

CONSIDERACIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE LAS TÉCNICAS MIXTAS A PARTIR DE LA EXPERIMENTACIÓN MATERIAL

Silvia Onnis¹, Giuseppina Meli², Germán Luis Francisco Becerra Orihuela³

Centro Tierra, Departamento de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP

¹sonnis@pucp.edu.pe, ²gmeli@pucp.edu.pe, ³german.becerra@pucp.pe

Palabras clave: madera, tierra alivianada, interdisciplinariedad, ODS

Resumen

El Centro Tierra-PUCP tiene entre sus principales objetivos la formación de profesionales en técnicas constructivas sismorresistentes en tierra, objetivo que, desde 2010 se cumple con el curso “Arquitectura en tierra”. En 2023, se hace evidente la necesidad de implementar la oferta formativa con un segundo curso sobre “Arquitectura y construcción con técnicas mixtas en madera, tierra y fibras naturales”, dirigido a arquitectos e ingenieros. El curso nace de la necesidad de vincular la enseñanza al quehacer del grupo de investigación y transmitir a los estudiantes, no solo un conocimiento, sino una forma de entender las técnicas constructivas utilizando las herramientas propias de la investigación y de la experimentación material, antes de la fase de diseño. El objetivo del artículo es presentar la experiencia del curso sobre técnicas mixtas contemporáneas y reflexionar sobre los primeros resultados. El curso se organiza en 2 partes: en la primera se estudian 7 referentes arquitectónicos construidos con madera y tierra, analizando la parte arquitectónica, constructiva, normativa, entre otras. Se elaboran láminas y maquetas constructivas a escala 1:10 y 1:1, logrando un catálogo de 7 técnicas mixtas. En la segunda parte, cada grupo diseña una pequeña arquitectura, proponiendo una solución constructiva en línea con los recursos locales, el clima de la zona y las necesidades de los usuarios, calculando el desempeño térmico de la envolvente y planteando el proceso de obra según un reto previamente planteado (autoconstrucción, prefabricación, etc.). El curso logró sus expectativas iniciales: la sistematización de la información sobre 7 técnicas mixtas contemporáneas en ámbito nacional e internacional; la creación del catálogo como herramienta de trabajo; la experimentación material en escala real de las soluciones constructivas; el despertar en los estudiantes de una actitud orientada a la investigación y experimentación con materiales naturales, para el desarrollo de proyectos en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1 INTRODUCCIÓN

El Centro Tierra-PUCP desde 2010 organiza el curso “Arquitectura y construcción con tierra” en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Desde el principio, tuvo como objetivo la formación de profesionales de arquitectura e ingeniería en temas de construcción con tierra, con particular enfoque en la mitigación de riesgos (Rodríguez-Larraín et al., 2013).

En 2023, el grupo propone un nuevo curso sobre “Arquitectura y construcción con técnicas mixtas en madera, tierra y fibras naturales”, que recoge la experiencia en investigación y amplía la propuesta académica sobre construcción con materiales naturales.

El curso nace para vincular la enseñanza al quehacer del grupo de investigación y así poder compartir los resultados de cinco años de investigación sobre técnicas de construcción mixtas con madera y tierra. El conocimiento de estas técnicas en nuestro país se limita a la técnica local denominada “quincha”. En realidad, existen una multiplicidad de técnicas que están siendo aplicadas en ámbito internacional por su sostenibilidad, que además poseen un desempeño térmico y estructural interesante.

El equipo de trabajo cuenta con tres investigaciones sobre técnicas mixtas y materiales naturales aislantes, gracias a las cuales afinó una aproximación de tipo experimental, basada en el diseño y la elaboración material de mezclas y prototipado en escala 1:1.

La experimentación material fue necesaria para complementar la falta de información sobre la preparación de mezclas a base de tierra y fibras que a menudo escasean en la literatura científica, dificultando la aplicación de las técnicas mismas. En general, cada proyecto del grupo integra el componente de experimentación material y constructiva, pensada como herramienta para explorar diferentes soluciones, encontrar la más satisfactoria y validarla a través de ensayos de laboratorio y monitoreo; sin olvidar la aceptación de los involucrados en la obra, maestros o autoconstructores (Onnis, 2023).

En la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad del Perú (PUCP), en los últimos años, los y las estudiantes tienen la posibilidad de aproximarse a los retos constructivos desde la pedagogía del “aprender haciendo” (Juillerat, 2018), y de desempeñarse en el prototipado en escala 1:1. El curso se inserta en la línea de estas experiencias, haciendo énfasis en el proceso de investigación teórico y práctico. En el proceso propuesto, el estudiante aprende por fases, experimentando y validando lo aprendido antes de pasar a la siguiente etapa.



Figura 1. Estudiantes del curso durante la entrega parcial, 2023

En efecto, el curso ha sido diseñado para que el alumno aborde el trabajo con los métodos de una investigación de tipo experimental: estudio de referentes, sistematización de datos, experimentación material, las cuales finalmente sirven para el diseño de una técnica constructiva mixta. Por el mismo contenido del curso, se otorga particular importancia a los aspectos de la sostenibilidad ligada al uso de materiales naturales: el desempeño térmico y la pertinencia de las soluciones adoptadas, sin dejar de lado la seguridad constructiva.

Finalmente, el reto que se propone el curso es transmitir a los estudiantes, no solo conocimientos, sino una forma de entender las técnicas constructivas utilizando las herramientas propias de la investigación y de la experimentación material, antes de la fase de diseño.

Lo que se presenta a continuación son los resultados del curso electivo titulado “Arquitectura y construcción con técnicas mixtas (temas de edificación y sostenibilidad 2) en su primera versión 2023-2 (figura 1) y su aceptación por parte de los estudiantes. Cabe resaltar que, en diciembre de 2023, se expusieron los resultados del curso en el 3° Festival de Arquitecturas Nativas del Mundo – Sarañani en el Callao (Perú).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Presentar la experiencia del curso sobre técnicas mixtas contemporáneas, reflexionando sobre los resultados.

2.1 Objetivos específicos

- 1) Presentar la metodología del curso y los principales resultados didácticos.
- 2) Medir la aceptación de parte de los estudiantes, a fin de poder validar la metodología propuesta y establecer mejoras para las siguientes versiones del curso.
- 3) Evaluar la eficacia del uso de prototipos y maquetas como herramienta didáctica en eventos de difusión y capacitación.

3 METODOLOGÍA

El presente curso, de carácter teórico-práctico, se desarrolla en 16 semanas y se organiza en 2 partes. El curso se plantea desde el principio para que el estudiante aborde las varias fases del proceso de investigación experimental (semanas 1-8) previo al diseño de una propuesta arquitectónica y constructiva (semanas 9-16).

En la primera parte, los docentes presentan las técnicas mixtas y las propiedades de los materiales a través de clases teóricas, para sentar las bases y permitir al estudiante orientarse en las fases sucesivas. Las clases teóricas se complementan con prácticas desarrolladas en campo (figura 2), para familiarizarse con las materias primas y los procesos de elaboración de las mezclas de tierra y fibras (métodos manuales y mecánicos, monitoreo del secado, pesado y cálculo de densidad, almacenamiento, etc.).

El primer ejercicio es el estudio de un referente arquitectónico construido con madera y tierra: los estudiantes, en grupos, analizan el proyecto desde el punto de vista arquitectónico, constructivo, estructural, bioclimático y normativo. Los referentes arquitectónicos propuestos por los profesores se encuentran en territorio nacional (2) o internacional (5), fueron construidos en los últimos 10 años y están ubicados en contextos climáticos muy diferentes. El análisis se realiza con métodos gráficos y con la exploración material. La experiencia concluye con la presentación de un informe, una maqueta constructiva a escala 1:10 y un prototipo a escala 1:1 sobre la técnica mixta investigada.



Figura 2. Proceso de experimentación material del grupo de alumnos: E. Leiva, V. Martínez, A. Marín y J. Guerrero, 2023 (Créditos: alumnos, 2023; Onnis, 2023)

El trabajo de campo grupal se realiza de forma autónoma, durante las horas de prácticas, con la asesoría de la cátedra (arquitectura e ingeniería) y el apoyo del maestro constructor del Laboratorio de Experimentación del Centro Tierra.

La primera parte concluye con la exposición de los trabajos realizados. El estudio de referentes se convierte en un catálogo de 7 técnicas mixtas a usarse como base para el trabajo de la fase siguiente.

En la segunda parte, los grupos se enfrentan al diseño de pequeños proyectos ubicados en diferentes localidades del Perú propuestos por los profesores. Los estudiantes son llamados a plantear soluciones constructivas en línea con el uso de recursos locales, las exigencias

climáticas y sísmicas de la zona, los riesgos (heladas, inundaciones entre otras) y las necesidades de los usuarios identificados. Asimismo, el proceso de obra debe diseñarse según un reto acorde con la lectura del contexto (autoconstrucción, prefabricación, etc.). Además, se pide que la propuesta responda a la normativa nacional sobre tierra y madera (Norma E.080, Norma E.010 respectivamente) y sobre el desempeño térmico de la envolvente (Norma EM.110).

El ejercicio exige que el estudiante proponga modificaciones, cambios o hibridaciones entre las técnicas del catálogo o incluso otras presentes en bibliografía, buscando la pertinencia de la solución constructiva en el contexto. El proceso permite al estudiante desarrollar la capacidad de plantear soluciones innovadoras a partir de una investigación previa.

Las prácticas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Experimentación Centro Tierra-CIAC, gestionado por el grupo de investigación del cual los tres docentes son miembros activos.

El Laboratorio permitió poner a disposición de los estudiantes una serie de recursos, como: herramientas, equipos para trabajar madera (taladro, atornillador, ingleteadora) y mezclas (balanzas, mezcladoras, trompo), fibras naturales y tierra, espacio de trabajo y de almacenamiento de las probetas y prototipos.

3.1 Análisis de los resultados de aprendizaje

Se realiza la evaluación de los ejercicios entregados en base a los resultados de aprendizaje (RA) definidos en el sílabo del curso (tabla 1).

Tabla 1. Relación entre resultados de aprendizaje y asignaciones

Resultados de aprendizaje planteados		Asignación/ejercicio
RA1	Identifica las diferentes técnicas constructivas mixtas, clasificándolas según sus componentes, características y proceso constructivo	Asignación 1 Investigación sobre un referente arquitectónico Estudio de un referente arquitectónico construido, sobre los siguientes aspectos: compositivo/funcional, estructural, constructivo/tecnológico, medioambiental/social, normativo
RA2	Realiza elementos y paneles en madera, tierra y fibras, a través de diferentes soportes (maqueta constructiva, paneles en escala 1:1, detalles constructivos), desarrollando capacidades organizativas de trabajo en campo	Asignación 2 Experimentación material - Maqueta 1:10 y prototipo 1:1 del referente - Informes de trabajo de campo, consistente en el registro de experimentación de mezclas (TA) y técnicas
RA3	Diseña una propuesta arquitectónica a pequeña escala, eligiendo una técnica constructiva mixta según las condiciones del contexto y los recursos disponibles localmente.	Asignación 3 Proyecto de un pabellón y una casa del guardián - Arquitectura - Paquete tecnológico - Proceso constructivo
RA4	Diseña el paquete tecnológico, a partir del conocimiento de las propiedades de los materiales utilizados, calculando el desempeño térmico del mismo.	- Pertinencia con el contexto, sostenibilidad desde el punto ambiental, social, económico

La lectura de los resultados de las diferentes entregas tiene valor en sí mismas, pero adquieren mayor relevancia si son consideradas dentro de un proceso de aprendizaje. Como está explicado en la metodología, las tres asignaciones o ejercicios son propedéuticos el uno al otro, de manera que los resultados de cada ejercicio se convierten en el punto de partida para el desarrollo de la siguiente asignación.

Para fines del presente artículo, las entregas han sido evaluadas bajo la lupa de la efectividad

de la metodología planteada, es decir:

- En la asignación 1, se considera como el grupo planteó la investigación y sistematizó los resultados, y sobre todo como hizo frente a eventuales faltas de información disponible.
- En la asignación 2, se consideró la capacidad de registro de la experimentación.
- En la asignación 3, se consideró la capacidad de integrar la fase de diseño con la experimentación material.

3.2 Evaluación de la aceptación del curso por parte de los estudiantes

Durante el semestre, se puso particular atención a la aceptación del curso por parte de los estudiantes, sobre todo por ser un curso nuevo.

El primer indicador que se puede utilizar es el número de inscritos: sobre 30 vacantes, se inscribieron 30 alumnos más un alumno de intercambio internacional. Sobre el tema de la interdisciplinariedad, sobre 31 alumnos, 2 eran de ingeniería y 1 de arte (escultura). Estos indicadores pueden ser usados para medir el interés sobre el tema.

Durante el curso, los profesores mantuvieron abierto el diálogo con los estudiantes, para poder mejorar de forma dinámica su organización. En esa etapa los estudiantes apreciaron:

- El equilibrio entre partes teóricas y prácticas, durante las 16 semanas; asimismo, el equilibrio entre trabajo de elaboración gráfica (diseños, informes, láminas) y material (maquetas, prototipos, mezclas).
- La manipulación material en distintas escalas.
- La interdisciplinariedad entre arquitectura e ingeniería, y la presencia del maestro constructor en horas de práctica.
- Su interés en seguir investigando.

Estas observaciones fueron tomadas para comprobar de forma cuantitativa la apreciación del curso. A tal propósito se diseñó una encuesta online anónima, con tres secciones de preguntas sobre: la organización del curso, las modalidades de introducción de la experimentación material en el curso, el interés en seguir profundizando el tema para el futuro.

3.3 Encuesta sobre el uso de maquetas en capacitaciones

Las maquetas y los prototipos demostraron cierta trascendencia fuera de las actividades académicas. Por lo tanto, se consideró importante medir la efectividad de estas como herramienta de soporte a la capacitación y difusión para un público no especializado. El análisis se efectúa a través de una breve encuesta a expertos del sector constructivo y académico, que participaron en las actividades del Festival Sarañani.

La encuesta se organiza en tres secciones de preguntas sobre: experiencia del encuestado en capacitación, efectividad de las maquetas en difusión y para capacitación en talleres de construcción.

4 RESULTADOS

Se presentan los resultados en base a los instrumentos descritos anteriormente.

4.1 Resultados de las entregas del curso

Durante la fase de investigación sobre el referente (asignación 1), algunos grupos se enfrentaron a problemas como la falta de información y de sistematización de la misma, llevándolos respectivamente a abordar de manera creativa cómo resolver dichas faltas. De los siete grupos, cinco reaccionaron buscando complementar la información con entrevistas al arquitecto (5/7), al ingeniero estructural (1/7), al maestro constructor (1/7) o con visitas a la

obra construida (1/7). Las entrevistas fueron realizadas de manera virtual o presencial, según la ubicación del proyecto.

Uno de los objetivos era conocer la técnica constructiva (sección constructiva 1:10 y 3D constructivo), para luego poder replicar la técnica en la asignación 2, en escala 1:1. La falta de detalle del dibujo elaborado no permitió avanzar en la fase constructiva, obligando a volver a investigar. De esta forma, se planteó un circuito virtuoso de idas y vueltas entre la literatura estudiada y la fase de trabajo en campo.

Con los informes de campo (asignación 2) el estudiante aprende a realizar un registro del proceso de la experimentación material (figura 3). Las actividades comprendieron:

- Elaborar mezclas a base de tierra y fibras naturales, modulando la densidad del elemento final (probetas); preparación de barbotina de forma manual y mecanizada.
- Registrar datos de los componentes de la mezcla, pasos, tiempos de dormido, herramienta utilizada, entre otros.
- Monitorear el secado durante 3 semanas, con pesado y cálculo de la densidad.
- Poner en obra las mezclas en paneles en escala 1:1, con diferentes técnicas derivadas del estudio de los referentes.



Figura 3. Informes de campo del grupo de alumnas A. Gonzales, N. Gushiken, C. Polar, J. Quiñones, L. Villavicencio.

En las entregas del proyecto final (asignación 3), el estudiante utiliza los métodos de experimentación material, desarrolla el diseño de soluciones pertinentes, y propone hibridaciones o innovaciones en la técnica (figura 4). Cinco grupos sobre siete modificaron o innovaron el referente, adaptándolo a los materiales locales o a las condiciones climáticas. A continuación, se detallan las soluciones adoptadas por los grupos:

- El diseño de soluciones con materiales presentes en el entorno partir de la formulación de un mapa de recursos materiales y humanos disponibles (7/7).
- La experimentación de mezclas de baja densidad elaborada con fibras locales de desechos como algas (1/7) o cascarilla de arroz (1/7) en zona costera para alcanzar el desempeño térmico establecido previamente.
- La experimentación de elementos de soporte de las mezclas, como el trenzado de totora (2/7) en zonas de humedales donde este recurso abunda.

- La innovación en elaboración de elementos de TA con encajes (1/7), paneles autoportantes con soporte de totora y revestimiento de TA (1/7).
- Diseño del proceso de obra, con propuestas de proceso semi-participativo (2/7) o prefabricación para reducir tiempos de obra y consumo de agua en áreas desérticas (1/7). Otros grupos estudiaron el armado de piezas (1/7).



Figura 4: Algunas láminas del proyecto final del grupo formado por las alumnas M. Aguilar, C. Bazán, F. Gastañaduy, T. Medina. Se aprecia el estudio de materiales locales, el cálculo de la conductividad, la arquitectura y el proceso constructivo

4.2 Aceptación de parte de los estudiantes

En la encuesta participaron 24 alumnos sobre 30. De los encuestados, la mayoría declara no haber estudiado técnicas de construcción en tierra antes del curso (17/24), y los demás haber estudiado en un curso o taller de la carrera (3/24), o por su cuenta, por un interés personal (4/24). Sobre la metodología del curso, se pidió calificar la relevancia de los contenidos, de las prácticas de trabajo, del ejercicio asignado, de la interdisciplinariedad (figura 5). Los resultados muestran una apreciación general para los cuatro aspectos, con un pico en el aspecto de las prácticas de trabajo, donde veinte encuestados sobre veinticuatro muestran su máxima apreciación. Otro punto que se resalta es la apreciación del equipo de apoyo en las prácticas.

En las respuestas abiertas, se confirma la apreciación por el equilibrio entre teoría y práctica, y entre trabajo fuera y dentro del aula. Además, se rescata la sugerencia de los alumnos de vincular más la explicación teórica antes de la práctica, y de tener momentos de retroalimentación al final de cada práctica.

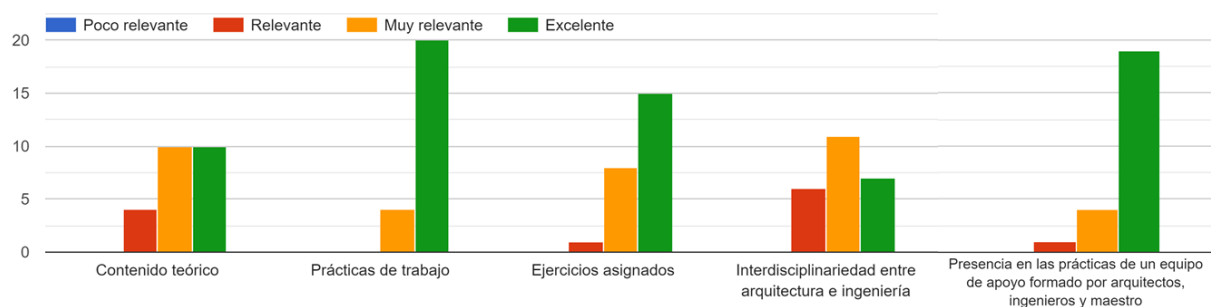


Figura 5. Relevancia de los aspectos del curso

Sobre la introducción de la manipulación de materiales naturales a diferentes escalas, los estudiantes se declaran “muy satisfecho” (19) y “satisfecho” (5), detallando en los siguientes aspectos:

- Elaborar mezclas a base de tierra y materiales naturales (17/24 excelente).
- Estudiar un referente construido y replicar la técnica a través del prototipo y de la maqueta 1:10 (15/24 excelente).
- Poder conocer otras técnicas mixtas gracias al catálogo de los 7 referentes (11/24 excelente).
- Poder seguir con las prácticas durante la fase de proyecto, y experimentar en escala real las soluciones propuestas (17/24 excelente).
- Plantear el proceso constructivo de la propuesta, según las condiciones del contexto (14/24 excelente).

En general, los estudiantes declaran que el curso ha despertado su curiosidad hacia la arquitectura con materiales naturales y su interés en seguir profundizando, de diferentes formas, durante la carrera universitaria y en cursos fuera de la academia (figura 6). El 100% recomendaría el curso a otro estudiante.

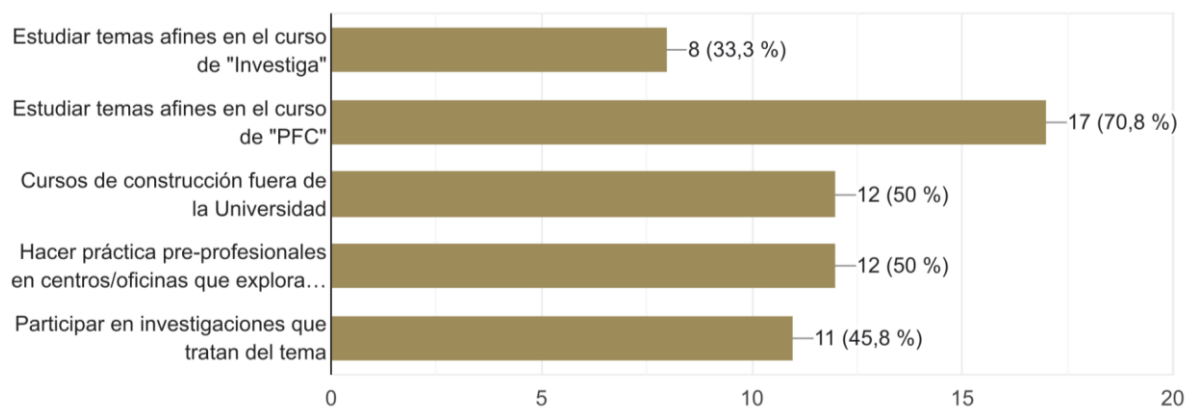


Figura 6. Interés en seguir profundizando el estudio de las técnicas mixtas en madera y tierra

En las respuestas abiertas, se señala la apreciación sobre el material tierra y materiales naturales, en particular “entender las limitaciones y sus alcances (del material) en diferentes técnicas constructivas”, ya que el material permite “libertad de experimentación” y “equivocarse con tranquilidad”. Se reconoce la importancia del curso visto que “el tema de construcción en tierra es un tema que se está retomando en el ambiente académico y cotidiano”.

4.3 Resultados de encuesta a expertos

A la encuesta respondieron nueve expertos que participaron en el Festival y en el taller. Los expertos son profesionales de arquitectura, arqueología, restauración o constructores, provenientes de diferentes países, Perú, Chile, México. Todos los encuestados declararon tener experiencias en docencia y/o capacitación con el uso de maquetas y prototipos, y de considerar importante su uso para el desarrollo de las competencias profesionales, afirmando que “en capacitación es importante contar con dispositivos pedagógicos que permitan desarrollar capacidades y competencias manipulativas de forma aplicada” (S. Alfaro).

Los comentarios sobre este aspecto muestran afinidades con los encontrados en literatura (Sarmiento, 2017; Juillerat, 2018): se remarca que hacer una maqueta significa “crear una situación muy cercana a la realidad y sobre todo bajo las leyes de la gravedad, esta es una gran diferencia con las experiencias inmersivas con el uso de TICs” (S. Alfaro); además permite ir más allá de las representaciones planimétricas y tridimensionales y tener una experiencia “diferente y sensorial” (G. Pacheco). Se resalta la importancia de colocar

físicamente los elementos, en escala y en cierta relación, que convierten la experiencia importante porque “hacer una maqueta constructiva es un poco como participar en una obra: se entiende el orden en que se colocan los elementos y la relación entre unos y otros” (S. Rodríguez-Larraín)

resultando ser una herramienta muy útil en “capacitación de sistemas constructivos tradicionales, pues da una experiencia real de la técnica, dando la oportunidad de trabajar el material” (B. Yuste).

La elaboración de prototipos permite “completar la visión de la técnica al proporcionar información de las dimensiones reales, el peso, las texturas, olores, colores. Y permiten explicar conceptos como el aislamiento, la porosidad, la opacidad, etc. que están relacionados con los materiales y la forma en que se utilizan” (S. Rodríguez-Larraín).

Este comentario presenta afinidades con lo que declara Sarmiento (2017, p. 44):

En el caso de los prototipos resulta sustancial la experiencia táctil de manipular y fijar los componentes con las manos, explorando sus características, siendo consciente de los procedimientos constructivo

Sobre la exposición de técnicas mixtas en el Festival la totalidad de los encuestados piensa que el conjunto de maquetas y prototipos (figura 7) fue útil para que un público no especializado pueda entender la diversidad de técnicas en madera y tierra. Igualmente, todos reconocen el valor de mostrar maquetas de técnicas contemporáneas junto a maquetas de técnicas tradicionales y mostrar técnicas mixtas procedentes de diferentes países.



Figura 7. Exposición de maquetas durante el Festival Sarañani (Onnis, 2023)

En general los encuestados, consideran muy importante ver la maqueta junto a su prototipo en escala 1:1. Asimismo, consideran la escala 1:10 apropiada para representar con suficientes detalles el sistema constructivo (8/9). Para la mejora en el uso de esta herramienta, sugieren complementar con detalles a escala 1:5, además de acompañar las maquetas y prototipos con paneles explicativos que ayuden a poner en contexto la técnica, incluyendo la descripción de los materiales y de la técnica utilizadas

4.4 Otros resultados

Realizar las prácticas en el laboratorio permitió a los estudiantes familiarizarse con los espacios de la investigación material llevadas a cabo por los docentes-investigadores, apreciando al mismo tiempo especímenes, probetas, prototipos de las investigaciones elaborados en los proyectos del grupo. Además, los estudiantes pudieron disponer de libros, manuales y cartillas sobre técnicas mixtas en la biblioteca del laboratorio.

5 CONSIDERACIONES FINALES

El curso logró sus expectativas iniciales: la sistematización de la información sobre siete técnicas mixtas contemporáneas en ámbito nacional e internacional; la creación del catálogo como herramienta de trabajo; la experimentación material en escala real de las soluciones constructivas; el despertar, en los estudiantes, de una actitud orientada a la investigación y experimentación para el desarrollo de proyectos en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ligados a la disciplina. La experiencia permitió seguir aprendiendo sobre los métodos de enseñanza a partir de la experimentación material, que consideramos vital cuando esté relacionada a la investigación de materiales naturales locales. A partir de lo aprendido por los docentes en el curso, se considera importante lograr el equilibrio entre la autonomía de los grupos de alumnos y el apoyo de los docentes en las prácticas de campo. Asimismo, fue importante la diversidad de formación en el equipo de apoyo (arquitectas, ingeniero y maestro) que aportó diferentes puntos de vista, generando el debate en campo y la necesidad de parte del grupo de estudiantes de tomar decisiones evaluando varios aspectos a la vez.

Según los resultados obtenidos, se pueden realizar consideraciones sobre las mejoras que se podrían aportar a una segunda versión del curso:

- Organización del trabajo de campo en la primera fase. En la primera aproximación al material es importante crear ejercicios con pautas claras, dejando la fase de experimentación libre cuando el estudiante tenga más conocimientos.
- Intercambio entre grupos de alumnos durante el trabajo de campo. Resulta importante programar espacios de intercambio entre los grupos donde expresar lo aprendido.
- Intercambio con profesionales. Es recomendable integrar momentos de intercambio en forma de charlas, organización de visitas a obras construidas o en construcción.

Sobre el proceso de aprendizaje planteado, se valida la secuencia de ejercicios asignados que permite pasar de la investigación teórica a la experimentación práctica, y luego a la propuesta arquitectónica y constructiva. El curso hace que el alumno descubra un abanico de posibilidades sobre el uso de materiales no convencionales, y con el método experimental aprendido pueda ensayar soluciones y validarlas. Mucho más allá que aprender una técnica en sí, el alumno se apropia de un método de trabajo replicable en otro curso o en la práctica profesional.

En todas las ocasiones en que maquetas y prototipos fueron expuestos se ha podido apreciar el gran interés y curiosidad suscitados, pudiéndose afirmar que cumplen definitivamente, con el propósito de difundir y dar a conocer las diferentes técnicas constructivas de sistemas mixtos en madera y tierra. Se confirma, a través de la encuesta a expertos, la importancia de la maqueta constructiva y de prototipos como herramientas de aprendizaje en los cursos bajo la modalidad “aprender haciendo” y su uso como herramienta de difusión en eventos y capacitaciones, rescatando así el rol de la maqueta como “herramienta de aprendizaje en sí (medios, más que fines)” (Sarmiento, 2017), y no como resultado que se materializa al final de un proceso de diseño.

Finalmente se evidencia el creciente interés sobre las técnicas constructivas mixtas con materiales naturales, tanto en el público general, como en los estudiantes de arquitectura, los cuales demuestran el interés en seguir aprendiendo sobre las técnicas mixtas para su aplicación en futuros proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Juillerat, V. (2018), Proyecto Wasiwood. La mano inteligente o cómo diseñar construyendo en el Taller 2 de Arquitectura PUCP, en: Revista Arquitectura PUCP, Año 10, n. 12, diciembre 2018. Lima: Fondo Editorial PUCP. p.66-71.

Norma E.010 (2006). Madera. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

Norma EM.110 (2014). Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Onnis, S. (2023). La experiencia del grupo de investigación Centro Tierra 2013-2023: Diez años de investigación y experimentación material. Disponible en: <https://proyecto-ciac.pe/proyectos/sostenibilidad-apropiada/la-experiencia-del-grupo-de-investigacion-centro-tierra/>

Rodríguez-Larraín, S.; Vargas Neumann J.; Montoya Robles T.; Gil, S.; Onnis, S. (2013). Aportes de la enseñanza de la arquitectura en tierra a la mitigación de riesgos. Cuadernos: arquitectura y ciudad N° 18. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/36712?show=full>

Sarmiento Ocampo, J.A. (2017). Maquetas y prototipos como herramientas de aprendizaje en arquitectura. *Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXVIII, núm. 2, mayo-agosto, 2017, pp. 43-52. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Ciudad de La Habana, Cuba. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3768/376852683004.pdf>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la Fundación Altiplano y los amigos del Callao por la invitación a participar en el Festival Sarañani y poder ensayar el uso del catálogo fuera de los salones académicos. Los y las estudiantes por haber participado con entusiasmo en la primera versión del curso, y por haber participado en la encuesta. Asimismo, a los expertos encuestados: Sergio Arturo Alfaro Malatesta, Sofía Rodríguez-Larraín, Teresa Montoya Robles, José Luis Valencia Pfoccori, Carlos Gabriel Gómez Valdez, Gianella Pacheco Neyra, Beatriz Yuste Miguel, David Martínez, Luis Fernando Guerrero Baca. Se agradece a la arquitecta Teresa Montoya Robles por poner a disposición las maquetas sobre la quincha histórica y al maestro Gabriel Gómez por el apoyo en las prácticas de campo.

AUTORES

Silvia Onnis, arquitecta y magister por la Universidad de Florencia (Italia), docente e investigadora en la Pontificia Universidad Católica del Perú; miembro fundador del grupo Centro Tierra-PUCP; fundadora de la asociación Manos a la Tierra. Currículo completo en: <https://www.linkedin.com/in/silvia-onnis-b9745049>

Giuseppina Meli, arquitecta y magister por el Politécnico de Palermo (Italia), docente e investigadora en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Miembro del grupo Centro Tierra-PUCP; especializada en el Politécnico de Turín en "Hábitat, Tecnologías y Desarrollo". Currículo completo en: <https://www.pucp.edu.pe/profesor/giuseppina-meli>

Germán Luis Francisco Becerra Orihuela, ingeniero civil por la Pontificia Universidad Católica del Perú con especialidad en el diseño estructural de edificaciones de madera y tierra. Pre docente en la PUCP, miembro del grupo Centro Tierra-PUCP. Coordinador del área de Soluciones de Ingeniería Especializada en PROLIMA, Gerencia Municipal para la Recuperación del Centro Histórico de Lima. Gerente general de la constructora DEMATE.