

Construcción con Superadobe (Earthbag): Técnica de Nader Khalili para Refugios Resistentes

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Refugio y Construcción

Etiquetas: Sin etiquetas

Construcción con Superadobe (Earthbag): Técnica de Nader Khalili para Refugios Resistentes

El superadobe, también conocido como earthbag, es una técnica constructiva desarrollada por el arquitecto iraní-estadounidense Nader Khalili en el California Institute of Earth Art and Architecture (Cal-Earth) durante la década de 1980. Khalili diseñó el sistema originalmente por encargo de la NASA para construir hábitats lunares, pero pronto demostró su enorme potencial para refugios terrestres de emergencia y viviendas permanentes de bajo coste. El método consiste en rellenar sacos tubulares de polipropileno con tierra local, apilarlos en hiladas y separarlos con alambre de espino que actúa como mortero de fricción. Las estructuras resultantes resisten terremotos, huracanes e inundaciones, y han sido validadas por organismos como ACNUR y la Cruz Roja Internacional para campos de refugiados.

Principios Estructurales del Superadobe

El superadobe se basa en tres principios fundamentales de la arquitectura vernácula: compresión, arco y gravedad. Las hiladas de sacos rellenos de tierra trabajan exclusivamente a compresión, igual que un muro de piedra seca. Cuando se apilan en forma de cúpula o bóveda, cada hilada forma un arco que distribuye las cargas hacia el suelo sin necesidad de columnas ni vigas. El peso propio de la estructura la estabiliza frente al viento y los sismos.

El alambre de espino entre hiladas cumple la función de un mortero mecánico: sus púas se clavan en el polipropileno de los sacos superior e inferior, impidiendo el deslizamiento lateral. Esto proporciona resistencia a tracción en un sistema que de otro modo solo trabajaría a compresión, lo que permite construir cúpulas de hasta 5 metros de diámetro sin cimbras ni encofrados.

Principio

Función

Equivalente convencional

Compresión de sacos

Soportar cargas verticales

Muro de carga de ladrillo

Arco por hiladas curvas

Distribuir cargas al suelo

Arco de piedra o bóveda

Alambre de espino

Resistencia a tracción y fricción
Mortero de cemento entre hiladas

Forma de cúpula
Eliminación de puntos débiles
Estructura monolítica de hormigón

Dato clave: Una cúpula de superadobe de 4 metros de diámetro interior proporciona aproximadamente 14 m² de superficie habitable y puede ser construida por 3-4 personas sin experiencia previa en 3-5 días de trabajo.

Materiales Necesarios y Preparación del Terreno

Una de las grandes ventajas del superadobe es que el material principal, la tierra, se obtiene del propio terreno. Solo se necesitan tres materiales manufacturados: sacos tubulares de polipropileno, alambre de espino galvanizado y herramientas básicas. Los sacos tubulares se venden en rollos continuos de entre 30 y 100 metros, con anchos de 35 a 50 cm (una vez aplanados). A diferencia del adobe tradicional, la tierra no requiere contenido específico de arcilla: arena, grava fina, tierra de excavación e incluso escombros triturados funcionan aceptablemente.

Sacos tubulares: Polipropileno tejido de mínimo 100 g/m². Anchos de 45-50 cm para muros exteriores y 35 cm para tabiques interiores. Se necesitan aproximadamente 250-350 metros lineales para una cúpula de 4 metros de diámetro.

Alambre de espino: Galvanizado de calibre 15-17 (1,4-1,8 mm). Se colocan dos líneas paralelas entre cada hilada. Para una cúpula estándar se necesitan unos 500-700 metros.

Tierra de relleno: Cualquier tierra mineral sirve: arena, grava, arcilla o mezcla. Evitar tierra orgánica (humus oscuro) porque se descompone. Se necesitan entre 10 y 15 toneladas para una cúpula de 4 metros.

Herramientas: Palas, cubos, un pisón manual (se puede fabricar con un tronco), nivel de burbuja, cuerda y una estaca central para trazar los arcos. No se requiere maquinaria pesada.

La preparación del terreno consiste en nivelar el área de construcción, excavar una zanja perimetral de 30-40 cm de profundidad para la primera hilada (que actúa como cimentación) y rellenarla con grava gruesa para drenaje. En terrenos con nivel freático alto, conviene elevar la primera hilada al menos 20 cm sobre el nivel del suelo circundante.

Proceso Constructivo Paso a Paso

El proceso de construcción sigue un ritmo cíclico: rellenar saco, apisonar, colocar alambre, repetir. Cada hilada se compacta antes de colocar la siguiente, lo que garantiza muros densos y resistentes. Para una cúpula, las hiladas se van cerrando progresivamente hacia el centro mediante un método llamado corbelling (voladizo escalonado): cada hilada se desplaza ligeramente hacia el interior respecto a la anterior.

Paso 1: Trazar el perímetro: Clavar una estaca en el centro y atar una cuerda con la medida del radio deseado (2 metros para una cúpula de 4 m de diámetro). Marcar el círculo en el suelo. Dejar una abertura de 80-100 cm para la puerta.

Paso 2: Primera hilada: Colocar el saco tubular en la zanja de cimentación, rellenarlo con tierra usando cubos o palas, y apisonar firmemente cada 30-40 cm de longitud. El saco debe quedar con una sección aproximadamente rectangular de 30 cm de ancho por 15 cm de alto una vez compactado.

Paso 3: Alambre de espino: Tender dos líneas paralelas de alambre de espino sobre la hilada terminada, separadas 5-8 cm del borde. Presionar ligeramente para que las púas se anclen en el polipropileno.

Paso 4: Hiladas sucesivas: Repetir el proceso. A partir de la cuarta o quinta hilada, empezar a desplazar cada hilada 2-3 cm hacia el interior para iniciar la curvatura de la cúpula. Usar la cuerda desde la estaca central, ahora midiendo también la altura, como guía para mantener la curvatura uniforme.

Paso 5: Cierre de cúpula: Las últimas hiladas requieren sacos más cortos y un desplazamiento interior mayor. El cierre superior se sella con un saco enrollado en espiral o con una piedra plana embebida en mortero de tierra.

El ritmo de trabajo habitual permite completar entre 2 y 4 hiladas por jornada con un equipo de 3-4 personas. Una cúpula de 4 metros requiere entre 20 y 30 hiladas dependiendo de la altura deseada.

Revestimiento, Impermeabilización y Acabados

Los sacos de polipropileno se degradan con la radiación ultravioleta en un plazo de 6 a 12 meses si quedan expuestos al sol. Por tanto, el revestimiento exterior no es opcional sino imprescindible para la durabilidad de la estructura. El revestimiento también aporta impermeabilidad y mejora la estética.

Enlucido de tierra-cal: La opción más económica y probada: mezclar tierra arcillosa, arena y cal apagada en proporción 1:3:1. Aplicar en dos capas de 1-2 cm sobre una malla de gallinero clavada a los sacos. La malla proporciona adherencia mecánica al revestimiento.

Ferrocemento: Para mayor resistencia: fijar malla de alambre electrosoldado a los sacos y aplicar una capa de 2-3 cm de mortero de cemento. Más costoso pero prácticamente indestructible. Adecuado para zonas de lluvia intensa o riesgo de impacto.

Cal hidráulica: Aplicar una lechada de cal directamente sobre los sacos previamente humedecidos. La cal penetra en el tejido del polipropileno y endurece al carbonatarse. Requiere 2-3 manos con intervalos de 48 horas.

En el interior, el acabado más habitual es un enlucido de tierra con paja fina de 1-2 cm de espesor. Se puede pintar con lechada de cal (encalado) para obtener superficies blancas y luminosas. Las instalaciones eléctricas y de fontanería se embeben entre el muro de sacos y el enlucido, fijándolas con clavos o amarres a los sacos.

Protección UV: Si no puede revestir inmediatamente, cubra los sacos expuestos con lonas, plástico o una capa provisional de barro. El polipropileno sin protección pierde el 50% de su resistencia en solo 2-3 meses de exposición solar directa.

Resistencia Sísmica y Pruebas de Validación

El superadobe ha superado pruebas sísmicas en laboratorios de la Universidad de California y el International Conference of Building Officials (ICBO). Una cúpula de superadobe sometida a simulación de terremoto de magnitud 7,6 en mesa vibratoria no presentó colapso estructural ni fisuras significativas. La clave reside en la geometría curva y la continuidad del sistema: a diferencia de los muros rectos de ladrillo, una cúpula distribuye las fuerzas sísmicas de forma uniforme por toda la estructura.

Ensayo

Condición

Resultado

Sismo simulado (Cal-Earth, 1995)

Magnitud 7,6 en mesa vibratoria

Sin colapso, grietas menores en revestimiento

Carga estática (ICBO)

12 kN/m² sobre cúpula de 4 m

Deformación menor a 2 mm

Resistencia al viento (FEMA)

Vientos de 240 km/h

Sin daño estructural

Resistencia al fuego

Exposición directa 2 horas

Penetración térmica menor a 5 cm

En la práctica, las estructuras de superadobe han demostrado su resistencia en terremotos reales. Tras el terremoto de Bam (Irán) en 2003, las cúpulas de superadobe construidas por Cal-Earth en la región permanecieron intactas mientras el 85% de las edificaciones convencionales de ladrillo colapsaron. Organizaciones como ACNUR han adoptado el superadobe para refugios permanentes en campos de Kenia, Pakistán y Haití.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.