



Comparativo de sistemas de edificación mediante fardos de paja en modalidad de autoconstrucción

Autora: Silvia Cenzano Gutiérrez

Institución: Universidad Alfonso X El Sabio

Otros autores: Marta Revuelta Aramburu (Universidad Alfonso X El Sabio)

Resumen

Comparativo de sistemas de edificación mediante fardos de paja en modalidad de autoconstrucción, desde el análisis de los parámetros siguientes: complejidad de redacción de proyecto de ejecución, limitaciones de diseño, costes de materiales y otros gastos de construcción, facilidad de ejecución, afecciones climatológicas, vida útil y mantenimiento entre otras.

Palabras clave: Sistema constructivo, cerramiento, muro de carga, material, construcción, bala, fardo, paja, fibra vegetal, impacto ambiental, reutilización, residuo agrario, residuo agrícola.

1.- Introducción

La edificación sostenible aborda varias disciplinas entre las que destacan el estudio de los sistemas constructivos así como el empleo de materiales de construcción sostenibles. Es en ambos ámbitos donde se enmarca el presente análisis.

Entre los materiales empleados actualmente en construcción sostenible destaca la fibra vegetal comúnmente denominada paja. Se emplea en muy diversas formas: suelta combinada con aglomerantes, empacada aparejada formando muros o procesada en muy diversos prefabricados.

A modo de ejemplo en las siguientes figuras se aprecian modelos de construcción que combinan sistemas constructivos sostenibles como son las fachadas súper-aisladas mediante madera y paja.



Figura 1: Complejo de edificios residenciales súper-aislados mediante paja.
Fuente: Low Impact Living Affordable Community. Modcell Straw Technology [1]



Figura 2: Escuela Tecnológica de Ingeniería y Matemáticas, edificado con paja.
Fuente: Hayesfield School Nucleus building. Modcell Straw Technology [1]

En la siguiente figura se aprecia un ejemplo de construcción que combina sistemas sostenibles como son la estructura de madera laminada encolada con muros de fachada de balas de paja.



Figura 3: Ejemplo de edificio de balas de paja con estructura de MLE.
Fuente: King, Bruce. *Design of Straw Bale Buildings. The state of the art. 2006. [2]*

2.- Modalidad de autoconstrucción

Entre las soluciones de construcción sostenible analizamos la modalidad de autoconstrucción. Como es sabido, la edificación es frecuentemente realizada por empresas especializadas, pero también puede no ser así. Desde el origen de la historia de la construcción y hasta décadas no muy antiguas, también en nuestro país, era muy habitual que las viviendas fueran ejecutadas por sus futuros habitantes. A esta modalidad se le denomina autoconstrucción. Las personas que optan por esta modalidad pueden contar o no con experiencia previa en edificación.

Los objetivos de esta modalidad son múltiples y muy variables en el tiempo: desde el ahorro económico hasta la propia satisfacción personal. Entre los aspectos por los que se opta actualmente por la autoconstrucción se encuentra la viabilidad de sistemas constructivos de ejecución medianamente sencilla. En las últimas décadas hemos visto multiplicarse iniciativas, desarrollarse nuevos sistemas y retomar técnicas antiguas que facilitan y mejoran la modalidad de autoconstrucción. Otra razón fundamental es la posibilidad de levantar la propia vivienda consiguiendo los objetivos de sostenibilidad siguientes: considerables ahorros energético y de agua, posibilidad de utilización de materiales y sistemas constructivos medioambientalmente respetuosos.

La autoconstrucción es perfectamente legal, y no necesita de requerimientos diferentes a la realizada por empresas especializadas, no obstante precisa de: proyecto de ejecución, dirección facultativa, licencia de obras y demás requerimientos en los mismos términos que la edificación realizada por empresas constructoras.

Entre los materiales más empleados actualmente para autoconstrucción en España destacan las balas de paja y la tierra.



Figura 4: Ejemplos de edificios en ejecución en autoconstrucción. *Fuente: Calearth.org. [3]*

3.- Sistemas sostenibles para autoconstrucción.

En la edificación el número de materiales y sistemas constructivos sostenibles es evidentemente inmenso. Así este estudio se delimita a sistemas constructivos que sirven para crear una parte importante del edificio: la estructura y el cerramiento, en modalidad de autoconstrucción. Concretamente se centra en uno de los grandes grupos más empleados en nuestro país actualmente para autoconstrucción, a saber: los elaborados por balas de paja. Otro de los grandes grupos de sistemas de autoconstrucción ampliamente utilizados en la actualidad es el que emplea la tierra como material principal. Para elegir el grupo de sistemas a base de balas de paja se tuvieron en cuenta criterios como los siguientes:

- Durabilidad del edificio resultante.
- Cumplimiento de requerimientos constructivos como los siguientes: resistencias mecánicas, comportamiento térmico, o comportamiento en caso de incendio, entre otros.
- Origen controlado: como producción justa y cercana.
- Coste de construcción limitado.
- Utilización de materiales no contaminantes y ni perjudiciales para la salud.
- Consumo de energía bajo, nulo o negativo.
- Valor cultural.
- Origen renovable o muy abundante.
- Materia reciclada o reutilizada en su composición.
- Facilidad y economía de manipulación del material.
- Facilidad de ejecución del sistema constructivo.
- Facilidad y economía de mantenimiento.

4.- Construcción con balas de paja

Se denomina paja, como es sabido, a los tallos largos y huecos que constituyen un residuo de la agricultura de cereales como trigo, cebada, avena o arroz. Se trata de un material de construcción tremendamente sostenible, es muy abundante; la gestión del residuo de paja es muy sencilla, el material sobrante puede incorporarse al propio solar como abono o para esponjar suelos de huerta. Según indica el arquitecto y catedrático alemán Guernot Minke en su Manual de Construcción con Fardos de Paja [4]: en la producción de los fardos se emplea muy poca energía, aproximadamente 14 MJ/m^3 (77 veces menos que para la lana mineral por ejemplo); al ser un material vegetal cabe considerar la fijación del CO_2 en el proceso de fotosíntesis; gracias al elevado aislamiento térmico que proporcionan a los edificios se puede reducir el consumo energético para la climatización. En ensayos oficiales realizados en Alemania y Austria sobre muros de fardos de paja se obtuvieron los siguientes resultados [4]:

- Resistencia al fuego F90
- Clasificación B2 (inflamabilidad normal)
- Conductividad IR=0.0456 W/mK (GrAT 2001)

Por lo tanto se puede utilizar como cerramiento en edificios residenciales, docentes, hospitalarios entre otras tipologías. Se pueden utilizar para construir casas pasivas. [4]

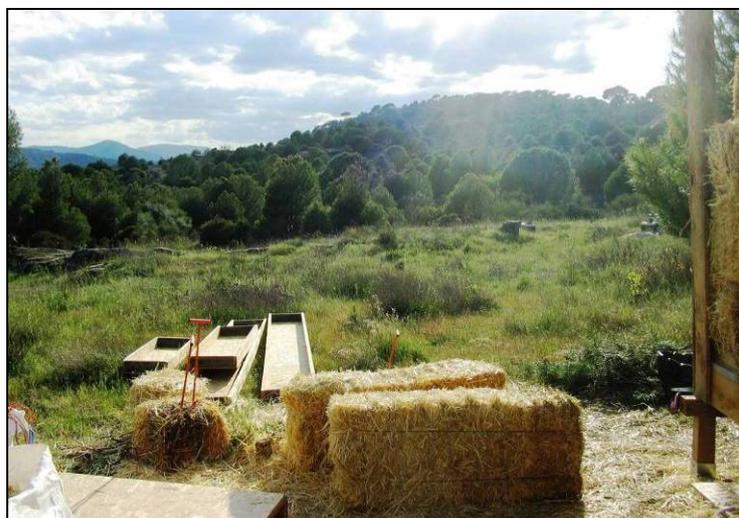


Figura 7: Balas de paja preparadas para construir. Taller Karuna. *Fotografía: Silvia Cenzano.*

La construcción de edificios con balas de paja tiene su origen hace algo más de un siglo en las llanuras de Nebraska, EEUU. Entonces se desarrollaron sistemas constructivos disponiendo las balas aparejadas para formar muros de carga como se aprecia en la figura siguiente. Algunos de estos edificios persisten hoy en día en buenas condiciones de uso.



Fig. 1: Simonton House, Nebraska 1908. *Fuente: Barbara Jones Amazonails (2007)*

Tanto las técnicas antiguas como las modernas tecnologías permiten construir edificios eficientes con elevadas prestaciones cualitativas estéticas y funcionales.

5.- Sistemas de autoconstrucción con paja

Existen múltiples sistemas constructivos aptos para la modalidad de autoconstrucción. En algunos casos se utiliza la bala empacada y en otros no. Los sistemas más frecuentes para autoconstrucción son los que emplean las balas de paja rectangulares de formato pequeño (110x45x35cm aproximadamente) y se dividen en sistemas autoportantes y sistemas combinados con estructuras entramadas. A los sistemas autoportantes también se les denomina “Técnica Nebraska” por ser el empleado por los pioneros en la construcción con fardos en Nebraska, EEUU. Las estructuras entramadas pueden ser de diversos materiales: acero, hormigón armado o madera fundamentalmente. Con frecuencia se utiliza la madera, ya que, si ésta es de origen controlado, resulta muy sostenible. Existen otros sistemas que designamos mixtos como el denominado GREB.

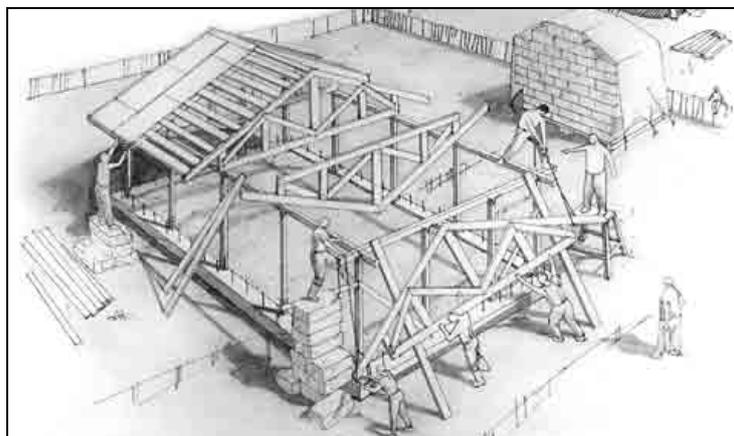


Figura 9: Proceso de ejecución de cerramiento combinado con entramado
Fuente: E. Purev Erdene. Introducción Visual a la Construcción con Fardos de Paja [5]

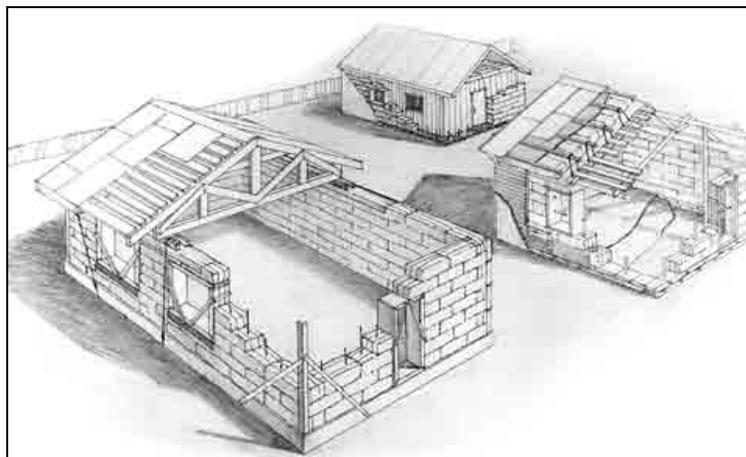


Figura 10: Proceso de ejecución de sistema autoportante.

Fuente: E. Purev Erdene. *Introducción Visual a la Construcción con Fardos de Paja* [5]

En las ilustraciones anteriores observamos un esquema resumen de ambos procesos. En la siguiente imagen se aprecian dos ejemplos de detalles constructivos correspondientes a sendos sistemas. Existen muchas otras variantes según las zonas y lugares.

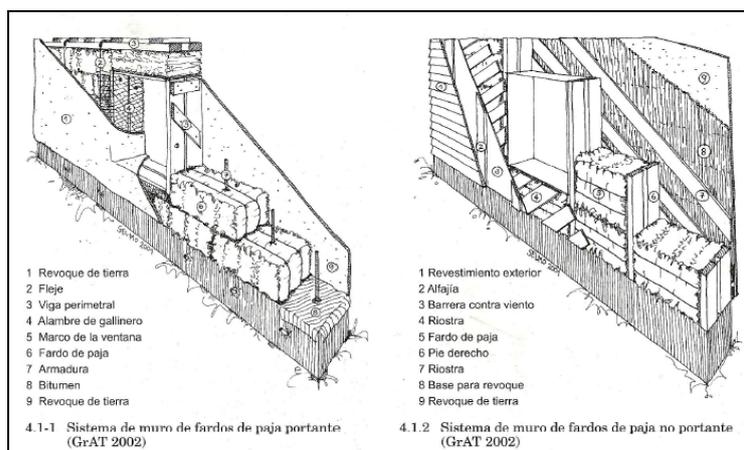


Figura 11: Ejemplos de sistemas para muros de fardos de paja portantes y no portantes.

Fuente: *Manual de construcción con fardos de paja*. Guernot Minke. [4]

6.- Fortalezas de la autoconstrucción con balas de paja.

Entre las ventajas del empleo de las balas de paja como material para autoconstrucción frente a otros materiales de construcción de cualquier tipo destacan:

- Considerado el material más ecológico por los motivos expuestos anteriormente.
- Sencillez constructiva: el más apropiado para autoconstrucción.
- Material de origen renovable.

- Enorme aislamiento térmico y acústico. En consecuencia supone además de mejores prestaciones, mayor ahorro energético.
- Permite gran flexibilidad de diseño.
- No necesita gran precisión por lo que puede emplearse por mano de obra no profesional.
- Permite obtener fachadas transpirables.
- Importe de construcción reducido.
- Convenientemente compactado y revocado permite obtener elementos constructivos de extraordinarias cualidades frente al caso de incendio.
- No emite gases tóxicos en su combustión.
- Construida convenientemente se obtienen edificios de gran durabilidad (incluso más de cien años).

7.- Debilidades de la autoconstrucción con balas de paja.

Entre las desventajas cabe destacar las siguientes:

- Se encuentran dificultades en ocasiones para que los bancos financien las obras, para que los colegios oficiales visen los trabajos, para que los ayuntamientos otorguen licencias o para que las aseguradoras cubran la edificación, ya que, aunque el sistema cumpla los requerimientos legales, no es ampliamente conocido.
- La compactación de las balas debe ser controlada ya que en ocasiones puede no ser suficiente, aunque se pueden comprimir en obra por medios manuales sin demasiada complicación.
- Si la producción de la paja no es cercana el precio puede incrementarse considerablemente a causa del transporte.
- Requiere de un revestimiento por vía húmeda (revocos manuales o proyectados) para conseguir la adecuada protección del incendio. [4]
- Para la extinción de incendios no se debe utilizar chorro de agua, se pueden emplear extintores de polvo químico o agua nebulizada, ya que el chorro de agua inutilizaría las balas.

8. Fortalezas y debilidades del sistema autoconstruido de muros de balas de paja combinado con estructura de madera.

Las ventajas más importantes del sistema no autoportante son:

- Permite sustituir o modificar fácilmente el muro de balas de paja. Normalmente no será necesario, siempre y cuando si se haya diseñado y ejecutado correctamente y se hayan utilizado los materiales apropiados en las condiciones adecuadas (de humedad de las balas por ejemplo).

- Se puede realizar la cubierta antes que el muro de paja. Esto supone que la lluvia entorpezca menos la ejecución de la obra ya que, como es sabido, las balas deben contener un grado de humedad menor del 20%.
- La prolongada vida útil de las estructuras de madera construida y mantenida en condiciones apropiadas ha sido demostrada a lo largo de los siglos y en cualquier parte del planeta donde haya bosques.

Entre las principales desventajas del sistema no autoportante se encuentran las siguientes: se debe realizar el diseño, el cálculo y ejecución de la estructura, lo cual requiere de unos conocimientos iniciales representativos.

9. Fortalezas y debilidades del sistema autoconstruido y autoportante de muros de balas de paja.

Las principales ventajas del sistema mediante muros de carga realizados con balas de paja son:

- Los cálculos estructurales son sencillos.
- El sistema puede resultar más barato ya que pilares y vigas son sustituidas por flejes de tensado y zunchos.
- En cuanto a vida útil: algunos de los edificios que construyeron los pioneros de hace más de un siglo siguen en apropiadas condiciones de uso ya que han sido convenientemente mantenidos. Lo cual es más que suficiente para ser considerado un material de construcción para edificación duradera.

Entre las desventajas del sistema cabe destacar:

- Mayores condicionantes de diseño en cuanto a la dimensión, a la separación y a la posición de los huecos de fachada.

10. Bibliografía.

- [1] ModCell Straw Technology. Completed Projects. Extraído el 1 de abril de 2014, de <http://www.modcell.com/>
- [2] King, B. (2006) Design of Straw Bale Buildings. The state of the art.
- [3] Cal-Earth Learn to build. Workshops. Extraído el 1 de abril de 2014, de <http://calearth.org/learn-to-build/workshops.html>
- [4] Mahike, F y Minke, G (2006). Manual de construcción con fardos de paja. Montevideo, Uruguay: Fin de Siglo.
- [5] Mac Donald, S.O. y Purev-Erdene, E (1999) Introducción Visual a la Construcción con Fardos de Paja. 2006
- [6] Snel, H. (2006) ¿Paja Mental? Redescubriendo un material de construcción antiguo. Alemania: Ökofilm.
- [7] Nitzkin, R. y Termens, M (2010) Casas de Paja. Una guía para autoconstructores. Teruel: Ecohabitar Visiones Sostenibles, S.L.
- [8] Cebada, P. (2008) Casas sanas y ecológicas con balas de paja. Construcciones para un mundo más consciente. Madrid: Publidisa.
- [9] Jones, B (2009) Building with straw bales. A practical guide for the UK and Ireland. Revised and updated edition. Reino Unido: Green Books.
- [10] Jones, B. (2001) Una guía de construcción con balas de paja. Reino Unido.
- [11] Brainbridge, D., Steen, B. y Swentzell, A. (1994) La Casa de Fardos de paja (Traducción resumida) Título original: "The straw bale house" Vermont EEUU: Chelsea Green Publishing Company. 2006
- [12] Eisenberg, D y Hammer, M. Strawbale Construction and Its Evolution in Building Codes. Building safety journal on line.
http://strawbuilding.org/sites/default/files/docs/Strawbale_Construction_Building_CoCod.pdf
- [13] Jones, B. (2007) Construction en paille porteuse. En Réseau Français de Construction en paille à Jublains. Francia.