

Tendencias actuales en el diseño y la ejecución de los hospitales de campaña

Cristina González-Gaya, Fernando Juste-de Santa Ana, Mariano Rodríguez-Avial Llardent UNED (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7969>

Desde los tiempos más remotos, la atención a los soldados heridos en las operaciones militares ha sido prioritaria, habiéndose utilizado diversos procedimientos para llevarla a cabo eficazmente [1].

Una vez superada una primera fase, larga en duración, en que lo habitual era abandonar a su suerte a los heridos, en el campo de batalla, fue práctica común la de trasladarlos a las poblaciones más próximas, para ser tratados en dependencias más o menos adecuadas.

Si bien ya se utilizaron desde finales del siglo XV (recuérdese el famoso "*Hospital de la Reina*", que acompañó a los Reyes Católicos en la conquista de Granada), sólo a raíz de los grandes conflictos bélicos europeos y americanos (guerras civiles y de independencia de las colonias), empezaron a ser tratados los heridos, sistemáticamente, en el mismo campo de batalla, desde finales del siglo XVIII, dando origen a los primeros hospitales de campaña modernos.

Los hospitales de campaña actuales, en las dos versiones principales utilizadas hasta la fecha (tiendas de campaña y contenedores metálicos), tienen también importantes aplicaciones en la sociedad civil, para atender a los damnificados por catástrofes naturales y por actos de terrorismo.

Cualquiera que fuese el fabricante de la solución adoptada, debe estar certificado según la normativa internacional, en particular la referente a la gestión de la calidad (normas ISO-9000); en el caso del establecimiento de hospitales de campaña en áreas de especial conflictividad político-militar se sigue la exigente normativa de la OTAN [2].

1. HOSPITALES DE CAMPAÑA ACTUALES

Tras los grandes conflictos bélicos de la primera mitad del siglo XX, el desarro-

llo creciente de la tecnología tanto en el campo médico como en el de la edificación, ha permitido el establecimiento de los nuevos hospitales de campaña, que han de reunir, entre otras, las siguientes características:

- **Seguridad**, tanto desde el punto de vista estructural y de protección contra eventuales incendios, como frente a posibles ataques de los contendientes.
- **Confortabilidad**, pues se trata de instalaciones donde debe tratarse adecuadamente a enfermos y heridos.
- **Adaptabilidad** frente a las necesidades que puedan presentarse: facilidad de instalación, de ampliación y de transporte, cuando sea necesario.

En el diseño y en la ejecución de los hospitales de campaña juega, por tanto, un importante papel la *Logística*, entendiéndose que ésta debe abarcar todas las operaciones que posibiliten el cumplimiento, al menos, de las características señaladas.

1.1. CONFIGURACIÓN A BASE DE TIENDAS DE CAMPAÑA

Las tiendas utilizadas en los actuales hospitales de campaña han de cumplir, además de las características señaladas, una serie de condicionantes:

- Han de ser de despliegue y montaje rápidos, de forma que el hospital pueda entrar en funcionamiento en un plazo breve: no más de tres días.
- Deben estar preparadas para resistir los ambientes exteriores más ex-

tremos: lluvia, nieve, hielo y viento, asegurando una eficaz climatización.

- Los elementos estructurales (pórticos) y de cerramiento (lonas) deben ser suficientemente resistentes al fuego.
- El peso y el volumen de las tiendas cuando estén embaladas y aptas para su transporte (en muchas ocasiones, por vía aérea) debe, asimismo, optimizarse.

Existe una gran variedad de tiendas de campaña utilizadas por los ejércitos de los distintos países, según los distintos destinos previstos para su utilización. En lo que se refiere a su empleo para el despliegue de hospitales de campaña, las de fabricación alemana y norteamericana se encuentran entre las más eficaces, siendo susceptible su empleo también en aplicaciones civiles.

- **Las tiendas alemanas** [3], utilizadas por el Ejército del Aire de España, en el despliegue hospitalario realizado en Herat (Afganistán) [4], se organizan a partir de un módulo básico, de 4,5 m de ancho y 6,3 m de largo, estando constituida la estructura de cada módulo por cuatro pórticos metálicos, de aluminio, unidos en su base al armazón metálico que, en forma de retícula, constituye la base rígida del suelo. El montaje de estas tiendas (Figura 1) en el que no se precisan herramientas especiales, se realiza montando, en primer lugar, la retícula resistente del suelo, ensamblando sobre la misma los pórticos de aluminio, desplegando, finalmente, las lonas que constituyen la cubierta y las fachadas.



Fig. 1: Pórticos del módulo básico de las tiendas alemanas

- Las tiendas norteamericanas [5] se organizan, asimismo, en forma modular, siendo el ancho de cada módulo de 4,2 m y su longitud distinta, según los tipos utilizados (los de uso más frecuente son los de 5,4 m, 10,3 m y 14 m).

Se caracterizan porque su estructura está constituida en base a un mecanismo autoportante, formado por tubos metálicos ligeros, de alta resistencia mecánica, cortados y ensamblados, que se unen entre sí mediante nudos articulados, que constituyen los "pórticos resistentes", sobre los que se disponen las lonas interiores y exteriores (Figura 2).



Fig. 2: Elementos resistentes de las tiendas norteamericanas

El montaje e izado de estas tiendas se realiza, con las lonas prefijadas a los elementos resistentes, utilizando para ello únicamente pértigas, sin necesidad de utilizar compresores de aire, como elementos auxiliares en el proceso de "inflado" de las mismas. El suelo de estas tiendas se ajusta a las paredes de las mismas, sin formar parte de su estructura resistente.

Tanto las tiendas alemanas como las norteamericanas son fácilmente ampliables, uniendo los módulos que las constituyen, tanto en dirección longitudinal como en dirección transversal, de acuerdo con el diseño y la ejecución del despliegue del hospital de campaña.



Fig. 3: Despliegue de contenedores metálicos

1.2. CONFIGURACIÓN A BASE DE CONTENEDORES

Cuando se prevea que la utilización de los hospitales de campaña vaya a ser suficientemente prolongada en el tiempo y no esté prevista la construcción de hospitales permanentes, es aconsejable la sustitución gradual de las tiendas de campaña, imprescindibles en una primera fase, por contenedores metálicos, cuyo deterioro es sustancialmente menor que el de aquéllas.

Los contenedores metálicos están diseñados como construcciones ligeras y modulares que permitan, según necesidades, la realización de adaptaciones y combinaciones, tanto en distribución horizontal, como en distribución vertical (hasta dos alturas), como se indica en la Figura 3.

Los contenedores más empleados [6], habitualmente denominados contenedores de 20 pies (20 ft), tienen unas dimensiones exteriores de 6055 mm de largo, 2435 mm de ancho y 2790 mm de altura y pueden ser prefabricados o contruidos in situ (cuando esto sea posible) e irán siempre dispuestos sobre una base de hormigón perfectamente nivelada.

El material con el que se fabrican los contenedores es acero conformado en frío para los perfiles estructurales (Figura 3) y láminas de acero galvanizado, de 0,5 mm de espesor, para los revestimientos externos de fachadas y cubiertas, siendo los revestimientos internos paneles de madera, de 9 mm de espesor. En cuanto al suelo, se dispondrán, para su constitución, láminas metálicas de aluminio o acero galvanizado.

Para el montaje de los contenedores metálicos se dispondrán, sobre la base de hormigón antes citada, los puntos de anclaje de los perfiles estructurales, que serán dados de hormigón, de 30x30x30 cm.

En cuanto al transporte de los conte-

nedores, puede hacerse por vía terrestre, fluvial, marítima o aérea, ensamblándolos adecuadamente, aunque el volumen ocupado es sensiblemente superior que en el caso del transporte de tiendas.

2. UNA NUEVA PROPUESTA: EMPLEO DE CONSTRUCCIONES MODULARES EN MADERA

La madera ha sido un material muy utilizado en la construcción en todo el mundo a lo largo de la Historia, manteniéndose su uso, hoy en día, en muchos países, tanto en Europa (Países Nórdicos, Rusia...), como en América (en particular en Canadá y en los Estados Unidos).

Con independencia de los evidentes beneficios para el medio ambiente (sostenibilidad) del empleo de la madera como material de construcción [7], tanto en elementos estructurales como meramente arquitectónicos, deben citarse una serie de propiedades que hacen muy aconsejable su uso:

- **Durabilidad**, incluso en ambientes particularmente agresivos.
- **Manejabilidad**, que permite realizar sus montajes en forma limpia y rápida, dada su facilidad de mecanizado.
- **Ligereza**, con buena relación resistencia/peso, frente a las más pesadas construcciones en que los elementos estructurales son de acero u hormigón.
- **Como ventaja adicional** sobre otro tipo de construcciones, debe señalarse su más que notable rendimiento energético.

Por lo que se refiere a la constitución de las construcciones modulares de madera, se sigue el modelo constructivo generalmente llamado *blockbau* ("*bloc-khaus*" en alemán, "*log house*" en inglés), consistente en el uso de muros de carga, cada uno de ellos formado por elementos lineales de madera, dispuestos horizontalmente, y solapados unos con otros. Los elementos estructurales principales, a modo de pilares, se ejecutan mediante las uniones de dos o más muros de carga verticales (Figura 4). Estas uniones pueden realizarse de distintas formas, en particular mediante el empleo de elementos tipo clavija [8], como se indica en las Figuras 5 y 6. Puede decirse que la estructura así constituida es autoportante.

Desde el punto de vista resistente, la eficiencia de las construcciones en madera, medida por el coeficiente adimensional E/f (donde E es el módulo de elasticidad y f la resistencia a compresión), es similar a la

de las estructuras de acero, como se pone de manifiesto en la tabla siguiente:

Material	E/f
Hormigón	1250
Acero estructural	480
Madera laminada	470
Aleaciones de Aluminio	200



Figura 4: Ensamblaje muros de madera

Una construcción en madera, con la técnica *blockbau*, presenta las siguientes características:

- Tiene una notable estabilidad y rigidez.
- Responde bien a las solicitaciones dinámicas, como las acciones sísmicas.
- Se construye en un plazo breve, sin necesidad de personal especializado ni maquinaria auxiliar (grúas, cabestrantes...).
- Sus costes son fácilmente predecibles.
- Permite todo tipo de organización de los espacios interiores, lo que hace posible, al igual que en el caso de los contenedores metálicos, la realización de adaptaciones y combinaciones de módulos, tanto en distribución horizontal como en distribución vertical.

En consecuencia, la construcción modular en madera es perfectamente aplicable al establecimiento de hospitales de campaña, tanto en su implantación y despliegue en operaciones militares, como en las correspondientes a las distintas actuaciones en que debe desarrollarse la protección civil: catástrofes naturales, accidentes, atentados terroristas, etc.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La comparación entre los tres sistemas modernos de hospitales de campaña debe hacerse desde dos puntos de vista: A) Rapidez en su despliegue y B) Durabilidad de la instalación, dando por supuesto que todos ellos cumplan, satisfactoriamente, el resto de las características enunciadas anteriormente: **seguridad, confortabilidad y adaptabilidad.**

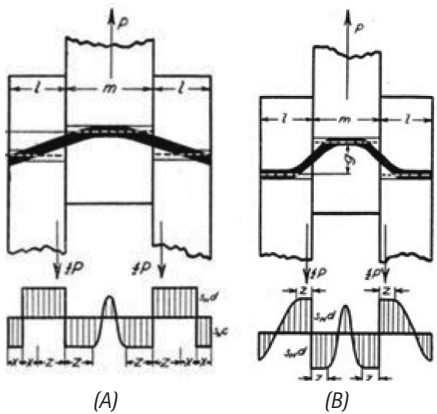


Figura 5: Rotura clavija en zona central de la unión (A) y en zona lateral (B)

- A) Desde el punto de vista de rapidez de despliegue, es indudable la ventaja que presentan las tiendas de campaña, pues, tanto por la duración del montaje (unas pocas horas) como por el número de personas necesario para realizarlo (entre dos y cuatro operarios, en la mayor parte de los casos, para cada módulo), constituyen el procedimiento más ágil para la instalación de estas unidades sanitarias, no siendo necesarios tampoco el uso de elementos auxiliares de construcción (como grúas y otros elementos de elevación y transporte de materiales) ni, en general, una preparación exhaustiva del terreno donde se deben disponer.
- B) Por el contrario, cuando se prevea una mayor duración del despliegue del hospital de campaña (por lo menos, superior a un año), es preferible la utilización de contenedores metálicos o la de las construcciones modulares en madera, pues, aunque, en algunos casos, precisen el empleo de elementos auxiliares en la construcción, así como la preparación cuidadosa del terreno donde deban asentarse (incluidos los dispositivos de cimentación y amarre), su durabilidad es claramente superior a la de las tiendas de campaña, ya que los materiales metálicos y/o de madera que se emplean en sus estructuras y cerramientos sufren un menor desgaste con el tiempo y ante los agentes atmosféricos que las lonas que,



Figura 6: Unión con clavijas y elementos tuerca-arandela

en varias capas, constituyen las armazones de las tiendas de campaña.

Según las características y circunstancias de la situación, militar o civil, en que deban desplegarse, se elegirán por tanto, para los hospitales de campaña los sistemas más adecuados.

En el caso de despliegue militar, se establecerán, inicialmente, hospitales a base de tiendas de campaña, con distribución modular, para pasar, posteriormente y cuando sea necesario, a la distribución, asimismo modular, a base de contenedores metálicos o de construcciones en madera.

Por lo que se refiere a su utilización en el ámbito puramente civil, al que nos hemos referido anteriormente, la solución más aconsejable, por motivos de urgencia y eficacia, será siempre la de desplegar los hospitales a través de tiendas de campaña dispuestas en forma modular, reservándose el despliegue mediante contenedores metálicos o construcciones en madera para los casos, en general poco frecuentes, en que deba construirse una infraestructura de suficiente importancia (presas, puentes, túneles...) y largo período de ejecución, en la que existan riesgos apreciables para la seguridad de los operarios y que se encuentre a una gran distancia de los hospitales fijos o permanentes.

Si no se decide el despliegue del hospital a base de tiendas de campaña, la solución más aconsejable, en el futuro, es la de configurar el mismo a base de módulos de madera, pues presentan grandes ventajas sobre los contenedores metálicos, tanto desde el punto de vista económico como desde la consideración del ahorro energético y del respeto al medio ambiente, siendo, por tanto, la solución más sostenible.

PARA SABER MÁS

[1] Santos Guerra, Juan José. Evolución de la Arquitectura Hospitalaria. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. 2012.

[2] Norma AQAP. Requisitos de calidad de la OTAN para pruebas.

[3] Markus Schall. Merzenich, District of Düren, Germany.

[4] Juste de Santa Ana, Fernando. Trece años de vértigo (Presencia de la sanidad expedicionaria del E.A. en Afganistán). Revista de Aeronáutica y Astronáutica. 2016.

[5] Deployable Rapid Assembly Shelter (DRASH). Ohio. USA.

[6] Container Arquitectura Sede. Cota, Cundinamarca, Colombia.

[7] Mata Landete, E. Javier. La madera: Una vieja compañera con mucho futuro. Revista DYNA. Volumen 74, número 4. Mayo 1999.

[8] Domínguez Lorenzo, Manuel. Estudio de uniones en estructuras de madera con uso de elementos clavija. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. 2015.