



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño de viviendas temporales: sostenibilidad energética de contenedores de vida.

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES.

Autor: Alfonso Crespo Álvarez
Director: Ana María Nieto Morote

Cartagena, junio de 2020



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'A' with a horizontal line extending to the left and a wavy line at the bottom.

Alfonso Crespo Álvarez
30/06/2020

Resumen

Las viviendas prefabricadas desempeñan un papel importante como vivienda temporal en zonas afectadas por desastres naturales, campamentos de refugiados o bases militares para operaciones humanitarias. El uso de este tipo de vivienda es el idóneo en dichas situaciones, ya que son sencillas de montar, su período de construcción es muy corto, son flexibles en su funcionalidad, etc. Sin embargo, son numerosos los detractores de estas soluciones, puesto que consideran que no proporcionan un espacio de vida digna, segura y confortable, y, por otra parte, son soluciones excesivamente costosas y con un alto impacto ambiental, dado que requieren la construcción de instalaciones de servicios y, en muchos casos, la generación de residuos no gestionados adecuadamente.

Los inconvenientes de las viviendas temporales requerirán pues un diseño que permita su sostenibilidad desde un punto de vista ambiental, económico, técnico y sociocultural.

Este Trabajo Fin de Estudios se centrará en optimizar la sostenibilidad energética de contenedores de vida para uso temporal. Para ello, se deberán identificar los criterios de diseño que afectan a la eficiencia energética de los mismos para, posteriormente, proponer y analizar energéticamente soluciones tipo mediante el uso de programas informáticos como TRNSYS, CERMA o CE3X.

Abstract

Prefabricated homes play an important role as temporal dwellings in areas affected by natural disasters, refugee camps or military bases for humanitarian operations. The use of this kind of homes is ideal in such situations since they are simple to assemble, their construction period is quite short, they have a flexible functionality, etc. However, there is a rather large number of detractors claiming that they do not provide a decent, safe, and comfortable space. On the other hand, these are excessively expensive solutions that make a great environmental impact given the fact that they require the construction of service installations and, in many cases, involve a poor waste management.

The disadvantages of temporary houses will demand a design that allows sustainability regarding environmental, economic, technical, and sociocultural aspects.

The current work will focus its attention on the energy sustainability that have temporal use life containers. For this purpose, the design guidelines that affect their energy efficiency will be identified to, subsequently, propose and analyse energy solutions through computer programmes such as TRNSYS, CERMA or CE3X.



ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
1.1. Introducción.....	3
1.2 Revisión de desplazados	5
1.2.1. Número de desplazados y países de origen y de acogida	5
1.2.2 Necesidades de los desplazados	8
1.3 Campos de desplazados	9
1.3.1 Necesidades.....	10
1.3.2 Principios	11
1.3.3 Lugar	11
1.3.4 Tipos de refugios	13
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE VIVIENDAS EN CAMPOS DE REFUGIADOS	15
2.1. Soluciones adoptadas en campos de refugiados	17
2.1.1 Planificación.....	17
2.1.1.1 Planificación estratégica.....	17
2.1.1.2 Planificación física	18
2.2 Soluciones de viviendas temporales	19
2.2.1 Refugios de emergencia	19
2.2.2 Refugios de corta-media estancia	22
2.2.3 Refugios de larga estancia	24
2.3 Lista de verificación para proyectos de refugios.....	27
2.4 Criterios de diseño sostenibles en viviendas temporales	27
2.4.1 Criterios ambientales.....	28
2.4.2 Criterios económicos	30
2.4.3 Criterios técnicos	31
2.4.4 Criterios socioculturales	34
2.5 Análisis comparativo de soluciones adoptadas.....	35
CAPÍTULO 3. CONTENEDORES COMO ESPACIOS DE VIDA	37
3.1 Contenedores marítimos de mercancía	39
3.1.1 Definición.....	39
3.2 Acumulación de contenedores vacíos en puertos	42

3.3 Contenedores de vida.....	44
3.3.1 Características de los contenedores utilizados como vivienda.....	45
3.3.2 Beneficios de la construcción con contenedores.....	47
3.3.3 Restricciones de la construcción con contenedores.....	49
3.3.4 Ejemplos de aplicación.....	49
3.4 Factores de diseño para la sostenibilidad y eficiencia energética de contenedores de vida.....	55
3.4.1 Orientación.....	56
3.4.2 Color.....	57
3.4.3 Ratio ventana-pared (RVP).....	58
3.4.4 Aislamiento.....	59
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO.....	61
4.1 Herramienta de análisis energético. Ahorro de energía.....	63
4.2 Datos de diseño del contenedor tipo.....	63
4.3 Evaluación de la eficiencia energética.....	66
4.4 Localizaciones y climas.....	67
4.6 Caso de estudio I: clima árido cálido (BWh).....	70
4.6.1 Orientación óptima.....	71
4.6.2 Ratio ventana-pared (RVP).....	72
4.6.3 Aislamiento (transmitancia térmica).....	74
4.7 Caso de estudio II: clima oceánico templado con verano suave (Cfb).....	76
4.7.1 Orientación óptima.....	77
4.7.2 Ratio ventana-pared (RVP).....	79
4.7.3 Aislamiento (transmitancia térmica).....	80
4.8 Análisis técnico y económico para la elección de aislamiento.....	83
4.9 Conclusiones del análisis energético para diferentes casos de estudio.....	86
CAPÍTULO 5. CONCLUSIÓN.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	99
Anexo 1. Lista de verificación para proyectos de refugios de FICR [11].....	101
A). Valoración.....	101

B). Planificación e implementación del proyecto.....	104
Anexo 2. Introducción de los datos iniciales del contenedor tipo en CE3X.....	105



ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

Tabla 1. Misiones en el exterior de las Fuerzas Armadas españolas [1]	4
Tabla 2. Campos de refugiados más numerosos del mundo [8]	12
Tabla 3. Clasificación de peligros para seísmos, vientos, inundaciones y fuegos según FICR [11].....	32
Tabla 4. Clasificación de escenarios según FICR [11]	33
Tabla 5. Cumplimiento de los criterios sostenibles de diseño	35
Tabla 6. ISO/TC 104 – Contenedores de carga	40
Tabla 7. Medidas de los contenedores tipo Dry Van más utilizados.....	41
Tabla 8. Número de contenedores equivalentes a 20 pies (TEUS) vacíos en el puerto de Valencia	43
Tabla 9. Número de contenedores equivalentes a 20 pies (TEUS) vacíos en el puerto de Cartagena.....	44
Tabla 10. Cumplimiento de los criterios de diseño sostenible para el caso de contenedores de vida	54
Tabla 11. Medidas del contenedor Dry-Van 40’ de ANELTIA [53].....	64
Tabla 12. Medidas de ventana y puerta del contenedor tipo	64
Tabla 13. Transmitancias térmicas del contenedor tipo.	64
Tabla 14. Clasificación climática de Köppen-Geiger. Fuente: Wikipedia	68
Tabla 15. Datos geográficos y climáticos de Arrecife y Bilbao	69
Tabla 16. Caso de estudio I: orientación	71
Tabla 17. Caso de estudio I: RVP	73
Tabla 18. Caso de estudio I: aislamiento (A)	74
Tabla 19. Caso de estudio I: aislamiento (B)	75
Tabla 20. Caso de estudio II: orientación	78
Tabla 21. Caso de estudio II: RVP	79
Tabla 22. Caso de estudio II: aislamiento (A)	81
Tabla 23. Caso de estudio II: aislamiento (B)	82
Tabla 24. Propiedades de materiales aislantes. Fuente: Açikkalp, 2019; Kurekci, 2016; Yu, 2009	84
Ilustración 1. Desplazados alrededor del mundo [4]	6
Ilustración 2. Principales países de procedencia de refugiados [4]	6
Ilustración 3. Principales países de acogida de refugiados [4]	7
Ilustración 4. Resoluciones en España, año 2019 [5]	7
Ilustración 5. Mapa conceptual de las necesidades de los desplazados.....	8
Ilustración 6. Características de los campamentos de desplazados	10
Ilustración 7. Campo de refugiados de Kutupalong. Fuente: Comité español de ACNUR	12
Ilustración 8. CMax System (estructura). Fuente: Google Imágenes	19
Ilustración 9. CMax System (montaje) [13]	20

Ilustración 10. Tienda de campaña familiar de UNHCR [14]	20
Ilustración 11. Concrete Canvas Shelter. Fuente: Google Imágenes	21
Ilustración 12. Refugio para el invierno de FICR [11]	22
Ilustración 13. Refugio elevado [15].....	22
Ilustración 14. Refugio de transición haitiano [11]	23
Ilustración 15. Refugio de bambú compacto [15]	23
Ilustración 16. Refugio con estructura de acero [14]	24
Ilustración 17. Módulo para refugiados de UNHCR [14]	25
Ilustración 18. Refugio de mampostería [11]	25
Ilustración 19. Vivienda prefabricada. Fuente: Google Imágenes	26
Ilustración 20. Contenedores de obra como refugio temporal. Fuente: Google Imágenes	26
Ilustración 21. Criterios de diseño sostenibles en viviendas temporales	28
Ilustración 22. Clasificación de peligros según FICR [11]	32
Ilustración 23. Contenedores Standard 20 y Standard 40. Fuente: Volkan	41
Ilustración 24. Comercio marítimo internacional, 2000 – 2019 [26]	42
Ilustración 25. Comercio contenedorizado mundial, 1996-2018 [26]	43
Ilustración 26. Contenedores en el Puerto de Valencia. Fuente: El Estrecho Digital.....	44
Ilustración 27. Componentes estructurales de un contenedor ISO de 20 pies. Fuente: Residential Shipping Container Primer.....	46
Ilustración 28. Vivienda construida a partir de contenedores marítimos de mercancía. Fuente: Pinterest	50
Ilustración 29. Edificio container en Keetwonen, Ámsterdam. Fuente: Google Imágenes	51
Ilustración 30. Interior de la vivienda de un edificio container en Keetwonen, Ámsterdam. Fuente: El Mundo	51
Ilustración 31. Hotel Container Inn en Puerto Vallarta, México. Fuente: Trivago	52
Ilustración 32. Tienda móvil de Puma. Fuente: Pinterest	52
Ilustración 33. Contenedores de vida en Calais, Francia. Fuente: REUTERS, Benoit Tessier	53
Ilustración 34. Factores de diseño para la eficiencia energética de contenedores de vida	55
Ilustración 35. Recorrido del Sol en verano e invierno en el hemisferio norte. Fuente: JGF Arquitectos	56
Ilustración 36. Recorrido del Sol en invierno y verano en el hemisferio sur [49]	57
Ilustración 37. Absorción y reflexión. Fuente: Wix.com	58
Ilustración 38. Ratio ventana-pared (RVP). Fuente: Seiscubos	58
Ilustración 39. Aislamientos térmicos varios. Fuente: MW Materials World	59
Ilustración 40. Propuesta I de distribución para contenedor Dry-Van 20'	65
Ilustración 41. Propuesta II de distribución para contenedor Dry-Van 20'	66

Ilustración 42. Calificación energética. Fuente: Lucera.....	67
Ilustración 43. Mapamundi de la clasificación climática de Köppen-Geiger. Fuente: ResearchGate.....	69
Ilustración 44. Caso de estudio I: calificación inicial	70
Ilustración 45. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según la orientación	72
Ilustración 46. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según RVP	73
Ilustración 47. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según el aislamiento (A)	75
Ilustración 48. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según el aislamiento (B).....	76
Ilustración 49. Caso de estudio II: calificación inicial	77
Ilustración 50. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según la orientación	78
Ilustración 51. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según el RVP.....	80
Ilustración 52. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según el aislamiento (A)	81
Ilustración 53. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según el aislamiento (B).....	82
Ilustración 54. Transmitancias vs espesores de diferentes materiales aislantes.....	84
Ilustración 55. Espesores de diferentes materiales aislantes vs coste por metro cuadrado	85
Ilustración 56. Espesores de diferentes materiales aislantes vs sobrecoste del proyecto	86
Ilustración 57. CE3X: tipo de edificación	106
Ilustración 58. CE3X: datos generales	106
Ilustración 59. CE3X: localidad	106
Ilustración 60. CE3X: definición del edificio	107
Ilustración 61. CE3X: fachada larga principal	107
Ilustración 62. CE3X: fachada larga secundaria.....	108
Ilustración 63. CE3X: fachada corta derecha.....	108
Ilustración 64. CE3X: fachada corta izquierda.....	108
Ilustración 65. CE3X: cubierta plana.....	109
Ilustración 66. CE3X: suelo	109
Ilustración 67. CE3X: ventana.....	109
Ilustración 68. CE3X: Puerta	110
Ilustración 69. CE3X: puente térmico hueco de la puerta.....	110
Ilustración 70. CE3X: puente térmico hueco de la ventana	110
Ilustración 71. CE3X: puente térmico caja de persiana.....	111
Ilustración 72. CE3X: equipo de calefacción y refrigeración	111



CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

El aumento de catástrofes naturales en los últimos años, junto con los conflictos bélicos alrededor del mundo, está provocando que un gran número de personas se vean forzadas a abandonar sus propias casas en busca de un lugar seguro. No hay que mirar tan lejos para darnos cuenta de que se trata de un problema real; entre los meses de septiembre y diciembre de 2019, la gota fría, también conocida como DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos), dejó numerosos damnificados en España, siendo la Región de Murcia una de las comunidades autónomas más afectadas. Muchas personas perdieron sus hogares y tuvieron que ser desplazadas y alojadas en viviendas temporales. Sin embargo, es generalmente en países menos desarrollados donde se encuentra la mayor cifra de desplazados, puesto que su capacidad de reacción frente a catástrofes naturales no es buena y, además, es frecuente la existencia de inestabilidad política, pudiendo derivar en conflictos bélicos. Un claro ejemplo es la Guerra Civil Siria; se estima que más de cinco millones y medio de personas han tenido que huir de la guerra que aún se sigue librando en su país. Familias desarraigadas y menores que lo han perdido todo. Su única solución: vivir provisionalmente en campos de refugiados, puesto que no tienen otra alternativa.

Ante estas situaciones es común el uso de viviendas temporales, de modo que sirvan de alojamiento para todas aquellas personas que se vean afectadas, ofreciendo una solución temporal hasta que dichos desplazados puedan regresar a sus lugares de residencia. No obstante, su uso no se da exclusivamente ante casos de catástrofes naturales y conflictos bélicos. Hay que tener en cuenta que las viviendas temporales son, en definitiva, alojamientos para ser utilizados durante un período de tiempo limitado, por lo que su uso se da en todos aquellos ámbitos que cubran dicha definición, como, por ejemplo, en el caso de bases militares para operaciones humanitarias. En el caso de España, las Fuerzas Armadas españolas participan actualmente en 17 misiones exteriores de mantenimiento de paz dentro del marco de la ONU, la OTAN y la UE, mostradas en la Tabla 1, con aproximadamente 2.000 militares y guardias civiles desplegados en dichas bases [1].

Es en Irak y en el Líbano donde se encuentran los contingentes más numerosos. En este último, las Fuerzas Armadas españolas trabajan como Cascos Azules bajo el mandato de la ONU, patrullando el sur del país con el fin de evitar enfrentamientos entre Líbano e Israel. La misión está dividida en dos sectores, Este y Oeste, siendo el primero liderado por España, donde se encuentra la base Miguel de Cervantes, próxima a la localidad de Marjayoun [2]. Tal y como se ha comentado, en este tipo de bases militares es común el uso de viviendas temporales mediante carpas, módulos prefabricados, etc., puesto que

el objetivo de las bases es permanecer activas durante un tiempo limitado hasta que dicho conflicto desaparezca.

Tabla 1. Misiones en el exterior de las Fuerzas Armadas españolas [1]

Lugar	Misión	Inicio	Mandato
Países Bálticos	Policía Aérea del Báltico (PAB) (consultar periodos de activación)	Mayo- 2020	
Mediterráneo	EUNAVFORMED Shopia	Junio - 2015	
República Centroafricana	EUTM RCA	Julio - 2016	
Somalia	EUTM-Somalia	Enero - 2010	
Malí	EUTM-Malí	Enero - 2013	
Irak	Apoyo a Irak	Octubre - 2014	
Senegal	Destacamento Marfil (Senegal)	Enero - 2013	
Oceano Índico	Atalanta	Septiembre - 2008	
Turquía	Apoyo a Turquía	Septiembre - 2014	
Bosnia i Herzegovina	EUFOR Althea BiH	Diciembre - 2004	
Varias zonas	Grupos navales permanentes de la OTAN (consultar periodos de activación)	Enero - 2017	
Líbano	Líbano (FINUL)	Septiembre - 2006	
Colombia	ONU-Acuerdo de paz en Colombia	Agosto - 2012	
Letonia	Presencia Avanzada Reforzada-Letonia	Junio - 2017	
Afganistán	Resolute Support (Afganistán)	Enero - 2015	
Varias zonas	Sea Guardian (consultar periodos de activación)	Noviembre - 2016	
República Centroafricana	Apoyo a RCA - OP A/C (Gabón)	Diciembre - 2013	

Aunque la utilización de viviendas temporales no se da exclusivamente en casos de catástrofes naturales y guerras, tal y como se ha expuesto anteriormente, debido a la gran cantidad de desplazados que existen, a partir de ahora nos centraremos en dichos desplazados. A continuación se hará una revisión de los desplazados, analizando su número total, sus países de procedencia, sus países de acogida y sus necesidades principales, para posteriormente explicar los campos de desplazados, distinguiendo entre los distintos tipos existentes y desglosando las necesidades primordiales y las problemáticas que se pueden dar.

1.2 Revisión de desplazados

1.2.1. Número de desplazados y países de origen y de acogida

En primer lugar, hay que tener en cuenta que existen distintas categorías de desplazados. Según UNHCR, la Agencia de la ONU para los Refugiados, podemos hacer la siguiente distinción:

- **Desplazados internos (IDPs):** son personas o grupos de personas que se han visto obligadas a abandonar su domicilio o lugar de residencia habitual, como consecuencia de conflictos armados, situaciones de violencia generalizada, violaciones de derechos humanos, o desastres naturales y que no han cruzado fronteras de sus países de origen [3]. En esta situación se encuentran 41,3 millones de personas (datos de junio de 2019) [4].
- **Refugiados (Refugees):** son personas que huyen de conflictos o persecuciones. Están definidos y protegidos en el derecho internacional (Convención de 1951 sobre el Estatuto de los Refugiados y su Protocolo de 1967, Convención de la Organización de la Unidad Africana (OUA) de 1969, Estatuto del ACNUR) y no deben ser expulsados o devueltos a situaciones donde su vida y libertad esté en riesgo [3]. Hay 25,9 millones de refugiados (datos de junio de 2019) [4].
- **Solicitantes de asilo (Asylum-seekers):** son personas que han solicitado protección internacional y cuyas solicitudes de estatuto de refugiado aún no se han resuelto [3]. 3,5 millones de solicitantes de asilo (datos de junio de 2019) [4].
- **Otros:** personas que no pertenecen a los casos anteriores pero que precisan de servicios de protección y/o asistencia, sobre la base de razones humanitarias.

Como se muestra en la Ilustración 1, en total, 70,8 millones de personas se han visto forzadas a huir de sus hogares, entre las que se encuentran un gran número de menores de 18 años, siendo en el caso de los refugiados más de la mitad de esos 25,9 millones. También hay un gran número de personas a las que se les ha negado una nacionalidad y el acceso a derechos básicos, denominadas personas apátridas. Estos últimos son normalmente solicitantes de asilo.

En la Ilustración 2 se muestran los países de procedencia del mayor número de refugiados a nivel mundial. En la actualidad un 57% de los refugiados proviene de Siria, Afganistán y Sudán del Sur. Esto se debe, principalmente, a la extrema dureza que se vive en dichos países por la Guerra Civil Siria (2011 - actualidad), la Guerra de Afganistán (2001 - actualidad) y la Guerra Civil de Sudán del Sur (2013 - actualidad), respectivamente.

70,8 millones de personas desplazadas a la fuerza en el mundo

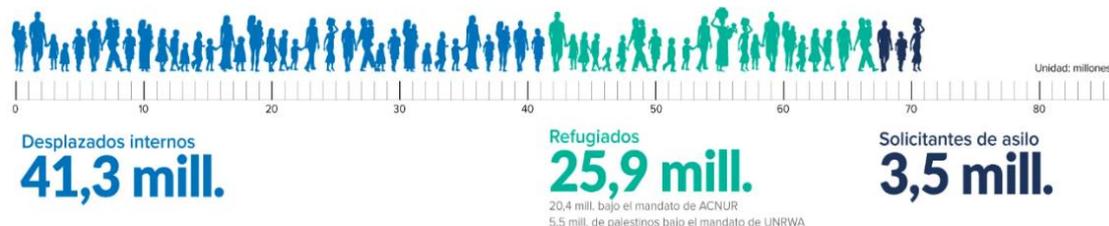


Ilustración 1. Desplazados alrededor del mundo [4]



Ilustración 2. Principales países de procedencia de refugiados [4]

Irak, Somalia, la República Democrática del Congo, Birmania o Palestina son otros de los países que sufren conflictos interminables, perteneciendo también a los principales países de origen de refugiados.

Aunque normalmente se piensa que son los países europeos u otros países ricos los que más refugiados acogen, esto no es así, puesto que el 84% de los refugiados reciben amparo de países empobrecidos y con recursos escasos para garantizar el respeto de sus derechos humanos y una acogida íntegra y digna. Esto se debe a las políticas de cierre y externalización de fronteras en Europa [5]. Entre los principales países de acogida, mostrados en la ilustración 3, solamente encontramos uno europeo, Alemania, con 1,1 millones de refugiados acogidos, siendo el 5º país que más refugiados ampara.

Sin embargo, si se tiene en cuenta la población total de cada país, los países con mayor proporción de personas refugiadas son Líbano y Jordania [5].

Principales países de acogida

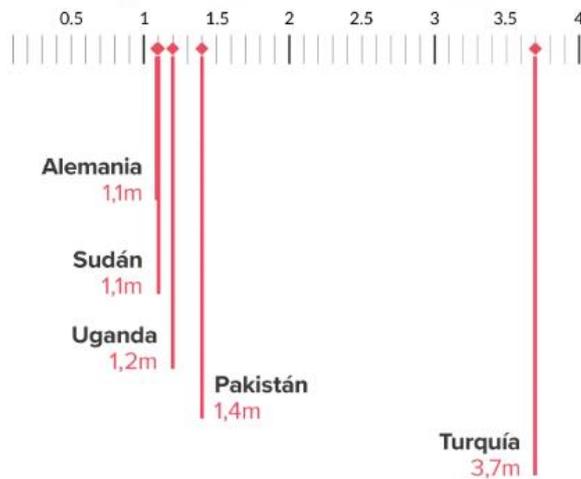


Ilustración 3. Principales países de acogida de refugiados [4]

En cuanto a la situación en España, tal y como se muestra en la Ilustración 4, en el año 2019 únicamente se resolvieron 60.198 expedientes de las 118.264 solicitudes de asilo que se recibieron. Además, de ese número de expedientes resueltos, solo al 5% de los casos se les ofreció protección internacional, muy inferior a la media europea del 30%. La lista de solicitantes de asilo viene encabezada por personas de Venezuela, seguida por colombianos y hondureños [5].

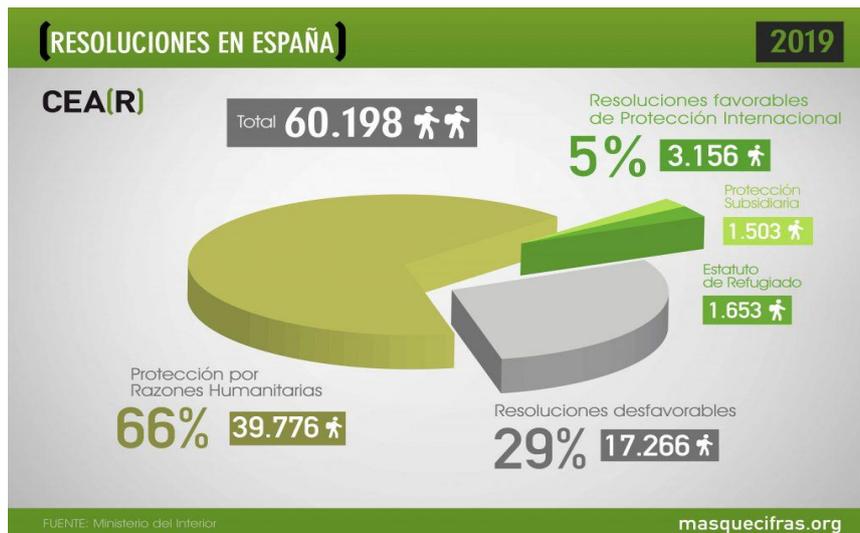


Ilustración 4. Resoluciones en España, año 2019 [5]

1.2.2 Necesidades de los desplazados

Los desplazados tendrán unas necesidades básicas que deben ser cubiertas y que, principalmente, son las que se muestran en el mapa conceptual mostrado en la Ilustración 5.



Ilustración 5. Mapa conceptual de las necesidades de los desplazados

- **NECESIDADES ALIMENTARIAS.** Los desplazados deben disponer de comida variada y equilibrada que, además, se encuentre en buen estado. Además, la disponibilidad de agua potable suficiente es una necesidad básica que debe cubrirse.
- **NECESIDADES LEGALES.** Con el fin de poder vivir bajo el marco de la legalidad, será necesario que las personas desplazadas dispongan de documentación (como, por ejemplo, pasaporte), de modo que puedan ser identificadas y puedan obtener permisos de residencia y trabajos.
- **NECESIDADES DE HIGIENE.** Hay que garantizar que las personas puedan continuar con sus hábitos de higiene y limpieza, tanto personal como doméstica, asegurando aseos y disponibilidad de material de aseo personal, de droguería y también para bebés.
- **NECESIDADES DE EDUCACIÓN.** El derecho a la educación es fundamental; por ello, se debe disponer de una escolarización tanto para aquellos que ya la recibían como para las nuevas generaciones, de modo que haya un seguimiento

personalizado y que existan refuerzos para personas con dificultades para relacionarse y de aprendizaje.

- **NECESIDADES CULTURALES.** En lo relativo a las necesidades culturales, hay que concienciar a los desplazados de que puede ser que convivan con personas con distintas culturas, por lo que es fundamental comprenderlas y respetarlas. Además, en caso de traslado a un nuevo país con diferentes costumbres, conviene adaptarse a la nueva cultura, sin que esto signifique dejar atrás la propia. En cuanto a la religión, se deben habilitar espacios de culto para aquellos que lo necesiten, siendo también primordial el respeto entre diferentes.
- **NECESIDADES SANITARIAS.** Se debe garantizar la atención médica mediante personal especializado, así como material quirúrgico suficiente en el que se incluyan vacunas, botiquines (gasas, material desinfectante, etc.) y material de primeros auxilios. Además, también habrá que proporcionar protección frente a factores meteorológicos como el frío o el calor.
- **NECESIDADES SOCIALES.** Hay que tener en cuenta que los desplazados son víctimas que se ven obligadas a huir de sus propias casas, lo que puede dejar secuelas psicológicas serias. Por ello, es vital que puedan acceder a apoyo psicológico a modo de rehabilitación, logrando así una aceptación de la situación y llevando de la mejor manera posible las posibles pérdidas de hogar, trabajo, país de origen e, incluso, familiares. Sufrirán cambios en el estilo y ritmo de vida, por lo que facilitar una rápida integración y adaptación será vital para que puedan asimilar la nueva situación cuanto antes y acostumbrarse a ella.
- **NECESIDADES DE ASILO.** En cuanto a la necesidad de asilo, dependerá de si su fin es permanente o temporal. Si nos referimos al primero, el objetivo será obtener la reubicación y la legalización de un nuevo domicilio en el país de origen o en el nuevo país de residencia. En cambio, si nos referimos a un asilo temporal, hasta que puedan regresar a sus antiguos hogares o incorporarse en nuevos hogares permanentes, los desplazados podrán convivir con familias de acogida o bien en asentamientos de desplazados.

1.3 Campos de desplazados

Las soluciones a los problemas de vivienda de los desplazados pueden ser variadas. Entre los asentamientos que se pueden dar, diferenciamos claramente entre asentamientos dispersos y asentamientos agrupados. Lo ideal sería disponer de asentamientos

dispersos suficientes, alojando a estas personas en espacios privados y espacios rurales o urbanos autogestionados. Sin embargo, esta opción no siempre es factible y una gran parte de los desplazados se ven obligados a vivir en asentamientos agrupados, con muchas más familias [6]. Estos asentamientos agrupados, denominados campamentos de desplazados, son en definitiva asentamientos temporales que ofrecen cobijo a un conjunto de personas. Están gestionadas normalmente por ACNUR, ONGs (como Cruz Roja) y diferentes organizaciones dedicadas a ello, aunque a veces pueden estar autogestionados. Las características de estos campamentos se muestran en la Ilustración 6.



Ilustración 6. Características de los campamentos de desplazados

1.3.1 Necesidades

Tal y como se ha expuesto en el apartado anterior, los desplazados tendrán unas necesidades básicas que deben ser aseguradas y cubiertas por los campamentos de desplazados. De forma inmediata, se deben garantizar menesteres primordiales como son el suministro de agua, comida y material de higiene, así como facilitar servicios de apoyo psicológico a todas aquellas personas que lo necesiten. Posteriormente, también hay que asegurar derechos esenciales como la educación y el acceso a la energía,

además de conseguir que todos los desplazados se encuentren en estado de legalidad; de este modo se logrará una fácil integración de los desplazados. Asimismo, los campamentos deben de dar asilo a los desplazados que lo necesiten hasta que estos consigan instalarse legalmente en una nueva vivienda o puedan volver a su hogar y país de origen una vez se solucione el conflicto.

1.3.2 Principios

Los campamentos de desplazados tienen que basarse en unos principios de igualdad (tanto de edad, como de sexo o procedencia), de protección (incluyendo el registro de desplazados, el estado de derecho, el carácter del asilo, etc.) y de apoyo (desde el punto de vista psicológico y educacional). Igualmente, será importante que el campamento tenga una buena accesibilidad, de modo que la gestión de la logística no se vea perjudicada, y que exista una sostenibilidad tanto ambiental como económica, técnica y sociocultural.

1.3.3 Lugar

En cuanto a la localización, existen asentamientos agrupados no solo en zonas exteriores como descampados, terrenos o campos, sino también en ciudades. Estos últimos suelen denominarse con el nombre de centros colectivos, y son edificios e infraestructuras ya existentes utilizadas anteriormente con otros propósitos y que en el presente se dedican a socorrer y hospedar a desplazados [7]. En principio, los centros colectivos hospedan mayoritariamente a desplazados internos, aunque también pueden incorporar a refugiados. Cuando no hay disponibilidad de estos, entran en juego los denominados campos o campamentos de refugiados, asentamientos temporales construidos, ahora sí, con el fin de recibir desplazados y darles cobijo. El número de centros colectivos existentes es bastante más alto que el de campos de refugiados, aunque, por otro lado, alojan a menos gente. En Georgia, en 2007, alrededor de 100.000 desplazados internos vivían en unos 1.600 centros colectivos, mientras que en Darfur un solo campamento acogía a más de 20.000 desplazados [7]. ACNUR y la comunidad humanitaria prefieren la no creación de campamentos, puesto que, en su opinión, hay soluciones y alternativas que ofrecen una vida más normal a los desplazados. A pesar de ello, cuando no hay otra alternativa se diseñan dichos campamentos, dado que ofrecen una solución rápida y efectiva frente a una emergencia.

Los campos de refugiados son generalmente establecidos y diseñados para un corto período de tiempo; sin embargo, algunos campamentos se están convirtiendo en asentamientos permanentes e, incluso, convirtiéndose en auténticas ciudades, como se muestra en la Ilustración 7 y en la Tabla 2. Algunos de los campos más poblados son

Kutupalong, en Bazar de Cox, Bangladés, con alrededor de 912.000 personas; Bidibidi, en el noroeste de Uganda, con 285.000 personas; o Dadaab, al norte de Kenia, donde viven unos 235.000 refugiados [8].



Ilustración 7. Campo de refugiados de Kutupalong. Fuente: Comité español de ACNUR

Tabla 2. Campos de refugiados más numerosos del mundo [8]

País	Campo de refugiados	N.º de refugiados
Bangladés	Kutupalong	912.373
Uganda	Bidibidi	285.000
Kenia	Dadaab	235.269
Kenia	Kakuma	184.550
Tanzania	Nyarugusu	139.630
Palestina (Gaza)	Jabalia	119.486

1.3.4 Tipos de refugios

Por último, uno de los puntos básicos de los campamentos de desplazados son los refugios o viviendas temporales, es decir, los alojamientos que ofrecen cobijo y un área segura en la que vivir durante un tiempo determinado. Estas viviendas temporales juegan un papel determinante en casos de desastres de gran escala o desplazamientos de un gran número de personas por conflictos bélicos. No solo ofrecen un refugio de forma inmediata a las víctimas, sino que esto también les ayuda a recuperarse del trauma que puede provocar este tipo de situaciones, siendo un punto de partida en su proceso de rehabilitación [9]. Sin embargo, hoy en día la implantación de los refugios no está siendo del todo efectiva, ya que se obvian numerosas consideraciones que sí deberían tenerse en cuenta y que podrían hacer de ellas soluciones sostenibles y eficientes. Para conseguir esa mejora, será esencial la existencia de una realimentación de información entre los distintos campamentos establecidos. De esta manera, se podrá analizar de forma eficaz las necesidades y características que deben tener futuros campos, estableciendo un criterio de diseño óptimo.

Los refugios normalmente tendrán definido un tiempo de uso según su tipo, ya que están pensadas para hospedar a los desplazados hasta que puedan regresar a su hogar original ya rehabilitado o a su nuevo hogar. Es común la demora de esto último y, la gran mayoría de veces se excede el tiempo de uso para el que están definidas. Será por tanto un factor muy a tener en cuenta, dado que puede generar una serie de problemas de organización que deriven en otros más graves. Ejemplos de distintos tipos de refugios son una tienda de campaña, una carpa, unidades prefabricadas, etc. Cada uno, y dependiendo de más factores, tendrá un período de uso que puede ir desde días hasta años. Muchas de estas viviendas temporales son diseñadas y planificadas de manera que puedan ser levantadas, desmanteladas y guardadas para un futuro uso [10]. No obstante, esto no será siempre posible por diversas causas, como su desgaste, que los materiales no sean óptimos para su nuevo lugar de uso, etc. Será también importante tener una guía de cómo rediseñar, reusar y reciclar antiguas viviendas temporales, de manera que se ofrezca un servicio que, además de cumplir su principal propósito de socorrer, sea sostenible económica, técnica y medioambientalmente.

Aunque el uso de este tipo de soluciones es ampliamente aceptado para casos de emergencia, todavía no está del todo claro qué tipo de vivienda temporal puede llegar a ser la más adecuada dadas las numerosas circunstancias que se pueden dar en la práctica. Por ende, la búsqueda e identificación de los principales factores que actúan, así como la correcta categorización de los tipos de viviendas temporales, será clave a la hora de ofrecer un criterio de diseño que ofrezca siempre la mejor solución posible desde todos los puntos de vista.

Según su situación y dependiendo del plazo de permanencia, los usuarios de viviendas temporales se asentarán en un tipo de configuración u otra. En general, podemos distinguir tres tipologías: refugios de emergencia, refugios de corta-media estancia y refugios de larga estancia.

- **Refugios de emergencia:** este tipo de refugio se usa para períodos de tiempo muy reducidos, ofreciendo el apoyo más básico que puede ser provisto inmediatamente después de un desastre [11]. Comúnmente no necesitará una preparación extensiva en servicios de alimentos o médicos [9], ya que su uso es breve, del orden de pocos días. Conviene que su montaje sea sencillo y rápido, además de que sean ligeros. Dentro de este tipo de refugios podemos encontrar tiendas de campaña o carpas. A la hora de diseñarlos hay que tener en cuenta que son soluciones rápidas y, por tanto, hay que priorizar su disponibilidad y limitar costes.
- **Refugios de transición o de corta-media estancia:** su uso se extiende para períodos que pueden ir desde semanas a meses, aunque también pueden utilizarse durante algunos años. Este tipo de refugio está fabricado con materiales que pueden actualizarse o reutilizarse en otras estructuras. Están diseñados para facilitar la transición de las poblaciones afectadas a un refugio más duradero [11]. Esto se logra integrando posibilidades futuras de transformación y modificación en la base estructural de la unidad. Debido a su período de uso, conviene que sean resistentes a temperaturas y climas adversos.
- **Refugios duraderos o de larga estancia:** son refugios que se ubicarán en lugares que serán ocupados largos períodos de tiempo, pudiendo extenderse su uso a varios años. La estructura deberá ser capaz de resistir futuros peligros, desastres o adversidades [9] y, al igual que los anteriores, conviene que sean resistentes a temperaturas y climas adversos. Además, deben ser diseñados de modo que permitan ciertas condiciones de calidad de vida.

Una vez se analiza la situación en la que se encuentra un grupo de desplazados, habrá que determinar qué tipo de refugio será el más adecuado. Hay que tener en cuenta que estas categorías son simplemente terminología que ayuda a diferenciar entre distintas situaciones y a decidir por un tipo u otro de refugio. Por ello, no hay que entender esto como todas las fases por las que un refugiado debe pasar; es decir, estas categorías no deben ser tratadas de una manera lineal ordenada. Por ejemplo, en determinados casos se recomienda el uso de refugios de emergencia si los daños pueden ser reparados rápidamente (en pocos días), pudiendo volver al hogar original sin tener que pasar por otras categorías [9]. Sin embargo, esta distinción es verdaderamente útil, ya que en caso de que dicha reparación se alargue para meses o incluso años, nos ayuda a situarnos en una categoría u otra, facilitando la toma de decisiones y proponiendo la solución que más nos conviene



CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE VIVIENDAS EN CAMPOS DE REFUGIADOS

2.1. Soluciones adoptadas en campos de refugiados

Antes de comenzar un programa de construcción de refugios, hay que asegurarse de que existe una estrategia. Dicha estrategia debe considerar todas las opciones de asistencia posibles, como por ejemplo que los desplazados se queden con familias de acogida, ocupen asentamientos dispersos o, en su defecto, se alojen en centros colectivos [12]. No obstante, como ya se ha comentado, no siempre se puede cumplir este propósito, recurriendo entonces a los campos de refugiados.

En este apartado se va a desarrollar la planificación en dichos campos de refugiados y se van a exponer las soluciones que se adoptan a día de hoy. Además, se llevará a cabo un análisis comparativo de estas soluciones teniendo en cuenta el cumplimiento de una serie de criterios.

2.1.1 Planificación

El éxito y la buena coordinación en un campo de refugiados van a depender en gran medida de la planificación. Esta planificación no debe ser simplemente inicial, ya que las necesidades y las estrategias pueden cambiar con el tiempo. Por ende, una planificación continua y actualizada va a permitir ofrecer una respuesta de la forma más eficaz y que el impacto ante cualquier cambio sea el menor posible.

2.1.1.1 Planificación estratégica

En primer lugar, siempre se debe conceder prioridad a soluciones que se basen en el uso de asentamientos ya existentes. Por otro lado, a modo de facilitar la planificación estratégica, El Proyecto Esfera [12], iniciativa formada por un grupo de organizaciones no gubernamentales y el Movimiento Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja en 1997 con el fin de elaborar un conjunto de normas mínimas universales en cuanto a respuestas humanitarias, establece los siguientes puntos a cumplir:

- Los desplazados deben retornar a sus viviendas originales siempre que sea posible.
- Siempre que sea factible, las familias afectadas serán alojadas independientemente en comunidades de acogida o con familias de acogida. En caso contrario, las familias serán acomodadas en asentamientos colectivos.

- Las viviendas deben estar ubicadas en lugares donde exista una distancia prudencial ante amenazas externas. Zonas que puedan presentar inundaciones, terremotos, vientos fuertes o que sean propensas a enfermedades u otros riesgos significativos tienen que evitarse.
- Riesgos como estructuras peligrosas, escombros o terrenos inestables deben ser identificados y eliminados.
- Hay que garantizar la disponibilidad de servicios de agua y saneamiento, además de instalaciones como escuelas, centros médicos y lugares de culto.
- Debe existir una infraestructura de transportes que de acceso al asentamiento con el fin de la provisión de servicios y el movimiento de personas.
- Con el fin de apoyar a los medios de subsistencia, se debe facilitar a los desplazados el acceso a tierra, mercados y otros servicios.

2.1.1.2 Planificación física

Al igual que para la planificación estratégica, El Proyecto Esfera [12] establece las siguientes normas mínimas a cumplir en términos de planificación física:

- A la hora de asignar el espacio dentro de los campamentos, hay que guiarse por las prácticas sociales vigentes y por el mantenimiento y la provisión de recursos compartidos. En definitiva, la planificación en zonas agrupaciones debe contribuir en la seguridad y facilitar una autogestión de la propia población afectada.
- El acceso seguro a servicios (abastecimiento de agua, inodoros, etc.) e instalaciones esenciales (sociales, de salud, cementerios, etc.) debe estar garantizado para todos los miembros de la población afectada, localizándose estratégicamente de modo que se optimice su uso. Además, deben existir instalaciones administrativas y habilitarse zonas de cuarentena por si fuese necesario confinar a parte de la población del campamento.
- La superficie mínima por persona debe ser de 45 m², la cual incluye la parcela de la vivienda y la superficie necesaria para caminos, mercados, centros educativos, zonas de almacenamiento, etc. Asimismo, habrá que tener en cuenta un posible crecimiento de la población para poder actuar de manera adecuada en caso de que haya que aumentar el tamaño del campamento.
- El terreno debe facilitar el drenaje del agua tanto para casos de lluvias intensas como para el avenamiento de los residuos de las letrinas.
- Tiene que existir una red de caminos y sendas para llegar a las viviendas y a las instalaciones de forma segura bajo cualquier tipo de condición meteorológica.
- Se deben establecer una serie de aperturas de entrada/salida correctamente localizadas y visibles que permitan el acceso y la evacuación para casos de emergencia.

- Hay que evitar excavaciones, hoyos o refugios vacíos, ya que pueden ser zonas de asentamiento o reproducción de animales que pueden provocar daños a las familias vecinas.

2.2 Soluciones de viviendas temporales

A continuación, se van a mostrar algunas de las soluciones que se proponen hoy en día en materia de refugios para campamentos de refugiados, explicando brevemente sus características principales. Entre ellas, encontraremos tanto refugios de emergencia, como de corta-media y de larga estancia.

2.2.1 Refugios de emergencia

- **CMax System**

Se trata de una tienda de campaña plegable que se monta y desmonta de forma rápida y sencilla, lo que facilita su transporte y almacenamiento, como se muestra en las Ilustraciones 8 y 9. Tiene una capacidad para 10 personas y cuenta, además, con unas patas telescópicas regulables que se adaptan a cualquier terreno [13]. No es necesario el uso de herramientas para su montaje, siendo una solución ideal como refugio de emergencia puesto que provee un refugio habitacional inmediato para los damnificados.



Ilustración 8. CMax System (estructura). Fuente: Google Imágenes



Ilustración 9. CMax System (montaje) [13]

- **Tienda de campaña familiar de UNHCR [14]**

Se trata de un modelo básico de tienda de campaña, como se muestra en la Ilustración 10, con un área principal de 16 m² más dos habitaciones de 3,5 m², dando un área total de 23 m². Tiene doble recubrimiento en techo y suelo para evitar filtraciones de agua y está soportada por 14 postes y un total de 10 cuerdas de sujeción. Su capacidad es de 3 personas adultas, se monta aproximadamente en media hora y soporta temperaturas de entre 5 y 40 grados centígrados. Vida útil prevista de 1 año.



Ilustración 10. Tienda de campaña familiar de UNHCR [14]

- **Concrete Canvas Shelter**

Este curioso refugio de emergencia, mostrado de la Ilustración 11, consiste en una lona impregnada de cemento y con una capa superficial interior de PVC a la que simplemente hay que añadir agua y aire [13]. Según el modelo, nos proporcionará un área de 25 o 50 m². Además, se pueden acoplar varios de estos refugios de modo que consigamos superficies mayores, lo que puede ser también una solución perfecta para comedores, enfermerías u otros espacios comunales. Su montaje durará aproximadamente una hora.



Ilustración 11. Concrete Canvas Shelter. Fuente: Google Imágenes

- **Refugio para el invierno de FICR [11]**

Una de las propuestas de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja (FICR) como refugio de emergencia para casos de bajas temperaturas se muestra en la Ilustración 12, que consiste en una estructura de bambú cubierta por lonas de plástico, una planta rectangular de 39 m² aproximadamente y un techo a dos aguas. Originalmente se diseñó para refugiados que volvían de conflicto en el invierno de 2009, en Afganistán. En este caso, el tiempo de construcción se extiende a unos 3 días, no siendo un montaje tan inmediato como en los ejemplos anteriores. Por su parte, el suelo será de tierra compactada.

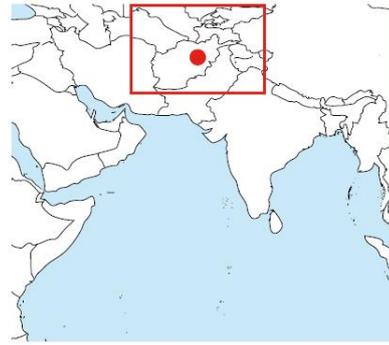


Ilustración 12. Refugio para el invierno de FICR [11]

2.2.2 Refugios de corta-media estancia

- **Refugio elevado [15]**

Se trata de un refugio elevado del suelo sobre una estructura de madera, como se muestra en la Ilustración 13, que se utilizó como solución para los rohingya en Birmania. Con el fin de proteger del clima, se utilizan materiales locales como el bambú (tanto para paredes como para techos). Su montaje lleva aproximadamente 2 días y tiene una vida útil de entre 2 y 4 años.



Ilustración 13. Refugio elevado [15]

- **Refugio de transición haitiano [11]**

Esta vivienda, mostrada en la Ilustración 14, consiste en una estructura de madera y un suelo de losa de hormigón, y tiene un área de planta de unos 20 m² al que hay que añadir un porche cubierto de 7 m² aproximadamente. Este diseño se desarrolló en Haití, tras el terremoto sufrido en enero de 2010. Las paredes se construyen utilizando una técnica tradicional denominada *clissage* que consiste en listones delgados de madera tejida entre el marco de la pared. Puede construirse en dos semanas y tiene una vida útil prevista de entre 3 y 5 años.



Ilustración 14. Refugio de transición haitiano [11]

- **Refugio de bambú compacto [15]**

Este refugio se basa en una estructura compacta de bambú, con un techo metálico y ondulado a dos aguas que protege de las lluvias torrenciales. Además, cuenta con ventanas y puertas para evacuar altas temperaturas. Este diseño, mostrado en la Ilustración 15, se utiliza comúnmente en Etiopía. Tiene una capacidad de 6 personas, y se puede construir en 1 día. Vida útil de entre 2 y 4 años.



Ilustración 15. Refugio de bambú compacto [15]

2.2.3 Refugios de larga estancia

- **Refugio con estructura de acero [14]**

Este tipo de solución, mostrada en la Ilustración 16, se basa en una estructura de acero que se cubre con una doble capa de revestimiento IBR y que cuenta con aislamiento intermedio. Esto va a permitir que el refugio soporte condiciones climáticas duras como lluvias torrenciales. En cuanto al suelo, será de hormigón armado, y se vierte una vez está colocada la estructura.



Ilustración 16. Refugio con estructura de acero [14]

El tiempo de construcción es de unas 16 horas y la vida útil puede llegar a los 4 años. Puede entenderse como un refugio de transición, pero se ha incluido en el grupo de refugios duraderos o de larga estancia debido a la calidad de los materiales utilizados, que ofrecen una gran protección frente a agentes externos, y al confort extra que puede proporcionar comparado con los refugios expuestos anteriormente.

Otro ejemplo de refugio con estructura de acero es el módulo para refugiados que ofrece UNHCR, mostrado en la Ilustración 17, de 17,5 m² de superficie y con cerramientos mediante paneles, tanto para paredes como para el techo. Contará con revestimiento del suelo y un innovador sistema de anclaje. Su tiempo de montaje es de unas 6 horas y cuenta con una capacidad de 4 personas y una vida útil prevista de 3 años. Al igual que en el ejemplo anterior, se puede considerar como un refugio de transición o como uno duradero.



Ilustración 17. Módulo para refugiados de UNHCR [14]

- **Refugio de mampostería [11]**

Consiste en un refugio de estructura rectangular con pilares de mampostería reforzada, paredes de ladrillos y mampostería no reforzada y techo con vigas de madera que soportan el tejado de chapa de hierro corrugado, como se muestra en la Ilustración 18. El suelo será una losa de hormigón, que se encontrará elevada de la superficie del terreno circundante. Cuenta con una superficie interior de 10 m² y una cubierta con el mismo área. Se puede construir en una semana y su vida útil es de más de 10 años. Este diseño se llevó a cabo durante el conflicto civil en Sri Lanka. Cuenta con una puerta y una ventana.



Ilustración 18. Refugio de mampostería [11]

- **Vivienda prefabricada**

Se trata de una solución que se basa en una estructura de perfiles de acero y cerramientos con paneles prefabricados de hormigón y placas de yeso, como se muestra en la Ilustración 19. Cuenta con aislamiento intermedio entre ambos y es capaz de albergar entre 4 y 6 personas. El techo estará cubierto por paneles con aislamiento y los suelos serán de hormigón revestido de madera o PVC.



Ilustración 19. Vivienda prefabricada. Fuente: Google Imágenes

- **Contenedor de obra**

La estructura se basa en perfiles de acero, pero en este caso los cerramientos se realizan con paneles tipo sándwich, como se muestra en la Ilustración 20. El techo se forma con planchas aislantes de acero y los suelos con placas de hormigón prefabricado y revestimientos de PVC. En cuanto a la vida útil, será similar a la de las viviendas prefabricadas y los refugios con estructuras de acero.



Ilustración 20. Contenedores de obra como refugio temporal. Fuente: Google Imágenes

2.3 Lista de verificación para proyectos de refugios

A medida que las personas se acostumbren a los refugios como viviendas temporales y comiencen a tener rutinas de vida normales, sus situaciones iniciales de preocupación y malestar cambiarán significativamente rápido. Esto llevará a los usuarios a tener nuevas necesidades y nuevos problemas. Por ello, para lidiar con contextos cambiantes, conviene que los proyectos de refugios se ajusten continuamente gracias a procesos de monitorización y evaluación en curso. El hecho de recabar información acerca de dichos refugios y tener una retroalimentación de datos, nos va a ayudar a tomar decisiones de forma rápida y eficaz, tanto para mejoras como para casos de emergencia. Esta retroalimentación también nos ayudará a la hora de llevar a cabo otros futuros proyectos de construcción de campos de refugiados y viviendas temporales, aprendiendo de los errores cometidos e introduciendo las mejoras desarrolladas. Por ende, tanto para nuevos proyectos como para proyectos ya activos, siempre será apropiado efectuar una evaluación del proyecto. Esto, además, va a contribuir con la planificación continua que se ha expuesto con anterioridad, llevando a una correcta gestión de los recursos y, en definitiva, al éxito de los campos.

Algunos organismos como FICR proponen esta evaluación continua mediante una lista de preguntas (Anexo 1).

2.4 Criterios de diseño sostenibles en viviendas temporales

La gran mayoría de veces, las soluciones de viviendas temporales que se ofrecen están diseñadas de forma incorrecta, teniendo en cuenta únicamente aspectos relativos a una construcción rápida y económica. Sin embargo, un criterio de diseño exitoso debe tener en cuenta numerosos factores. Todavía no está del todo claro qué tipo de refugio es el más apropiado para los distintos casos que se pueden dar en la práctica. De hecho, las soluciones de diseño a menudo son específicas para un caso estudiado y, como resultado, ningún diseño único es adecuado para todas las respuesta [11]. Por ello, y ante la complejidad de dar una respuesta adecuada al problema de alojamiento en casos de catástrofes humanitarias, se remarca la importancia de tener un criterio de diseño

que cubra todos los aspectos importantes y relevantes con el fin de ofrecer una solución sostenible.

Abordaremos dichos criterios desde cuatro puntos de vista: sostenibilidad ambiental, sostenibilidad económica, sostenibilidad técnica y sostenibilidad sociocultural, como se recoge en la Ilustración 21.

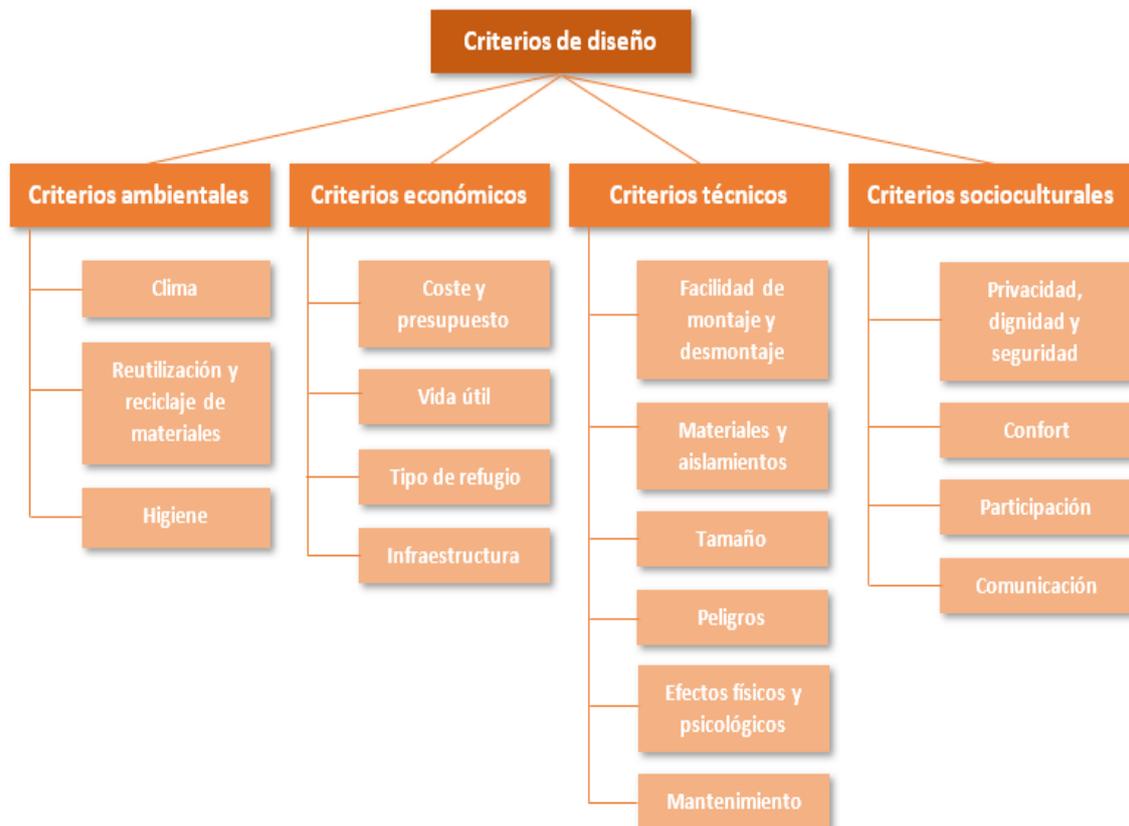


Ilustración 21. Criterios de diseño sostenibles en viviendas temporales

2.4.1 Criterios ambientales

a) *Clima*

En primer lugar, es de vital importancia analizar el comportamiento climático de la zona en la que se va a instalar el refugio. Además, hay que tener en cuenta que, según la estación, la temperatura en una localización puede variar de forma significativa. Detalles en el diseño como techos altos o ventanas pueden hacer que los refugios en climas cálidos sean más frescos; por otro lado, el hecho de reducir las brechas de aire que puedan entrar conseguirá mantener los refugios a una temperatura más óptima en climas fríos [11]. Además, en ausencia de cualquier sistema de calefacción, en climas fríos, es necesario dotar a la vivienda

del mayor aislamiento posible del suelo. Estar cubiertos del sol y una buena ventilación será crucial en climas cálidos, tanto secos como húmedos [16].

En definitiva, el diseño debe ajustarse a las condiciones climáticas propias del lugar de ubicación.

b) Reutilización y reciclaje de materiales

La construcción de los refugios va a requerir un gran volumen de materiales, lo que va a generar un impacto ambiental importante. Por ello, conviene que los refugios sean fácilmente reutilizables para otros usos ajenos o que sus materiales sean fáciles de reciclar, actualizar, reutilizar, revender y reubicar después de desmontar un refugio [17]. Podemos conseguir refugios “eco-friendly” llevando a cabo una técnica de reutilización de materiales desmontados de otros refugios teniendo en mente un doble propósito: generar un impacto medioambiental positivo y que el refugio cumpla sus funciones y soporte las distintas condiciones adversas que se puedan dar. Aquellos refugios que difícilmente pueden reciclarse o adaptar materiales de otras, producen de hecho mayor contaminación [9].

c) Higiene

Las instalaciones de agua, saneamiento e higiene son una necesidad básica en cualquier campamento y, por tanto, deben diseñarse de manera adecuada. Además, promover una higiene personal y del medioambiente será clave para proteger la salud de todos los desplazados [9]. Sin embargo, el diseño de estas instalaciones no es tarea sencilla, sobre todo por la generación de residuos que, en caso de no ser gestionados adecuadamente, puede provocar serios problemas de salud. Tampoco será barato, pero lo que está claro es que son servicios totalmente esenciales y que se tienen que llevar a cabo. El Proyecto Esfera [12] establece unos estándares para el suministro de agua, el saneamiento y la promoción de la higiene, incluyendo entre otros: diseñar e implementar programas de lavado para que las personas se laven a sí mismas y su ropa, asegurar el correcto uso de agua en la eliminación de heces humanas para controlar así la transmisión de enfermedades por mosquitos, así como realizar un correcto trabajo de drenaje [9].

2.4.2 Criterios económicos

a) Equilibrio en el coste y presupuesto

El dinero juega un papel vital en la respuesta y recuperación ante desastres [9]. En definitiva, habrá un presupuesto y, por ende, hay que encontrar un equilibrio entre calidad y coste, sin que este sea demasiado alto o bajo. El hecho de llevar a cabo refugios demasiado caros hace que el número de refugios a construir sea muy reducido, mientras que, si son demasiado baratos y tienen un estándar de calidad bajo, se puede producir el colapso de estos, siendo un gran riesgo para la población.

b) Equilibrio en el coste de vida útil

Cada refugio, al diseñarse, tiene asignada una vida útil o esperanza de vida. Además de los costes de construcción, también intervienen otros factores en el presupuesto, entre los que se encuentra dicha vida útil. Por ello, se debe llevar a cabo un balance lo más equilibrado posible entre los costes de inversión y los de operación, servicio, mantenimiento y fin de vida útil del refugio [18].

c) Tipo de refugio

Como ya se ha comentado, existen varios tipos de refugios que se pueden utilizar como respuesta a desastres, entre los que encontramos tiendas de campaña, carpas, unidades prefabricadas, contenedores de obra, etc. Se ha demostrado que actualizar y mejorar con el tiempo los refugios resulta más barato que moverse de un refugio de emergencia, a uno de transición y, por último, a uno duradero [17]. Por consiguiente, es importante que el diseño de la vivienda, sobre todo para los casos de corta-media y larga estancia, no obligue tener que asentarse en otro refugio porque no tenga capacidad de mejora, o bien no se pueda seguir viviendo en él por falta de protección y demás variables.

d) Coste en infraestructura

Los campamentos deben estar dotados de instalaciones y servicios básicos mínimos como electricidad, saneamiento, accesos, etc. Esto va a suponer también un coste, de modo que debe optimizarse lo máximo posible.

2.4.3 Criterios técnicos

a) Facilidad de montaje y desmontaje

Conviene que los refugios tengan pocas piezas y, en su defecto, que sean poco pesadas con el fin de que sean fáciles de montar y desmontar [9]. Si el diseño de una vivienda es demasiado complejo, requerirá una mayor capacitación y más recursos para construirla, lo que puede derivar en posibles retrasos [11]. La velocidad de reacción será clave a la hora de dar una solución, de ahí la importancia de que no lleve demasiado tiempo el montaje del refugio, sobre todo para el caso de refugios de emergencia.

b) Materiales y aislamiento

Las consideraciones a tener en cuenta a la hora de escoger material de construcción para los refugios deben incluir su calidad, coste, adecuación, disponibilidad local, impacto en los mercados locales e impacto ambiental [19]. Se deben escoger materiales reciclables y sostenibles, preferiblemente ligeros y que no causen contaminación de ningún tipo. Además, es ampliamente aceptado que los refugios se diseñen de forma que se utilicen materiales aislantes de sonido y temperatura [9].

c) Tamaño

El tamaño que debe tener un refugio va a ser un factor crítico en el diseño, los requisitos logísticos y el coste del mismo [11]. Las distintas organizaciones tienen definidos unos límites inferiores y superiores con el fin de que se garantice un espacio mínimo habitable y que sea sostenible técnica y económicamente. Normalmente estos límites vienen dados por m² de espacio habitable por persona. El Proyecto Esfera [12] marca su estándar entre 3,5 y 4,5 m²/persona; ACNUR [14], entre 4,5 y 5,5 m²/persona. Así, atendiendo al criterio de El Proyecto Esfera, un refugio para una familia de 4 personas debe tener como mínimo un área de 14 m².

d) Respuesta ante peligros

La estructura de una vivienda debe ser diseñada de modo que proteja a sus ocupantes de peligros como terremotos, tormentas o vientos [7]. Es lógico pensar en utilizar materiales ligeros como bambú para las estructuras, ya que en caso de derrumbamiento el riesgo de muertes y afectados será menor. Sin embargo, podemos encontrarnos el problema de que son más vulnerables frente

a fuertes vientos. Será por tanto muy importante que la estructura sea firme, sin riesgo de venirse abajo, y que la zona en la que se pretende instalar el campamento no sea propensa a fuertes vientos o inundaciones.

FICR [11] hace su clasificación de peligros teniendo en cuenta su magnitud, probabilidad y riesgo. Establece tres niveles de riesgo: BAJO, MEDIO y ALTO, como se muestra en la Ilustración 22.

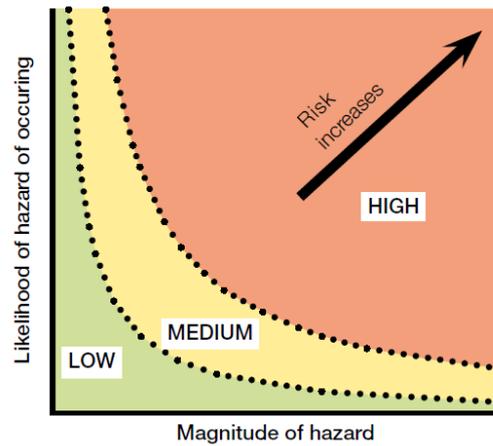


Ilustración 22. Clasificación de peligros según FICR [11]

En el eje de abscisas encontramos la magnitud del peligro, mientras que en el eje de ordenadas tenemos la probabilidad de que ocurra dicho peligro. Tal y como se puede observar, puede darse el caso de que un peligro con mucha probabilidad de ocurrir tenga un bajo riesgo si su magnitud es pequeña.

Los niveles de riesgo se determinan tal y como se muestra en la Tabla 3, según sea peligro:

Tabla 3. Clasificación de peligros para sismos, vientos, inundaciones y fuegos según FICR [11]

Clasificación de peligros según el riesgo					
Clasificación usada	Seísmo	Viento (aproximación)		Inundación	Fuego
	Categoría de seísmo*	Velocidad del viento (km/h)	Escala de huracanes de Saffir-Simpson		
BAJO	B	< 113	< 1	Riesgo bajo	Riesgo bajo
MEDIO	C	[113 - 160]	[1 - 2]	Riesgo medio	Riesgo medio
ALTO	D	> 160	[3 - 5]	Riesgo alto	Riesgo alto

*Basado en ASCE/SEI 7-10, Tabla 11.6-1

Cuando ocurre una inundación, un fuego, etc., se deben analizar los refugios para determinar en qué escenario se encuentra. FICR [11] hace su clasificación según tres colores: VERDE, ÁMBAR y ROJO, como se muestra en la Tabla 4. La clasificación se basa en el riesgo de que la estructura falle o se dañe, no en el riesgo que produciría a los ocupantes en caso de que fallase.

Tabla 4. Clasificación de escenarios según FICR [11]

Clasificación usada para escenarios posibles	
Clasificación	Significado de la clasificación
VERDE	Indica que el sistema estructural cumple completamente con los factores de seguridad y todos los demás requisitos del Código Internacional de Construcción y normas locales (si existen) para la reducción de la carga estructural.
ÁMBAR	Indica que el sistema estructural no cumple completamente con los requisitos del Código Internacional de Construcción o estándares locales (si existen). Sin embargo, la reducción de la carga estructural no causará fallas en miembros individuales del sistema estructural o su colapso general.
ROJO	Indica que la reducción de la carga estructural causará una falla completa de miembros individuales del sistema estructural o, incluso, su colapso general.

e) Efectos físicos y psicológicos

Las personas que pierden sus hogares por completo suelen tener serios problemas de estrés [20]. El hecho de perder una casa tiene un impacto psicológico que puede derivar en problemas a largo plazo, causando síntomas de estrés físico y trastornos postraumáticos. Será importante considerar y analizar los elementos de diseño de los refugios, de forma que sean más acogedores, reduciendo así los niveles de estrés postraumáticos y ayudando a los afectados a recuperarse cuanto antes.

f) Mantenimiento mínimo

Las condiciones de vida en los campos de refugiados son difíciles y la disponibilidad de materiales para reparaciones o mantenimiento de las viviendas es muy limitada. Por ello, los diseños de las viviendas temporales se deben realizar de manera que las necesidades de mantenimiento sean mínimas [18].

2.4.4 Criterios socioculturales

a) Privacidad, dignidad y seguridad

Son tres factores básicos que el refugio debe proporcionar. No hay que entender una vivienda temporal como una simple estructura, sino también como un espacio de vida que garantice dichos factores y haga sentir a los usuarios socialmente integrados. En general, el diseño del refugio debe permitir cierta flexibilidad a la hora de añadir divisiones internas en ella por razones de privacidad [11]. A menudo será conveniente proporcionar a los refugios de puertas y ventanas con cerradura, permitiendo así un nivel básico de seguridad.

b) Confort

Los estándares de vida de los refugiados en sus zonas de origen son normalmente bajos y puede que sean diferentes de las condiciones de vida de los países de acogida. Por consiguiente, el diseño, los servicios y las ubicaciones para las viviendas de los campos de refugiados deben reflejar los niveles de vida locales [21],[22].

c) Participación

El uso de materiales, técnicas de construcción y trabajadores locales, contribuye a reducir de forma significativa los costes, a facilitar la construcción y a mejorar la economía local. Además, usar recursos locales reduce el tiempo de espera para disponer de viviendas, puesto que no se requieren largos traslados de materiales y contratistas [21].

d) Comunicación

Será vital en las primeras etapas de recuperación ante desastres, ya que ayudará a los desplazados reduciendo los impactos negativos psicológicos que podrían desarrollar. Habrá numerosos medios de comunicación posibles para que una comunidad desarrolle un fuerte sistema de información y redes sociales, como televisión, radio, internet, teléfonos móviles, periódicos, folletos, carteles, comités y talleres, entre otros [17].

2.5 Análisis comparativo de soluciones adoptadas

Una vez definidos los criterios para el diseño de una solución sostenible, conviene llevar a cabo un análisis comparativo de las distintas viviendas temporales propuestas en el apartado “2.2 Soluciones de viviendas temporales”. Dicho análisis, a modo de facilitar su lectura, se mostrará en la Tabla 5.

Tabla 5. Cumplimiento de los criterios sostenibles de diseño

	Refugios de emergencia				Refugios de corta-media estancia			Refugios de larga estancia			
	I	II	III	IV	I	II	III	I	II	III	IV
Criterios ambientales											
a											
b											
c											
Criterios económicos											
a											
b											
c											
d											
Criterios técnicos											
a											
b											
c											
d											
e											
f											
Criterios socioculturales											
a											
b											
c											
d											

Nota. - R. Emergencia: I = CMax System, II = tienda de campaña familiar de UNHCR, III = Concrete Canvas Shelter, IV = refugio para el invierno de FICR; R. Corta-Media estancia: I = refugio elevado, II = refugio de transición haitiano, III = refugio de bambú compacto; R. de larga estancia: I = refugio con estructura de acero, II = refugio de mampostería, III = vivienda prefabricada, IV = contenedor de obra. Criterios ambientales: a = clima, b = reutilización y reciclaje de materiales, c = higiene; Criterios económicos: a = equilibrio en el coste y presupuesto, b = equilibrio en el coste de vida útil, c = tipo de refugio, d = coste en infraestructura; Criterios técnicos: a = facilidad de montaje y desmontaje, b = materiales y aislamiento, c = tamaño, d = respuesta ante peligros, e = efectos físicos y psicológicos, f = mantenimiento mínimo; Criterios socioculturales: a = privacidad, dignidad y seguridad, b = confort, c = participación, d = comunicación.

Cumplimiento bajo	
Cumplimiento medio	
Cumplimiento alto	

Dejando a un lado los refugios de emergencia, cuyo objetivo principal es ofrecer una respuesta rápida, se observa que, en general, los refugios de transición propuestos tienen un cumplimiento medio de los criterios sostenibles de diseño, mientras que los refugios duraderos tienen un cumplimiento medio-alto, dependiendo también de qué tipo de criterio estemos teniendo en cuenta.

En definitiva, dado que la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental, económico, técnico y sociocultural permite una mejora en la calidad de vida de las personas desplazadas, será fundamental garantizar de la máxima forma posible el cumplimiento de todos los factores anteriormente expuestos a la hora de diseñar una solución exitosa.



CAPÍTULO 3.

CONTENEDORES COMO ESPACIOS DE VIDA

3.1 Contenedores marítimos de mercancía

Se estima que para el año 2050, el número de personas desplazadas por crisis humanitarias crecerá hasta cerca de los 200 millones, convirtiendo la idea de temporalidad de los campos de refugiados en una quimera [23]. Esto hará de ciertos campos de refugiados auténticas ciudades, como ya ocurre en el campo de Kutupalong, en Bangladés, con aproximadamente 1.000.000 de habitantes. Por consiguiente, será fundamental proponer estrategias de planificación urbana que aceleren el proceso de evolución de asentamientos hacia el desarrollo de urbes, así como el diseño de viviendas con una vida útil extensa. Ante esta disyuntiva relativa a las viviendas, la utilización de contenedores marítimos de mercancía habilitados para el alojamiento puede ser una buena opción.

En este apartado se van a exponer las principales características de dichos containers marítimos, cómo se implementan como vivienda y los factores de diseño que más intervienen en la eficiencia energética de los mismos.

3.1.1 Definición

Un contenedor se define como un recipiente de carga utilizado en el transporte marítimo o fluvial, transporte terrestre y transporte multimodal [24]. Se trata de unidades estancas que protegen la mercancía y que están estandarizadas bajo la normativa ISO (International Organization for Standardization), en concreto en el estándar internacional “ISO / TC 104 – Contenedores de carga”, que diferencia entre tres títulos: contenedores de uso general, contenedores de uso específico e identificación y comunicación. En ellos se encuentran todas las normas relativas a dichos containers (Tabla 6).

Tabla 6. ISO/TC 104 – Contenedores de carga

ISO/TC 104/SC 1	Contenedores de uso general	ISO 668:2013	Clasificación, dimensiones y calificaciones
		ISO 1161:2016	Accesorios intermedios y de esquinas - Especificaciones
		ISO 1496-1:2013	Especificaciones y pruebas - Parte 1: Contenedores de carga general para fines generales
		ISO 3874:1997	Manipulación y sujeción
		ISO 14829:2002	Portacontenedores de carga - Cálculo de la estabilidad
		ISO/TR 15069:1997	Manipulación y sujeción - Justificación de la norma ISO 3874 Anexo A
		ISO/TR 15070:1996	Justificación de los criterios de ensayo estructural
ISO/TC 104/SC 2	Contenedores de uso específico	ISO 1496-2:2008	Especificaciones y pruebas - Parte 2: Contenedores térmicos
		ISO 1496-3:1995	Especificaciones y pruebas - Parte 3: Contenedores cisterna para líquidos, gases y granel seco presurizado
		ISO 1496-4:1991	Especificaciones y pruebas - Parte 4: Contenedores no presurizados para graneles secos
		ISO 1496-5:1991	Especificaciones y pruebas - Parte 5: Contenedores de plataforma y plataformas
		ISO 9669:1990	Conexiones de interfaz para contenedores cisterna
		ISO 10368:2006	Contenedores de carga térmicos - Monitorización remota
ISO/TC 104/SC 4	Identificación y comunicación	ISO 6346:1995	Codificación, identificación y marcado
		ISO 9711-1:1990	Información relativa a los contenedores a bordo de los buques - Parte 1: Sistema de plano de bahía
		ISO 9897:1997	Intercambio de datos sobre equipos de contenedores - Códigos generales de comunicación
		ISO 10374:1991	Identificación automática
		ISO/TS 10891:2009	Identificación por radiofrecuencia - Placa de matrícula
		ISO 18185-1:2007	Precintos electrónicos - Parte 1: Protocolo de comunicación
		ISO 18185-2:2007	Precintos electrónicos - Parte 2: Requisitos de aplicación
		ISO 18185-3:2015	Precintos electrónicos - Parte 3: Características ambientales
		ISO 18185-4:2007	Precintos electrónicos - Parte 4: Protección de datos
		ISO 18185-5:2007	Precintos electrónicos - Parte 5: Capa física
ISO 18186:2011	Sistemas de etiquetas de carga RFID		

Entre los tipos de contenedores más comunes, mostrados en la Tabla 7, encontramos el Standard 20, el Standard 40 y el Standard 40 High Cube (facilita un aumento de la capacidad interna y se suele destinar a cargas más pesadas). En la norma ISO 668 se definen sus características.

Tabla 7. Medidas de los contenedores tipo Dry Van más utilizados

Tipo	Standard 20	Standard 40	Standard 40 High Cube
	20 pies	40 pies	40 pies High Cube
Tara (kg)	2300	3750	3940
Carga máxima (kg)	28180	28750	28560
Largo (mm)	5898	12025	12032
Ancho (mm)	2352	2352	2352
Altura (mm)	2393	2393	2698
Capacidad (m³)	33,2	67,7	76

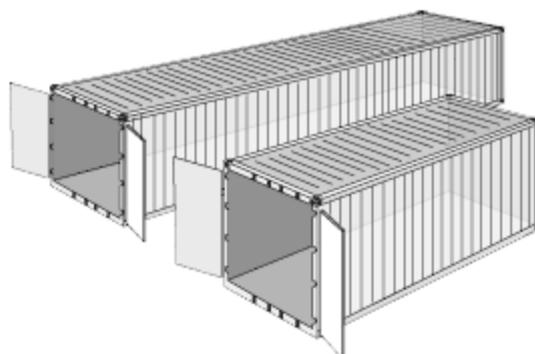
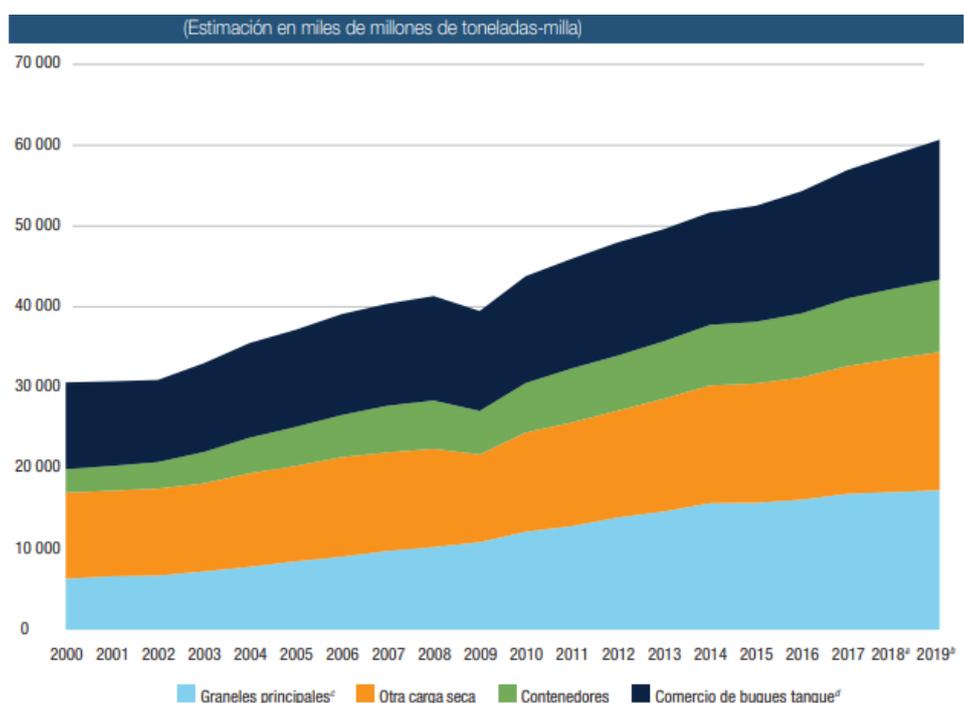


Ilustración 23. Contenedores Standard 20 y Standard 40. Fuente: Volkan

3.2 Acumulación de contenedores vacíos en puertos

El comercio marítimo no para de crecer. Según datos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Transporte (UNCTAD), se estima que en la actualidad más del 90 % del comercio mundial se transporta por mar [25]. Además, se prevé que durante los próximos cuatro años la tasa promedio de crecimiento anual será del +3,4% [26]. Esto se debe principalmente a los avances técnicos en el sector del transporte marítimo, convirtiéndolo en el medio más rentable, seguro y eficaz para el traslado de mercancías. En la Ilustración 24 se observa cómo ha ido creciendo el comercio marítimo durante los últimos años.

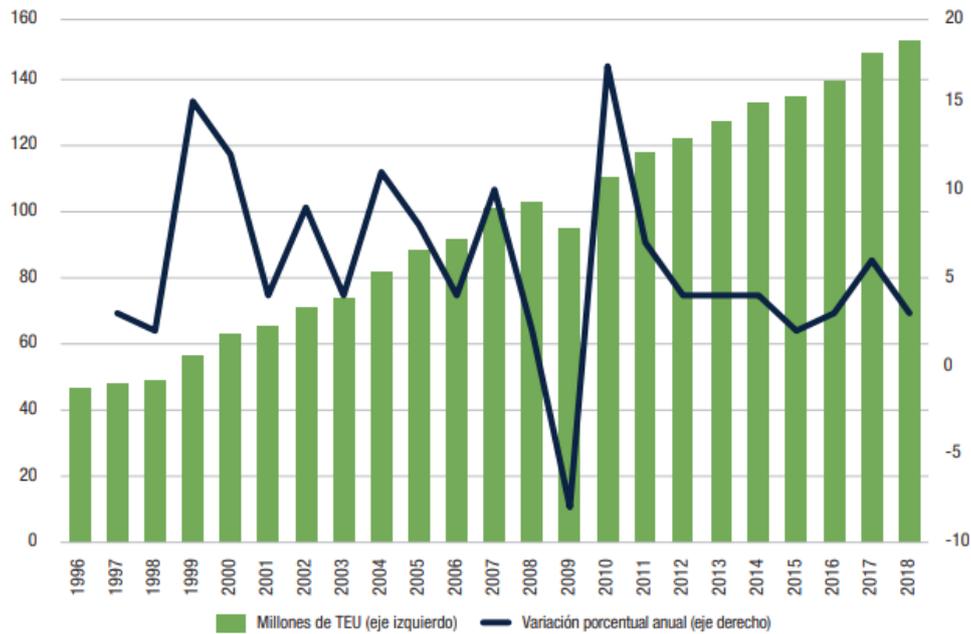


Fuente: Cálculos de la secretaría de la UNCTAD, basados en datos de Clarksons Research, 2019a, *Shipping Review and Outlook*, primavera.

Ilustración 24. Comercio marítimo internacional, 2000 – 2019 [26]

Como es lógico, ante el continuo aumento del tráfico marítimo, el número de contenedores también ha incrementado notablemente, como se muestra en la Ilustración 25. Sin embargo, esto ha generado un problema que afecta directamente a los puertos: el excedente de contenedores vacíos e inutilizados que se acumulan y

congestionan dichos puertos por problemas de desequilibrio comercial en el transporte marítimo.



Fuente: Cálculos de la secretaría de la UNCTAD, basados en datos de MDS Transmodal, World Cargo Database, mayo de 2019.

Nota. – TEU es una unidad de medida de capacidad inexacta del transporte marítimo expresada en contenedores. Una TEU es la capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20 pies.

Ilustración 25. Comercio contenedorizado mundial, 1996-2018 [26]

Si hacemos un repaso de los Anuarios Estadísticos [27],[28],[29],[30] para los puertos de Valencia (Tabla 8), el quinto puerto con más tráfico de Europa, y de Cartagena (Tabla 9), se observa claramente el exceso de contenedores del que se habla.

Tabla 8. Número de contenedores equivalentes a 20 pies (TEUS) vacíos en el puerto de Valencia

Puerto de Valencia				
Año	2014	2015	2016	2017
Embarcados	485796	449659	442751	407200
Desembarcados	666226	709878	712557	655660
Excedente	180430	260219	269806	248460

Tabla 9. Número de contenedores equivalentes a 20 pies (TEUS) vacíos en el puerto de Cartagena

Puerto de Cartagena				
Año	2014	2015	2016	2017
Embarcados	7241	6420	11267	9136
Desembarcados	21897	22903	20073	17105
Excedente	14656	16483	8806	7969

En cuanto a cómo solucionar este excedente de contenedores, reciclarlos o reutilizarlos para fines de construcción se posiciona como una práctica alternativa.



Ilustración 26. Contenedores en el Puerto de Valencia. Fuente: El Estrecho Digital

3.3 Contenedores de vida

La idea de reutilizar contenedores marítimos de mercancía como viviendas lleva presente varios años y es cada vez más aceptada [31]. De hecho, numerosos estudios arquitectónicos definen estos contenedores como soluciones realmente buenas para casos de viviendas “low-cost” y viviendas temporales tras catástrofes. A pesar de la existencia de numerosos ejemplos alrededor del mundo que demuestran que puede llegar a ser una solución exitosa [32], el uso de contenedores como vivienda todavía genera controversia [31].

Entre sus ventajas, destacan sus estructuras robustas, la facilidad en el transporte y el montaje, su modularidad y su reutilización. Sin embargo, hay que considerar todos los

desafíos y problemas que se pueden dar, tales como el problema de rendimiento térmico, las consideraciones acústicas y la seguridad ante incendios.

De hecho, en la actualidad existe aún un gran debate entre diferentes autores que expresan opiniones muy distantes en lo relativo a esta arquitectura con contenedores: en términos de tamaño, Alter [33] señala que el uso de contenedores ha globalizado la producción en todos los ámbitos excepto para la vivienda, puesto que dimensionalmente las casas suelen ser más grandes. Sin embargo, Oloto y Adebayo [34] argumentan que, como sistema modular, los contenedores pueden ensamblarse para conseguir crear un hábitat práctico. Por su parte, Pagnotta [35] concluye en ArchDaily que, aunque no es el método más apropiado de diseño y construcción, la técnica de construcción con contenedores no debe ser ni mucho menos descartada. Ismail, Al-Obaidi, Abdul Rahman y Ahmad [36] estudiaron el potencial, las limitaciones y la compatibilidad de la arquitectura con contenedores para condiciones climáticas con buenos resultados, aunque los hallazgos no especificaron la idoneidad de los contenedores de vida en climas tropicales con alta humedad y temperatura.

En general, se han llevado a cabo numerosos estudios en los que intentan determinar los aspectos de las técnicas de construcción con contenedores, aunque aún existe una falta de criterio que permita discernir entre la viabilidad de implementación de estas soluciones según un caso u otro.

3.3.1 Características de los contenedores utilizados como vivienda

La construcción con contenedores es un método asequible de construcción y diseño sostenible [37]. Además, la reutilización de contenedores como componentes de construcción mejora la eficiencia energética en comparación con la construcción convencional [38]. El potencial de este tipo de arquitectura no debe basarse únicamente en su prefabricación y sus características modulares, sino que también destacan otros factores en términos de disponibilidad, durabilidad, transporte y bajo coste.

Los contenedores están formados por paneles de acero corrugado Cor-Ten® (que proporciona resistencia a condiciones climáticas y evita la oxidación y el deterioro en ambientes hostiles) [39] en paredes y techo con una profundidad de una pulgada para proporcionar rigidez adicional, suelo de madera contrachapada soportada por rejillas de acero, puertas frontales con dispositivo de bloqueo, marcos y rieles. Todo ello forma una envoltura estructural integrada adecuada para la construcción [32], como se muestra en la Ilustración 27.

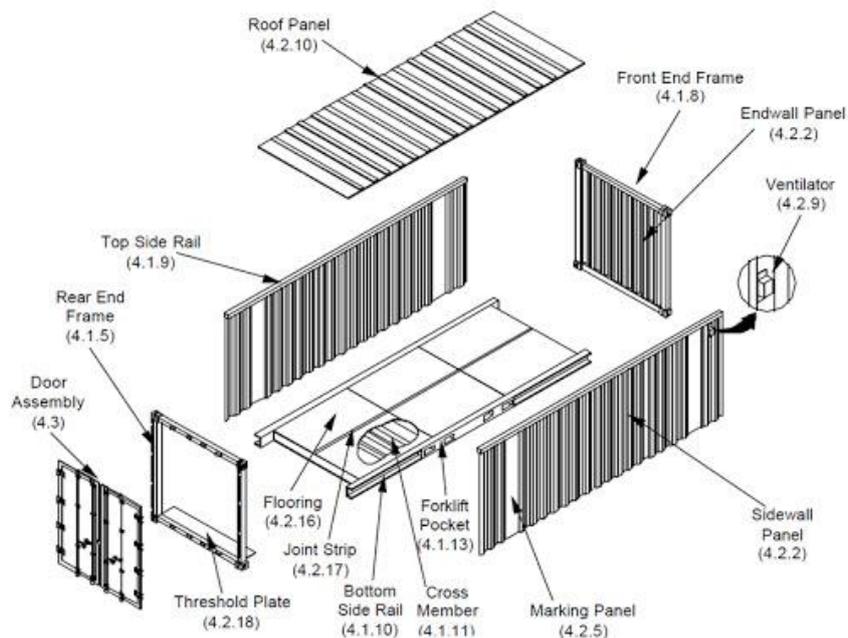


Ilustración 27. Componentes estructurales de un contenedor ISO de 20 pies. Fuente: Residential Shipping Container Primer

Las dimensiones más típicas de contenedores que se utilizan para la construcción son las de 20 y 40 pies (6 y 12 m respectivamente) de largo, con 8 pies (2,4 m) de ancho y 8,5 pies (2,6 m) de altura. Los contenedores High Cube (HC) ofrecen una altura adicional de un pie (2,9 m). Cuando se tiene en cuenta la capacidad de carga, la opción de 20 pies es preferida frente a la de 40 pies [40]. Con respecto a la altura ideal, normalmente se recomiendan contenedores HC gracias al espacio adicional que ofrece [36]. Aun así, todo dependerá de la funcionalidad que se pretende que tenga el container (para exterior, para interior, como adorno, agrupación de contenedores, contenedor individual, etc.). Una vez se tenga claro el objetivo de nuestro contenedor, se procederá a escoger el que más nos interese.

El precio de los contenedores varía entre los 1.000 y los 5.000 €/unidad, dependiendo lógicamente de su tamaño y de si se trata de un contenedor nuevo o usado. A este precio hay que sumarle el correspondiente al transporte, que es aproximadamente de 500 €/camión (1x40 pies o 2x20 pies) por 200 km sin descarga. Dicha descarga serían unos 200 €. Sin embargo, la cosa no queda ahí, dado que una modificación estructural y una incorporación de aislamiento harían subir el coste.

Los contenedores pueden asegurarse mediante pernos o bien soldándolos a las gruesas placas de acero que se conectan al refuerzo en la base. Además, el mecanismo de

bloqueo de esquina con cerraduras giratorias permite una conexión vertical simple entre contenedores cuando se encuentran orientados en direcciones similares.

Por otro lado, son capaces de soportar hasta 24 toneladas de carga [41]. No obstante, hay que ser consciente de que muchas veces los contenedores necesitarán modificaciones, como la eliminación total o parcial de una pared, lo que va a empeorar notablemente la rigidez. Esto influirá cuando se tenga pensado colocar varios pisos de contenedores, existiendo la posibilidad de incorporar armaduras de refuerzo externas y laterales a lo largo del container inferior para fortalecer la estructura. Cuando no se vaya a colocar peso encima de los contenedores, las modificaciones no tendrán un impacto tan negativo estructuralmente hablando. Por ello, si solo existe planta baja se pueden utilizar tanto contenedores nuevos como usados. En cambio, para casos en los que se tenga pensado añadir varias plantas, es conveniente que los contenedores base sean nuevos, pudiendo utilizar usados en las plantas altas.

Con el fin de garantizar un ambiente interior térmicamente cómodo y evitar la condensación por exceso de humedad, especialmente en países húmedos y calientes, será fundamental aislar de forma suficiente los contenedores, puesto que al estar fabricados de acero son muy buenos conductores del calor [42]. Para proporcionar una rotura del puente térmico, bastaría con aplicar una placa aislante de poliestireno, revestimiento cerámico o espuma de poliuretano para aislar la superficie del metal [43]. La ventilación también jugará un papel realmente importante. Así, la ventilación cruzada proporcionará un enfriamiento efectivo permitiendo una renovación del aire y una mejora en las condiciones climáticas del contenedor de vida, aunque una ventilación mecánica mejoraría dichas condiciones todavía más.

3.3.2 Beneficios de la construcción con contenedores

Resistencia y durabilidad

Los contenedores pueden soportar cargas muy elevadas, así como apilarse en varios pisos sin problemas estructurales. Además, el acero Cor-Ten® es resistente a la corrosión ya que forma una capa interna amorfa al alear elementos, protegiendo así al contenedor de la exposición a ambientes hostiles durante el transporte marítimo. El excelente nivel de resistencia y durabilidad proporcionan un soporte estructural y una vida útil más larga, garantizando un bajo coste de mantenimiento [44].

Disponibilidad

Tal y como se ha expuesto en apartados anteriores, existe un exceso abundante de contenedores acumulados en puertos de todo el mundo debido a la naturaleza de la industria marítima y el problema de desequilibrio comercial, lo que hace de su disponibilidad un hecho. Además, los contenedores son muy baratos de reutilizar como material de construcción, sobre todo si lo comparamos con edificios convencionales. Es por ello que este tipo de arquitectura puede ser una muy buena solución para la demanda de viviendas asequibles económicamente e, incluso, para viviendas temporales de larga duración en casos de desplazados.

Modularidad

Uno de los grandes beneficios de la construcción con contenedores es el ahorro tanto en costes como en tiempo, y esto es, gracias a la modularidad. Sawyers [45] define estos contenedores como piezas de Lego gigantes que pueden ensamblarse para conseguir las necesidades de instancia de un área en particular. Por su parte, en [43] se afirma que la construcción modular es entre un 40 y un 60% más rápida y que genera un 70% menos de desperdicios que los métodos de construcción tradicionales.

Transportabilidad

Varios estudios han determinado claramente que los contenedores pueden transportarse con facilidad de un destino a otro en poco tiempo [44]. De hecho, esta es una de las características que logró captar la atención de la gente para su uso como vivienda, al hacerlo compatible con varios modos de transporte. Esto permite la prefabricación de los containers y su posterior transporte hasta el sitio donde se va a colocar. Además, en caso de necesitar moverlo de ubicación o posición, esto se puede llevar a cabo sin problema.

Sostenibilidad

La arquitectura con contenedores se considera como una de las alternativas de construcción sostenible y ecológica que genera una baja huella de carbono. En [43] se afirma que se puede construir con un 75% de material reciclado. Por otro lado, Pauli [46] estudió que reciclar contenedores para hacer bloques de acero a través de un proceso de fusión consumía aproximadamente 8000 kWh de energía, mientras que reutilizarlos como componente de construcción solo requiere 400 kWh sin la emisión de gases de efecto invernadero excesivos.

3.3.3 Restricciones de la construcción con contenedores

La utilización de contenedores como vivienda también tiene desventajas a tener en cuenta. Y es que la arquitectura del contenedor perderá sentido cuando requiera una modificación excesiva. Hay ocasiones en las que se necesitará cierta cantidad de renovación, como quitar puertas, reemplazar suelos o eliminar parcialmente las láminas de acero de las paredes para poder crear ventanas [32]. Estas remodelaciones pueden conducir a una posible deformación o fallo estructural debido a la resistencia inadecuada para soportar toda la estructura, requiriendo pues refuerzos adicionales [47].

El hecho de reciclar el excedente de contenedores que se acumulan en puertos sin uso alguno se considera una solución sostenible; sin embargo, el problema es que la mayoría de proyectos existentes de arquitectura modular con contenedores utilizan containers nuevos [48]. Además, debemos ser conscientes de que muchos de esos contenedores inutilizados no están en condiciones óptimas debido a daños superficiales causados por el uso. Otra de las desventajas es que este tipo de construcción dependerá en gran medida de la topografía del terreno, no siendo adecuada para sitios inclinados. Además, en [40] se afirma que la vida útil de los contenedores vivienda es la mitad comparada con una construcción convencional.

Esta técnica de construcción también precisará de mano de obra cualificada, sobre todo para labores de soldadura y maquinaria especial como grúas para ensamblar varios contenedores o moverlos [42]. Otro de los problemas, como ya se ha comentado, es la alta conductividad térmica, dado que los containers son de acero. Esto va a requerir capas de aislamiento, de modo que se pueda garantizar una comodidad térmica interior, lo que va a generar costes adicionales.

3.3.4 Ejemplos de aplicación

El uso de contenedores como elementos de construcción cada vez tiene más adeptos. Muchas personas eligen cada vez más esta opción sostenible, sobre todo por su rapidez de construcción y su bajo coste en comparación con viviendas tradicionales, tal y como se ha expuesto con anterioridad. Generalmente, su uso se observa mayoritariamente en países europeos nórdicos, aunque en la actualidad se está extendiendo por todo el mundo.

Además, su modularidad permite construir diseños únicos de aspecto contemporáneo a gusto del consumidor, como se muestra en la Ilustración 28.



*Ilustración 28. Vivienda construida a partir de contenedores marítimos de mercancía.
Fuente: Pinterest*

Sin embargo, no solo se implementan contenedores para casas individuales. De hecho, en la actualidad hay un “boom” de edificios hechos con contenedores. Esto se observa, por ejemplo, en el barrio Keetwonen de Ámsterdam, al cual se le conoce como el barrio con mayor cantidad de contenedores en todo el mundo. En él se han construido viviendas para alojar principalmente estudiantes, debido a su precio. En total, más de 1.000 contenedores que cuentan con dormitorio, cocina, cuarto de baño y sala de estudio, distribuidos en varios edificios (Ilustraciones 29 y 30).



*Ilustración 29. Edificio container en Keetwonen, Ámsterdam.
Fuente: Google Imágenes*



*Ilustración 30. Interior de la vivienda de un edificio container en Keetwonen,
Ámsterdam. Fuente: El Mundo*

Distintos negocios también se están sumando a este tipo de construcción en auge, gozando de las ventajas que les ofrece. Los hoteles son uno de los sectores que más lo llevan a cabo, pues aprovechan el bajo coste que les supone y la imagen ecologista que esto les da, lo que genera un alto valor añadido. Un ejemplo es la pensión Contenedor Inn en Puerto Vallarta, México (Ilustración 31).



Ilustración 31. Hotel Container Inn en Puerto Vallarta, México. Fuente: Trivago

Otro sector interesado en esta arquitectura es el de los comercios. Así, por ejemplo, la marca alemana Puma utiliza una tienda móvil (Ilustración 32) durante la Volvo Ocean Race, competición de vela que se celebra alrededor del mundo cada tres años, y demás eventos, aprovechando la movilidad que este tipo de construcción le permite



Ilustración 32. Tienda móvil de Puma. Fuente: Pinterest

En cuanto a su uso como vivienda temporal, está muy extendido sobre todo en Gaza [31], donde lleva dándose un conflicto bélico entre Palestina e Israel desde mediados del año 2014. Muchos hogares fueron destruidos por bombardeos y una de las soluciones que se llevó a cabo fue utilizar contenedores marítimos de mercancía como refugio para las familias. El hecho de que inicialmente estos contenedores de vida no fueron diseñados para un largo período de tiempo hizo que surgieran numerosos problemas, sobre todo relativos al confort térmico. Hay que tener en cuenta que, dado el caso de extrema emergencia, la sostenibilidad energética en los refugios no era el objetivo principal, sino que se trató de ofrecer cobijo de la manera más rápida y eficaz posible. Esto puede hacer pensar que no se trata de una buena opción como vivienda temporal; sin embargo, el caso de Gaza es muy especial. Las ventajas que ofrecen los contenedores marítimos frente a otro tipo de refugios son mucho mayores (además de su rápida instalación, la robustez que tiene este tipo de solución es inigualable frente al resto). De hecho, con un buen sistema de aislamiento, y teniendo en cuenta otros cuantos factores de diseño, se puede conseguir una temperatura interior óptima que haga de los contenedores una solución óptima y eficiente.

También en Calais, Francia, observamos contenedores marítimos de mercancía como viviendas temporales (Ilustración 33) para los migrantes de países pobres y devastados por conflictos (la mayoría externos a la Unión Europea), que buscan desesperadamente la oportunidad de llegar a Gran Bretaña a través del Eurotúnel con el fin de encontrar un empleo y empezar una nueva vida. Antes de los containers, ya existía un asentamiento de migrantes en la zona cercana al puerto, denominado “la Jungla”, que se basaba en tiendas de campaña y chabolas. El gobierno francés decidió sustituirlas por los containers para llevar algo de orden a la zona y garantizar que las personas tuvieran un sitio donde, al menos, poder dormir y descansar dignamente.



Ilustración 33. Contenedores de vida en Calais, Francia. Fuente: REUTERS, Benoit Tessier

Si analizamos cómo se comportan los contenedores como vivienda temporal siguiendo los criterios definidos en el apartado 2.4, observamos que realmente se trata de una excelente solución (Tabla 10). De hecho, si la comparamos con el resto de las soluciones que se proponen en la actualidad, es la que cumple de manera más satisfactoria dichos criterios.

Tabla 10. Cumplimiento de los criterios de diseño sostenible para el caso de contenedores de vida

Cumplimiento bajo	
Cumplimiento medio	
Cumplimiento alto	

C. Ambientales	
a	
b	
c	
C. Económicos	
a	
b	
c	
d	
C. Técnicos	
a	
b	
c	
d	
e	
f	
C. Socioculturales	
a	
b	
c	
d	

Nota. - Criterios ambientales: a = clima, b = reutilización y reciclaje de materiales, c = higiene; Criterios económicos: a = equilibrio en el coste y presupuesto, b = equilibrio en el coste de vida útil, c = tipo de refugio, d = coste en infraestructura; Criterios técnicos: a = facilidad de montaje y desmontaje, b = materiales y aislamiento, c = tamaño, d = respuesta ante peligros, e = efectos físicos y psicológicos, f = mantenimiento mínimo; Criterios socioculturales: a = privacidad, dignidad y seguridad, b = confort, c = participación, d = comunicación.

3.4 Factores de diseño para la sostenibilidad y eficiencia energética de contenedores de vida

Todas las viviendas (incluidas las temporales) deben garantizar, además de un espacio de vida digno, cierto confort interior. Para satisfacer estas demandas relativas al bienestar de las personas, muchas veces será necesario incluir instalaciones y equipos de refrigeración, calefacción, etc., lo que va a suponer altos consumos de energía sobre todo en el caso de contenedores de vida, pues su estructura no está diseñada principalmente para alojar gente. Esto puede suponer un impacto sustancial en el medioambiente y la economía. Por ello, el desafío de diseño consistirá en unir las ventajas propias de los contenedores, ya mencionadas anteriormente, con la sostenibilidad operativa, que es susceptible a un diseño eficiente en función del clima y de la energía.

Principalmente, el gran problema de los contenedores de vida es que tienden a sobrecalentarse y/o sobreenfriarse en exceso debido a las características de su envolvente, lo que se neutraliza mediante un uso intensivo de sistemas de climatización. Ante esta situación, existen numerosos factores que pueden ayudar a mejorar el confort térmico interior sin tener que recurrir a grandes consumos en refrigeración, calefacción y ventilación, mejorando así la eficiencia energética de la vivienda y disminuyendo su huella de carbono. Entre los más destacados se encuentran la orientación del contenedor, su color exterior, el ratio ventana-pared (RVP) y el aislamiento (Ilustración 34).

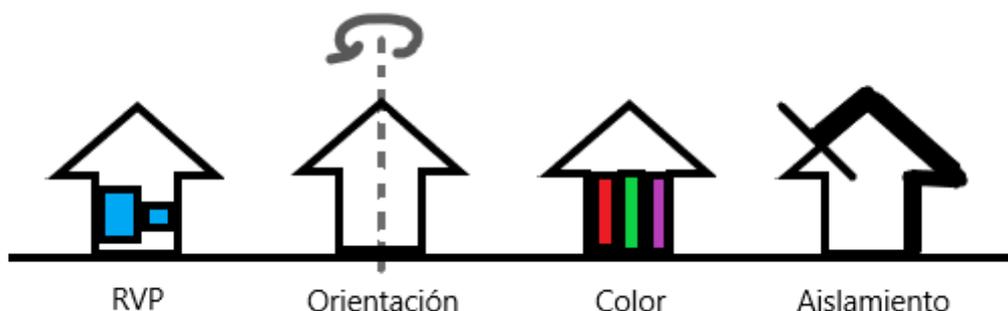


Ilustración 34. Factores de diseño para la eficiencia energética de contenedores de vida

3.4.1 Orientación

La orientación de la vivienda va a determinar la cantidad de radiación solar que va a recibir a lo largo del año, pudiendo influir notablemente en la eficiencia energética. La elección de una orientación u otra dependerá del hemisferio y del clima en el que se encuentre la vivienda.

- **Hemisferio norte.** En invierno los días son cortos, y el Sol sale por el sureste y se pone por el suroeste. El norte no recibe rayos directos del Sol durante esta época del año. En primavera el Sol sale por el este y se pone por el oeste y, conforme vayan avanzando los días, la orientación norte irá recibiendo cada vez más radiación solar a primeras y últimas horas del día. En verano, los días son más largos. El Sol sale por el noreste y se pone por el noroeste, recibiendo la orientación norte radiación por las mañanas y las tardes. En otoño el Sol sale y se pone por este y oeste, respectivamente, y conforme avanzan los días el norte deja de recibir luz y radiación solar, los días se acortan y el sur vuelve a ser la principal receptora de radiación [49]. En la Ilustración 35 se puede observar la trayectoria del Sol durante las épocas de verano e invierno para una vivienda situada en el hemisferio norte.

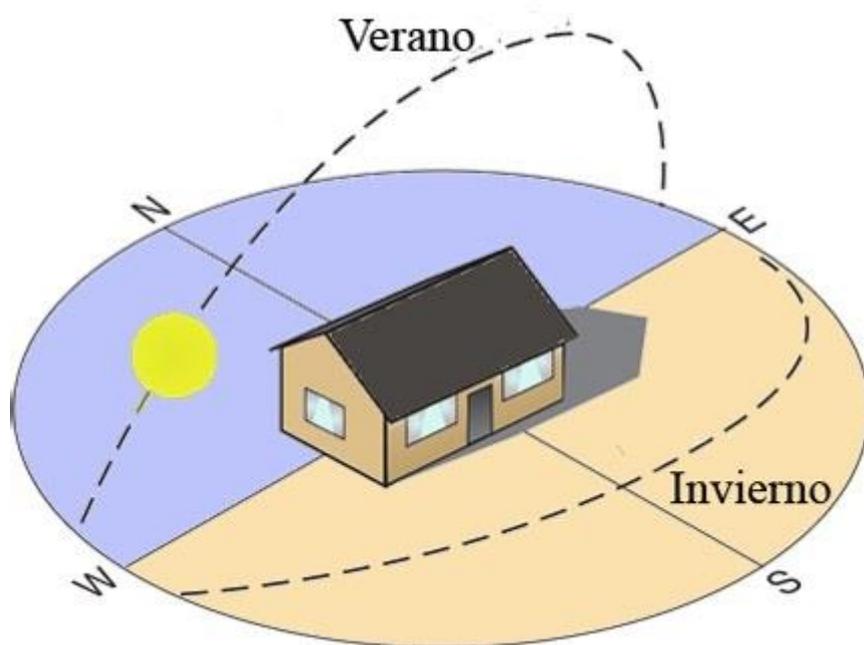


Ilustración 35. Recorrido del Sol en verano e invierno en el hemisferio norte. Fuente: JGF Arquitectos

- **Hemisferio sur.** En invierno, el Sol sale por el noreste y se pone por el noroeste, de modo que la orientación sur no recibe radiación alguna. En primavera, será la

orientación sur la que, según avancen los días, irá recibiendo más luz a primera y última hora. En verano, el Sol saldrá por el sureste y se pondrá por el suroeste, incidiendo de manera vertical sobre la orientación norte. En otoño, la orientación sur deja de recibir radiación solar directa, siendo la norte la principal receptora de rayos solares. En definitiva, el proceso para el hemisferio sur es el mismo que en el norte, pero en este caso es la orientación norte la que recibe mayor cantidad de radiación solar en lugar de la orientación sur [49]. En la Ilustración 36 se muestra la trayectoria solar en invierno y en verano en el hemisferio sur.

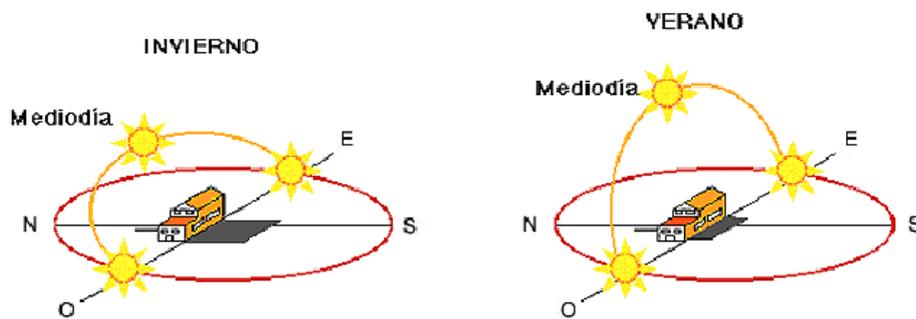


Ilustración 36. Recorrido del Sol en invierno y verano en el hemisferio sur [49]

Según el hemisferio en el que se encuentre la vivienda, podremos observar cuáles serán las orientaciones que mayor incidencia de radiación solar van a recibir. Sin embargo, la elección de una orientación u otra no sólo dependerá de esto, sino que también hay que tener en cuenta otros criterios, como las superficies de cada una de las fachadas y el clima en el que nos encontremos. Además, el hecho de que haya ventanas en determinadas fachadas también influirá a la hora de escoger orientación.

3.4.2 Color

El color exterior del contenedor es otro factor a tener en cuenta en términos de sostenibilidad energética. Los colores oscuros absorben más calor que los claros ya que absorben más energía de luz. Por tanto, si el contenedor es de color claro, absorberá menos calor, siendo esto lo ideal para climas muy cálidos. El blanco refleja todos los colores y, por ende, es el que menos se calentará. Por el contrario, el negro absorbe todos los colores y será el que más se calentará (Ilustración 37).

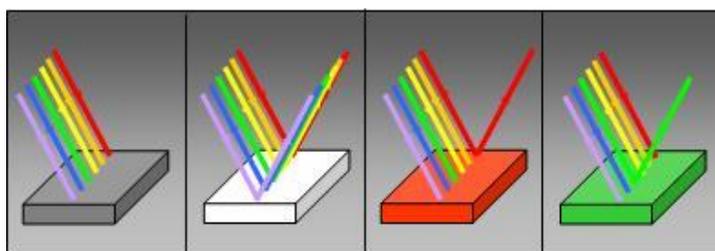


Ilustración 37. Absorción y reflexión. Fuente: Wix.com

3.4.3 Ratio ventana-pared (RVP)

El ratio ventana-pared es un parámetro empleado para medir la cantidad de acristalamiento en las viviendas (Ilustración 38). Se calcula dividiendo el área de acristalamiento entre la superficie total de la pared en la que se encuentra dicho cristal (incluyendo el área del propio acristalamiento), y se expresa en porcentaje (%).

Un mayor valor de RVP se traducirá en una mayor transmisión de calor en esa zona, tanto por el cristal como por el puente térmico (zona de mayor transmisión térmica debido a una variación de la resistencia térmica) que se produce. Sin embargo, aquí también entra en juego la luminosidad que ofrece la luz solar. Por tanto, habrá que encontrar un equilibrio.

Dubois y Blomsterberg [50] demuestran que no conviene tomar valores superiores al 30-40% porque pueden crear riesgos de sobrecalentamiento. Por otro lado, el British Standard BS 8206-2:2008 [51] recomienda no tomar valores muy inferiores al 10%.

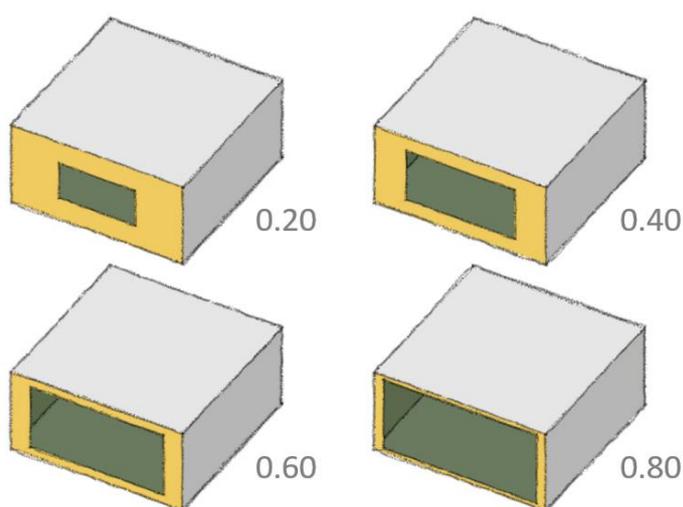


Ilustración 38. Ratio ventana-pared (RVP). Fuente: Seiscubos

3.4.4 Aislamiento

El aislamiento térmico es el conjunto de materiales y técnicas que se utilizan con el fin de reducir la transmisión de calor entre dos espacios. En edificación se usa para minimizar las ganancias de calor en verano y las pérdidas en invierno. De hecho, se considera la medida más efectiva para el ahorro energético [52].

El objetivo de aislar la envolvente de una vivienda es disminuir su transmitancia térmica, que es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie cuando hay un gradiente térmico de 1K entre dos espacios. Dicha transmitancia térmica dependerá de las resistencias térmicas, las cuales dependen del espesor de cada capa y de la conductividad térmica del material de la misma. En la Ilustración 39 se muestran algunos de los aislamientos térmicos más utilizados, como el neopor (primera imagen de la primera fila), el corcho natural (segunda imagen de la primera fila), el cartón nido de abeja (primera imagen de la segunda fila), el porex expandido (tercera imagen de la segunda fila), etc.

Cuanto mayor sea el espesor del aislante, menor será la transmitancia térmica. Sin embargo, conviene siempre realizar un análisis económico y técnico para determinar cuáles son nuestras limitaciones y, por ende, elegir la opción adecuada desde un punto de vista de eficiencia energética, económica y técnica.

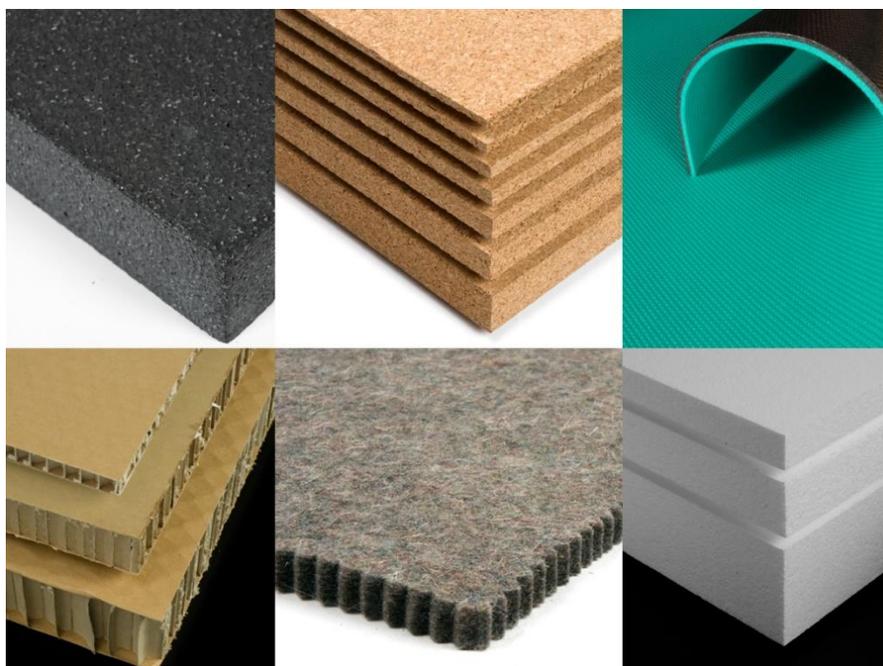


Ilustración 39. Aislamientos térmicos varios. Fuente: MW Materials World



CAPÍTULO 4. ANÁLISIS ENERGÉTICO

4.1 Herramienta de análisis energético. Ahorro de energía.

Este último capítulo consistirá en analizar el comportamiento energético de los contenedores de vida. Para ello, nos apoyaremos en CE3X, una herramienta informática de análisis energético que sirve para simular y certificar la eficiencia de edificaciones.

Basándonos en el anterior capítulo, se concluye que los contenedores vivienda son una buena alternativa y, además, tienen un gran potencial en términos de sostenibilidad. Sin embargo, se conoce poco sobre su rendimiento energético operativo y su adaptabilidad bioclimática en condiciones climáticas diversas. Así, el presente estudio tratará de mostrar y optimizar dicho rendimiento para diferentes zonas, con el objetivo de identificar para cada caso la configuración óptima tanto en términos de eficiencia energética como económicos y técnicos.

Además de presentar las opciones de mejor rendimiento energético, el procedimiento y los criterios llevados a cabo en el estudio también podrían ser utilizados como pautas básicas para el diseño de viviendas temporales con contenedores marítimos de mercancía.

4.2 Datos de diseño del contenedor tipo

El rendimiento general de una edificación es el resultado de múltiples factores de influencia, tal y como se ha expuesto en el apartado 3.4. En este estudio, vamos a analizar cómo afecta a la eficiencia energética de la vivienda la variación en la orientación, el ratio ventana-pared (RVP) y el aislamiento.

También sería interesante observar la influencia del factor ratio volumen interno-superficie de la envolvente (RVS), es decir, el comportamiento para varios tipos de contenedores con distintas medidas. Sin embargo, dadas las limitaciones de CE3X en términos de superficie mínima (el software no permite realizar la calificación para el contenedor de 20' por baja superficie habitable), en nuestro análisis se va a emplear el contenedor Dry Van 40' que ofrece la compañía ANELTIA en su catálogo [53], cuyas medidas externas e internas se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Medidas del contenedor Dry-Van 40' de ANELTIA [53]

	CONTENEDOR DRY-VAN 40'	
	Externo	Interno
Largo (mm)	12192	12030
Ancho (mm)	2438	2350
Alto (mm)	2591	2390

Asumiremos que las paredes exteriores y el techo son de acero. El suelo, por su parte, se encontrará en contacto con el aire exterior, ya que el contenedor se sustentará sobre unas calzas, y será también de acero con un revestimiento interior de madera. Además, el contenedor dispondrá de una ventana de acristalamiento simple y marco metálico sin rotura de puente térmico, y una puerta de PVC, cuyas medidas se presentan en la Tabla 12. Las transmitancias térmicas correspondientes a estos elementos se muestran en la Tabla 13.

Tabla 12. Medidas de ventana y puerta del contenedor tipo

	Ventana	Puerta
Longitud (m)	1,37	0,85
Altura (m)	1,06	2,10
Superficie (m)	1,45	1,79
Porcentaje del marco (%)	20	100

Tabla 13. Transmitancias térmicas del contenedor tipo.

Parte del contenedor	Tejado plano	Suelo	Pared	Ventana	Marco ventana	Puerta
	Acero	Acero	Acero	Cristal simple	Metálico sin RPT	PVC
	Madera					
Valor U de referencia [W/m²K]	3,2	2,5	3,2	5,7	5,7	2,2

Existirá puente térmico tanto en la puerta como en la ventana y en la caja de la persiana, por lo que en dichas zonas se transmitirá más fácilmente el calor.

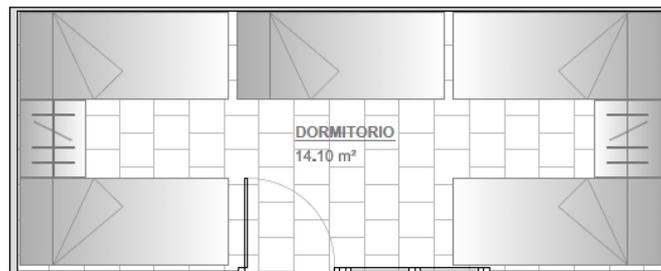
Supondremos que nuestro contenedor no tiene ni cocina ni baño, los cuales se encontrarán en contenedores independientes y comunitarios. Por ende, no habrá instalación de ACS.

Con el fin de que exista una calidad de aire interior, hay que fijar un caudal mínimo de aire exterior de ventilación que la garantice. Este caudal puede expresarse también en forma de renovaciones por hora (ren/h) que, dependiendo del tipo de local, tendrá un valor u otro. Según la norma DIN 1946, el valor de renovaciones por hora para habitaciones es de entre 0,3 y 0,8. Para nuestro caso, tomaremos el valor intermedio de 0,55 ren/h. Además, para asegurarnos de que exista una temperatura agradable en el interior del contenedor tanto en verano como en invierno, contaremos con un equipo de calefacción y refrigeración (HVAC).

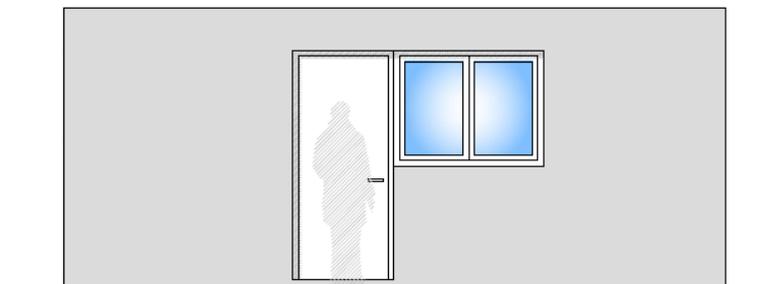
En cuanto a la orientación del contenedor, la fachada larga principal, es decir, la que consta de puerta y ventana, estará orientada hacia el norte inicialmente.

En el Anexo 2 se muestra cómo se han introducido todos estos datos iniciales del contenedor tipo en CE3X.

Tanto la distribución interior como la distribución de puerta y ventana podría ser similar a la que se muestra en las Ilustraciones 40 y 41.

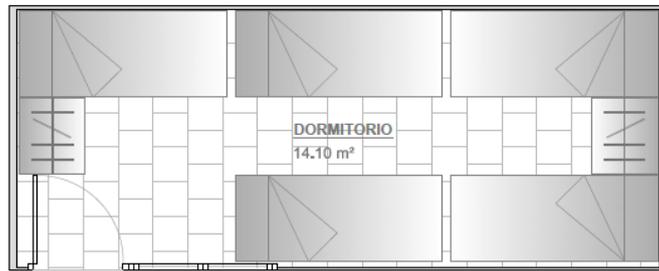


PLANTA DISTRIBUCIÓN

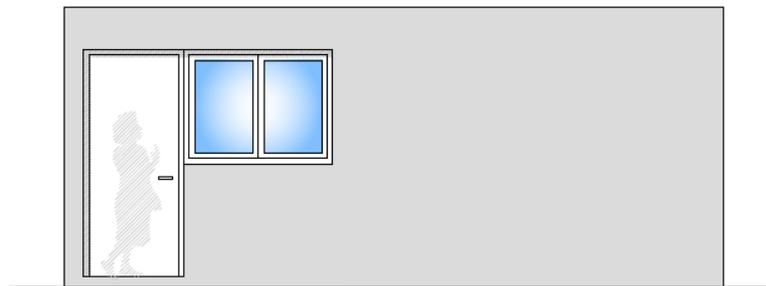


ALZADO PRINCIPAL

Ilustración 40. Propuesta I de distribución para contenedor Dry-Van 20'



PLANTA DISTRIBUCIÓN



ALZADO PRINCIPAL

Ilustración 41. Propuesta II de distribución para contenedor Dry-Van 20'

4.3 Evaluación de la eficiencia energética

Para analizar el rendimiento energético operativo de nuestro modelo, realizaremos la calificación de la eficiencia energética del mismo tal y como establece el Real Decreto 235/2013 del 5 de abril. Dicha calificación diferencia entre siete niveles A, B, C, D, E, F y G, de más a menos eficiencia respectivamente (Ilustración 42), caracterizando al edificio analizado con uno de esos niveles junto con un indicador que mide las emisiones de la vivienda mediante los $\text{kg CO}_2/\text{m}^2$ de superficie útil habitable por año.

Además, también obtendremos los siguientes indicadores: demanda de calefacción (kWh/m^2), demanda de refrigeración (kWh/m^2), emisiones de calefacción ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$), emisiones de refrigeración ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$), y emisiones de ACS ($\text{kg CO}_2/\text{m}^2$). El valor de la demanda energética de calefacción y refrigeración dependerá de la zona climática y la

orientación solar del edificio, del comportamiento energético de la envolvente térmica y del uso del edificio, entre otros factores. El valor de las emisiones de calefacción y refrigeración dependerá del consumo energético asociado a la demanda de su respectiva instalación y de las características de los equipos, como por ejemplo su rendimiento. Por otro lado, en calificaciones energéticas de viviendas no se tienen en cuenta las instalaciones de iluminación.

Observaremos como cambian todos estos indicadores según se van modificando los factores de influencia orientación del edificio, RVP y aislamiento.

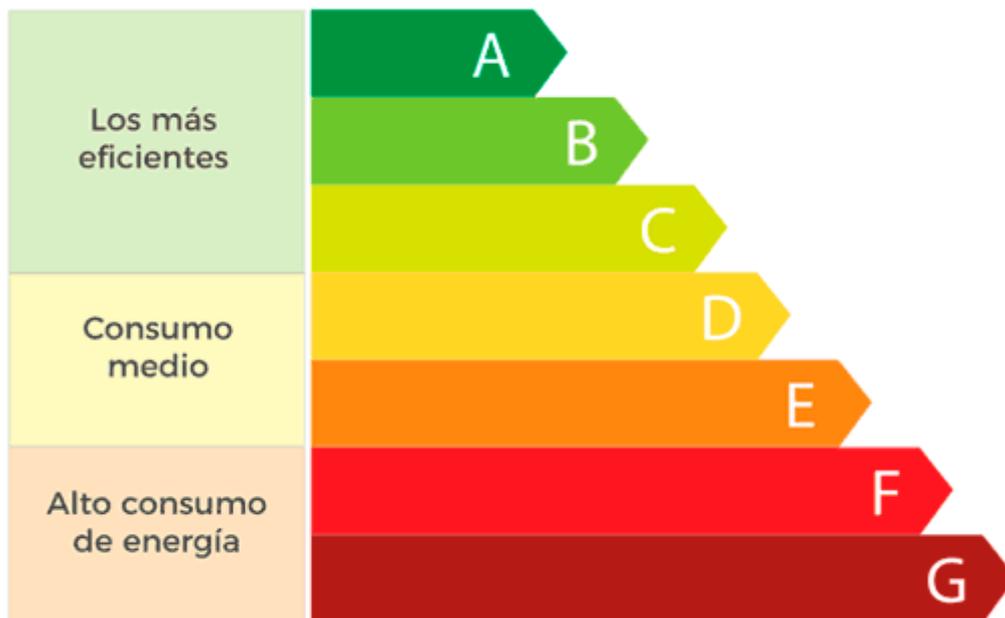


Ilustración 42. Calificación energética. Fuente: Lucera

4.4 Localizaciones y climas

El rendimiento energético variará según la zona en la que nos encontremos. Por ello, será conveniente realizar análisis para climas diversos con el fin de estudiar cómo se comporta la eficiencia ante la variación de los factores de influencia para cada uno de dichos climas.

A la hora de analizar una localización, vamos a hacer uso de la clasificación climática Köppen-Geiger, que identifica cada tipo de clima con una serie de letras según el comportamiento de sus temperaturas y precipitaciones (Ilustración 43 y Tabla 14).

El software CE3X únicamente nos permite llevar a cabo la calificación para ciudades dentro del territorio español. Sin embargo, gracias a la clasificación climática de Köppen-Geiger, podremos extrapolar el resultado de una solución con cierto clima a zonas con las que lo comparta.

En este estudio se ha realizado el análisis para Arrecife y Bilbao, cuyas características geográficas y climáticas se muestran en la Tabla 15.

Tabla 14. Clasificación climática de Köppen-Geiger. Fuente: Wikipedia

Clasificación climática de Köppen-Geiger					
		Dinámica de las precipitaciones			
Dinámica de la temperatura	f, m Húmedo o lluvioso	Subhúmedo o húmedo-seco		B Seco	
		w de invierno seco	s de verano seco	S Semiárido	W Árido
A: Tropical o macrotérmico	Ecuatorial Af, Monzónico Am	De sabana Aw	De sabana As	Semiárido cálido	Árido cálido
C: Templado o mesotérmico	a: Subtropical	Oceánicos: Cfa	Subhúmedos de altitud: Cwa	Mediterráneos: Csa	BSh BWh
	b: Templado	Cfb	Cwb	Csb	Estepario BSk
	c: Subpolar/subalpino	Cfc	Cwc	Vsc	Árido frío BWk
D: Continental o microtérmico	a: Templado cálido	Continetales húmedos Dfa	Manchurianos: Dwa	Continetales mediterráneos: Dsa	
	b: Templado hemiboreal	Dfb	Dwb	Dsb	
	c: Subpolar/subalpino	Dfc	Dwc	Dsc	
	d: Fuerte	Dfd	Dwd	Dsd	
E: Polar	De tundra	Tundra polar ET o Alpino ETH			
	Gélido	Gélido o glacial EF			

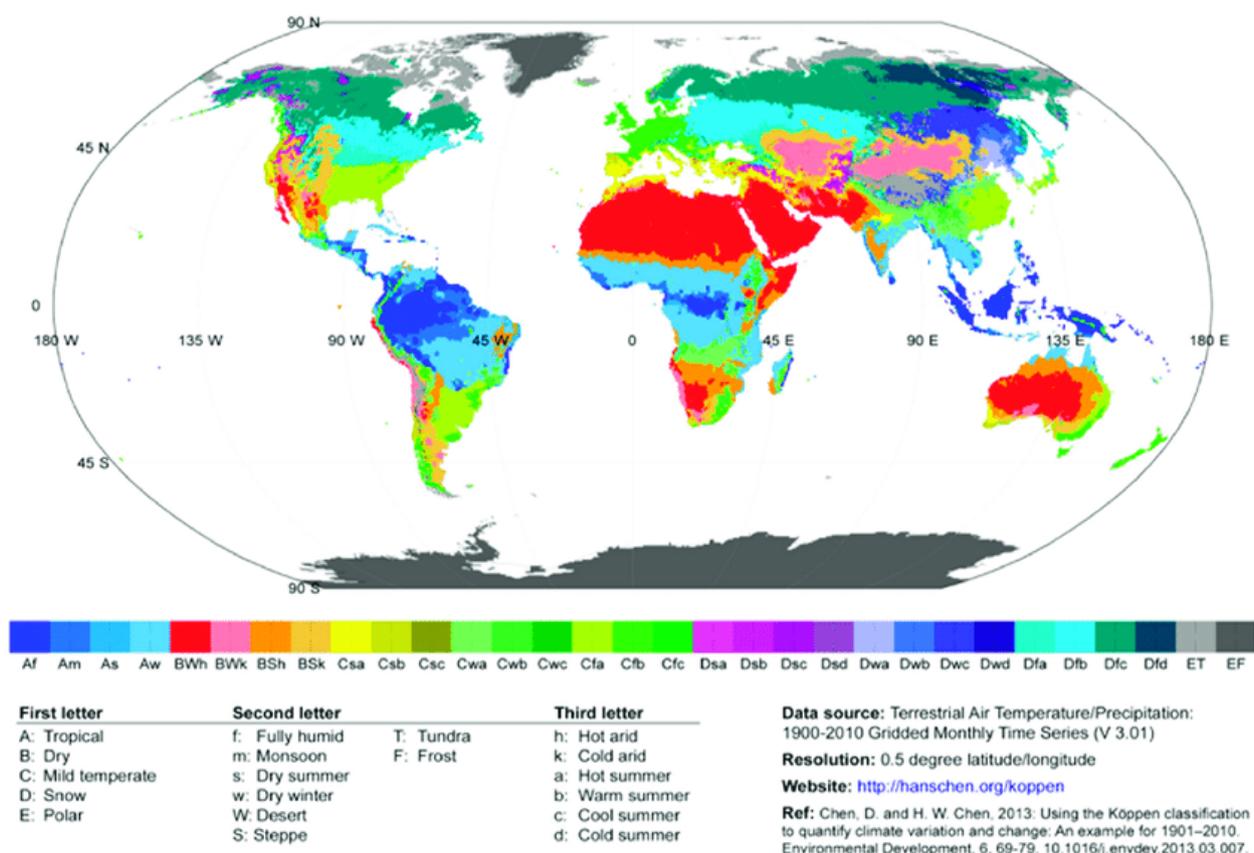


Ilustración 43. Mapamundi de la clasificación climática de Köppen-Geiger. Fuente: ResearchGate

Tabla 15. Datos geográficos y climáticos de Arrecife y Bilbao

Localización	Coordenadas	Altitud	Clasificación Köppen-Geiger	Temperatura máxima media anual (°C)	Temperatura mínima media anual (°C)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación total anual (mm)
Arrecife	28°57'45"N 13°33'02"O	20 msnm	BWh	23,7	17,3	21,2	111,7
Bilbao	43°15'44"N 2°57'12"O	6 msnm	Cfb	19,5	9,9	14,7	1133,5

4.6 Caso de estudio I: clima árido cálido (BWh)

Una vez se introducen los datos del contenedor tipo y de la localización de la vivienda, ya podemos conocer la calificación del proyecto (Ilustración 44). Obtenemos una calificación intermedia D y unas emisiones globales de 10,7 kg CO₂/m² año.

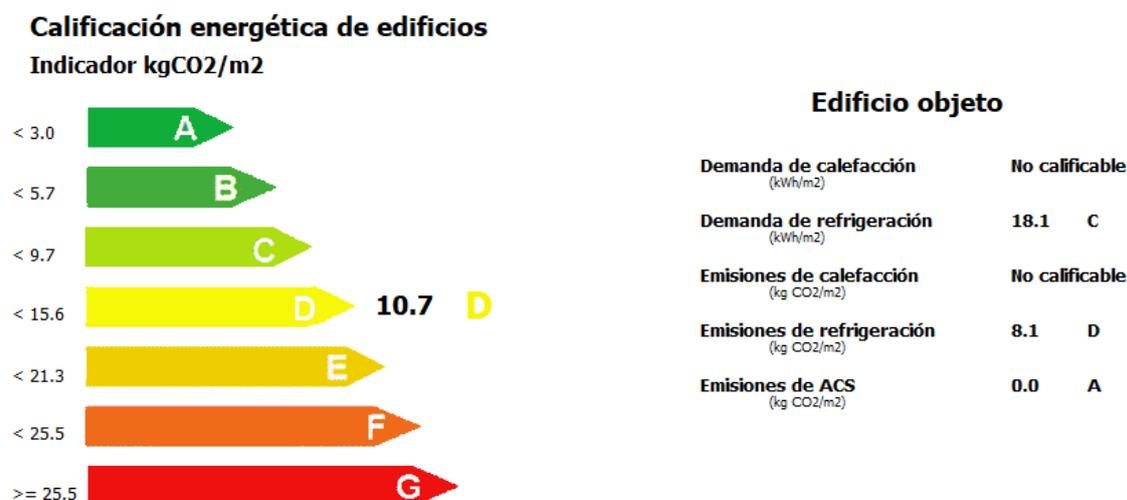


Ilustración 44. Caso de estudio I: calificación inicial

En cuanto a la calefacción, su indicador de demanda establece que no va a ser necesaria, lo cual es lógico ya que estamos ante un tipo de clima árido y cálido. Por ende, sus emisiones serán nulas. No ocurre así con la refrigeración, que en este caso sí va a ser necesaria para soportar las altas temperaturas características de este clima. Su demanda será de 18,1 kWh/m² año (calificación C) y sus emisiones de 8,1 kg CO₂/m² año (calificación D). Por último, con respecto al ACS, sus emisiones son nulas ya que no contamos con instalación de agua caliente sanitaria, tal y como se expone en el apartado 4.2.

A continuación, analizaremos cómo varía la calificación energética y las emisiones ante los cambios de orientación, del RVP y de la transmitancia por aislamiento, respectivamente.

4.6.1 Orientación óptima

En el contenedor tipo hemos supuesto que la fachada principal se encuentra orientada hacia el norte. Con el objetivo de obtener la orientación óptima, analizaremos si la eficiencia de la vivienda mejora cuando dicha fachada principal está orientada hacia el sur, el este o el oeste. En la Tabla 16 e Ilustración 45 se exponen los resultados obtenidos.

El análisis rápidamente muestra que la orientación inicial supuesta (N) es la óptima para el modelo. La eficiencia para el caso de orientación sur es algo inferior a la de norte, aunque no en exceso. Es posible que esto se deba principalmente a la latitud, ya que en esta localización en concreto (hemisferio norte) la fachada sur recibe más radiación solar a lo largo del año y, además, teniendo en cuenta que hay puentes térmicos en puerta y ventana, la vivienda recibiría más calor en dicha orientación y sería necesaria una mayor demanda de refrigeración. Por otro lado, la eficiencia empeora considerablemente cuando hablamos de orientaciones este y oeste. Obviamente, este resultado se podía esperar, puesto que el Sol sale por el este y se pone por el oeste, recibiendo las fachadas más largas mayor cantidad de luz solar a lo largo del día y provocando que la vivienda reciba más calor.

Tabla 16. Caso de estudio I: orientación

		Orientación de la fachada principal			
		Norte (N)	Sur (S)	Este (E)	Oeste (O)
Global	Calificación	D	D	E	E
	Emisiones (kgCO ₂ /m ²)	10,7	11,3	17,8	17,7
Calefacción	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
Refrigeración	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	8,1 (D)	8,8 (D)	14 (F)	13,8 (E)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	18,1 (C)	19,7 (C)	31,2 (E)	30,9 (E)

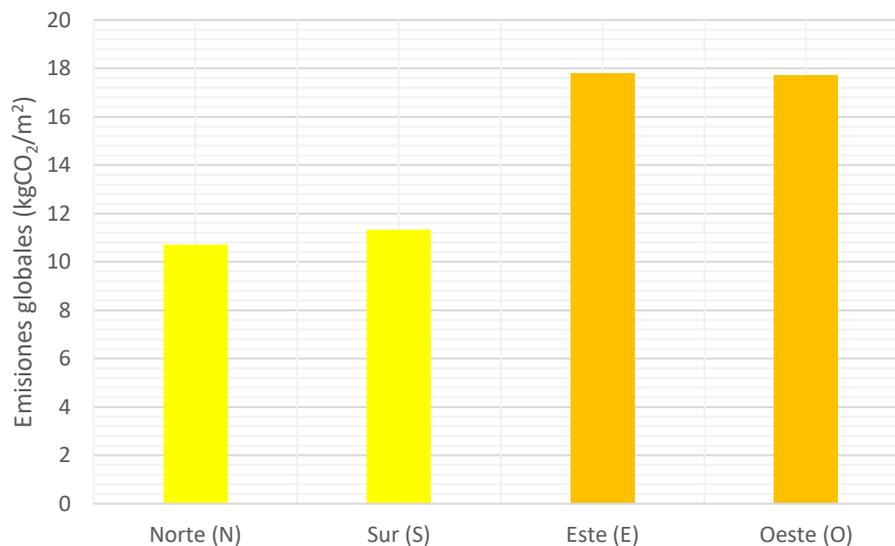


Ilustración 45. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según la orientación

4.6.2 Ratio ventana-pared (RVP)

Para nuestro modelo inicial, hemos supuesto una ventana de 1,45 m². Teniendo en cuenta el área total del muro en el que se encuentra, obtenemos que el RVP equivale a un 4,6%. En la tabla 17 e ilustración 46 se muestra cómo varía la eficiencia en la vivienda para distintos tamaños de ventana (se han tomado porcentajes no muy distantes entre sí por limitaciones de CE3X).

A primera vista, aunque el software no permite analizar el RVP para valores muy diferentes entre sí, se observa que la eficiencia empeora cuanto mayor es el área de acristalamiento en la fachada o, en otras palabras, el ratio ventana-pared. Esto demuestra que, en términos de eficiencia, son preferibles ventanas pequeñas sobre todo en climas tan cálidos en los que la conducción y la convección de calor afecta notoriamente al confort interior de la vivienda.

No obstante, aquí también entra en juego la luminosidad interior gracias a la luz solar, dado que una vivienda que no permite la entrada de luz natural puede provocar principios de claustrofobia y, asimismo, un consumo elevado de electricidad. Realmente, las diferencias en la eficiencia para los casos analizados son muy reducidas, por lo que todos los modelos serían válidos. En cambio, no convendría llegar a valores del orden del 15% o superiores, pues el empeoramiento de la eficiencia ya sería relevante.

Ante esta situación, y basándonos en el British Standard BS 8206-2:2008, vamos a tomar un RVP del 8% (ventana de 2,52 m²), pues garantiza mayor luminosidad en el interior de la vivienda y apenas afecta a la eficiencia. El análisis del siguiente factor se va a realizar, por tanto, suponiendo que la fachada principal se encuentra orientada hacia el norte y que la ventana tiene una superficie de 2,52 m².

Tabla 17. Caso de estudio I: RVP

		Ratio ventana-pared (RVP)		
		4,60%	6%	8%
Global	Calificación	D	D	D
	Emissiones (kgCO ₂ /m ²)	10,7	10,8	10,9
Calefacción	Emissiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable
Refrigeración	Emissiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	8,1 (D)	8,2 (D)	8,3 (D)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	18,1 (C)	18,2 (C)	18,5 (C)

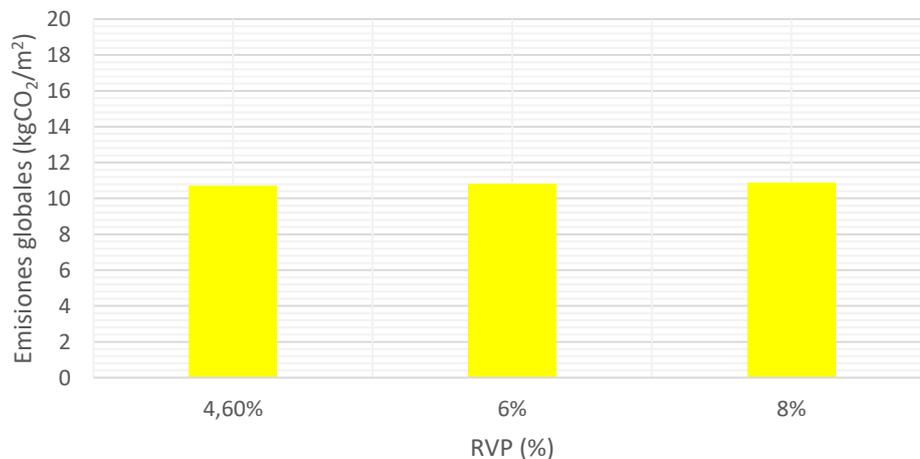


Ilustración 46. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según RVP

4.6.3 Aislamiento (transmitancia térmica)

Por último, observaremos cómo afecta en la eficiencia la variación de la transmitancia térmica (U) de la envolvente. Los valores supuestos inicialmente se muestran en la Tabla 13. Para determinar la transmitancia térmica apropiada de la envolvente, se analizarán varios valores para las paredes y el techo (el suelo mantiene su transmitancia). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 18 e Ilustración 47.

El análisis muestra claramente que añadir aislamiento es fundamental si se quiere garantizar una mejora de la eficiencia energética. Dado que aún no hemos conseguido niveles óptimos de eficiencia, en la Tabla 19 e Ilustración 48 se muestra la eficiencia para valores aún más pequeños de transmitancias térmicas, obteniendo, ahora sí, calificaciones A y B.

Se puede esperar que, debido a la tendencia de mejora en la eficiencia cuando se aumenta el aislamiento (disminuye U), el modelo óptimo será el que tenga la transmitancia térmica más baja. Sin embargo, no es razonable incorporar valores de U extremadamente bajos en la envolvente de la vivienda si la mejora en la eficiencia es insignificante comparada con valores de U algo más altos.

En este caso, convendría llevar a cabo otro análisis más para determinar cuál sería el modelo óptimo desde el punto de vista de la sostenibilidad energética, económica y técnica. Este análisis se explica en el apartado 4.8.

Tabla 18. Caso de estudio I: aislamiento (A)

		Transmitancia térmica U (W/m ² K)			
		3,2	2,5	1,8	1,1
Global	Calificación	D	D	C	C
	Emisiones (kgCO ₂ /m ²)	10,9	10,4	9,5	7,4
Calefacción	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
Refrigeración	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	8,3 (D)	8,3 (D)	7,6 (C)	5,4 (C)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	18,5 (C)	18,6 (C)	17 (C)	12,1 (B)

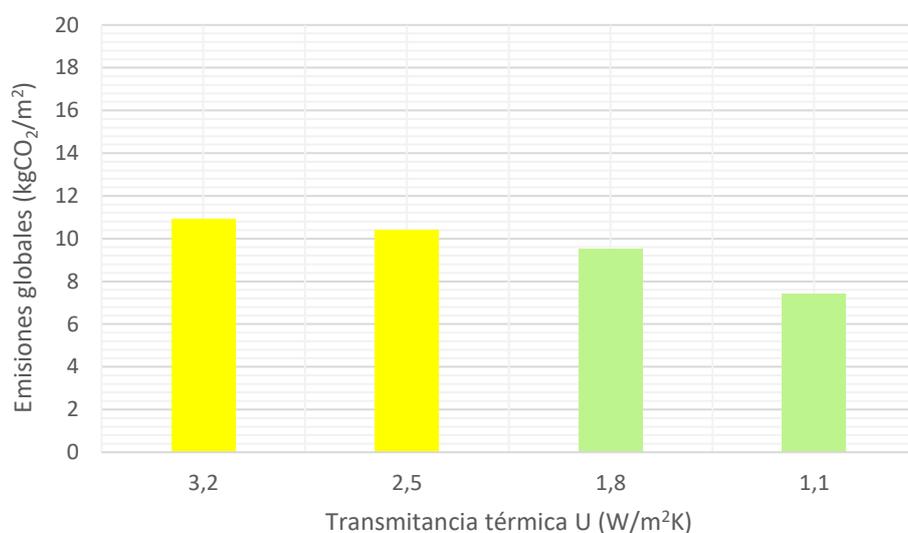


Ilustración 47. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según el aislamiento (A)

Tabla 19. Caso de estudio I: aislamiento (B)

		Transmitancia térmica U (W/m ² K)			
		0,6	0,45	0,3	0,15
Global	Calificación	B	B	B	A
	Emissiones (kgCO ₂ /m ²)	5,3	4,4	3,4	2,4
Calefacción	Emissiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
Refrigeración	Emissiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	3,7 (A)	2,9 (A)	2,3 (A)	1,8 (A)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	8,3 (A)	6,6 (A)	5,1 (A)	4 (A)

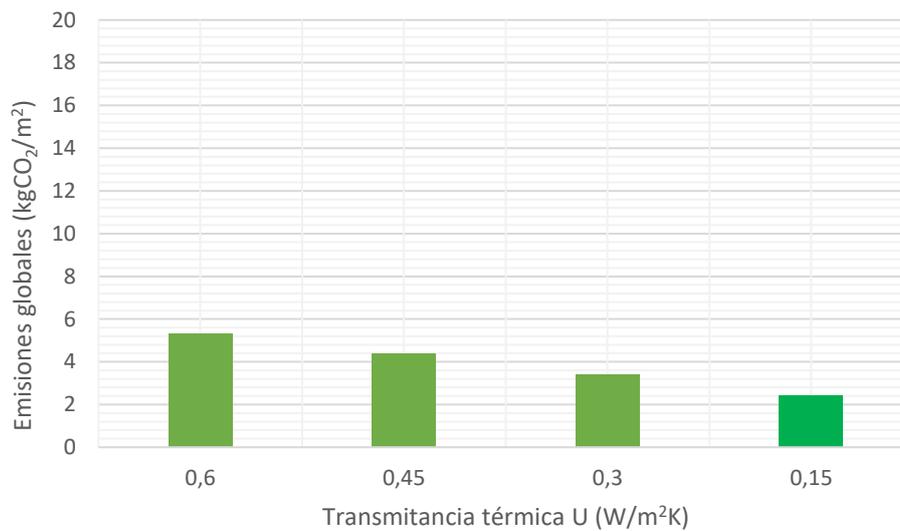


Ilustración 48. Caso de estudio I: calificación y emisiones globales según el aislamiento (B)

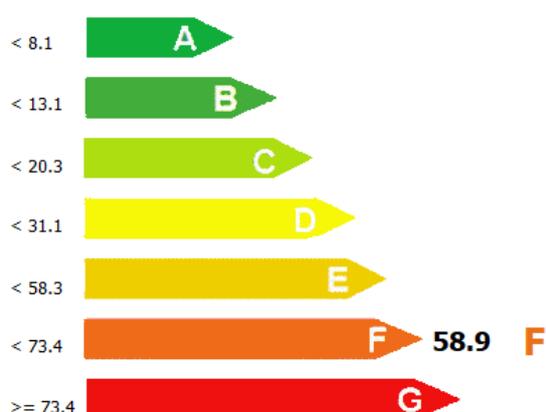
4.7 Caso de estudio II: clima oceánico templado con verano suave (Cfb)

Procedemos al igual que en el caso anterior, obteniendo la calificación del proyecto (Ilustración 49). Conseguimos la segunda peor calificación (F) con unas emisiones globales de 58,9 kg CO₂/m² año.

En este caso, no existe demanda de refrigeración y, por ende, las emisiones van a ser nulas. Esto se debe a que estamos ante un clima templado-frío en el que las temperaturas nunca son extremadamente elevadas. Sin embargo, sí existirá una demanda de calefacción (303,6 kWh/m² año, calificación G) ya que durante algunas épocas del año las temperaturas serán bajas, con unas emisiones de 58,6 kg CO₂/m² año (calificación F). De nuevo, con respecto al ACS, sus emisiones son nulas ya que no contamos con instalación de agua caliente sanitaria.

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	303.6	G
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	No calificable	
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	58.6	F
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	No calificable	
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	0.0	A

Ilustración 49. Caso de estudio II: calificación inicial

Al igual que en el caso anterior, analizaremos cómo varía la calificación energética ante los cambios de orientación, del RVP y de la transmitancia por aislamiento, respectivamente.

4.7.1 Orientación óptima

Las consideraciones iniciales son las mismas que en el caso de estudio I. Los resultados obtenidos según la orientación de la fachada principal se muestran en la Tabla 20 e ilustración 50.

El análisis muestra que, para este caso en concreto, la solución óptima se produce cuando la fachada principal se orienta hacia el sur, aunque cabe destacar que las diferencias de emisiones entre todas las orientaciones son escasas. Esto se debe principalmente a que hay puentes térmicos en puerta y ventana y, por tanto, la vivienda recibiría más calor en orientación sur (localización en el hemisferio norte) y será necesaria una menor demanda de calefacción. Por tanto, para el siguiente análisis de factor de influencia tendremos en cuenta que la orientación de la fachada principal es hacia el sur.

Tabla 20. Caso de estudio II: orientación

		Orientación de la fachada principal			
		Norte (N)	Sur (S)	Este (E)	Oeste (O)
Global	Calificación	F	E	F	F
	Emisiones (kgCO ₂ /m ²)	58,9	57,7	60,9	61
Calefacción	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	58,9 (F)	57,3 (F)	59,5 (F)	59,6 (F)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	303,6 (G)	296,8 (G)	308,1 (G)	308,8 (G)
Refrigeración	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable

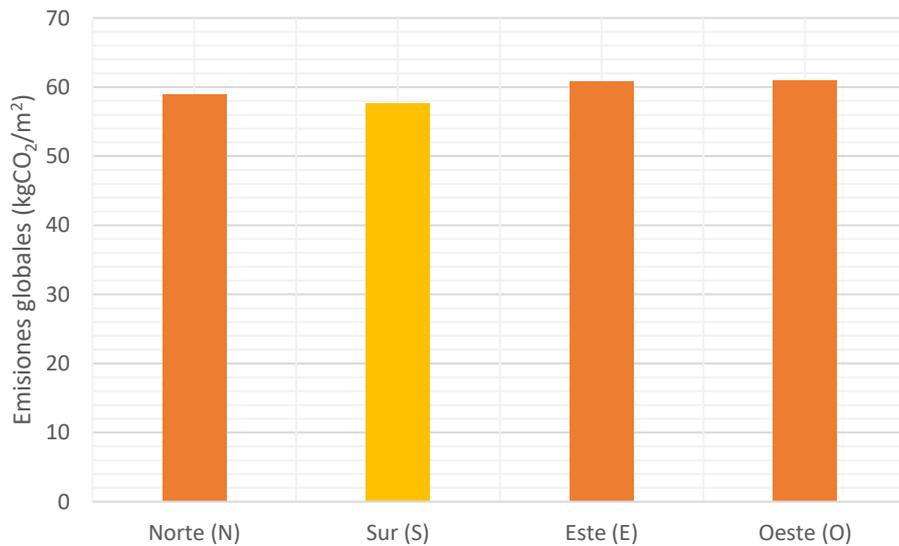


Ilustración 50. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según la orientación

4.7.2 Ratio ventana-pared (RVP)

De nuevo, las consideraciones iniciales a la hora de analizar este factor serán las mismas que para el caso de estudio I. En la tabla 21 e ilustración 51 se muestra cómo varía la eficiencia en la vivienda para distintos tamaños de ventana.

Al contrario que para el clima árido cálido, en este caso la eficiencia mejora conforme se aumenta la superficie acristalada. Esto ocurre así ya que las ventanas más grandes facilitarían la entrada de luz y radiación solar a la vivienda, disminuyendo entonces la demanda de calefacción.

Tal y como se ha expuesto en el caso de estudio I, también hay que tener en cuenta la luminosidad interior gracias a la luz solar. De nuevo, basándonos en el British Standard BS 8206-2:2008, vamos a tomar un RVP del 8% (ventana de 2,52 m²), pues garantiza mayor luminosidad en el interior de la vivienda. El análisis del siguiente factor se va a realizar, por tanto, suponiendo que la fachada principal se encuentra orientada hacia el sur y que la ventana tiene una superficie de 2,52 m².

Tabla 21. Caso de estudio II: RVP

		Ratio ventana-pared (RVP)		
		4,60%	6%	8%
Global	Calificación	E	E	E
	Emisiones (kgCO ₂ /m ²)	57,7	57,5	57,2
Calefacción	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	57,3 (F)	57,1 (F)	56,8 (F)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	296,8 (G)	295,6 (G)	294 (G)
Refrigeración	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable

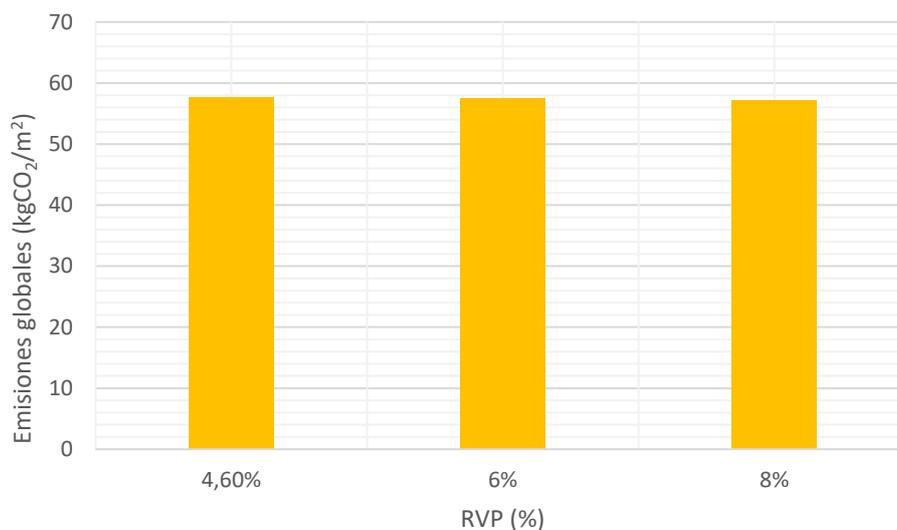


Ilustración 51. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según el RVP

4.7.3 Aislamiento (transmitancia térmica)

Los valores supuestos inicialmente se muestran en la Tabla 13. Para determinar la transmitancia térmica apropiada de la envolvente, se analizarán varios valores para las paredes y el techo (el suelo mantiene su transmitancia). Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 22 y 23 e Ilustraciones 52 y 53.

Una vez más, como en el caso de estudio anterior, se demuestra que el factor esencial para conseguir una buena eficiencia en el contenedor de vida es el aislamiento. No obstante, cabe destacar que para este caso en concreto, no conseguimos una eficiencia tan notable como se conseguía en el caso I, por lo que para obtener una calificación A o B no nos bastará con los factores de influencia orientación, RVP y aislamiento.

En este caso, también será necesario un análisis en el que, además de la eficiencia energética, se tengan en cuenta factores económicos y técnicos (apartado 4.8).

Tabla 22. Caso de estudio II: aislamiento (A)

		Transmitancia térmica U (W/m ² K)			
		3,2	2,5	1,8	1,1
Global	Calificación	E	E	E	D
	Emisiones (kgCO ₂ /m ²)	57,2	46,9	37	29
Calefacción	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	56,8 (F)	46,2 (E)	36,5 (E)	29 (E)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	294 (G)	239,3 (G)	189 (G)	150,4 (G)
Refrigeración	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable

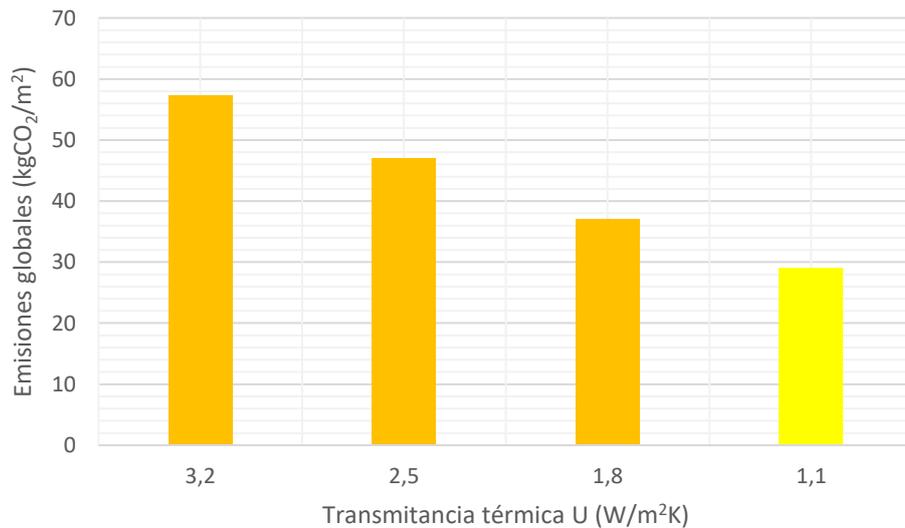


Ilustración 52. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según el aislamiento (A)

Tabla 23. Caso de estudio II: aislamiento (B)

		Transmitancia térmica U (W/m ² K)			
		0,6	0,45	0,3	0,15
Global	Calificación	D	D	D	C
	Emisiones (kgCO ₂ /m ²)	24,1	22,8	21,5	20,2
Calefacción	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	24,1 (D)	22,8 (D)	21,5 (D)	20,2 (C)
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	125 (E)	118 (E)	111,3 (E)	104,7 (E)
Refrigeración	Emisiones (kgCO ₂ /m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable
	Demanda (kWh/m ²) y calificación	No calificable	No calificable	No calificable	No calificable

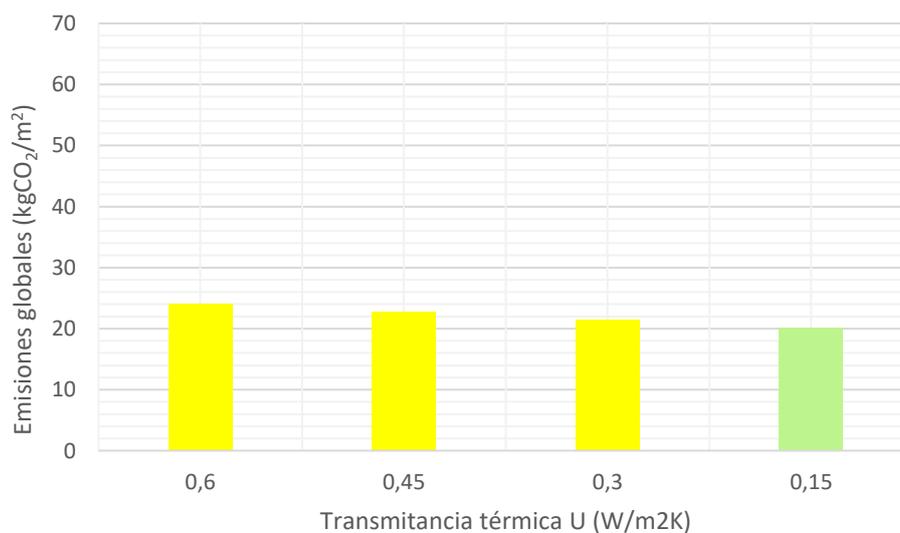


Ilustración 53. Caso de estudio II: calificación y emisiones globales según el aislamiento (B)

4.8 Análisis técnico y económico para la elección de aislamiento

Con el objetivo de llegar a una solución sostenible tanto energética como económica y técnicamente, conviene realizar un análisis de las relaciones entre transmitancia térmica, espesor y coste.

La transmitancia térmica, U (W/m^2K), para un cerramiento tipo con aislamiento se define como se indica en la ecuación 1.

$$U_{ca} = \frac{1}{R_i + R_{mc} + R_{aisl} + R_{ext}} \quad (1)$$

donde R_i y R_{ext} son respectivamente la resistencia térmica de la película interior y exterior, respectivamente y R_{mc} es la resistencia térmica del material del cerramiento y R_{aisl} es la resistencia térmica del material aislante.

La resistencia térmica del material aislante se define como se indica en la ecuación 2.

$$R_{aisl} = \frac{X}{k} \quad (2)$$

siendo X (m) el espesor del material aislante y k (W/mK) su coeficiente de conductividad térmica.

El coste del material aislante C_{aisl} ($€/m^2$) puede calcularse como se indica en la ecuación 3.

$$C_{aisl} = C_i * X \quad (3)$$

donde C_i es el coste por m^3 del material aislante y X (m) el espesor del material aislante.

Las características de los posibles materiales aislantes a utilizar se muestran en la Tabla 24.

Como se muestra en la Ilustración 54, la transmitancia de la fachada de nuestro contenedor de vida dependerá del tipo de material aislante que se utilice y esta decisión condicionará el espesor de aislante necesario: para una misma transmitancia, la capa aislante necesaria sería menor si se utiliza poliuretano que si se utiliza poliestireno expandido o lana de roca; por otra parte el comportamiento de poliestireno extruido y lana de vidrio es el mismo en cuanto a su capacidad aislante para un mismo espesor.

Tabla 24. Propiedades de materiales aislantes. Fuente: Açikkalp, 2019; Kurekci, 2016; Yu, 2009

Material aislante	Conductividad térmica (W/mK)	Coste (€/m ³)
Poliestireno expandido	0,046	45
Poliestireno extruido	0,033	70
Lana de roca	0,04	145
Lana de vidrio	0,032	113
Poliuretano	0,024	285

Sin embargo, este criterio no debería ser el único a considerar en el proceso de toma de decisión de qué material aislante utilizar, ya que también se debería tener en cuenta el criterio económico. En la Ilustración 55 se muestra el coste de los diferentes materiales aislantes para diferentes espesores.

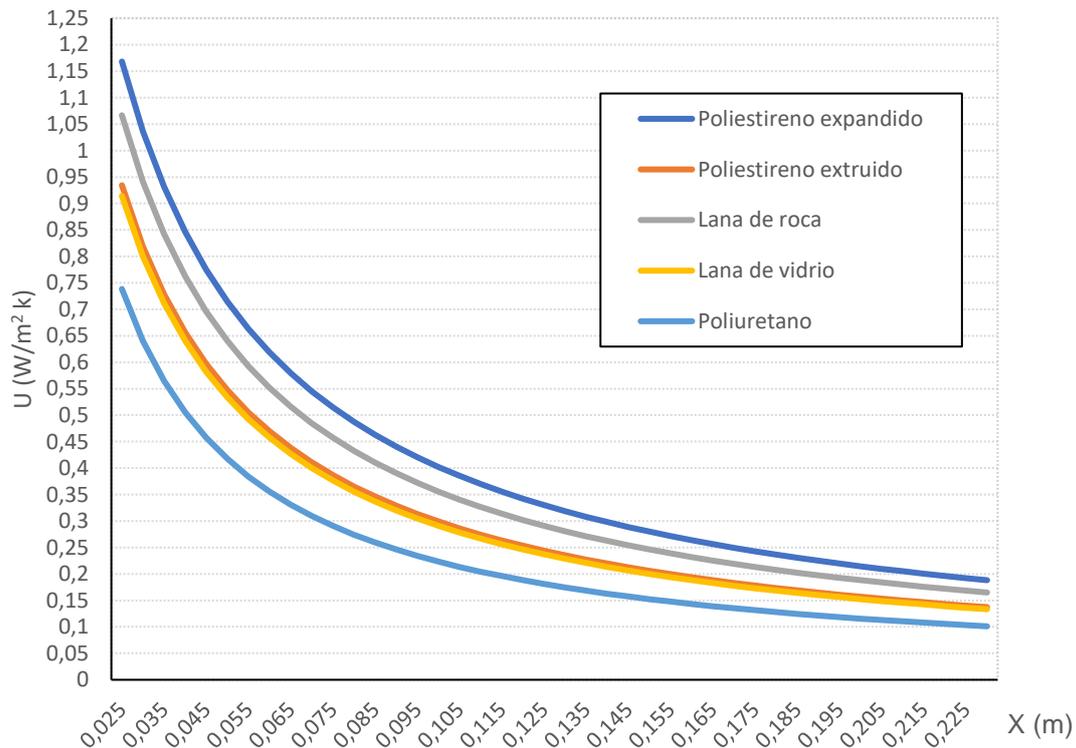


Ilustración 54. Transmitancias vs espesores de diferentes materiales aislantes

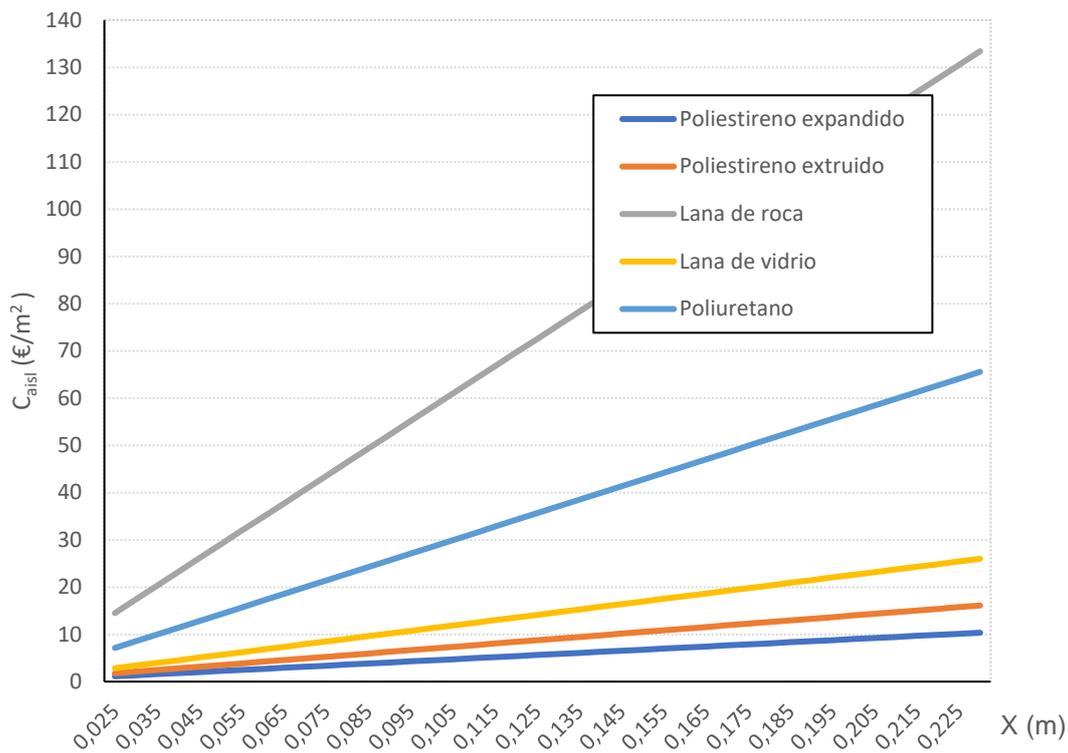


Ilustración 55. Espesores de diferentes materiales aislantes vs coste por metro cuadrado

Teniendo en cuenta que en nuestros casos de estudio solo se pretende aislar las cuatro fachadas y la cubierta, y que el área de puerta y ventana es de 1,79 m² y 2,52 m² respectivamente, la superficie a aislar es de 92,7 m². En la Ilustración 56 se muestra el sobrecoste que supondría añadir aislante a nuestro contenedor inicial según su tipo y espesor.

Una vez analizados los factores económicos y técnicos, y en función de la eficiencia que se quiera conseguir y las limitaciones a las que estemos sometidos (presupuesto máximo, espacio limitado para añadir aislamientos de gran espesor, etc.), pasaríamos a escoger el aislante y su espesor.

Para nuestro caso de estudio I, por ejemplo, supongamos que la idea es obtener una calificación energética A. Esta calificación la conseguiríamos con una transmitancia térmica en fachadas y cubierta de 0,15 W/m²K (apartado 4.6.3). Además, no tenemos limitaciones en cuanto a espesor y se prima el ahorro económico. Ante estas consideraciones, la solución a adoptar sería aislar con 29 cm de espesor de poliestireno expandido (es el más barato), con un sobrecoste del proyecto de 1.210 €. Dicho

sobrecoste se rentabilizaría en pocos años, pues la demanda de refrigeración caería en picado con una calificación energética A.

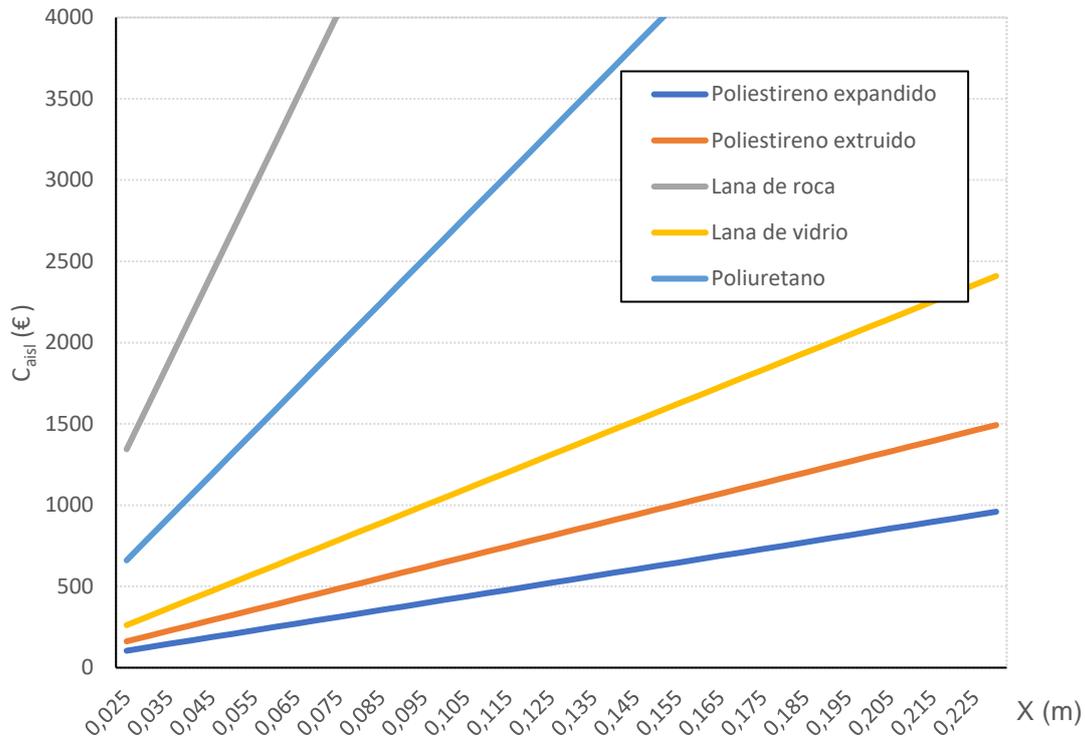


Ilustración 56. Espesores de diferentes materiales aislantes vs sobrecoste del proyecto

4.9 Conclusiones del análisis energético para diferentes casos de estudio

El objetivo del análisis energético era observar cómo variaba la eficiencia energética ante los cambios de algunos factores de diseño.

En primer lugar, cabe destacar que el análisis va a depender principalmente del clima en el que nos encontremos, ya que los criterios usados para la calificación energética son distintos según la localización. Esto lo vemos reflejado en las Ilustraciones 44 y 49 donde, por ejemplo, para obtener una calificación D en Arrecife necesitamos que las emisiones globales se encuentren entre 9,7 y 15,6 kg CO₂/m² año, mientras que para conseguirla

en Bilbao necesitamos que dichas emisiones se encuentren entre 20,3 y 31,1 kg CO₂/m² año. Por ello, es muy importante definir claramente el clima en el que se pretende realizar el proyecto.

Los resultados muestran claramente que, en relación con el potencial bioclimático de las ubicaciones, el objetivo principal de diseño para ubicaciones frías es evitar las pérdidas térmicas, mientras que en ubicaciones calientes consiste en prevenir la entrada de calor. En los casos de ubicaciones templadas, lo lógico sería encontrar un equilibrio entre pérdidas y ganancias de calor.

En cuanto a los factores de diseño, comenzaremos resumiendo cómo ha afectado la orientación a la eficiencia de nuestro contenedor. En el caso del clima árido y cálido, se han podido observar grandes diferencias entre las orientaciones. El hecho de que el largo del contenedor sea de 12,03 m y el ancho sea de 2,35 m, nos hizo descartar rápidamente las opciones de orientar las fachadas largas hacia este u oeste. Esto se debe a que el sol sale por el este y se pone por el oeste, y en caso de orientar las fachadas largas en dichas direcciones estarían expuestas la mayor parte del día a radiación solar directa. En cuanto a orientar la fachada principal (puerta y ventana) hacia norte o sur, la opción más eficiente fue elegir el norte. Esto es lógico pues, en el hemisferio norte, las fachadas hacia el sur son las más calientes. Teniendo en cuenta que en la puerta y la ventana existen puentes térmicos, es preferible orientarlas hacia la zona más fría, es decir, el norte. En el caso del clima oceánico templado con verano suave, las diferencias en la eficiencia para las distintas orientaciones son mínimas, obteniendo como solución más eficiente la orientación de la fachada principal hacia el sur. Esto se debe principalmente a que hay puentes térmicos en puerta y ventana y, por tanto, la vivienda recibiría más calor en orientación sur (localización en el hemisferio norte) y sería necesaria una menor demanda de calefacción.

En segundo lugar, pasaremos a comentar la influencia del ratio ventana-pared (RVP) en la eficiencia de nuestro modelo. Aquí también hay que tener en cuenta la luminosidad gracias a la luz natural del Sol. Para el clima árido y cálido, rápidamente se observa que el incremento del RVP se traduce en entrada de calor a la vivienda, lo que empeora notablemente la eficiencia. Teniendo en cuenta que es necesario un mínimo de superficie que garantice la entrada de luz natural, lo correcto para este tipo de climas sería escoger un RVP en torno al 10%. En cuanto al clima oceánico templado con verano suave, en este caso un mayor RVP permite la entrada de radiación solar y, por tanto, la entrada de calor al contenedor, reduciendo así la demanda en calefacción. Sin embargo, habría que ver hasta qué punto sería óptimo incrementar el RVP porque, como se explica en [50], valores superiores al 40% realmente no proporcionan ningún ahorro de energía adicional. Además, superar esos porcentajes podría suponer una pérdida de privacidad.

Por último, resumiremos la influencia del aislamiento en la eficiencia del contenedor. Tal y como se expone en [52], el aislamiento es el factor que más va a influir en optimizar el rendimiento energético de una vivienda. Para el caso de estudio I, al reducir la transmitancia de paredes y cubierta a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ hemos pasado de tener una calificación D a una A. Con ningún otro factor se ha conseguido mejorar la eficiencia de manera tan clara. Para el caso de estudio II también se observa la gran mejora que se produce al reducir la transmitancia térmica. Sin embargo, para el estudio del aislamiento hay que realizar un análisis energético, técnico y económico. En el apartado 4.8 se muestra cómo hay que llevar a cabo este análisis a la hora de escoger el aislante.

En definitiva, con este análisis global se muestra la importancia de los factores de diseño en el rendimiento y la eficiencia energética de los contenedores de vida. Esto también va a depender en gran medida del clima en el que nos encontremos, teniendo que adaptar dichos factores de diseño para cada caso, de modo que consigamos la opción óptima. Además de los analizados, existen múltiples factores más que van a contribuir directamente a la eficiencia de la vivienda, como las sombras, la permeabilidad de ventanas y puertas, la absortividad, los tipos de vidrio y su opacidad, los tipos de marcos, puentes térmicos en esquinas y juntas de fachadas, etc. Por consiguiente, este estudio debe entenderse como las pautas mínimas o básicas que hay que considerar a la hora de diseñar soluciones de viviendas temporales eficientes energéticamente con contenedores marítimos de mercancía.



CAPÍTULO 5.

CONCLUSIÓN

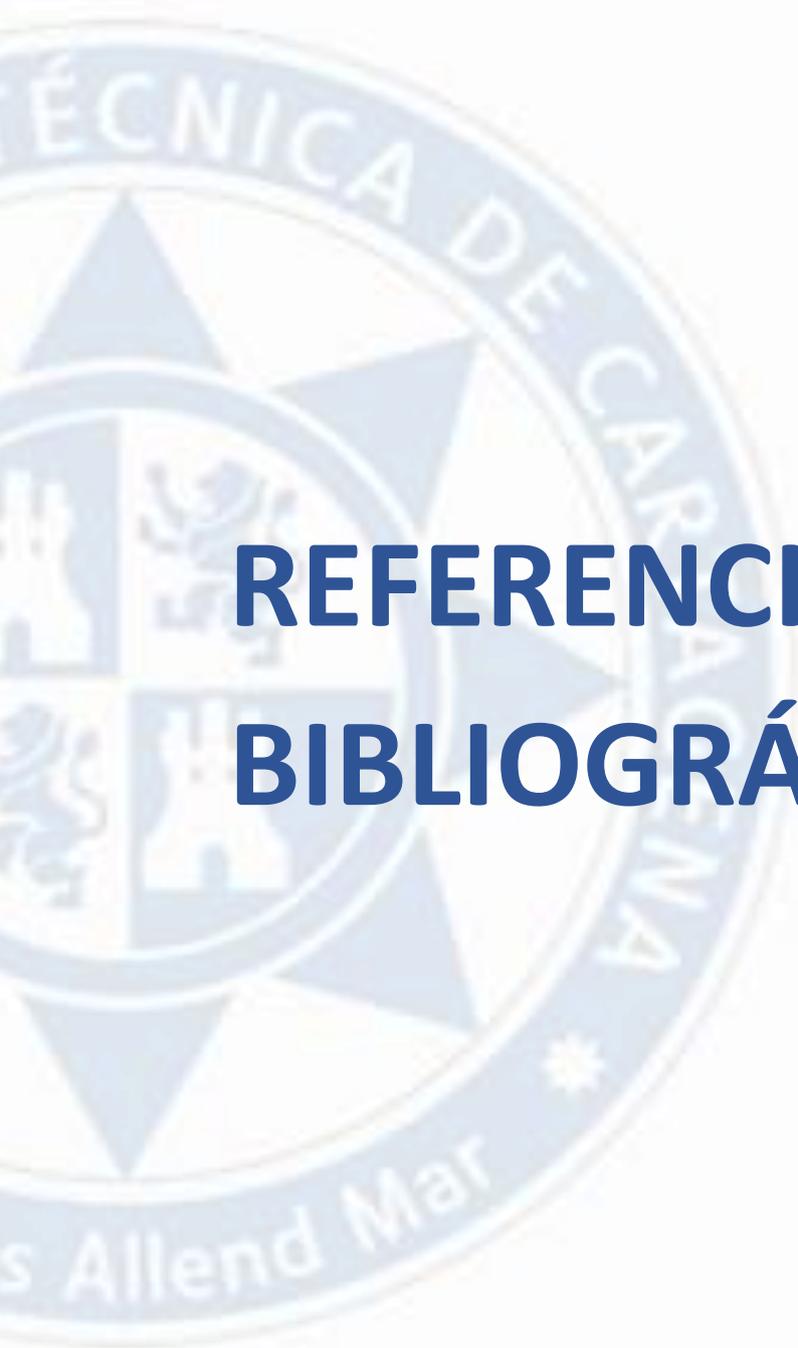
El aumento de catástrofes naturales y las incontrolables guerras que se producen alrededor del mundo, están provocando que muchas personas se vean forzadas a abandonar sus hogares en busca de seguridad. El número de desplazados crece año tras año, estimándose un total de 200 millones de personas afectadas para el 2050. Ante esta situación, gran parte de los desplazados se ven obligados a asentarse en campos de refugiados, los cuales se están convirtiendo en auténticas ciudades debido a su acogida masiva de personas necesitadas.

Actualmente, organizaciones como ACNUR o FICR diseñan y ofrecen viviendas temporales que garantizan, al menos, un espacio habitable en el que poder vivir hasta que los afectados puedan regresar a sus hogares. Sin embargo, la gran mayoría de soluciones tienden a priorizar simplemente la velocidad de respuesta y el bajo coste, dejando de lado muchos otros aspectos relevantes. Ante el gran crecimiento de afectados, y teniendo en cuenta que es bastante probable que tengan que permanecer durante largos períodos de tiempo en los asentamientos, es fundamental que a la hora de diseñar viviendas temporales se tengan en cuenta criterios ambientales, económicos, técnicos y socioculturales que hagan de la vivienda una solución óptima.

Frente al cumplimiento de todos estos criterios, el uso de contenedores marítimos de mercancía como vivienda temporal se posiciona como una de las mejores opciones. Se estima que más del 90% del comercio mundial se transporta por mar y, además, crece cada año. Esto se traduce en un incremento en la producción de contenedores de mercancía, a veces excesivo, que está provocando congestión en los puertos, ya que muchos de ellos se encuentran inutilizados. Además de ser una solución sostenible y ecológica por su reutilización, el contenedor de vida supera con creces a la mayoría de viviendas temporales que se proponen hoy en día, sobre todo gracias a sus sobresalientes características, entre las que destacan su resistencia y durabilidad, su disponibilidad, su modularidad y su transportabilidad. Sin embargo, esta solución muchas veces es rechazada por la falta de confort térmico interior, haciendo obligatorio el uso de sistemas de refrigeración, calefacción y aire acondicionado para que sean hogares habitables, lo que va a suponer un grave impacto medioambiental.

El presente estudio demuestra que, mediante distintos factores de diseño, se puede garantizar la eficiencia energética de los contenedores de vida y, así, disminuir dicho impacto. Aunque los factores que pueden entrar en juego son numerosos, en este análisis se han considerado imprescindibles la orientación de la vivienda, el ratio ventana-pared y, sobre todo, el aislamiento térmico. Tal y como se ha mostrado en los casos de estudio, la selección de las configuraciones de los factores de diseño tienen que ir de la mano con la localización del contenedor, ya que los criterios a tener en cuenta serán diferentes según el clima en el que nos encontremos.

En definitiva, el estudio prueba que los contenedores marítimos de mercancía tienen unas excelentes características que pueden ser aprovechadas mediante su reciclaje para alojar a gente que se ha visto obligada a abandonar su hogar. Además, mediante un análisis de factores de diseño y del clima en el que se pretende establecer la vivienda, se pueden garantizar soluciones operacionalmente sostenibles y eficientes.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Defensa and Gobierno de España, “Misiones en el exterior.,” 2019. https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/#.
- [2] Ministerio de Defensa and Gobierno de España, “Líbano (FINUL),” 2019. https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/actuales/listado/libano-finul.html.
- [3] UNHCR, “Population Statistics UNHCR 2018,” 2018. <http://popstats.unhcr.org/en/overview>.
- [4] UNHCR, “Datos básicos, anuarios estadísticos,” 2019. <https://www.acnur.org/es/datos-basicos.html>.
- [5] Comisión Española de Ayuda al Refugiado, “Situación Refugiados,” 2019. <https://www.cear.es/situacion-refugiados/>.
- [6] UNHCR, “Política de ACNUR de alternativa a los campamentos.,” 2014, [Online]. Available: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2015/9905.pdf>.
- [7] CCCM, UNHCR, and IOM, “Collective Center Guidelines,” 2010.
- [8] Ramptim Humanitarian Travel, *World’s Largest Refugee Camps in 2018*. 2018.
- [9] A. Bashawri, S. Garrity, and K. Moodley, “An Overview of the Design of Disaster Relief Shelters,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 18, no. September, pp. 924–931, 2014, doi: 10.1016/s2212-5671(14)01019-3.
- [10] H. Arslan, “Re-design, re-use and recycle of temporary houses,” *Build. Environ.*, vol. 42, no. 1, pp. 400–406, 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2005.07.032.
- [11] IFRC-RCS, “Post-disaster shelter : Ten designs,” pp. 1–126, 2013, [Online]. Available: www.ifrc.org.
- [12] El Proyecto Esfera, “Capítulo 4: Normas mínimas en materia de refugios, asentamientos y artículos no alimentarios,” *Cart. Humanit. y Normas mínimas respuesta Humanit.*, pp. 241–294, 2004, doi: 10.1080/13548500512331315398.
- [13] J. Ortiz Delgazo, “5 refugios de emergencia para situaciones críticas,” *Cosas Arquit. (Revista Digit.*, 2014, [Online]. Available: <https://www.cosasdearquitectos.com/2014/07/5-refugios-de-emergencia-para-situaciones-criticas/>.
- [14] UNHCR, “Shelter Design Catalogue,” *UNHCR Shelter Settl. Sect.*, 2016.
- [15] ACNUR, “Refugio: ¿qué es? ¿qué tipos hay y cómo se construyen?” [Online]. Available: <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/emergencias/refugio-que-es-como-se-construye-y-que-tipos-hay>.
- [16] J. Ashmore, “Tents: A guide to use and logistics of family tents in humanitarian relief,” *OSHA United Nations*, 2004.
- [17] International Organization for Migration, “Transitional Shelter Guidelines. Switzerland: Shelter Centre.” 2012.

- [18] F. Pomponi, A. Moghayedi, L. Alshawawreh, and B. D. Amico, "Sustainability of post-disaster and post-conflict sheltering in Africa : What matters?," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 20, pp. 140–150, 2019, doi: 10.1016/j.spc.2019.06.007.
- [19] IRP & ISDR, "Guidance Note on Recovery Shelter. Japan: International Recovery Platform Secretariat." 2011.
- [20] I. V. E. Carlier and B. P. R. Gersons, "Brief Report Stress Reactions in Disaster Victims Following the Bijlmermeer Plane Crash," vol. 10, no. 2, pp. 329–335, 1997.
- [21] A. H. Abulnour, "The post-disaster temporary dwelling : Fundamentals of provision , design and construction," *HBRC J.*, vol. 10, no. 1, pp. 10–24, 2014, doi: 10.1016/j.hbrcj.2013.06.001.
- [22] C. J. Ã, "Impacts of prefabricated temporary housing after disasters : 1999 earthquakes in Turkey," vol. 31, pp. 36–52, 2007, doi: 10.1016/j.habitatint.2006.03.002.
- [23] M. Benedito, L. Fernández, and A. Salas, "CAMPOS DE REFUGIADOS , LAS CIUDADES DEL MAÑANA Elementos estructurantes : Sitio & Servicios y el espacio público ."
- [24] RAE, "contenedor." <https://dle.rae.es/contenedor>.
- [25] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico and Gobierno de España, "El tráfico marítimo." https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/trafico_maritimo.aspx.
- [26] UNCTAD, *Informe sobre el transporte marítimo 2019*. 2019.
- [27] Autoridades Portuarias del Estado, "Anuario Estadístico 2014 - Puertos del Estado," 2014.
- [28] Autoridades Portuarias del Estado, "Anuario Estadístico 2015 - Puertos del Estado," 2015.
- [29] Autoridades Portuarias del Estado, "Anuario Estadístico 2016 - Puertos del Estado," 2016.
- [30] Autoridades Portuarias del Estado, "Anuario Estadístico 2017 - Puertos del Estado," 2017.
- [31] O. S. Asfour, "Learning from the past: Temporary housing criteria in conflict areas with reference to thermal comfort," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 38, 2019.
- [32] L. F. A. Bernardo, L. A. P. Oliveira, M. C. S. Nepomuceno, and J. M. A. Andrade, "USE OF REFURBISHED SHIPPING CONTAINERS FOR THE CONSTRUCTION OF HOUSING BUILDINGS : DETAILS FOR THE STRUCTURAL PROJECT," *J. Civ. Eng. Manag.*, 2012, doi: 10.3846/13923730.2013.795185.
- [33] L. Alter, "Design / Modular Design: Does shipping container Architecture make sense?" 2011, [Online]. Available: <https://www.treehugger.com/does-shipping->

container-architecture-make-sense-4854091.

- [34] E. Oloto and A. K. Adebayo, "BUILDING WITH SHIPPING CONTAINERS : A SUSTAINABLE APPROACH TO SOLVING HOUSING SHORTAGE IN LAGOS METROPOLIS," 2015.
- [35] B. Pagnotta, "The pros and cons os cargo container Architecture." 2011, [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/160892/the-pros-and-cons-of-cargo-container-architecture>.
- [36] M. Ismail, K. M. Al-Obaidi, A. M. Abdul Rahman, and M. I. Ahmad, "Container Architecture in the Hot-Humid Tropics: Potential and Constraints," *Int. Conf. Environ. Res. Technol.*, pp. 142–149, 2015.
- [37] G. Abrasheva, G. Senk, and R. Häußling, "Shipping containers for a sustainable habitat perspective," *Rev. Métallurgie*, vol. 109(5), pp. 381–389, 2012.
- [38] J. Vijayalaxmi, "Towards sustainable architecture – a case with Greentainer," *Local Environ. Int. J. Justice*, vol. 15(3), pp. 245–259, 2010.
- [39] J. A. Peña and K. Schuzer, "DESIGN OF REUSABLE EMERGENCY RELIEF HOUSING UNITS USING GENERAL-PURPOSE (GP) SHIPPING CONTAINERS," *Int. J. Eng. Res. Innov.*, vol. 4, pp. 55–64, 2012.
- [40] A. A. P. Olivares, "A Comparative Life Cycle Analysis of Container Architecture for Residential Structures." 2010.
- [41] G. Naber, U. Duken, E. W. Mast, and U. P. Schieder, "The GDV Container Handbook - Cargo Loss Prevention." 2013.
- [42] A. W. Botes, "A FEASIBILITY STUDY OF UTILISING SHIPPING CONTAINERS TO ADDRESS THE HOUSING BACKLOG IN SOUTH AFRICA," Stellenbosch University, 2013.
- [43] H. Islam, G. Zhang, S. Setunge, and M. A. Bhuiyan, "Life cycle assessment of shipping container home : A sustainable construction Life cycle assessment of shipping container home : A sustainable construction," *Energy Build.*, vol. 128, no. July, pp. 673–685, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.07.002.
- [44] M. Aishah Kamarazaly, T. Hai Xu, and A. Md Yaakob, "A FEASIBILITY STUDY ON CONTAINER CONSTRUCTION IN MALAYSIA," *J. os Built Enviroment, Technol. Eng.*, vol. 3, pp. 110–119, 2017.
- [45] P. Sawyers, "Intermodal Shipping Container Small Steel Buildings." Kentucky, 2008.
- [46] G. Pauli, "The Blue Economy," 2010.
- [47] C. M. Moore, S. G. Yildirim, and S. W. Baur, "Educational Adaptation of Cargo Container Design Features," pp. 1–10, 2015.
- [48] M. Hogan, "What's wrong with shipping container housing? Everything." 2015.
- [49] Arrevol Arquitectos, "¿Cuál es la mejor orientación para tu vivienda?," 2017.

<https://www.arrevol.com/blog/cual-es-la-mejor-orientacion-para-tu-vivienda-casa>.

- [50] M. C. Dubois and Å. Blomsterberg, “Energy saving potential and strategies for electric lighting in future north european, low energy office buildings: A literature review,” *Energy Build.*, vol. 43, no. 10, pp. 2572–2582, 2011, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.07.001.
- [51] BS 8206-2:2008, “Lighting for buildings – Part 2: code of practice for daylighting,” *B.S. Inst.*, pp. 8206–2, 2008.
- [52] IDAE, “Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios,” 2008.
- [53] Aneltia Trading S.L., *Shipping containers and modular buildings*. .



ANEXOS

Anexo 1. Lista de verificación para proyectos de refugios de FICR [11]

A). Valoración

NECESIDADES

- ¿Las personas afectadas necesitan apoyo con la construcción del refugio?
- ¿Podrían satisfacer las necesidades del refugio de forma más efectiva otro tipo de ayudas como kits de herramientas, cupones, distribución de efectivo y mercados de apoyo?
- ¿Para quiénes serán los refugios? ¿Habrá impactos sociales al proporcionar refugios de forma gratuita a un grupo determinado de población, pero ignorando a los demás?
- ¿Qué mecanismos de supervivencia tienen las personas?
- ¿Se ha consultado con los usuarios sobre los materiales que más requieren?
- ¿Hay personas o grupos vulnerables dentro de la comunidad? ¿Los refugios satisfacen sus necesidades?
- ¿Cómo son los refugios comparados con los lugares en los que vivían antes los usuarios?
- ¿Qué recursos tienen las personas y qué pueden salvar de sus antiguos hogares?
- ¿Cuál es el coste en comparación con los refugios utilizados por la población no afectada y la población afectada?

CAPACIDAD DE ORGANIZACIÓN

- ¿Su organización tiene la capacidad de evaluar adecuadamente las necesidades de los afectados más vulnerables?
- ¿Su organización tiene la capacidad de implementar adecuada y rápidamente la construcción de los refugios, teniendo en cuenta sus limitaciones?
- ¿Qué personal y capacitación adicional se necesitará para implementar el programa?
- ¿Tiene su organización fondos para construir suficientes refugios que tengan un impacto significativo?

CAPACIDAD COMUNITARIA

- ¿Quién construirá los refugios?
- ¿Hay carpinteros y albañiles locales disponibles?
- ¿Cuál es el nivel de participación de las comunidades afectadas?
- ¿Tienen todas las personas afectadas las habilidades necesarias para construir refugios?
- ¿Tienen todas las personas afectadas las habilidades y los recursos necesarios para mantener los refugios?
- ¿Qué tipo de apoyo estará disponible para aquellos que no pueden construir sus refugios?
- ¿Existe una temporada de construcción? ¿Hay épocas del año en que las personas no construyen como resultado del clima u otros factores?

ESTRATEGIA Y COORDINACIÓN

- ¿Encaja la construcción de refugios con las actividades del gobierno, los mecanismos de coordinación y otras organizaciones?
- ¿Encajan los refugios con otros sectores de su organización (como medios de vida, agua y saneamiento)?
- ¿Habrá fondos disponibles en el futuro para viviendas permanentes?
- ¿Se han obtenido los permisos pertinentes?

HABILIDADES Y DOTACIÓN DE PERSONAL

- ¿Tiene un equipo *in situ* para implementar o monitorear el proyecto?
- ¿Hay otras organizaciones con las que podría formar asociaciones?

LUGAR Y ASENTAMIENTO

- ¿Tienen la mayoría de las personas afectadas acceso a terrenos en los que construir?
- ¿Es seguro el terreno?
- ¿Está de acuerdo el dueño del terreno?
- ¿Está de acuerdo el dueño de los refugios?
- ¿Cuánto tiempo podrán permanecer las personas en el terreno?
- ¿Hay servicios básicos, como agua, disponibles en los refugios?
- Para refugios destinados como refugios permanentes: ¿hay electricidad disponible en el lugar?; ¿hay infraestructuras básicas para las personas como

escuelas o centros de salud disponibles cerca del lugar en el que se encuentra el refugio?

MATERIALES Y ALTERNATIVAS

- ¿Qué materiales tienen disponibles o pueden recuperar las personas? Muchos desastres derrumbarán casas, pero esto no conducirá a la pérdida total de sus materiales.
- ¿Será el refugio adecuado para integrarse a la cultura de construcción existente, de modo que sus usuarios puedan repararlo y mantenerlo?
- ¿De dónde provienen los materiales? ¿Podrán las personas mantenerlos?
- ¿El diseño de los refugios está adaptado a los tamaños y cantidades disponibles de los materiales?

RIESGOS

- ¿Pueden las personas construir de manera segura con suficiente apoyo?
- ¿Los refugios son apropiados para las condiciones climáticas?
- ¿Son seguras las ubicaciones de refugio propuestas? A menudo, el único terreno vacante está disponible porque es peligroso.

LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

- ¿Ha consultado con el equipo de logística sobre las mejores opciones y fuentes para la obtención de las distintas necesidades materiales?
- ¿Se dispone de transporte y almacenamiento local?
- ¿Ha consultado con el equipo de logística sobre la disponibilidad de materiales, especificaciones y el tiempo de entrega?
- ¿Ha consultado con el equipo de logística sobre cómo se llevarán a cabo las distribuciones de materiales?

TIEMPO

- ¿Cuánto tiempo tardarán en construirse los refugios (incluido el transporte de materiales)?
- ¿Cuánto tiempo se espera que duren los refugios?
- ¿Se construirán los refugios lo suficientemente pronto como para que sean útiles?

B). Planificación e implementación del proyecto

PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

- ¿Existe un Plan de Acción o estrategia?
- ¿Cuáles son los planes para la adquisición, la construcción y la gestión de los proyectos?
- ¿Existe un resumen de diseño?
- ¿Qué capacitación y soporte técnico se ofrecerá al personal del proyecto y a las personas afectadas por desastres?
- ¿Se han presupuestado los costes de logística y personal?

MONITORIZACIÓN Y EVALUACIÓN

- ¿Quién llevará a cabo la monitorización continua de la efectividad de los refugios?
- ¿Quién evaluará y supervisará el proyecto?
- ¿Cómo va a monitorizar el proyecto?
- ¿Cómo va a evaluar el proyecto?
- ¿Se realizará una encuesta para controlar la satisfacción de quienes reciben los refugios?
- Basado en la monitorización y las evaluaciones continuas, ¿está preparado para adaptar su plan?

Anexo 2. Introducción de los datos iniciales del contenedor tipo en CE3X

A continuación, se muestran los distintos pasos que hay que llevar a cabo a la hora de introducir los datos iniciales para la certificación energética de un modelo.

En primer lugar, CE3X nos pide seleccionar el tipo de edificación que se pretende analizar: residencia, pequeño terciario o gran terciario (Ilustración 57). Nuestro caso en concreto será analizado como residencia. Seguidamente, la pestaña que aparece es la de datos administrativos, que para nuestro estudio no será necesario rellenar. Pasamos entonces a la pestaña de datos generales, en la que hay que definir la normativa vigente, el año de construcción, el tipo de edificio, la localidad y los datos principales de la vivienda (Ilustraciones 58, 59 y 60).

Una vez definidas todas estas características principales, pasamos a definir la envolvente térmica de la vivienda. El contenedor constará de cuatro fachadas (Ilustraciones 61, 62, 63 y 64), una cubierta plana (Ilustración 65), suelo (Ilustración 66), una ventana (Ilustración 67) y una puerta (Ilustración 68), con sus respectivas medidas expuestas en el apartado 4.2. Además de las dimensiones, se deberán definir las transmitancias térmicas de cada uno de los elementos y la orientación en el caso de las fachadas. También hay que introducir los puentes térmicos asociados a la puerta y la ventana, teniendo en cuenta el de la caja de persiana (Ilustraciones 69, 70 y 71).

Por último, se definen las instalaciones pertinentes. En nuestro estudio, tal y como se define en el apartado 4.2, contamos simplemente con un equipo de calefacción y refrigeración (Ilustración 72).

Una vez definidos todos estos datos, ya podemos realizar la calificación energética del modelo.

Certificación energética simplificada de edificios existentes

Tipo de edificio

Residencial

Pequeño terciario

Gran terciario

Ilustración 57. CE3X: tipo de edificación

Datos generales

Normativa vigente CTE 2013 ? Año construcción 2020

Tipo de edificio Unifamiliar

Ilustración 58. CE3X: datos generales

Provincia/Ciudad autónoma Localidad Zona climática HE-1 HE-4

Ilustración 59. CE3X: localidad

Definición edificio

Superficie útil habitable	<input type="text" value="28.27"/>	m ²
Altura libre de planta	<input type="text" value="2.39"/>	m
Número de plantas habitables	<input type="text" value="1"/>	
Ventilación del inmueble	<input type="text" value="0.55"/>	ren/h
Demanda diaria de ACS	<input type="text" value="0.000000000"/>	l/día
Masa de las particiones internas	<input type="text" value="Ligera"/>	▼

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Ilustración 60. CE3X: definición del edificio

Muro de fachada

Nombre	<input type="text" value="Fachada larga principal"/>	Zona	<input type="text" value="Edificio Objeto"/>
--------	------------------------------------------------------	------	----------------------------------------------

Dimensiones		Características	
Superficie	<input type="text" value="28.75"/> m ²	Orientación	<input type="text" value="Norte"/>
Longitud	<input type="text" value="12.03"/> m	Patrón de sombras	<input type="text" value="Sin patrón"/>
Altura	<input type="text" value="2.39"/> m		

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas	<input type="text" value="Conocidas"/>	Transmitancia térmica	<input type="text" value="3.2"/> W/m ² K
<input checked="" type="radio"/> Transmitancia térmica	<input type="text" value="3.2"/> W/m ² K	Masa/m ²	<input type="text" value="345.84"/> kg/m ²
<input type="radio"/> Librería cerramientos	<input type="text" value=""/>		

Ilustración 61. CE3X: fachada larga principal

Muro de fachada

Nombre: Fachada larga secundaria Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 28.75 m²
 Longitud: 12.03 m
 Altura: 2.39 m

Características

Orientación: Sur
 Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Conocidas Transmitancia térmica: 3.2 W/m²K

Transmitancia térmica: 3.2 W/m²K Masa/m²: 345.84 kg/m²

Librería cerramientos

Ilustración 62. CE3X: fachada larga secundaria

Muro de fachada

Nombre: Fachada dcha. desde dentro Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 5.62 m²
 Longitud: 2.35 m
 Altura: 2.39 m

Características

Orientación: Este
 Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Conocidas Transmitancia térmica: 3.2 W/m²K

Transmitancia térmica: 3.2 W/m²K Masa/m²: 636.66 kg/m²

Librería cerramientos

Ilustración 63. CE3X: fachada corta derecha

Muro de fachada

Nombre: Fachada izda. desde dentro Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 5.62 m²
 Longitud: 2.35 m
 Altura: 2.39 m

Características

Orientación: Oeste
 Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Conocidas Transmitancia térmica: 3.2 W/m²K

Transmitancia térmica: 3.2 W/m²K Masa/m²: 636.66 kg/m²

Librería cerramientos

Ilustración 64. CE3X: fachada corta izquierda

Cubierta en contacto con el aire

Nombre: Zona:

Dimensiones

Superficie: m²
 Longitud: m
 Anchura: m

Características

Patrón de sombras:

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas *Transmitancia térmica* W/m²K

Transmitancia térmica W/m²K Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos

Ilustración 65. CE3X: cubierta plana

Suelo en contacto con el aire exterior

Nombre: Zona:

Dimensiones

Superficie: m²
 Longitud: m
 Anchura: m

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas *Transmitancia térmica* W/m²K

Transmitancia térmica W/m²K Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos

Ilustración 66. CE3X: suelo

Hueco/Lucernario

Nombre: Cerramiento asociado: Orientación:

Dimensiones

Longitud: m
 Altura: m
 Multiplicador:
 Superficie: m²
 Porcentaje de marco: %

Características

Permeabilidad del hueco: m³/hm²
 Absortividad del marco:
 Dispositivo de protección solar
 Patrón de sombras:
 Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas

Tipo de vidrio: *U vidrio* W/m²K
g vidrio
 Tipo de marco: *U marco* W/m²K

Ilustración 67. CE3X: ventana

Hueco/Lucernario

Nombre: Puerta

Cerramiento asociado: Fachada larga principal

Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: 0.85 m

Altura: 2.10 m

Multiplicador: 1

Superficie: 1.78 m²

Porcentaje de marco: 100 %

Características

Permeabilidad del hueco: Estanco 50 m³/hm²

Absorividad del marco: 0.75

Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras: Sin patrón

Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas: Estimadas

Tipo de vidrio: [] U vidrio: [] W/m²K

Tipo de marco: PVC g vidrio: [] U marco: 2.2 W/m²K

Ilustración 68. CE3X: Puerta

Puente térmico

Nombre: PT Contorno de hueco-Puerta

Parámetros generales

Tipo de puente térmico: Contorno de hueco

Cerramiento asociado: Fachada larga principal

φ : 0.17 W/mK

Longitud: 5.9 m

Ilustración 69. CE3X: puente térmico hueco de la puerta

Puente térmico

Nombre: PT Contorno de hueco-Ventana

Parámetros generales

Tipo de puente térmico: Contorno de hueco

Cerramiento asociado: Fachada larga principal

φ : 0.17 W/mK

Longitud: 4.86 m

Ilustración 70. CE3X: puente térmico hueco de la ventana

Puente térmico

Nombre

Parámetros generales

Tipo de puente térmico

Cerramiento asociado

ϕ W/mK

Longitud m

Ilustración 71. CE3X: puente térmico caja de persiana

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre

Zona

Características

Tipo de generador

Tipo de combustible

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	<input type="text" value="28.27"/>	<input type="text" value="28.27"/>
Porcentaje (%)	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional

Antigüedad del equipo

Calefacción	Rendimiento nominal <input type="text" value="270.0"/> %	<i>Rendimiento medio estacional</i> <input type="text" value="199.0"/> %
Refrigeración	Rendimiento nominal <input type="text" value="250.0"/> %	<i>Rendimiento medio estacional</i> <input type="text" value="173.4"/> %

Ilustración 72. CE3X: equipo de calefacción y refrigeración

