

DIPLOMATURA EN GESTIÓN Y DISEÑO DE EDIFICIOS PARA LA SALUD I

Directora: Arq. María Elvira Contreras
Coordinación Académica: Arq. José Turniansky

Organizan:

Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH)
Universidad del Gran Rosario (UGR)

TRABAJO FINAL

DISEÑO PARA EMERGENCIAS Y RESILIENCIA EN EDIFICIOS PARA LA SALUD

**Hacia un modelo de hospital seguro y adaptable frente a crisis
sanitarias y ambientales**

Arq. María Lucia Zucaria
Arq. María Lucia Manadian

Marzo – 2026
Córdoba, Argentina

INDICE

- 1. Introducción.**
- 2. Marco teórico y contextualización del problema.**
 - 2.1 Planteamiento del problema.
 - 2.2 Importancia de la planificación arquitectónica ante emergencias.
 - 2.3 Definiciones (emergencia, desastre, resiliencia, etc.)
 - 2.4 Objetivos del estudio y fundamentación.
- 3. Hospitales modulares y estructuras temporales en contextos de emergencia.**
 - 3.1 Diseño rápido y flexible.
 - 3.2 Materiales y técnicas.
 - 3.3 Casos prácticos.
 - 3.4 Ventajas y limitaciones.
 - 3.5 Normativas y estándares internacionales.
- 4. Estrategias de diseño resiliente en infraestructuras sanitarias.**
 - 4.1 Diseño sismo resistente y ante amenazas naturales.
 - 4.2 Protección de sistemas vitales.
 - 4.3 Ubicación y planificación territorial.
 - 4.4 Estrategias de evacuación y seguridad estructural.
 - 4.5 Sostenibilidad y eficiencia energética.
 - 4.6 Flexibilidad y adaptabilidad de espacios.
- 5. Aplicaciones y estudios de caso.**
 - 5.1 Lecciones de pandemias y crisis sanitarias.
 - 5.2 Lecciones de desastres naturales.
 - 5.3 Estudio local: Bahía Blanca.
 - 5.4 Innovación tecnológica y herramientas digitales.
 - 5.5 Lineamientos para el diseño resiliente post-desastre.
- 6. Conclusiones.**
- 7. Bibliografía.**

1. Introducción.

La presente monografía se desarrolla en el marco de la *Diplomatura en Diseño y Gestión de Edificios Destinados para la Salud*, dictada por la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH) junto con la Universidad del Gran Rosario (UGR). Este trabajo forma parte del proyecto final integrador y tiene como propósito reflexionar sobre la importancia de la planificación arquitectónica en la gestión de emergencias en el ámbito de la salud.

El interés por este tema surge de nuestra experiencia profesional dedicadas a la arquitectura hospitalaria, desempeñándonos actualmente en el sector público. Este rol nos permite observar de cerca las necesidades y desafíos que enfrentan las instituciones sanitarias, así como la incidencia directa que las decisiones de diseño tienen en su funcionamiento cotidiano y en su capacidad de respuesta ante crisis.

Los acontecimientos recientes a nivel mundial, especialmente la pandemia por COVID-19, pusieron de manifiesto las limitaciones de muchas infraestructuras hospitalarias y la urgencia de proyectar espacios más flexibles, seguros y resilientes. En el contexto argentino, estos desafíos se vieron acentuados por situaciones de emergencia local, como inundaciones y otros eventos naturales, que afectaron el normal funcionamiento de los servicios de salud. La experiencia de haber trabajado durante ese período nos permitió vivenciar la importancia de contar con establecimientos bien planificados y con capacidad de adaptación ante escenarios imprevistos.

A partir de estas vivencias y del compromiso profesional con la mejora continua de los entornos destinados a la atención sanitaria, surge la intención de generar un aporte documental que sirva como antecedente y fuente de consulta para futuras investigaciones o proyectos. Este trabajo busca contribuir a la reflexión sobre la planificación arquitectónica ante emergencias, integrando la práctica profesional con la mirada académica, y promoviendo el desarrollo de espacios de salud preparados para enfrentar los desafíos del futuro.

Para abordar esta problemática de manera integral, el trabajo se estructura en cuatro bloques principales. En primer lugar, se establece un marco teórico y conceptual donde se definen las categorías de emergencia, desastre y resiliencia, fundamentando la importancia de la planificación arquitectónica como eje de respuesta. Seguidamente, se analiza el rol de los hospitales modulares y las

estructuras temporales, evaluando el diseño rápido, la elección de materiales y la normativa internacional que rige estas construcciones de urgencia.

En una tercera instancia, se profundiza en las estrategias de diseño resiliente, abarcando desde la protección de sistemas vitales y la seguridad estructural ante amenazas naturales, hasta la eficiencia energética y la flexibilidad funcional de los espacios. Finalmente, la monografía presenta una serie de aplicaciones y estudios de caso, con especial énfasis en las lecciones aprendidas de crisis sanitarias recientes y el análisis del escenario local en Bahía Blanca, concluyendo con una serie de lineamientos proyectuales para el diseño hospitalario post-desastre.

2. Marco teórico y contextualización del problema.

La infraestructura hospitalaria no es simplemente un conjunto de edificaciones; constituye la columna vertebral de la respuesta social y gubernamental ante cualquier emergencia o desastre, ya sea natural, tecnológico o sanitario. Su rol es único: en los momentos más críticos, cuando la sociedad se encuentra más vulnerable y los sistemas colapsan, la demanda de atención médica aumenta de forma exponencial. En consecuencia, el funcionamiento de un hospital debe ser ininterrumpido para evitar una catástrofe secundaria de salud pública.

Históricamente, el diseño se centró en dos ejes que hoy resultan insuficientes ante amenazas globales:

ENFOQUE TRADICIONAL	ENFOQUE DE RESILIENCIA
<p>Eficiencia Operativa: Flujos y procesos.</p>	<p>Continuidad Prestacional: Operatividad post-evento.</p>
<p>Humanización: Confort y bienestar.</p>	<p>Resistencia y Adaptabilidad: Absorción del impacto.</p>
<p>Seguridad Estructural: Estabilidad edilicia.</p>	<p>Funcionalidad Integral: El hospital como refugio activo.</p>

Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía analizada.

La Resiliencia en Salud trasciende la supervivencia de la estructura física. Se define como la capacidad de los establecimientos para:

- ✓ Resistir el impacto directo (natural, tecnológico o sanitario).
- ✓ Mantener servicios esenciales (UTI, Emergencias, Cirugía).
- ✓ Recuperarse rápidamente para liderar la respuesta comunitaria.

Eje Normativo:

El sustento técnico de este modelo es el programa "Hospitales Seguros frente a Desastres" (OPS/OMS), cuyo objetivo es garantizar la funcionalidad del edificio inmediatamente después de un evento adverso.

La materialización de este concepto en el diseño y la gestión hospitalaria se organiza a partir de pilares específicos, entre los cuales el Programa de Hospitales Seguros Frente a Desastres, constituye el eje normativo fundamental. Este programa, promovido por organismos internacionales, establece las bases técnicas y normativas para garantizar la funcionalidad pos desastre de las instalaciones de salud. Su objetivo principal no es solamente evitar el colapso físico del edificio, sino asegurar que pueda continuar brindando atención a la población inmediatamente después del evento.

Este programa requiere una evaluación y mitigación de riesgos exhaustiva que contempla tres dimensiones críticas e interdependientes:

DIMENSIÓN	ENFOQUE	COMPONENTES CLAVE
ESTRUCTURAL <i>(El Esqueleto)</i>	Integridad Física Resistencia de la estructura principal ante las amenazas naturales o antropogénicas más probables según su ubicación	Cimientos, columnas y vigas. Capacidad portante ante eventos externos.
NO ESTRUCTURAL <i>(El Corazón)</i>	Continuidad Operativa Protección de sistemas vitales (causa #1 de fallas).	Equipamiento: Anclajes de equipos pesados (RX, Tomografía). Redes: Autonomía de agua, energía, telecomunicaciones redundantes y gases médicos. Suministros: Aseguramiento de estanterías y farmacia.
FUNCIONAL <i>(El Cerebro)</i>	Capacidad de Respuesta Gestión humana y organizacional bajo estrés.	Protocolos: Cadenas de mando y simulacros. Flexibilidad: Áreas de expansión (Triage en áreas no clínicas). Recursos: Gestión de personal en crisis.

Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía analizada

2.1. Planteamiento del problema.

El problema central que aborda esta monografía radica en la persistente vulnerabilidad de la infraestructura hospitalaria frente a eventos críticos, tanto de origen natural como sanitario. Durante desastres o pandemias, los hospitales requieren aumentar su capacidad operativa justamente cuando su estabilidad física y funcional se ve más comprometida. Esta combinación constituye un riesgo severo para la continuidad asistencial y, en consecuencia, para la salud pública.

2.1.1. Vulnerabilidad frente a desastres naturales.

Un porcentaje significativo de los establecimientos de salud ubicados en zonas de riesgo podría quedar parcial o totalmente inoperativo durante un evento adverso. Esta situación se explica no solo por debilidades estructurales, sino también —y con frecuencia— por fallas no estructurales que afectan directamente la prestación del servicio, como daños en instalaciones, caída de cielorrasos o interrupciones en energía y agua. La interrupción funcional del hospital genera efectos en cascada: aumento de la demanda, saturación de servicios esenciales y riesgos para pacientes y personal.

Por lo tanto, diseñar infraestructura resiliente no debe considerarse un gasto superfluo, sino una decisión estratégica orientada a garantizar la continuidad operacional pos desastre y la protección de la inversión sanitaria.

Ejemplo:



Figura 1 - Noticia TV de cuidados en la salud en zonas afectadas por desastres (PAHO TV, s.f.).

El Dr. Celso Bambarén (Especialista en Gestión de Desastres) expone cómo los eventos adversos (inundaciones y sismos) actúan como reveladores de vulnerabilidad, planteando tres ejes que deben ser resueltos desde la planificación arquitectónica:

EJE DE ANÁLISIS	REALIDAD EN EMERGENCIA	IMPLICANCIA EN EL DISEÑO
CONTINUIDAD DE SERVICIO	<i>Operación en estructuras dañadas y sin energía básica.</i>	REDUNDANCIA CRÍTICA: <i>Autonomía de agua, energía y gases (Sistemas redundantes).</i>
OBSOLESCENCIA	<i>Edificios de +50 años situados en zonas inundables.</i>	REUBICACIÓN ESTRATÉGICA: <i>Análisis de emplazamiento y reemplazo de infraestructura crítica.</i>
RESPUESTA ADAPTATIVA	<i>Necesidad de expansión rápida y despliegue de brigadas.</i>	FLEXIBILIDAD FUNCIONAL: <i>Plantas libres y áreas convertibles para uso masivo.</i>

Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía analizada.

2.1.2. Vulnerabilidad frente a pandemias.

Las pandemias revelan una dimensión distinta del problema: la insuficiencia de la arquitectura hospitalaria tradicional para responder a emergencias sanitarias de gran escala. La mayoría de los hospitales no están preparados para ampliar rápidamente su capacidad, reorganizar circuitos de circulación o implementar áreas especializadas de aislamiento.

Entre los principales desafíos se destacan:

- Saturación de capacidad: las unidades críticas y los servicios de urgencias no fueron diseñados para absorber aumentos abruptos de pacientes.
- Deficiencias en el control de infecciones: muchos establecimientos carecen de áreas equipadas con aislamiento respiratorio o presión negativa.
- Rigidez funcional: la zonificación convencional impide una reorganización ágil de áreas limpias y sucias, incrementando el riesgo de contagio intrahospitalario.
- Dependencia logística: las interrupciones en las cadenas de suministro exponen la fragilidad operativa del sistema ante demandas extraordinarias.

A partir del análisis de distintos contextos internacionales y regionales, es posible identificar una serie de fallas críticas en el diseño y la planificación de la infraestructura sanitaria que condicionaron la respuesta frente a la pandemia. La Tabla 1 sintetiza estos hallazgos, evidenciando problemas recurrentes vinculados con la rigidez espacial, la falta de flexibilidad funcional y el déficit de capacidad instalada.

REGION / CASO	HALLAZGO CRITICO (FALLA DE DISEÑO)	IMPACTO EN LA OPERATIVIDAD	REFERENCIA (CITADO POR)
Lombardía (Italia)	Infraestructura Rígida: Saturación de UCI y redes de oxígeno.	Colapso de sistemas considerados "robustos".	(Grasselli et al., 2020)
Guayaquil (Ecuador)	Falta de Flexibilidad: Inexistencia de áreas de aislamiento y circuitos segregados.	Incapacidad de reorganizar flujos de bioseguridad.	(Narváz & Freire, 2020)
Argentina (Nacional)	Déficit de Capacidad: Necesidad de aumentar un 75% las camas críticas.	Adaptación forzada de áreas no clínicas para internación.	(Estenssoro et al., 2022)

Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía analizada.

Síntesis del problema.

Tanto los desastres naturales como las pandemias evidencian una misma problemática estructural: la infraestructura hospitalaria actual —considerando sus dimensiones estructural, no estructural y funcional— no está diseñada para responder de manera sostenible, ágil y segura frente a emergencias complejas. Los casos analizados previamente muestran que la falta de resiliencia física y operativa compromete la capacidad del sistema de salud para garantizar la continuidad asistencial en los momentos de mayor demanda, exponiendo a pacientes, personal y servicios críticos a riesgos significativos.

En este contexto, se vuelve imprescindible repensar el modelo tradicional de arquitectura hospitalaria, incorporando criterios de flexibilidad espacial, adaptabilidad operativa e infraestructura tecnológica capaz de sostener el funcionamiento esencial durante crisis prolongadas.

En consecuencia, surge la pregunta orientadora de esta monografía: ***¿Cómo debe transformarse la arquitectura hospitalaria —en términos de resiliencia integral, flexibilidad espacial, infraestructura tecnológica y organización funcional— para garantizar una respuesta efectiva ante futuras emergencias, asegurando la continuidad operativa y minimizando los riesgos para pacientes y personal de salud?***

2.2. Importancia de la planificación arquitectónica ante emergencias.

Concepto:

La planificación arquitectónica ante emergencias se entiende como un proceso estratégico e integral orientado al diseño de edificios, infraestructuras y entornos urbanos capaces de resistir, adaptarse y mantener su funcionalidad crítica antes, durante y después de un evento disruptivo. Este enfoque trasciende el mero cumplimiento de normativas técnicas, incorporando la resiliencia como un principio rector del diseño.

Pilares de Aplicación Hospitalaria:

En salud, la planificación transforma el edificio de un "contenedor pasivo" a un "componente activo de respuesta" mediante:

- Operatividad Ininterrumpida: Protección de áreas críticas (UTI, Quirófano, Esterilización).
- Adaptación Dinámica: Flexibilidad y modularidad para expansión rápida (zonas de aislamiento o triage).
- Seguridad No Estructural: Anclaje y protección de redes vitales, gases y equipamiento médico.

DIMENSION	BENEFICIO DE DISEÑO RESILIENTE
Humana	Protección de la vida: Rutas de evacuación seguras y zonas de refugio.
Operativa	Continuidad Crítica: Redundancia en energía, agua y telecomunicaciones.
Económica	Sostenibilidad: Reducción de costos de reparación y tiempos de recuperación.
Logística	Facilitación de respuesta: Accesos optimizados y áreas de triage previstas.
Social	Resiliencia Comunitaria: El hospital como centro de operaciones y estabilidad social.

Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía analizada.



Figura 2: Importancia de la planificación arquitectónica ante emergencias.

Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

2.3. Definiciones (emergencia, desastre, resiliencia)

Conceptos fundamentales vinculados a la planificación arquitectónica ante emergencias.

Emergencia:

Es un evento súbito —natural o antrópico— que altera de forma significativa el funcionamiento normal de una comunidad o sistema, generando la necesidad de respuestas inmediatas para reducir pérdidas humanas, daños estructurales y afectación de servicios críticos. En arquitectura hospitalaria, una emergencia puede comprometer áreas esenciales, por lo que su consideración desde el diseño es indispensable.

Desastre:

Un desastre es un hecho de origen natural o provocado por el ser humano, que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en cambios permanentes en las sociedades humanas y a los animales que habitan en ese lugar; en los ecosistemas y en el medio ambiente. Los desastres ponen de manifiesto la vulnerabilidad del equilibrio necesario para sobrevivir y prosperar.

Resiliencia:

Es la capacidad de un sistema para resistir, absorber y recuperarse frente a un evento adverso, manteniendo o restableciendo su funcionalidad en el menor tiempo posible. En arquitectura hospitalaria, la resiliencia implica estabilidad estructural, continuidad operativa, flexibilidad espacial y capacidad de adaptación ante escenarios cambiantes.

2.4. Objetivos del estudio y fundamentación.

Analizar y proponer directrices de diseño arquitectónico hospitalario que integren los principios de Resiliencia Integral con el fin de garantizar la continuidad operativa, la seguridad del paciente y la protección del personal ante amenazas multiespectro (pandemias y desastres naturales).

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Diagnóstico: Identificar fallas críticas (operativas y estructurales) en hospitales convencionales ante pandemias y desastres naturales.

Marco Teórico: Definir los principios de Flexibilidad, Modularidad y Redundancia en el entorno sanitario.

Estrategias Proyectuales: Diseñar soluciones para la conversión de espacios, segregación de flujos y autosuficiencia operativa.

Especificaciones Técnicas: Determinar estándares constructivos y de climatización para bioseguridad modular.

FUNDAMENTACION:

La investigación se posiciona en el cruce de tres ejes: Resiliencia, Arquitectura Sanitaria y Gestión de Crisis, bajo un enfoque de Diseño Basado en el Riesgo.

Teoría de la Resiliencia en Sistemas Críticos:

El diseño trasciende la "robustez" (solo resistir) para enfocarse en la capacidad de absorción, adaptación y recuperación rápida. Se materializa en:

- Estructural: Redundancia: Autonomía absoluta de sistemas vitales (Energía, Agua, Oxígeno).
- Modularidad y Flexibilidad: Reconfiguración funcional inmediata de las áreas (Ej. Hospitalización UCI).
- Robustez Garantía del edificio como refugio operativo post-desastre.

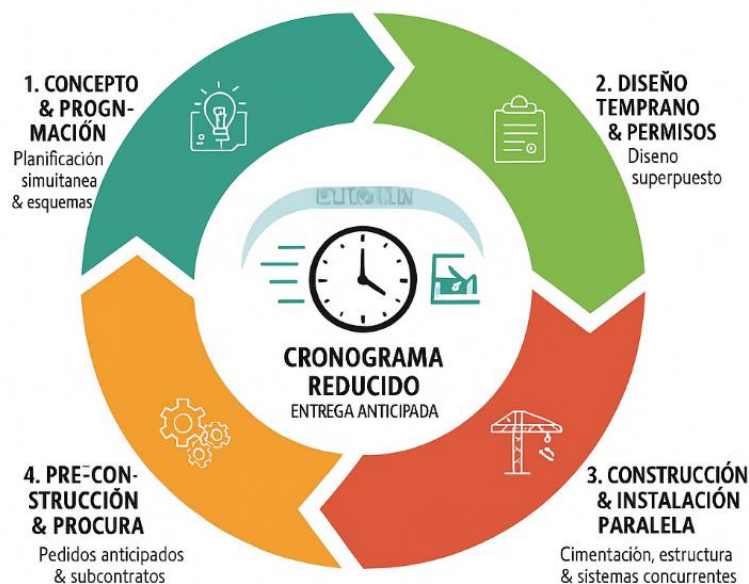
Este apartado define el marco conceptual y metodológico que guía el estudio, precisando los objetivos y fundamentos que orientaran el análisis posterior. A partir de estos lineamientos, los capítulos siguientes desarrollaran progresivamente como la resiliencia puede integrarse al diseño arquitectónico hospitalario, articulando teoría, práctica y criterios operativos para construir entornos de salud preparados para enfrentar escenarios críticos.

3. Hospitales modulares y estructuras temporales en contexto de emergencia.

El diseño para emergencias y resiliencia en arquitectura hospitalaria ha impulsado el desarrollo de soluciones rápidas, adaptables y escalables para garantizar la continuidad asistencial y ampliar la capacidad operativa durante situaciones críticas crisis (pandemias, desastres naturales o situaciones de crisis sociopolítica). Las estructuras modulares y temporales representan la respuesta más ágil y flexible ante escenarios donde el tiempo, la disponibilidad de recursos y la seguridad son factores determinantes.

3.1. Diseño rápido y flexible.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN RÁPIDA (FAST-TRACK) ENTEEGA ACELERADA PARA ARQUITECTURA



PRINCIPIOS CLAVE




-  **FASES SUPERPUSTAS – MODULAR**
-  **PREFABRICACIÓN:** Inicio de construcción antes de diseño final
-  **EJECUCIÓN PARALELA**
Preparación del sitio + fabricación concurrente

Figura 3: Diseño rápido y flexible.

Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

Principios de Diseño:

➤ **Sistema Constructivo: Modularidad y Velocidad**

La prefabricación permite un ahorro del 40% al 60% en tiempos de ejecución, logrando hospitales operativos en días.

- Tecnologías: Contenedores medicalizados, paneles sándwich y estructuras inflables.
- Escalabilidad: Capacidad de "crecer o decrecer" (UCI, Triage o Internación) según la curva epidemiológica o la magnitud del desastre.

➤ **Reversibilidad y Reutilización:**

FASE	ESTADO	FUNCION SUGERIDA
Crisis	Emergencia Activa	Centro de Aislamiento / UCI de campaña.
Transición	Desmantelamiento	Reubicación de módulos a zonas con déficit sanitario.
Post-Crisis	Reutilización	Centros de Rehabilitación o Consultorios Ambulatorios.

Nota: Elaboración propia a partir de la bibliografía analizada

➤ **Criterios de Bioseguridad:**

El diseño arquitectónico actúa como la primera barrera de contención contra infecciones.

Esquema de Zonificación:

- Segregación: Circuitos diferenciados para Personal, Pacientes y Suministros.
- Barreras Físicas: Uso de esclusas de acceso y tabiquería desmontable.
- Ingeniería: Incorporación de presión negativa en áreas críticas para control de partículas.

Caso de Buenas Prácticas:

“Desde el equipo de arquitectura del Ministerio de Salud de la Provincia de Córdoba, se identifica la intervención en el Hospital Rawson como un modelo de respuesta rápida y funcional. La planimetría del sector muestra la implantación de módulos de consultorios sobre una fracción de los 1400 m² de playa de estacionamiento preexistente. Este caso ilustra la flexibilidad del sistema modular y la importancia de la planificación de predios para absorber nuevas funciones sanitarias sin comprometer la superficie total disponible del centro asistencial” (comunicación personal de las autoras, Ministerio de Salud de la Provincia de Córdoba, 2026).



Figura 4: Planimetría del Hospital Rawson (Córdoba). Instalación de módulos para consultorios dentro del predio destinado a estacionamiento. La intervención se realizó sobre una fracción de los 1400 m² aproximadamente de superficie disponible en dicho sector.

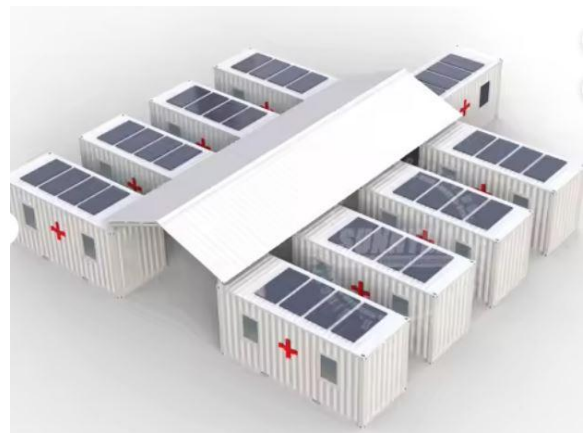
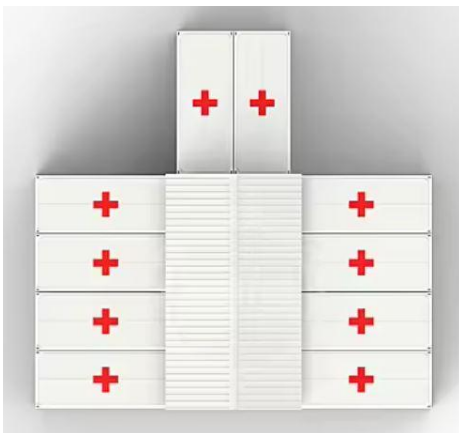
3.2. Materiales y técnicas.

La elección de materiales se orienta a la liviandad, la durabilidad adecuada para el periodo de uso, la facilidad de transporte y la rapidez de montaje, sin comprometer los estándares mínimos de seguridad, habitabilidad y control ambiental.

Tipo de Estructura / Materiales Predominantes / Técnica Constructiva:

Hospitales Modulares (Tipo Contenedor)

- Estructuras de acero, paneles sándwich con núcleo de poliuretano o lana de roca, y acabados interiores sanitarios (vinilos o resinas epoxi).
- Construcción off-site: fabricación completa de módulos en fábrica industrial (incluyendo instalaciones eléctricas, sanitarias y equipamiento médico), transporte a sitio y ensamblaje mediante uniones rápidas y conexiones de servicios estandarizadas.



Figuras 5 y 6: Representación conceptual de hospital modular de emergencia. 2020 Hospital Clínico Móvil Modular Prefabricado Personalizado Necesitado Urgentemente.



Figura 7: Hospital modular de emergencia instalado en Mar del Plata; junto al Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA); durante la pandemia de COVID-19 como parte del Plan Federal de Hospitales Modulares de Emergencia (Ministerio de Obras Públicas / Ministerio de Salud de la Nación, Argentina).

Hospitales de Campaña (Tiendas/Carpas)

- Lonas y tejidos técnicos de alta resistencia, impermeabilidad y comportamiento ignífugo (PVC, poliéster recubierto o tejidos compuestos), junto con estructuras portantes de aluminio o acero ligero en configuraciones reticulares, modulares o inflables.
- Rapid Assembly (montaje rápido in situ) consiste en el anclaje al terreno y el ensamble de elementos telescópicos o inflables, acompañado del despliegue de instalaciones esenciales como climatización, iluminación, sistemas de ventilación asistida y generación eléctrica autónoma, según los requerimientos del nivel de atención.



Imágenes 8 y 9: Repositorios de diseño modular y concursos de arquitectura de emergencia (publicados en portales como ArchDaily o Plataforma Arquitectura durante 2020-2021).

Conversión Rápida de Edificios

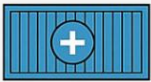


- Sistemas de particiones livianas tipo drywall o panelería modular de montaje en seco, tuberías flexibles para gases médicos y sistemas móviles de ventilación con filtración HEPA.
- Reutilización: adecuación y transformación de espacios preexistentes – como gimnasios, hoteles, centros de convenciones o pabellones deportivos – para habilitar áreas de hospitalización, triage o cuidados intermedios, integrando instalaciones temporales de soporte vital y circuitos de circulación sanitaria.



Imágenes 10 y 11: Archivos de prensa internacional durante el pico de la pandemia de COVID-19 (2020). Este tipo de montajes fueron icónicos en ciudades como Madrid (IFEMA) o Buenos Aires (Tecnópolis).

MATERIALES Y TÉCNICAS: ARQUITECTURA HOSPITALARIA DE EMERGENCIA

Soluciones Constructivas para Respuesta Rápida

		
1. HOSPITALES MODULARES (TIPO CÓNTERNER)	2. HOSPITALES DE CAMPAÑA (TIENDAS/CARPAS)	3. CONVERSIÓN RÁPIDA DE EDIFICIOS
MATERIALES PREDOMINANTES	MATERIALES PREDOMINANTES	MATERIALES PREDOMINANTES
<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras de Acero, Paneles Sándwich (Asiamenton) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tejidos Técnicos (PVC, Poliéster c ignifugo, aluminio accro) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización: Drywall/Paneleria
TÉCNICA CLAVE	TÉCNICA CLAVE	TÉCNICA DE DISEÑO
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción Off-Site: Fabricación completa en fábrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rapid Assembly. Montaje rápido. elementos telescopicos /inflables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuaciones ligeras y adecuación de gases medicinales, ventilación, utilities
ENFOQUE DE DISEÑO	ENFOQUE DE DISEÑO	ENFOQUE DE DISEÑO
<ul style="list-style-type: none"> • Plug-and-Play: Ensamblaje rápido insitu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad máxima: Despliegue en horas/dias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervención mínima: flujos claros, integración de soporte vital

 PRINCIPIO COMIIÓN: EQUILIBRIO



Figura 12: Síntesis gráfica de materiales y técnicas en la arquitectura hospitalaria de emergencia.

Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

3.3. Casos prácticos.

El análisis de la respuesta arquitectónica global ante emergencias sanitarias y desastres naturales revela una evolución hacia la estandarización de la resiliencia. Para esta monografía, se han seleccionado casos prácticos en Haití, China, España, Alemania y Argentina, los cuales representan un espectro diverso de desafíos geográficos, económicos y climáticos.

Esta selección internacional permite contrastar diferentes estrategias de ejecución: desde la construcción acelerada y masiva en contextos de alta densidad poblacional (China), hasta el uso de infraestructura preexistente adaptada (España) y la implementación de módulos técnicos de alta complejidad en contextos de vulnerabilidad extrema (Haití). Por su parte, los modelos desarrollados en Alemania y Argentina aportan visiones complementarias sobre la redundancia de sistemas críticos y la flexibilidad modular en territorios con demandas asistenciales fluctuantes. En conjunto, estos casos demuestran que la resiliencia integral no depende únicamente de la tecnología disponible, sino de la capacidad del diseño para adaptarse a las particularidades del entorno local.

3.3.1. COVID-19 (Wuhan, China - Hospitales Huoshenshan y Leishenshan)

Construidos en tan solo 10 y 12 días, respectivamente, mediante sistemas de módulos prefabricados industrializados, estos hospitales sirvieron como referente global de respuesta sanitaria ultra-rápida frente a una pandemia de escala masiva.

COVID-19 (Wuhan, China - Hospitales Huoshenshan y Leishenshan)

“Si bien una abrumadora mayoría del mundo todavía está luchando contra COVID-19, la situación económica y social en China ha mostrado signos iniciales de retorno a un nuevo estilo de vida normal en las últimas semanas. En otra señal de buenas noticias, el gobierno chino anunció recientemente que los dos hospitales en Wuhan que fueron construidos desde cero dentro de 10 días cerrarían el 15 de abril y los 30 pacientes restantes serán transferidos a otros hospitales en Wuhan para recibir tratamiento adicional. Otras regiones de China han seguido pasos similares, también anunciando el cierre de hospitales temporales, mostrando una señal positiva de que la pandemia COVID-19 finalmente está siendo derrotada donde comenzó por primera vez.”

Hemos compilado una lista con los hospitales temporales construidos en los primeros dos meses de 2020, diseñados específicamente para tratar pacientes con síntomas de COVID-19. En total, China construyó más de 30 hospitales temporales en todo el país. La velocidad a la que se completaron estas instalaciones médicas se logró gracias al arduo trabajo de decenas de miles de personas que trabajan las 24 horas”

Fuente: ArchDaily. (2020). Hospitales temporales construidos en China durante el brote de COVID-19.

3.3.2. Terremoto de Haití (2010)

Despliegue masivo de hospitales de campaña, unidades modulares y estructuras temporales por parte de ONG y organismos internacionales, con el fin de restablecer servicios esenciales tras el colapso generalizado de la infraestructura hospitalaria local.

Instalaciones de salud de Haití afectadas por el terremoto.

Miércoles, 13 de enero de 2010 — “Un terremoto de magnitud 7.0 golpeó a Haití el 12 de enero; el epicentro se localizó cerca de Puerto Príncipe, la capital--de dos millones de habitantes. Varias réplicas han seguido sacudiendo el área afectada. Informes preliminares indican que hay muchas estructuras que han colapsado--en las que están incluidas dos establecimientos de salud, el hospital Eliazard Germain in Petionville, un área de Puerto Príncipe, y el Petit frères et Soeurs. Las autoridades nacionales temen que miles de personas hayan muerto. De acuerdo a informes de OCHA, las ciudades más afectadas han sido Puerto Príncipe, Carrefour y Jacmel. Este ha sido el terremoto más fuerte en la historia de Haití a lo largo de esta falla geográfica. Haití es el país más pobre del hemisferio occidental. El país se encuentra en el puesto 154 del Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas.

El terremoto también se sintió en la República Dominicana, donde dos hospitales fueron afectados en Barahona y Santiago. La Organización Panamericana de la Salud está movilizand o un equipo de respuesta rápida en salud para Haití a través de la República Dominicana. Países vecinos en la región están organizando misiones de ayuda humanitaria y equipos de asistencia y de búsqueda y rescate. Se está evaluando la condición del aeropuerto para determinar qué tan rápido pueda llegar la ayuda humanitaria a las áreas afectadas.

En 2008, Haití fue devastado por cuatro huracanes/tormentas tropicales mayores-- Faye, Gustav, Hanna y Ike--que causaron devastadores daños a la infraestructura física y de agricultura. Las tormentas dejaron un saldo de 450 muertos, millones de afectados, y más de 15.000 personas viviendo en albergues temporales” –

Fuente: OPS/OMS. (2010). Informe de situación del terremoto en Haití. Organización Panamericana de la Salud.

3.3.3. Diseños Modulares Permanentes (España, Alemania, Argentina)

Adaptación del sistema modular para construir ampliaciones semi-permanentes anexadas a hospitales existentes, lo que permite incrementar la capacidad operativa, sectorizar servicios o habilitar unidades críticas con flexibilidad a mediano y largo plazo.

Para validar los principios de diseño propuestos, esta investigación analiza una selección de infraestructuras críticas implementadas durante la pandemia de COVID-19 en diversos contextos internacionales. Estos proyectos no solo representan soluciones de emergencia, sino que constituyen casos de estudio sobre la capacidad de adaptación de la arquitectura sanitaria ante crisis multiespectro.

A continuación, se presentan los referentes visuales que ilustran estas tipologías, destacando cómo el modularidad y la segregación de flujos se materializaron para garantizar la continuidad operativa del sistema de salud.

España



Figuras 13 y 14: Ejemplos módulos contenedores España.

Alemania

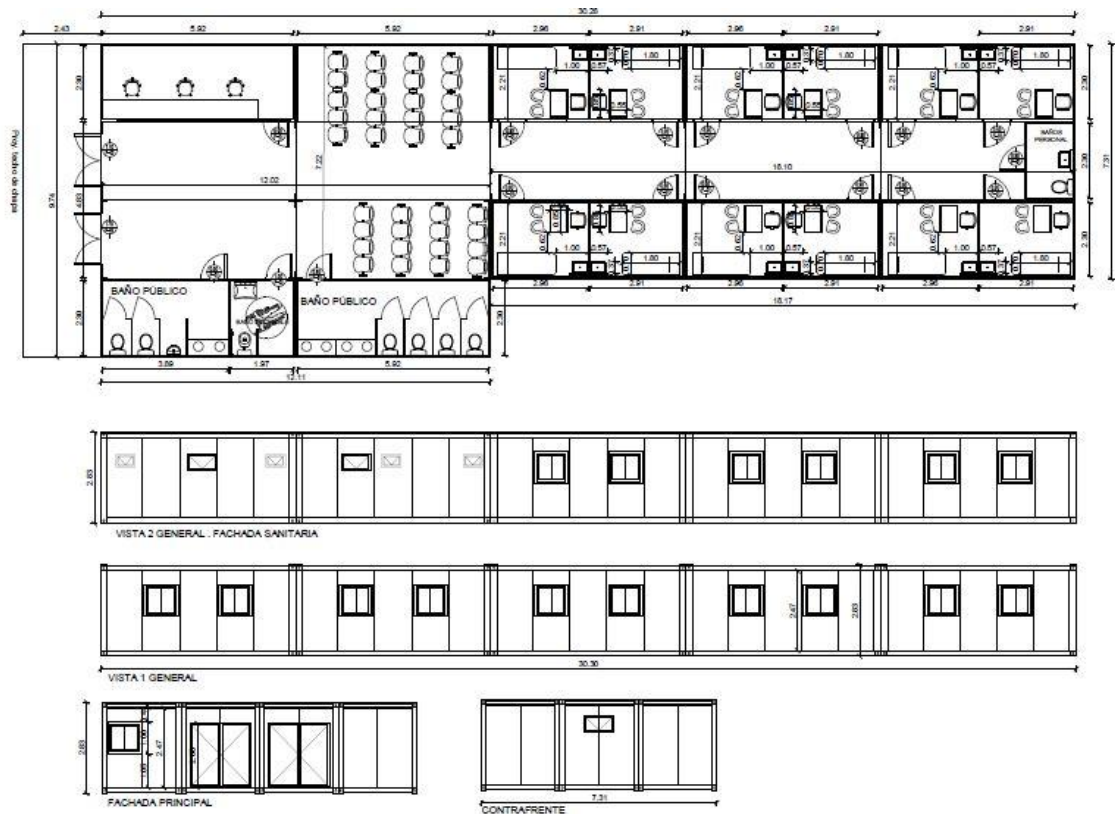


Figura 15: Ejemplo módulos contenedores, Alemania.-

La sala para pacientes con Covid-19 del Rems-Murr-Klinikum en Winnenden también contenía módulos que originalmente se utilizaron en el edificio de salas provisionales del hospital de Kulmbach.

Argentina





Figuras 16, 17 y 18: Proyecto realizado y ejecutado por Dirección de infraestructura y equipamiento sanitario del Ministerio de salud de la provincia. Hospital Rawson, ciudad de Córdoba, Argentina.

3.4. Ventajas y limitaciones.

VENTAJAS

Velocidad: Permiten tiempos de respuesta extremadamente reducidos, con montajes que pueden resolverse en días o pocas semanas, garantizando la continuidad asistencial en escenarios críticos.

Flexibilidad: Facilitan la reconfiguración del layout para múltiples funciones médicas: UCI, áreas de triage, quirófanos, hospitalización general o expansión de emergencias, según la demanda operativa

Costo Inicial Controlado: La construcción industrializada reduce imprevistos de obra, estabiliza los costos y optimiza el presupuesto inicial en comparación con la obra tradicional.

Portabilidad: posibilitan su traslado, reconfiguración o almacenamiento, lo que favorece su uso reiterado en diferentes emergencias o jurisdicciones.

LIMITACIONES

Vida Útil: Las estructuras temporales presentan menor durabilidad y resistencia ambiental, mientras que los sistemas modulares permanentes demandan inversiones adicionales en aislamiento, protección climática y acabados sanitarios.

Instalaciones Complejas: La incorporación de sistemas críticos —HVAC avanzado, gases medicinales, energía redundante— es técnicamente desafiante, especialmente en configuraciones modulares con altos requisitos de bioseguridad o cuidados críticos.

Ergonomía y Psicología: Los ambientes pueden resultar menos confortables, con limitaciones en iluminación natural, acústica y espacialidad, lo que puede afectar la experiencia del paciente y el bienestar del personal sanitario.

3.5. Normativas y estándares internacionales.

La naturaleza de emergencia en la que se diseñan e implementan las infraestructuras sanitarias temporales —como hospitales de campaña, unidades modulares o ampliaciones rápidas— exige procedimientos acelerados de planificación. Sin embargo, incluso bajo condiciones críticas, estas soluciones deben respetar normativas y estándares internacionales que garanticen la seguridad de los pacientes, la protección del personal y la continuidad operativa de los servicios.

El cumplimiento de estos lineamientos asegura que las instalaciones no solo aporten capacidad asistencial inmediata, sino que también mantengan niveles adecuados de calidad, seguridad y resiliencia (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2015; Sphere Association, 2018).

A continuación, se presentan los principales marcos normativos, organizados desde lineamientos estratégicos globales hacia estándares técnicos específicos.

Organización Mundial de la Salud (OMS) — Programa SMART Hospitals.

La OMS promueve el enfoque “SMART Hospitals” (Safe, Maintainable and Operational in Emergencies), que integra criterios de seguridad estructural, eficiencia funcional y autosuficiencia (OMS, 2015). Este marco establece recomendaciones en torno a:

- Resistencia sísmica y comportamiento frente a vientos extremos;

- Disponibilidad energética continua mediante sistemas de respaldo y redundancia;
- Gestión segura del agua y saneamiento;
- Continuidad operativa ante fallas externas.

En América Latina, estas directrices se articulan con una sólida base normativa compuesta por guías técnicas de diseño, construcción y operación segura. Dentro de este marco, destaca el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH), herramienta promovida por la OPS/OMS para evaluar la capacidad de funcionamiento de los establecimientos ante desastres. En contextos de infraestructura temporal, el cumplimiento de estas normativas y el uso del ISH como referencia aseguran que los módulos desplegados respondan adecuadamente a escenarios de alta exigencia ambiental o funcional.

Estándares ISO (ej. ISO 13485).

Los estándares ISO no regulan directamente el diseño edilicio, pero sí los procesos y equipamientos integrados en las infraestructuras sanitarias temporales. Los más relevantes incluyen:

- **ISO 13485**, orientada al diseño, instalación y control de calidad del equipamiento médico (International Organization for Standardization, 2016);
- **ISO 9001**, aplicable a la gestión de calidad en la implementación de instalaciones modulares (International Organization for Standardization, 2015a);
- **ISO 14001**, centrada en criterios ambientales vinculados al uso de materiales, manejo de residuos y operación sostenible (International Organization for Standardization, 2015b).

En módulos de salud desplegados rápidamente —frecuentes en desastres o emergencias sanitarias— estas normas resultan esenciales para garantizar la fiabilidad del equipamiento crítico y la trazabilidad de los procesos de instalación.

NFPA (National Fire Protection Association).

La NFPA establece estándares internacionales en materia de seguridad contra incendios para edificaciones permanentes y temporales. En el ámbito sanitario, destacan:

- **NFPA 101 – Life Safety Code**, centrada en evacuación, comportamiento de materiales y protección de ocupantes;

- **NFPA 99 – Health Care Facilities Code**, específica para riesgos eléctricos, gases medicinales y equipos esenciales.

Para estructuras modulares o prefabricadas —que suelen combinar distintos sistemas constructivos— estas normativas resultan críticas para minimizar riesgos en entornos de alta ocupación y actividad continua (National Fire Protection Association, 2021).

Incluyen requisitos sobre:

- comportamiento al fuego de materiales;
- detección, alarma y extinción;
- instalaciones eléctricas seguras;
- señalización y medios de evacuación.

Directrices de ONGs y Agencias Humanitarias — Proyecto Esfera

El Sphere Handbook constituye uno de los marcos humanitarios más reconocidos globalmente y establece estándares mínimos para los servicios de salud en emergencias (Sphere Association, 2018). Aunque se orienta a la acción humanitaria, incluye criterios directamente aplicables al diseño arquitectónico de infraestructuras temporales.

Sus lineamientos contemplan:

- Criterios para ubicación, distribución funcional y accesibilidad de instalaciones;
- Estándares de higiene, saneamiento y control de infecciones;
- Parámetros mínimos de privacidad, dignidad y habitabilidad;
- Desempeño funcional mínimo para garantizar seguridad y calidad asistencial.

Estas directrices son fundamentales en situaciones de desastres, desplazamientos poblacionales, brotes epidémicos u otras emergencias humanitarias complejas.

Adaptación regional del marco normativo (Latinoamérica / Argentina)

Para contextualizar estos estándares internacionales, se incorporan lineamientos y normativas regionales vigentes en Argentina y América Latina, que complementan y orientan la aplicación local:

- **Normas IRAM**, relacionadas con instalaciones eléctricas, eficiencia energética y seguridad de materiales (IRAM, 2019).
- **Reglamento INPRES-CIRSOC 103**, aplicable a edificaciones esenciales en zonas sísmicas, considerado clave en infraestructura sanitaria (Instituto Nacional de Prevención Sísmica, 2012).

- **OPS/OMS** – Protección de establecimientos de salud en emergencias, que integra criterios de infraestructura segura, continuidad operativa y evaluación de vulnerabilidad (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

Estas normativas sirven de puente entre los estándares globales y las condiciones específicas de planificación, construcción y operación en el contexto regional.

4. Estrategias de diseño resiliente en infraestructuras sanitarias.

4.1 Diseños sismorresistentes y ante amenazas naturales.

El objetivo primordial es garantizar la continuidad operativa del hospital inmediatamente después de un evento. Un hospital que colapsa o queda inoperable se convierte en parte del problema y no de la solución. Con respecto al sistema constructivo:

- **Fundamento:** Aplicación de códigos de construcción rigurosos y normas de diseño por desempeño, que buscan no solo evitar el colapso, sino limitar el daño a elementos no estructurales y equipos vitales.
- **Elementos Arquitectónicos/Estructurales Clave:**
 - Aislamiento Sísmico de Base (Base Isolation): Instalación de dispositivos flexibles entre los cimientos y la superestructura para desacoplar el edificio del movimiento del suelo. Esto reduce drásticamente las fuerzas sísmicas transmitidas a la estructura y a los equipos.
 - Diseño para Amenazas Múltiples: La planificación debe considerar el riesgo de inundaciones (elevando las plantas bajas o ubicando equipos críticos en pisos superiores), vientos extremos (refuerzos en la cubierta y muros exteriores) y erupciones volcánicas o deslizamientos de tierra.

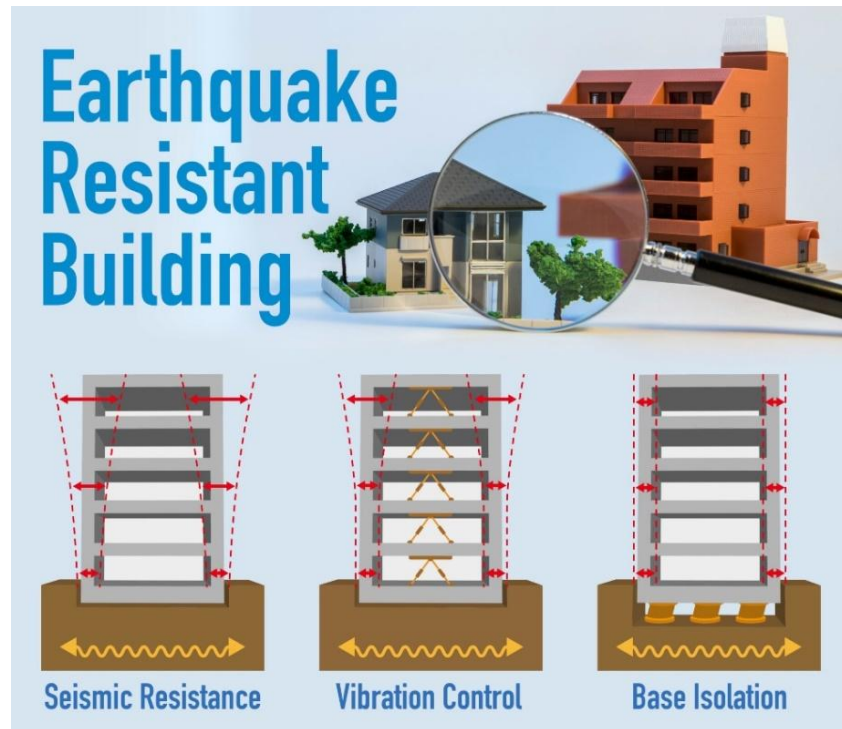


Figura 19: Diseño sismoresistente. Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.



Figura 20: "Diseño para amenazas múltiples".

Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

“El objetivo es que la infraestructura sea robusta frente al perfil de riesgo específico de su ubicación”

4.2 Protección de sistemas vitales.

Los sistemas vitales, también conocidos como Sistemas Críticos de Soporte Hospitalario (SCCH), son aquellos que deben permanecer funcionales para que el hospital pueda brindar atención crítica. La falla de estos sistemas a menudo inutiliza el edificio, incluso si la estructura permanece intacta.

Sistemas Prioritarios en infraestructura hospitalaria (y su protección):

- **Energía Eléctrica:** Se debe garantizar la protección física de los generadores de emergencia y sus tanques de combustible mediante su ubicación en áreas seguras (pisos elevados contra inundaciones y cerramientos reforzados). Asimismo, el diseño debe contemplar la redundancia de las instalaciones y rutas protegidas para el cableado crítico. Es fundamental que el dimensionamiento inicial prevea la escalabilidad del sistema, considerando el incremento progresivo de los consumos eléctricos derivado de la modernización tecnológica y la demanda asistencial.
- **Redundancia de Utilidades:** Almacenamiento de reservas de agua y la capacidad de conectarse a fuentes externas. Protección de las bombas y tuberías principales. Generadores de respaldo con capacidad de combustible (mínimo 72 hs)
- **Gases Medicinales:** Centralización de los equipos de oxígeno/aire comprimido y su anclaje adecuado para evitar el vuelco sísmico, con rutas de distribución redundantes.
- **Sistemas de Comunicación:** Sistemas de radio y telefonía satelital como back-up y protección de los centros de datos (servidores) y cableado contra daños por agua o fuego.
- **Anclaje y Restricción:** Todos los equipos pesados y sensibles (calderas, generadores, tanques de oxígeno, equipos de imágenes médicas) deben estar rígidamente anclados al piso o a los muros para evitar su volcamiento o desplazamiento durante un sismo.
- **Conexiones Flexibles:** Las tuberías y conductos que cruzan juntas de expansión o que conectan equipos vitales deben utilizar uniones flexibles para

absorber el movimiento sin romperse, asegurando el flujo continuo de agua, gases médicos y electricidad.

4.3 Ubicación y Planificación Territorial.

La elección del sitio es una estrategia de resiliencia inicial fundamental que determina la vulnerabilidad a las amenazas naturales y la accesibilidad en la emergencia.

Criterios de Selección del Sitio:

- *Evitar Zonas de Alto Riesgo:* No construir en llanuras de inundación, zonas de deslizamientos de tierra, cerca de fallas geológicas activas o en áreas con riesgo de tsunami.
- *Acceso y Conectividad:* Asegurar que las vías de acceso (rutas de ambulancias y suministros) no sean vulnerables al colapso o al bloqueo por el desastre (por ejemplo, evitar construir inmediatamente adyacente a puentes o pasos a desnivel únicos).
- *Consideraciones Ambientales:* *Evaluar la posibilidad de efectos en cascada, como la proximidad a industrias peligrosas o embalses que podrían fallar.*
- *Integración en la Red Sanitaria:* *La planificación territorial debe considerar la ubicación del hospital dentro de la red regional, garantizando que su funcionalidad crítica no dependa de una sola infraestructura de servicios públicos externa.*

“El hospital debe estar ubicado en un punto accesible por múltiples rutas viales que no colapsen o queden bloqueadas fácilmente. Se debe planificar el acceso aéreo (helipuertos) para evacuación y recepción de suministros críticos”

4.4 Estrategias de evacuación y seguridad estructural.

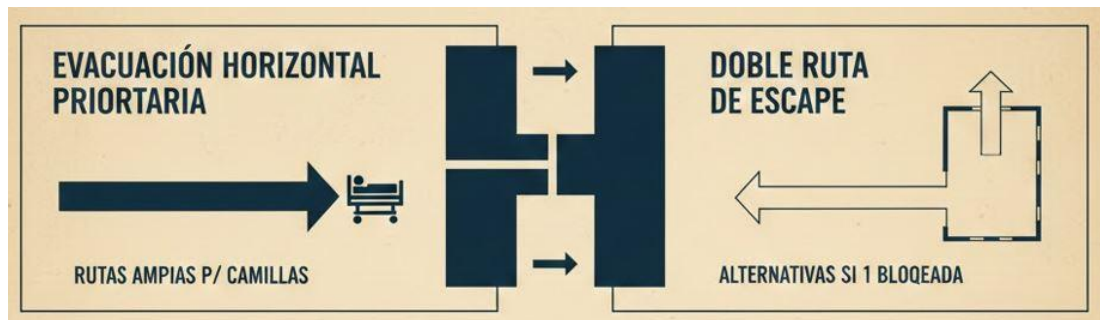
La seguridad estructural no solo se limita únicamente a la resistencia del edificio, sino también, a garantizar que el personal y los pacientes puedan desplazarse de manera segura y ordenada durante una emergencia. Las estrategias de evacuación deben considerar la movilidad reducida de pacientes y la continuidad de la atención médica durante el evento.

Evacuación Horizontal Prioritaria:

La evacuación se realiza prioritariamente de forma horizontal hacia sectores seguros dentro del mismo edificio, evitando en lo posible el traslado inmediato hacia el exterior. Esta estrategia permite movilizar pacientes en camas o camillas sin depender exclusivamente de escaleras.

Diseño de Rutas de Evacuación:

- *Dimensionamiento Adecuado:* Rutas de evacuación y puertas con ancho suficiente para permitir el desplazamiento de camillas y equipos médicos.
- *Doble Ruta de Salida:* Provisión de rutas de egreso alternativas en caso de que una quede bloqueada.



*Figura 21: Esquema conceptual de rutas de evacuación hospitalaria.
Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.*

- *Protección de Escaleras y Ascensores:* Encapsular las escaleras de evacuación con materiales resistentes al fuego y al daño estructural para mantenerlas utilizables. Ascensores de emergencia diseñados para operar incluso durante un sismo (o reiniciarse automáticamente después) para movilizar pacientes críticos.
- *Refugios Internos (Areas of Refuge):* Áreas designadas dentro del hospital con mayor resistencia estructural y protección contra incendios, para el resguardo temporal de pacientes que no pueden ser evacuados de inmediato.



Figura 22: Esquema conceptual de rutas de evacuación hospitalaria.

Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

- **Sectorización Contra Incendios:** El uso de compartimentación y barreras cortafuegos para limitar la propagación del fuego y el humo, protegiendo al menos una zona del hospital para que pueda permanecer operativa.
- **Materiales ignífugos generales:** empleo de materiales resistentes al fuego en circulaciones, cerramientos y elementos constructivos vinculados a las rutas de evacuación.



Figura 23: Esquema conceptual de rutas de evacuación hospitalaria.

Nota: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

4.5 Sostenibilidad y eficiencia energética.

La sostenibilidad y la eficiencia energética contribuyen directamente a la resiliencia ya que permiten reducir la dependencia de la red pública de energía y disminuir los costos operativos, liberando recursos que pueden destinarse a la preparación y respuesta ante emergencias.

- **Resiliencia Energética (Energy Resilience):**

Fuentes de Energía Renovables In Situ: Integración de paneles solares fotovoltaicos (PV) en cubiertas o fachadas para alimentar cargas críticas menores

complementar el funcionamiento de generadores. Esto reduce el consumo de combustible diésel durante una crisis prolongada.

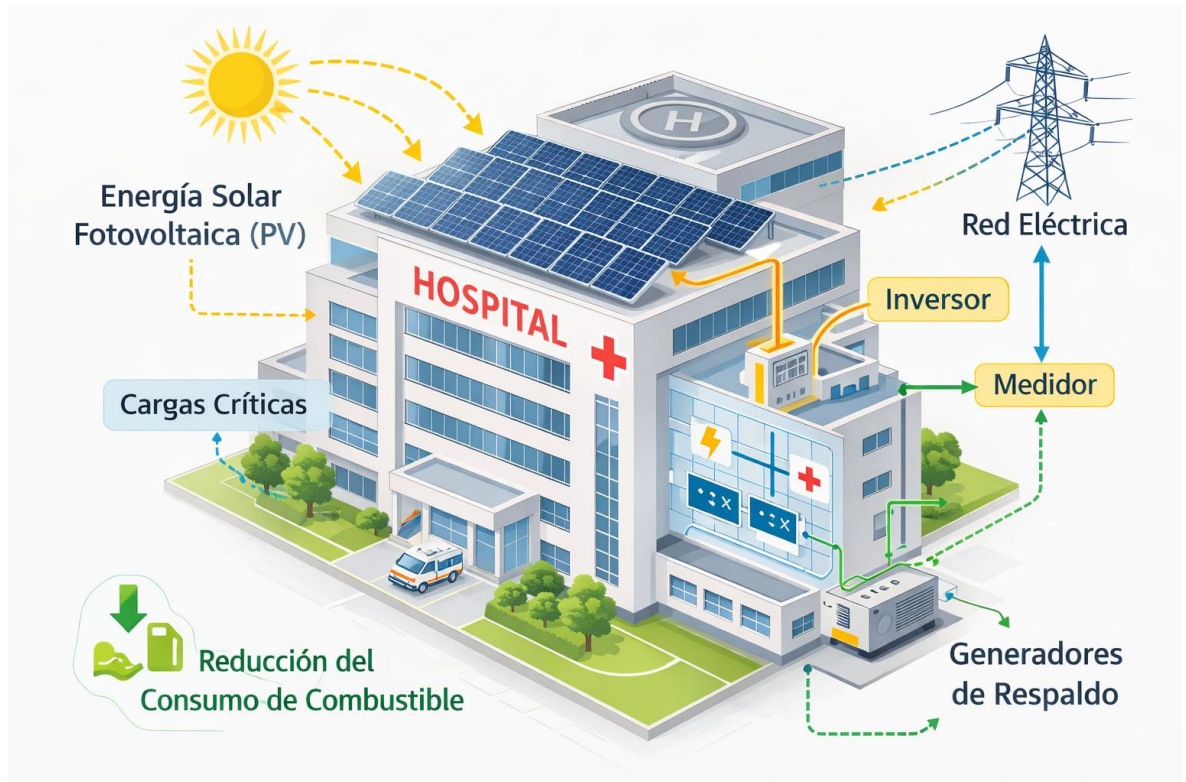


Figura 24: Eficiencia Energética.

Fuente: elaboración propia mediante inteligencia artificial.

- **Gestión del Agua:**

Recolección y tratamiento de aguas pluviales para usos no potables (riego, inodoros), diversificando la fuente de abastecimiento. La incorporación de sistemas de captación de agua de lluvia y reciclaje de aguas grises permite disponer de recursos hídricos alternativos, lo cual resulta vital en caso de interrupciones en el suministro de agua municipal.

- **Diseño Bioclimático:**

Utilización de iluminación natural, ventilación cruzada y aislamiento térmico optimizado para reducir la demanda energética. Esto permite mantener condiciones ambientales relativamente estables incluso ante fallos en los sistemas activos de climatización. (HVAC).

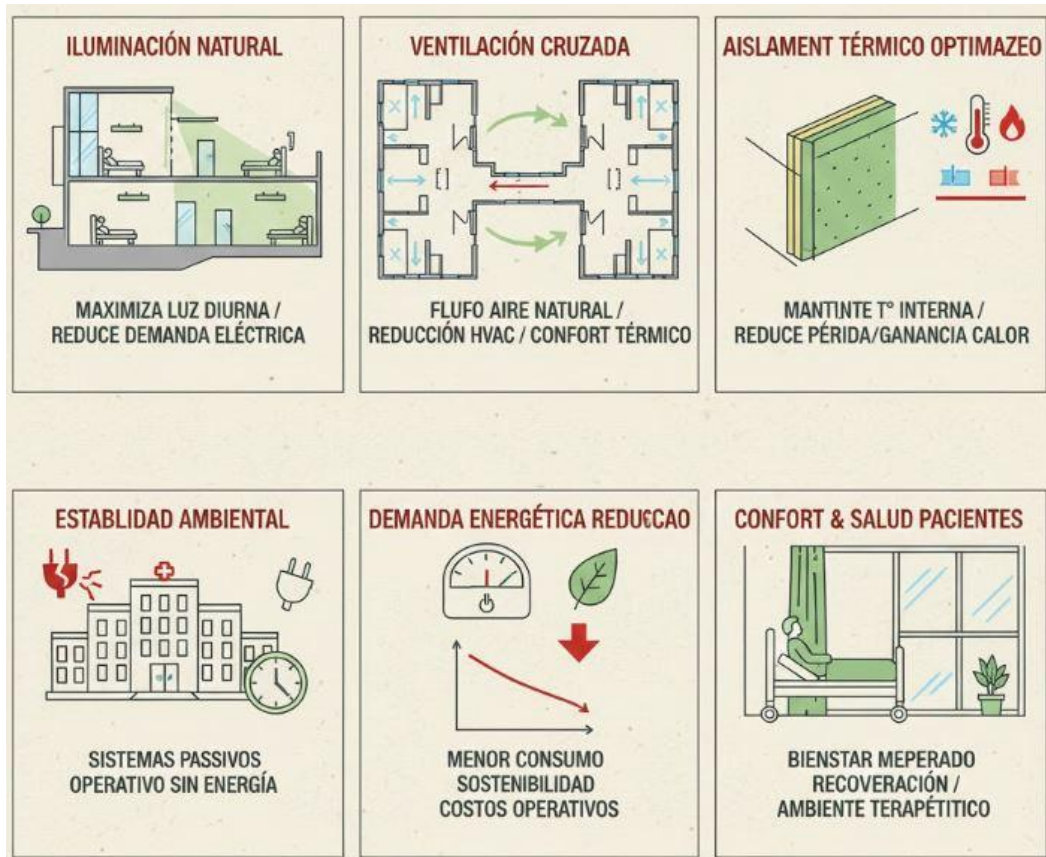


Figura 25: Estrategias de diseño bioclimático y eficiencia energética en hospitales. Fuente: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

4.6 Flexibilidad y adaptabilidad de espacios.

La arquitectura resiliente permite que el hospital se reconfigure en minutos, no en meses, respondiendo ágilmente a la demanda de una emergencia. Esto significa, por ejemplo, poder triplicar la capacidad de UCI o crear nuevas zonas de aislamiento de forma instantánea.

Estrategias Clave de Diseño

El Concepto de "Hospital dentro del Hospital":

Creación de alas o sectores modulares autosuficientes equipados con sistemas independientes – como redes de gases medicinales, climatización o circuitos de circulación – que pueden aislarse o ampliarse según las necesidades operativas.

Estos sectores permiten:

- Tratar enfermedades infecciosas.
- Servir como áreas de expansión de UCI.

Estructuras Modulares Interiores y Áreas de Expansión:

Priorizar el diseño en seco para interiores (paredes, plafones) que pueden desmontarse y reconfigurarse rápidamente. Además, identificar espacios subutilizados que pueden transformarse en minutos:

- Estacionamientos cubiertos: Para triage o salas de espera.
- Auditorios: Para alojamiento de personal o internación temporal.

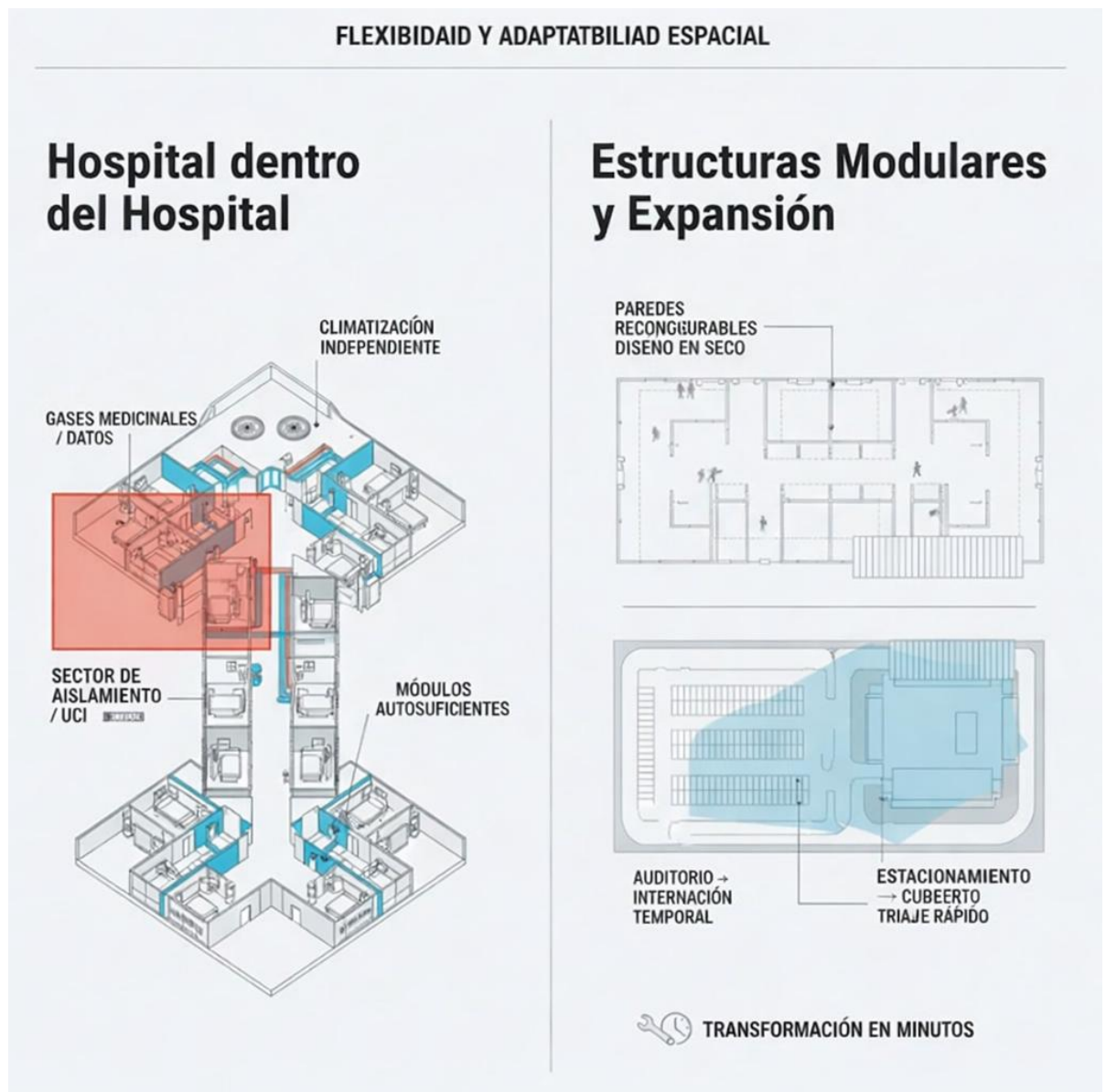


Figura 26: Flexibilidad y adaptabilidad de espacios.

Fuente: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

Diseño de Caparazón y Núcleo (Shell and Core):

Este enfoque separa drásticamente lo fijo de lo flexible, optimizando la capacidad de adaptación.

- Núcleo (Core): Aloja las funciones inamovibles: ascensores, escaleras, baños y conductos verticales.
- Caparazón (Shell): Comprende las grandes plantas libres con estructuras de gran luz, permitiendo una reconfiguración total de muros divisorios y funciones (ej., una sala de hospitalización puede transformarse en UCI).

Infraestructura "Plug-and-Play":

La clave está en sistemas que se conectan y desconectan con la misma facilidad que un electrodoméstico, eliminando la necesidad de obras mayores.

- Conductos Accesibles: Tuberías y cableado expuestos o en registros de fácil apertura.
- Conexiones Rápidas: Terminales universales para "enchufar" equipos médicos (ventiladores, monitores) o cambiar gases medicinales al instante.
- Mantenimiento Sencillo: Acceso desde pasillos técnicos sin comprometer áreas limpias.

Ampliación Vertical u Horizontal Planificada:

Un hospital resiliente no es estático; debe contemplar su crecimiento orgánico.

- Reservas Estructurales: Terrenos adyacentes o previsión en la estructura para añadir pisos o alas.
- *Conexión con Módulos: Preparación para la integración de estructuras modulares de emergencia (contenedores, carpas), permitiendo un crecimiento ágil y eficiente.*

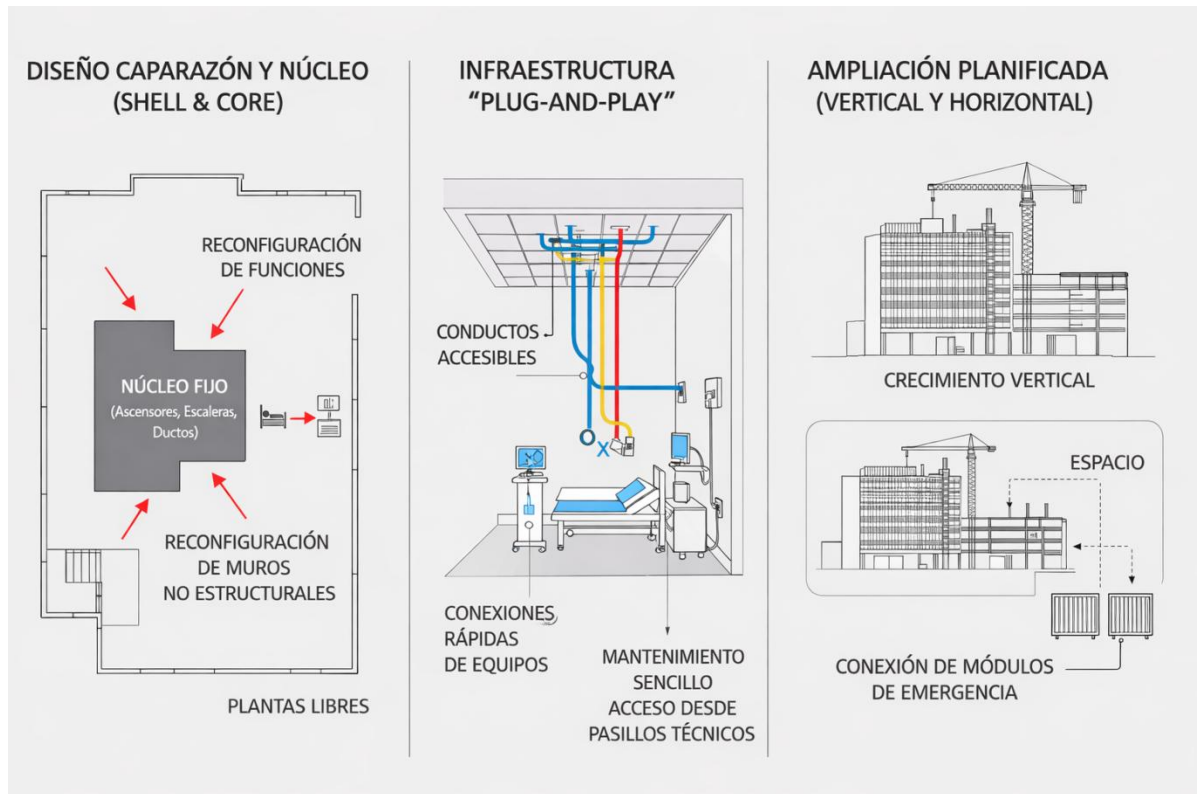


Imagen 27: Flexibilidad y adaptabilidad de espacios.

Fuente: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

5. Aplicaciones y estudios de caso.

Esta sección analiza la aplicación práctica de las estrategias de diseño resiliente a través de eventos reales, extrayendo las lecciones fundamentales para la arquitectura sanitaria.

5.1. Lecciones de pandemias y crisis sanitarias.

La pandemia de COVID-19 reveló la vulnerabilidad de las infraestructuras sanitarias ante amenazas biológicas y la necesidad crítica de flexibilidad operativa.

- **Necesidad de Espacios de Aislamiento Aéreo:** La lección más contundente fue la insuficiencia de camas de Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) con capacidad de presión negativa. El diseño pos pandemia requiere la capacidad de conversión rápida (ej. de salas de hospitalización normales a aislamiento) mediante sistemas de ventilación centralizados o modulares.

- **Gestión de Flujos y Segregación:** Se demostró la importancia de separar las rutas de acceso de pacientes infecciosos ("rutas sucias") de los pacientes no infecciosos y del personal sanitario ("rutas limpias"). El diseño debe permitir la sectorización estricta y el control de accesos.
- **Redundancia de Gases Médicos:** Fallos en el suministro de oxígeno centralizado debido a la altísima demanda evidenciaron la necesidad de sistemas de respaldo descentralizados y tanques de almacenamiento sobredimensionados.
- **Adaptación de Edificios No Sanitarios:** Se aprendió a convertir rápidamente gimnasios, hoteles o centros de convenciones en hospitales temporales, lo que subraya la necesidad de tener protocolos de adaptación arquitectónica y kits de instalación prefabricados.
- **Protección del Personal de Salud (PPS):** La necesidad de espacios seguros y funcionales destinados a la colocación y retiro de equipos de protección personal (EPP).
- **Modularidad y Flexibilidad:** Diseño de áreas (ej. salas de recuperación o gimnasios) con preinstalaciones ocultas (tomas de gases medicinales, energía de alta capacidad) para una conversión inmediata a áreas de cuidados intensivos o intermedios.

5.2. Lecciones de desastres naturales.

Los desastres naturales ponen de manifiesto la importancia de garantizar tanto la integridad estructural como la operatividad funcional de los establecimientos hospitalarios.

- **Sismos** (Ej. Terremoto de Chile 2010): El colapso estructural no fue la única amenaza; la principal causa de inoperatividad fue el daño a los sistemas no estructurales (tuberías, equipos volcados, ascensores inoperables). La lección clave es la necesidad de un anclaje riguroso de los equipos y la implementación de aisladores sísmicos para garantizar que el hospital sea un refugio operacional inmediato.

- **Inundaciones y Huracanes** (Ej. Huracán Katrina, EE. UU.): Estos eventos evidenciaron problemas vinculados a la ubicación de equipamientos críticos y a la falta de redundancia en los sistemas eléctricos y de infraestructura.

Las lecciones son:

- *Elevación Crítica*: Ubicar equipos vitales (generadores, bombas) por encima de la cota de inundación histórica.
- *Protección de la Envolvente*: Refuerzo de ventanas y puertas para resistir vientos extremos e impacto de proyectiles.
- *Autosuficiencia Hídrica*: La interrupción de las redes de saneamiento requiere soluciones de tratamiento de aguas residuales in situ.

5.3. Estudio de casos internacional y local.

5.3.1. RESILIENCIA HOSPITALARIA EN CHILE - TERREMOTO DEL 27F (2010)

El terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 en la zona central-sur de Chile, fue un evento de gran magnitud que puso a prueba la infraestructura del país, incluyendo su red de salud. Este acontecimiento permitió identificar debilidades en el funcionamiento de los establecimientos de salud y generó importantes aprendizajes para el diseño hospitalario resiliente.

El impacto y las lecciones del 27F

A pesar de que la normativa chilena es una de las más exigentes del mundo en materia de diseño sismorresistente, el sismo reveló vulnerabilidades críticas:

Fallas No Estructurales: Si bien la mayoría de los hospitales no colapsaron estructuralmente -cumpliendo con los requisitos normativos-, muchos sufrieron daños extensos en elementos no estructurales -tabiquería, cielorrasos, fachada, y, crucialmente, equipos e instalaciones vitales). Como consecuencia muchos establecimientos quedaron funcionalmente inoperables debido a la caída de cielorrasos, ruptura de tuberías, y el volcamiento o desplazamiento de equipos médicos (ej. resonadores magnéticos y generadores eléctricos). Esta situación obligó a evacuar pacientes y generó sobrecarga en otros centros.

Fallo de Sistemas Vitales: En numerosos hospitales se interrumpió el suministro de agua y electricidad, afectando directamente la capacidad de respuesta ante la emergencia. En muchos casos, la falla de los sistemas de anclaje de generadores,

calderas y tanques de almacenamiento evidenció una debilidad significativa de los sistemas críticos.

Vulnerabilidad de ubicación: Algunos hospitales en zonas costeras (como Talcahuano) sufrieron daños severos por la acción del tsunami, confirmando la necesidad de una planificación territorial rigurosa.

La respuesta arquitectónica post-27F: aislamiento sísmico

La principal lección del 27F derivada del terremoto fue la necesidad de avanzar desde un enfoque centrado en la **protección de la vida** hacia un modelo que priorice la **continuidad operativa** de los hospitales durante y después de un desastre.

En este contexto, Chile ha impulsado la incorporación masiva del **Aislamiento Sísmico de Base** en el diseño de nuevos hospitales y en la rehabilitación de edificios existentes. Esta tecnología permite reducir significativamente las fuerzas transmitidas a la estructura durante un sismo, disminuyendo las aceleraciones que afectan tanto al edificio como a los equipos médicos. Como resultado, los hospitales que incorporan este sistema presentan una probabilidad mucho mayor de mantener su operatividad inmediatamente después de un evento sísmico.

Paralelamente, se ha reforzado el diseño de **Anclaje Sísmico para Equipos e Instalaciones Críticas**, incluyendo generadores, bombas, sistemas de gases medicinales y equipamiento tecnológico. Estas medidas buscan garantizar que los componentes esenciales de la infraestructura hospitalaria continúen funcionando incluso durante eventos de gran magnitud.

Enfoque integral de resiliencia en la red hospitalaria

La investigación desarrollada en Chile también ha puesto énfasis en analizar la resiliencia no solo a escala de edificio, sino también a nivel de red hospitalaria. En este sentido, herramientas de modelización como la plataforma SimPlaNer, desarrollada por el CIGIDEN (Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres), permiten simular el flujo de pacientes y evaluar las pérdidas de funcionalidad del sistema sanitario frente a un terremoto.

Este tipo de herramientas facilita la identificación de hospitales estratégicos dentro de la red, permitiendo priorizar inversiones en refuerzos estructurales, sistemas de aislamiento sísmico y mejoras en la infraestructura crítica. Asimismo, contribuye a planificar rutas de derivación de pacientes y a prever áreas potenciales de expansión o adaptación de los establecimientos de salud.

Conclusión

El caso chileno demuestra que la resiliencia arquitectónica hospitalaria es un proceso evolutivo:

El éxito de un hospital resiliente no se mide por si no colapsa, sino por si puede operar al 100% inmediatamente después del desastre. Esto requiere un enfoque que va más allá de la estructura (diseño sismorresistente) para incluir la protección activa de los Sistemas Vitales y la planificación de la Red.

5.3.2. RESILIENCIA HOSPITALARIA EN ARGENTINA – CASO DE INUNDACIÓN EN BAHÍA BLANCA (2025)

Las intensas lluvias registradas en Bahía Blanca durante 2014 generaron inundaciones urbanas que afectaron distintos sectores de la ciudad y evidenciaron la vulnerabilidad de infraestructuras críticas. Este episodio permitió analizar los desafíos que enfrentan los establecimientos de salud ante eventos hidrometeorológicos extremos.

Análisis de vulnerabilidad hídrica en hospitales.

El caso de Bahía Blanca permite analizar la vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria frente a eventos hidrometeorológicos. Las precipitaciones intensas registradas en cortos períodos pueden superar la capacidad del sistema de drenaje urbano, generando inundaciones en distintos sectores de la ciudad y afectando el funcionamiento de infraestructuras críticas.

Impacto y vulnerabilidades detectadas.

El análisis del evento permite identificar diversos factores de vulnerabilidad asociados al diseño y la implantación de los establecimientos hospitalarios.

Vulnerabilidad de subsuelos.

En muchos hospitales, los subsuelos alojan instalaciones críticas como sistemas de climatización, tableros eléctricos y depósitos de insumos médicos. En situaciones de inundación, la entrada de agua puede afectar estos sistemas y comprometer el funcionamiento del establecimiento.

Accesibilidad y riesgo de aislamiento.

Las inundaciones pueden interrumpir las principales vías de circulación, dificultando el ingreso del personal sanitario, el traslado de pacientes y el abastecimiento de insumos médicos.

Escorrentía y configuración del predio.

La presencia de superficies impermeables y la configuración del terreno pueden favorecer la acumulación de agua en accesos y áreas de circulación, afectando la operatividad del hospital.

Implicancias para el diseño hospitalario resiliente.

Frente a estas condiciones, el diseño hospitalario requiere incorporar criterios de resiliencia hídrica, tales como la reubicación de sistemas críticos por encima de la cota de inundación, la planificación de accesos alternativos y la incorporación de soluciones de drenaje sostenible dentro del predio hospitalario.

Conclusión

El análisis de vulnerabilidad hídrica en Bahía Blanca demuestra que la resiliencia hospitalaria requiere superar el diseño tradicional que concentra sistemas críticos en subsuelos. La reubicación de los sistemas de soporte vital por encima de la cota de inundación, la planificación de accesos alternativos y la incorporación de estrategias de drenaje sostenible constituyen elementos clave para fortalecer la continuidad operativa de los establecimientos de salud frente a eventos hidrometeorológicos extremos.

Comparación de Vulnerabilidades y Estrategias de Resiliencia en Hospitales		
<p style="text-align: center;">Terremoto Chile 2010</p>  <p style="text-align: center;">Vulnerabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños en elementos no estructurales • Volcamiento de equipos médicos • Fallas en sistemas eléctricos y de agua <p style="text-align: center;">Estrategias Resilientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento Sísmico • Anclaje de Equipos • Refuerzo de Sistemas Vitales 	<p style="text-align: center;">Huracán Katrina</p>  <p style="text-align: center;">Vulnerabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipos en niveles bajos • Fallas de energía y emergencia <p style="text-align: center;">Estrategias Resilientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevación de Equipos Críticos • Refuerzo contra Inundación y Viento 	<p style="text-align: center;">Inundación Bahía Blanca</p>  <p style="text-align: center;">Vulnerabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subsuelos Inundables • Aislamiento por accesos cortados • Acumulación de agua en predio <p style="text-align: center;">Estrategias Resilientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reubicación de Sistemas • Rutas Alternativas • Infraestructura Verde y Drenaje
Protección de Sistemas Críticos • Accesibilidad Garantizada • Gestión del Drenaje		

Imagen 28: Casos Prácticos

Fuente: Elaboración propia mediante inteligencia artificial (ChatGPT), 2026.

5.4. Innovación tecnológica y herramientas digitales.

La tecnología no solo es un componente, sino una herramienta de gestión y diseño de la resiliencia.

- *Modelado de Información de Construcción (BIM)*: Permite simular y visualizar la respuesta estructural de un hospital ante un sismo o un evento de viento, identificando puntos débiles en las conexiones no estructurales antes de la construcción (Análisis de Vulnerabilidad Virtual).

- *Telemedicina e Infraestructura de Datos*: La resiliencia no es solo física. La capacidad de realizar consultas remotas y transferir registros médicos electrónicamente durante un desastre garantiza la continuidad asistencial cuando el hospital físico está sobrecargado o inaccesible.

- *Drones y Mapeo Rápido*: Uso de tecnología dron para evaluar rápidamente el daño post-desastre, planificar rutas de acceso seguras y monitorear la condición de los techos y estructuras elevadas.

5.5. Lineamientos para el diseño resiliente post-desastre.

Los siguientes lineamientos sintetizan las principales lecciones obtenidas del análisis de eventos y casos de estudio, orientando el diseño de futuras infraestructuras hospitalarias.

Enfoque de operación ininterrumpida:

El objetivo del diseño no es únicamente evitar el colapso estructural, sino garantizar que los servicios críticos (como unidades de UCI, quirófanos y áreas de emergencias) puedan continuar operando a plena capacidad inmediatamente después de la amenaza.

Diseño para la adaptabilidad (versatilidad):

La incorporación de sistemas modulares y espacios flexibles permite ampliar o reconvertir áreas hospitalarias de forma rápida. Esto facilita, por ejemplo, aumentar significativamente la capacidad de aislamiento en situaciones de emergencia sanitaria sin comprometer las condiciones de bioseguridad.

Autosuficiencia energética e hídrica:

El hospital debe contar con sistemas que le permitan operar de manera autónoma ante fallas en las redes urbanas. Esto incluye sistemas redundantes de energía y

agua, así como la incorporación de fuentes de energía renovable (solar, eólica) que contribuyan a la continuidad del servicio.

Planificación del Ciclo de Vida Completo:

La resiliencia también contempla la fase de recuperación posterior al desastre. Por ello, el diseño debe facilitar la inspección, mantenimiento y reparación de los sistemas afectados, permitiendo restablecer el funcionamiento pleno del establecimiento en el menor tiempo posible.

6. Conclusiones

La arquitectura hospitalaria del siglo XXI ya no puede concebirse únicamente bajo criterios estéticos o de eficiencia operativa diaria; la resiliencia debe ser un imperativo de diseño fundamental. Esta monografía ha reunido información y análisis de casos que demuestran como el diseño para emergencias y la resiliencia no son opciones, sino pilares de la seguridad sanitaria.

Hemos explorado dos estrategias complementarias. En primer lugar, la respuesta ágil de los Hospitales Modulares y Estructuras Temporales (Sección III), como el caso paradigmático de Wuhan, subraya que la velocidad de despliegue es crítica. Estos diseños, si bien son temporales, deben adherirse a normativas de bioseguridad rigurosas (presión negativa, zonificación de flujos) para ser eficaces.

En segundo lugar, las Estrategias de Diseño Resiliente aplicadas a infraestructuras permanentes (Sección IV) evidencian que la funcionalidad operativa post-desastre depende de la protección no estructural (anclaje, conexiones flexibles) y la redundancia de sistemas vitales. Las lecciones de desastres naturales y crisis sanitarias (Sección V) han confirmado que la falla en la cadena de suministro (oxígeno) o la interrupción de la infraestructura de utilities es la principal causa de inoperatividad, no el colapso estructural.

El estudio de caso, contextualizado regionalmente, nos recuerda que las amenazas específicas (como las inundaciones) deben ser abordadas mediante la planificación territorial y la elevación de equipos críticos. La innovación tecnológica (BIM y telemedicina) emerge, entonces, como una herramienta indispensable para simular amenazas y garantizar la continuidad asistencial digital.

En retrospectiva, el diseño resiliente exige un cambio de paradigma: pasar de la mentalidad de "evitar el colapso" a la de "garantizar la operación ininterrumpida". El futuro de la arquitectura sanitaria se orienta hacia la autosuficiencia (convirtiendo al

hospital en una "isla de servicios" energética e hídricamente independiente) y la flexibilidad total (permitiendo la rápida adaptación de los espacios ante cualquier amenaza, biológica o natural).

La implementación exitosa de estos lineamientos requerirá la integración de arquitectos, ingenieros y planificadores de salud bajo normativas internacionales más estrictas, con el objetivo de garantizar que cada nueva infraestructura sanitaria funcione no solo como espacio de atención, sino también como un verdadero refugio y centro de resiliencia para la comunidad.

7. Bibliografía

_ ArchDaily. (2020). *Una mirada de cerca a los hospitales en China contruidos para controlar la pandemia del COVID-19*. <https://www.archdaily.cl/cl/937687/una-mirada-de-cerca-a-los-hospitales-en-china-construidos-para-controlar-la-pandemia-del-covid-19>

_ Containex. (s.f.). *Ampliaciones de hospital*.
<https://www.containex.com/es/es/posibilidades-de-uso/ampliaciones-de-hospital>

_ IFHE. (2021). *Healthcare design strategies for pandemic resiliency*.

_ Instituto Nacional de Prevención Sísmica. (2012). *Reglamento INPRES-CIRSOC 103: Construcciones sismorresistentes*. INPRES.

_ IRAM. (2019). *Normas IRAM para instalaciones eléctricas y eficiencia energética*. IRAM.

_ International Organization for Standardization. (2015a). *ISO 9001:2015 – Quality management systems*. ISO.

_ International Organization for Standardization. (2015b). *ISO 14001:2015 – Environmental management systems*. ISO.

_ International Organization for Standardization. (2016). *ISO 13485:2016 – Medical devices – Quality management systems*. ISO.

_ KMA Online. (s.f.). *Wie Modulbauweise den Klinikbau revolutioniert*.
<https://www.kma-online.de/aktuelles/management/detail/wie-modulbauweise-den-klinikbau-revolutioniert-50426>

_ Ministerio de Obras Públicas de la Nación. (2020). *Plan federal de infraestructura sanitaria: Hospitales modulares de emergencia*. Buenos Aires.

_ National Fire Protection Association. (2021). *NFPA 101: Life Safety Code*. NFPA.

_ Organización Mundial de la Salud. (2015). *Smart hospitals toolkit*. OMS.

_Organización Panamericana de la Salud. (2010). *Hospitales seguros en situaciones de desastre*. OPS.

_Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Guía para el diseño de establecimientos de salud resilientes*. Washington, D.C.

_PAHO TV. (s.f.). *Cuidados en la salud en las zonas afectadas por los desastres* _ [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=WoAHU_gw08E

_PAHO. (2025, 13 de octubre). *Proteger sistemas de salud para reducir riesgo durante desastres: Llamado a invertir*. <https://www.paho.org/es/noticias/13-10-2025-proteger-sistemas-salud-para-reducir-riesgo-durante-desastres-llamado-invertir>

_Ratti, C., et al. (2020). *CURA: Connected Units for Respiratory Ailments*. Open-source modular design.

_Sphere Association. (2018). *The Sphere handbook: Humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response*. Sphere.