### 4.2.1 Características de los productos utilizados para los revocos

TERRABASE color ocre:

Revoque de fondo mono-capa en tierra cruda, premezclado a seco: arcilla, agregados calcáreo-silicios (0-3 mm) y fibras vegetales.

Se trata de un revoque obtenido mezclando arcilla con arena fluvial de naturaleza silicático-carbonática. Presenta además un 10% de fragmentos vegetales. Los inertes de la arena (cuarzo, caliza y dolomita, feldespato, pórfido, sílex y areniscas) tienen granulometría en su mayoría media pero presentan fragmentos milimétricos. La relación entre agregado-legante se sitúa en valores cercanos a 4,0-4,5. La fracción granulométrica prevalente es la del arenáceo medio, acompañada de un porcentaje discreto de fragmentos milimétricos. La densidad del revoque aplicado es de 1800 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la conductividad  $\lambda$  es de 0,64 W/mK, la permeabilidad  $\mu$  de 10 y el rendimiento indicativo de 14,5 kg/mq/mm

RASOTERRA color ocre

Revoque de terminación en tierra cruda, premezclado a seco: arcilla, agregados calcáreo-silicios (0-0,4 mm), fibras vegetales y harinas vegetales en un porcentaje inferior a 1%.

El agregado mineral está representado, también en este caso, de inertes de naturaleza exclusivamente silicática. El legante se da por medio de una matriz amarillo oscura a base de arcilla. La porosidad es elevada, de origen prevalentemente primaria, y se sitúa en torno a valores del 40% respecto al volumen total. El rendimiento indicativo es de 3,5 kg/mq/mm

TERRA VISTA color blanco, chocolate, rojo

Revoque fino en tierra cruda premezclado en seco: arcilla, agregados calcáreo-silicios (0-0,3 mm) y harinas vegetales en porcentaje inferior al 1%.

El revoque investigado (espesor variable entre 0,75 mm y 1,5 mm) está constituido de arcilla mixta a un carga seleccionada de naturaleza exclusivamente silicática, compuesta de numerosos cristales de cuarzo, raramente sílex, pocos feldespatos y aislados granos de calcáneos. La porosidad es media y está dada por los poros y por las micro-fisuras primarias.

Los colores del revoque de terminación se obtienen exclusivamente del color natural de las diferentes arcillas utilizadas, no se agrega ningún tipo de pigmento, natural o sintético. El rendimiento indicativo es de 1,2 kg/mq/mm

#### **4.2.2. Características de la tierra utilizada para la producción de los bloques en tierra cruda estabilizada y de muros entramados tipo "quincha" o "torchis"**

BARBOTTINA, aglomerante de arcilla pura, hornos de Matteo Brioni

El análisis de difracción con rayos X<sup>10</sup> evidenció la presencia de cuarzo, calizas, moscovitas, crinocloro, albita y anortita. Del análisis granulométrico se verifica la distribución granulométrica monomodal centrada en valores de alrededor 10 µm.

#### **4.3 Experimentación en revoques en tierra**

Además de la realización de prototipos sobre diversas superficies (paneles de bambú desmontables, revoques sobre bloques de tierra, revoques sobre hormigón, etc.), fueron realizadas algunas pruebas de resistencia a los agentes atmosféricos. Con este objetivo fueron realizadas por los estudiantes algunas muestras de revoques de características diversas y puestas a la intemperie por 12 meses.

Los revoques fueron aplicados sobre un muro de hormigón según un criterio de progresiva estratificación. Las imágenes presentadas en la figura 3 muestran como fueron aplicados distintos grados de terminación a las diversas muestras:

- I. terrabase+rasoterra+coccio-pesto (*mezcla tipo opus signinum*) industrial (Mapei)
- II. terrabase+rasoterra+terra vista color blanco
- III. terrabase+rasoterra+terra vista color rojo
- IV. terrabase+rasoterra+terra vista color chocolate
- V. terrabase+rasoterra colore ocre
- VI. terrabase+rasoterra+coccio-pesto (*mezcla tipo opus signinum*) producido por los alumnos
- VII. terrabase

Además, la mitad de cada muestra (excluyendo a aquellas tratadas con el coccio-pesto) fue tratada con un aceite natural de cítricos con el objetivo de aumentar la hidro-repelencia del revoque.

Pasado un año se ha podido observar como se produjo una erosión producida por la lluvia y un desprendimiento del revoque no protegido en el revoque de terminación VII. La muestra protegida por una terminación a tierravista (II y III), se ha degradado pero en la zona tratada con aceite de cítricos se ha mantenido en condiciones bastante buenas (mitad inferior). Las muestras protegidas por el coccio-pesto (I y VI) no sufrieron ningún daño.



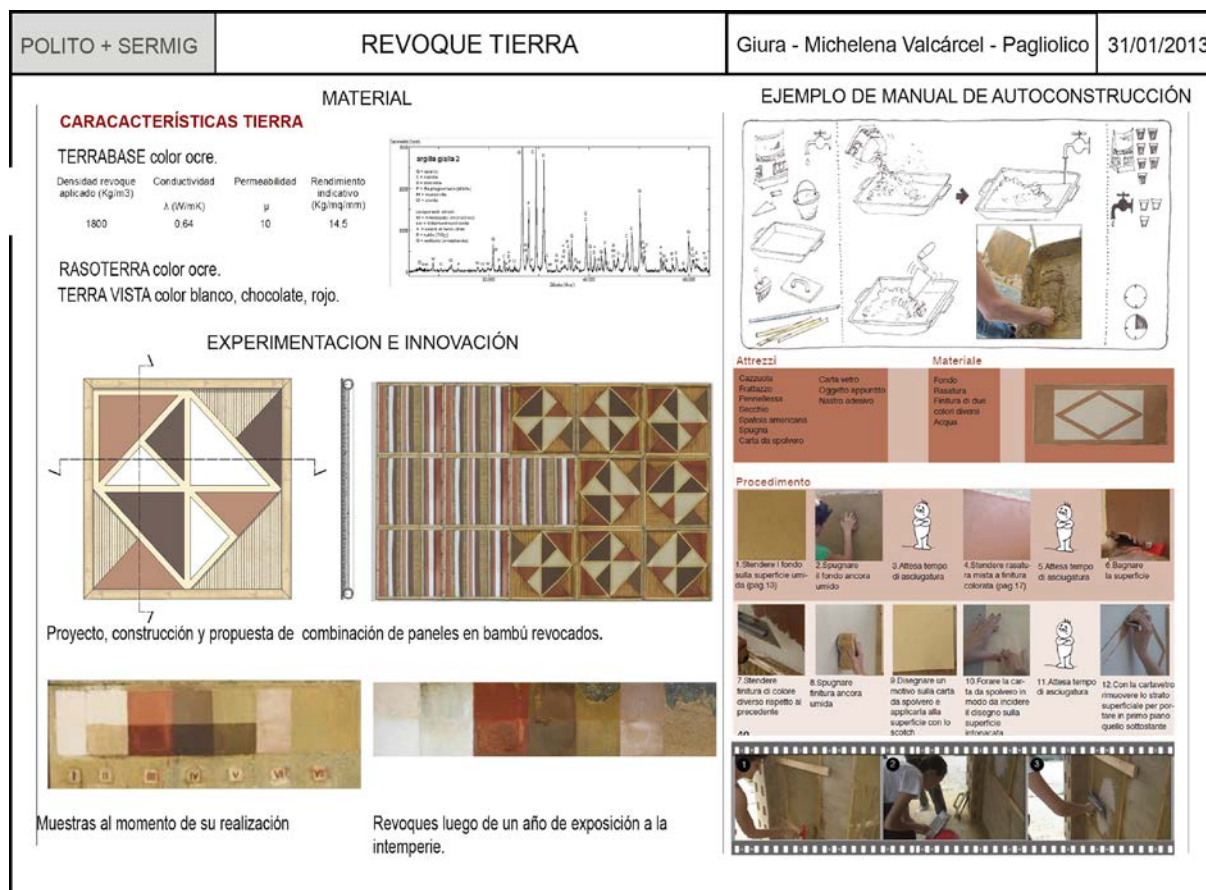


Figura 3: Características, pruebas y manual de autoconstrucción de los revoques en tierra cruda.

#### 4.4 Experimentación con bloques BTC, BTC “Mattone” e BTC “Mattone/2”

La experimentación con los BTC se desarrolla como continuación de una actividad de investigación ya consolidada y conducida por años por el laboratorio “Pruebas materiales y componentes” de la Facultad de Arquitectura de Torino y en particular gracias a la actividad de investigación del profesor Roberto Mattone. El objetivo principal es proponer un tipo de utilización de la tierra cruda innovando en el plano tecnológico, con la finalidad de actualizar y hacer más eficaz la utilización de este material. Dentro de este enfoque se incluyen las modificaciones realizadas a una presa manual (la GEO 50 de la empresa ALTECH capaz de aplicar un esfuerzo de compactación de aproximadamente 2 MPa) para llegar a producir, con la misma operación con la que se producen los correspondientes bloques paralelepípedos, elementos de forma particular, dotados de entrantes y salientes, que se vinculan mecánicamente los unos con los otros para facilitar el proceso constructivo.

Con el objetivo de continuar la investigación sobre esta tecnología, se desarrollaron diversas tesis magistrales que se ocuparon de indagar las prestaciones de los BTC. Entre otras, se efectuaron análisis de laboratorio sobre terrenos de diversas naturalezas y pruebas de resistencia mecánica de las cuales se desprende una resistencia a la compresión de 3,5 MPa<sup>11</sup>. (Tassore, Thumiger 2009; Bairati, Giura 2010)

En los últimos dos años esta experimentación se continúa gracias a la contribución de los estudiantes que participan de los workshops de autoconstrucción donde es posible ampliar el campo de la investigación. La tarea de los estudiantes es continuar con la elaboración de la forma del bloque para mejorar sus prestaciones (facilidad de puesta en obra, colocación de instalaciones, etc.) y experimentar además compositivamente con texturas para imprimir en la superficie de los bloques mismos, realizando como finalización, un prototipo de muro en escala 1:1. Las modificaciones se realizaron colocando dentro de la presa elementos especiales para modificar el encofrado, elementos proyectados y construidos por los estudiantes.

En el caso específico del Workshop de autoconstrucción 2013, el objetivo principal es la experimentación de la potencial utilización del bloque dentro de paneles prefabricados como módulos de fachadas ventiladas, por lo tanto, se ha realizado con la misma presa un bloque experimental de espesor reducido a la mitad (28 cm x14 cm x5 cm). La tarea de los estudiantes es la de experimentar diversas opciones de puesta en obra de los bloques al interno de marcos metálicos prefabricados, y también de experimentar diferentes tipos de mezcla en la fórmula para la preparación del bloque, con la posible inclusión de materiales de diversa granulometría o fibras que modifiquen el rendimiento desde el punto de vista mecánico, térmico y acústico.

Desde el punto de vista de sus prestaciones físico-técnicas, la tierra es de hecho un material con óptimas características en cuanto contribuye a la regulación del confort térmico, gracias a su elevada capacidad térmica y a la regulación de la humedad del interior del ambiente gracias a su higroscopicidad. Las características físico-técnicas<sup>12</sup> de los bloques BTC “Mattone” y de los BTC “Mattone/2 se detallan en las tablas correspondientes a cada sistema (figuras 4 y 5).

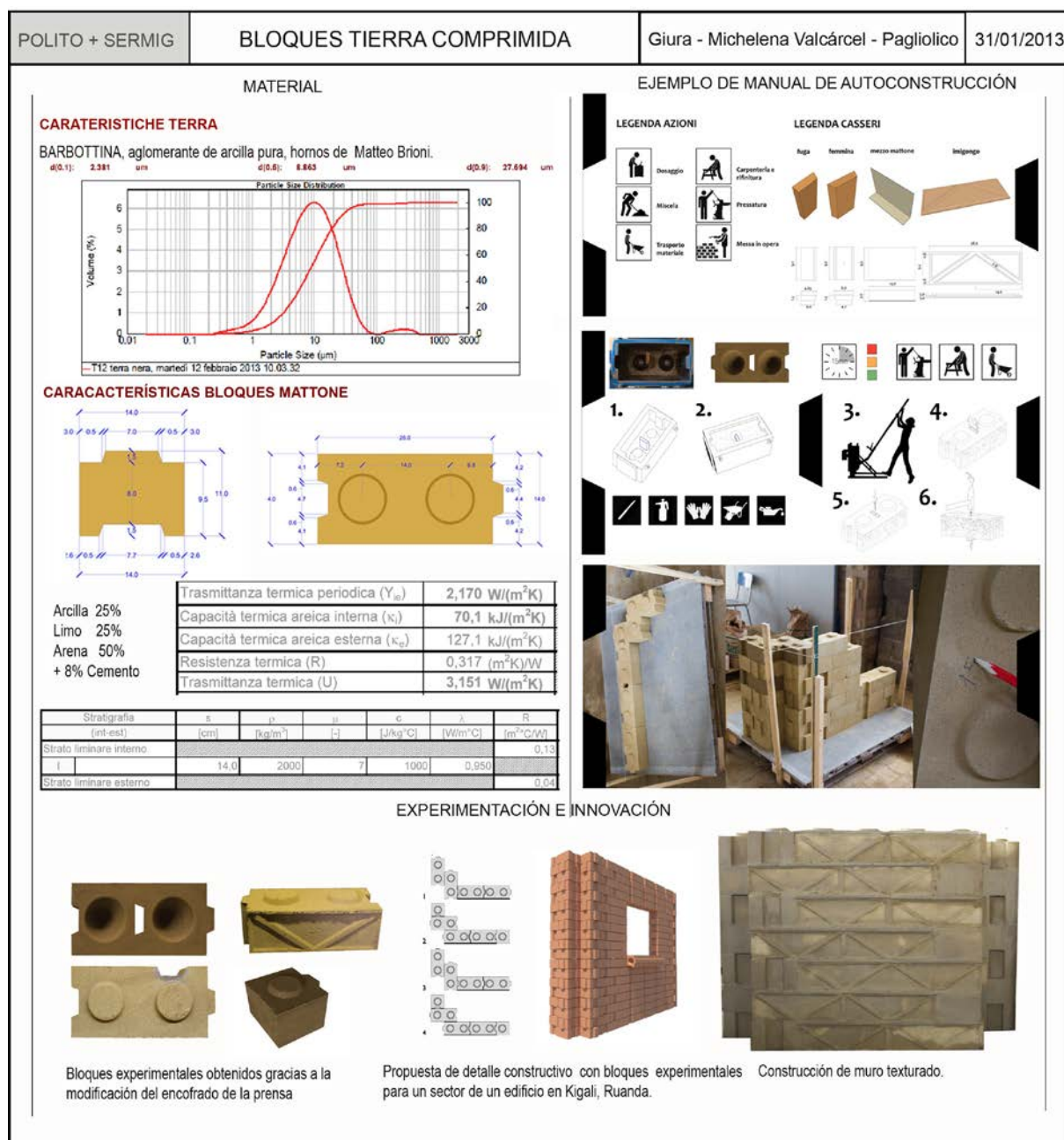


Figura 4: Características, pruebas y manual de autoconstrucción de los bloques BTC.

#### 4.5 Sistemas muros entramados tipo “quincha” o “torchis”

Las casas en sistemas entramados están caracterizadas por una estructura portante en madera, rellena en tierra a menudo mezclada con paja. Se utiliza una mezcla plástica, blanda y pastosa, hecha de arcilla y materiales fibrosos vegetales (prevalentemente paja triturada e incluso pelo animal). La técnica de puesta en obra prevé el relleno con la mezcla de tierra durante el estado plástico. La estructura de madera es en general muy liviana y fácil de montar, mientras que la tierra constituye un excelente material de relleno muy fácil de colocar.

Las tierras que son utilizadas para esta técnica, son aquellas caracterizadas por una composición fina con un alto contenido de arcilla. Debido a que contienen un porcentaje bajo de arena, para evitar la producción de fisuras deben utilizarse fibras vegetales.

El objetivo de esta experimentación se centra en la actualización de esta técnica, aplicada a un panel modular auto-construible. En cuanto respecta a la estructura de madera, se ha considera que el elemento pallet ofrezca una buena repuesta entre economía-disponibilidad, prefabricación y modularidad estándar.

Materiales y proporciones para la mezcla de relleno del pallet son:

|                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Tierra arcillosa (barbottina) : | 7 partes                        |
| Arena:                          | 3 partes                        |
| Paja (10 cm):                   | 1/3 de la cantidad de la mezcla |
| Agua:                           | 15-30%                          |

El panel, mezcla+pallet, se acompaña de un estrato de revoque en tierra (terrabase+rasoterra+terravista), dejando a la vista los montantes de madera (tratados con impregnantes naturales).

POLITO + SERMIG

PANELES BTC + QUINCHA o TORCHIS

Giura - Michelena Valcárcel - Pagliolico

31/01/2013

PANELES EN BLOQUES BTC 5cm

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-TÉCNICAS

|                          | LAYERS<br>(da int a est) | ESPOSOR<br>s[m] | CONDUCTIVIDAD<br>$\lambda$ [W/mK] | RESISTENCIA<br>$R$ (m <sup>2</sup> K/W) |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|                          | $R_{si}$                 |                 |                                   | 0,13                                    |
| PARED<br>Panel en<br>BTC | 1 Revoque Tierra         | 0,020           | 0,800                             | 0,03                                    |
|                          | 2 Panel en Bambú         | 0,050           | 0,170                             | 0,29                                    |
|                          | 3 Chapa Container        | 0,002           | 60,000                            | 0,00                                    |
|                          | 4 Cámara de aire         | 0,100           |                                   | 0,16                                    |
|                          | 5 Panel en BTC           | 0,050           | 0,950                             | 0,05                                    |
|                          | $R_{se}$                 |                 |                                   | 0,13                                    |
|                          | $S_{TOT}$                | 0,222           |                                   | 0,79                                    |
|                          |                          |                 | $U_{TOT}$ [W/m²K]                 | 1,26                                    |

EXPERIMENTACION E INNOVACIÓN

Fabricación de Bloque BTC 5cm.

Proyecto paneles bloques con marco metálico. 120x120x5cm.

PROTOTIPOS REALIZADOS

Detalle de paneles y texturas realizadas

PANEL ENTRAMADO QUINCHA: TERRA + PALLET

CARACTERÍSTICAS MEZCLA

Tierra arcillosa: 7 partes  
 Arena: 3 partes  
 Paja (10 cm): aprox, 1/3 de la mezcla  
 Agua: 15-30%

\* VER LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-TÉCNICAS EN FIGURA 1

Preparación estructura (pallet)

Preparación y aplicación de la mezcla

PROTOTIPOS REALIZADOS

Detalle de paneles y texturas realizadas

Figura 5: Características y prototipos de los paneles en BTC ½ y de las quinchas.



#### 4.6 Panel de agricultura hidropónica con recirculación forzada de nutrientes mediante bomba alimentada por un panel fotovoltaico

El objetivo de esta experimentación es emplear la técnica de la agricultura hidropónica para la realización, a través de un sistema de autoconstrucción, de una pared verde, mediante paneles modulares. En cuanto respecta a la estructura portante, se optó por el pallet por las mismas características de economía, disponibilidad, modularidad y prefabricación que para el torchis. La hidroponía prevé el cultivo de algunas especies vegetales fuera del suelo, evitando la eventual contaminación microbiológica del terreno y utilizando una cantidad muy reducida de agua. El sistema de cultivo hidropónico puede ser alimentado por la simple caída del agua, sin circulación forzada, o con un sistema de recirculación de los fluidos mediante bombeo. La alimentación de la bomba puede realizarse mediante una conexión a red, o utilizando fuentes energéticas alternativas, como los paneles fotovoltaicos. El SERMIG de Turín, ha desarrollado ambas tecnologías y ha puesto a disposición de los estudiantes del workshop el know-how para la realización del panel verde de revestimiento. La pared verde consentirá de incrementar las condiciones de confort indoor, y de realizar en un espacio reducido, una “huerta urbana” que producirá fresas y lechugas (figura 6).

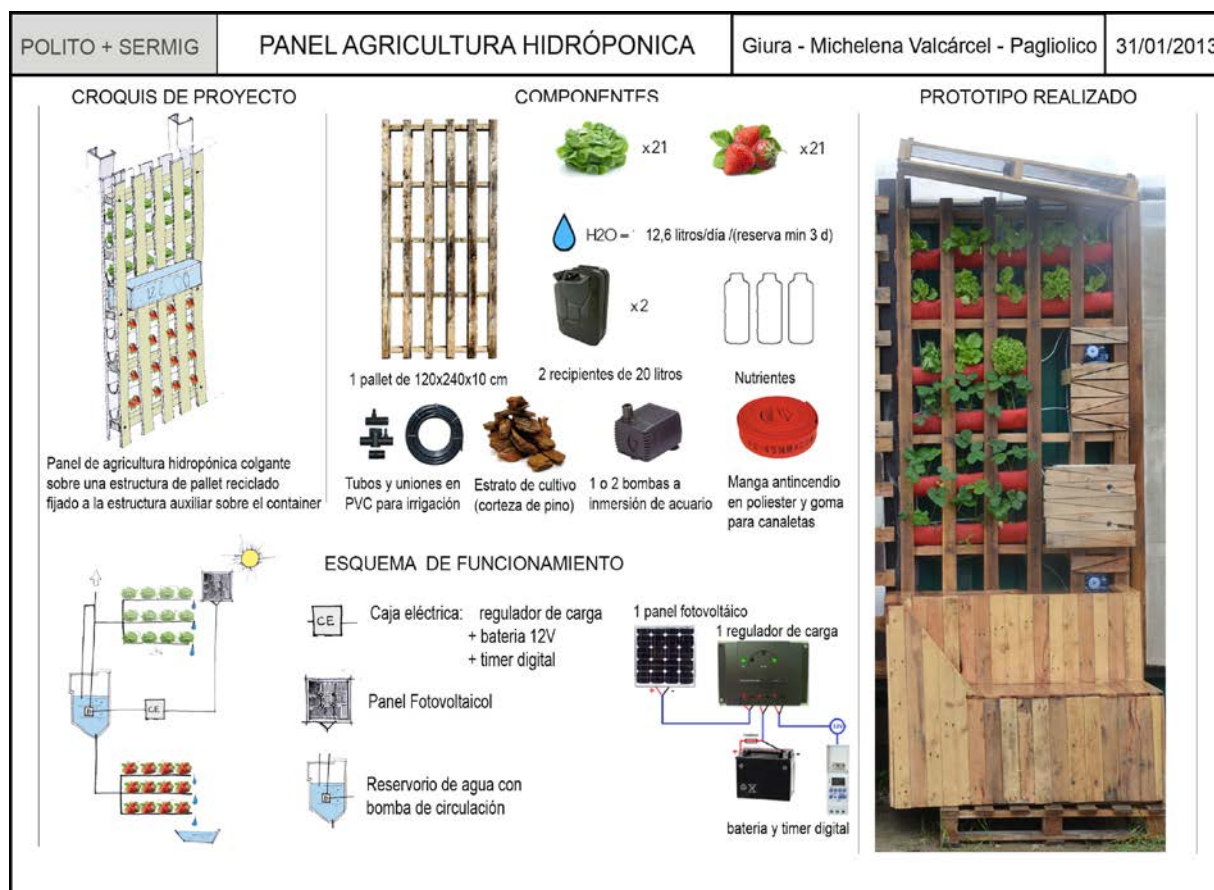


Figura 6: Proyecto y realización de un panel colgante de agricultura hidropónica

#### 4.7 Manuales de autoconstrucción

La actividad de experimentación desarrollada por los estudiantes fue documentada por los mismos a través de la redacción de una serie de manuales de autoconstrucción donde se describieron de manera sintética los materiales, los instrumentos utilizados, las técnicas base y las técnicas innovativas, es decir, las técnicas alternativas experimentadas por los estudiantes; siguiendo una modalidad explicativa simple.

El objetivo final de los manuales no es solamente el documentar en manera clara, sintética y científica el trabajo, sino poner a disposición la experiencia para futuros procesos de transferencia tecnológica en diversos contextos. Ejemplos de los manuales realizados para la aplicación de revoques y la fabricación de bloques pueden verse en las figuras 3 y 4<sup>13</sup>.

## 5 CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado en el ámbito de la Unidad de proyecto/workshop de autoconstrucción, está lleno de resultados positivos, tanto desde el punto de vista de la didáctica, cuanto en el campo de la investigación, involucrando exitosamente a los estudiantes en la actividad experimental. Desde el punto de vista de la investigación, la satisfacción obtenida gracias a los resultados de la primera experimentación durante el 2012, ha permitido individuar con mayor claridad los objetivos de la experiencia del 2013. Esta última se enfoca con mayor atención a las posibilidades de las manufacturas modulares y auto-construibles, realizadas en materiales eco-compatibles y localmente disponibles. Se evalúa su correspondencia efectiva a determinados requisitos, con particular atención al *confort indoor*. Un conjunto de actividades de investigación y prueba previas a la realización del workshop 2013 (desarrollado entre fines de Marzo y principios Mayo 2013) permitió cierta recopilación de datos puestos a disposición de los estudiantes para la elaboración de sus proyectos y la construcción de sus prototipos. El resultado de la experiencia en su totalidad, serán objeto de una próxima publicación que describirá en detalle los resultados de los workshop y puntualizará en la descripción químico-física de las manufacturas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bairati, Giura, Clara (2010). *Terra cruda e Africa contemporanea. Progetto per una scuola materna a Minabò, Costa d'Avorio*. Relatores Simonetta Pagliolico, Matteo Robiglio, Enrico Fabrizio, Politecnico di Torino.

Bocco, Andrea; Cavaglià, Gianfranco (2008). *Cultura tecnologica della architettura. Pensieri e parole, prima dei disegni*. Caroci Editore.

Friedman, Yona (2009). *L'Architettura della sopravvivenza, Una filosofia della povertà*. Bollati editore.

Irace, Fluvio (2008). *Casa per tutti. Abitare la città globale*. Triennale Electra

Pacey, Arnold (1985). *The culture of technology*. Oxford: B.Blakweel.

Rael, Ronald, (2008). *Earth architecture*. Princeton Architectural Press.

Tassone, Cecilia; Thumiger, Martha (2009). *BT(P)C, Blocchi in terra e plastica compressa per moduli abitativi ad Anyama-Adjamé, Costa d'Avorio*, Tesis de Laurea, Relatores Pierre-Alain Croset, Simonetta Pagliolico, Nuccia Maritano Comoglio, Politecnico di Torino-

## Notas

<sup>1</sup> <http://www.educacionprohibida.com>

<sup>2</sup> <http://www.laoa.org/>

<sup>3</sup> <http://www.bambusetto.it/>

<sup>4</sup> <http://www.matteobrioni.it/>

<sup>5</sup> Empresa líder en el sector de materiales para edificación civil e industrial, con numerosos componentes metálicos modulares para cubiertas, pisos, paredes y cielorrasos.

<sup>6</sup> Grupo multi-regional, focalizado en el cemento, hormigón armado y agregados naturales. <http://www.buzziunicem.it/online/it/Home/Chisiamo.html>

<sup>7</sup> Nace en el 1964 de la intuición de Ernesto Olivero, y de un sueño compartido con muchos: derrotar el hambre con obras de justicia y de desarrollo, vivir en solidaridad hacia los más pobres y dar una atención especial a los jóvenes buscando junto a ellos el camino de la paz. De este "SI" de los jóvenes, familias, y religiosos, nació la Hermandad de la Esperanza, para estar cercano al hombre y a sus necesidades materiales y espirituales.

<sup>8</sup> La Re.Te. (restitución tecnológica) es una referencia fundamental económica y tecnológica al interno del Sermig. Nace en 1981 dentro del enfoque de la "Esperanza Tecnológica", una publicación mensual del Sermig, proyecto encarado por Giorgio Ceragioli, profesor del Politécnico de Torino.

Constituido por personas de diversos talentos, in torno a los cuales rotan expertos disponibles para la asesoría de cada caso, el rol del grupo es el de individuar respuestas técnicas concretas a las necesidades que emergen en relación a misiones, Onlus, Ong, dispersas en todo el mundo. Se trata de respuestas funcionales en cuanto simples y adaptables a la realidad a la que son destinadas por su bajo costo, la simplicidad del mantenimiento, y la posibilidad de autoconstrucción.

<sup>9</sup> Análisis efectuados por T.S.A. srl - Technologie Scientifiche Applicate Diagnostica per il Restauro Artistico e Monumentale Studio en secciones sutiles, observaciones al SEM, análisis xrd, ft/ir, xrf. Análisis termo-gravimétrica y mediante HPLC.

<sup>10</sup> Análisis efectuado por el Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari” (DIEF, Università di Modena e Reggio Emilia), grupo de investigación del DIEF coordinado por el Prof. M. Messori.

El análisis a rayos x se efectuó sobre muestras en polvo (<25 µm) oportunamente seleccionadas. Los polvos fueron analizados con un difractómetro para polvo Bragg-Brentano (X’Pert, Philips) utilizando la radiación Ni-filtered CuKα ( $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ ). Fueron registrados en el intervalo angular a 5-70° a temperatura ambiente con una velocidad de escaneo de 0.005°/s por step y un step size de 0.02°

<sup>11</sup> Las pruebas de compresión fueron efectuadas en el “Laboratorio di prove e componenti Roberto Mattone”, haciendo referencia a la norma RILEM TC 164-EBM: Mechanics of Earth as a building material. M. C., Jiménez Delgado, I. Canas Guerrero, The selection of soils for unstabilised earth building: a normative review, in “Construction and building materials” n.21, 2005.

<sup>12</sup> Los valores de transmitancia, admitancia térmica interna y factor de atenuación, fueron calculados con el programa “Invólucro” (envolvente) puesto en marcha por el profesor Vincenzo Corrado para evaluar los parámetros dinámicos y de las prestaciones higrotérmicas de los componentes edilicios según las normas UNI EN ISO 13786:2008 e UNI EN ISO 13788:2003.

<sup>13</sup> Los manuales de autoconstrucción presentados en las figuras fueron realizados por el grupo de estudiantes Cerrutti- De Valeris-Ehrhardt-Fausone-Favaro-Giangiacomi-Meneghin para Revoques, y por el grupo conformado por Minniti-Stevaux-Stella-Torchio para bloques BTC.

## Currículos

Clara Giura, Arquitecta del Politecnico de Turín, ha realizado su tesis de investigación sobre la “Tierra cruda y Africa Contemporanea”, proyectando una escuela materna en Costa de Marfil. Ha desarrollado distintos proyectos de transferencia tecnológica sobre tierra cruda para contextos de emergencia africanos, y colabora con el Politécnico de Turín en la realización de Workshops y seminarios. Voluntaria Re. Te. Sermig

Emiliano Cruz Michelena Valcárcel, Arquitecto Universidad de Buenos Aires, estudios de historia de la arquitectura en la UNAM-Madrid, y de Conservación en la Universidad Di Tella. Colaboró en grandes emprendimientos de Conservación, y realizó trabajos en ámbitos de emergencia. Actualmente realiza del doctorado en Innovación Tecnológica en Turín, investigando la utilización de materiales naturales para sectores de emergencia en ámbitos urbanos.

Simonetta Pagliolico, Ingeniera química del Politécnico de Turín. Trabajó en el Montedison Research Cebter Donegani, y realizo el doctorado en Ingenieria Quimica en Turín, donde actualmente es profesora. Formación post-doctoral en Ciencia de los Materiales en el INSA de Lyon, Université de Limoges; y CSIRO Sidney. Desde el Politécnico y en la rete Sermig, coordinó diversos proyectos sobre la tierra cruda.