



Capítulo 3

Criterios generales para la selección de un sitio seguro

1. Introducción

La selección de alternativas y de un sitio definitivo para el establecimiento de salud se debe realizar a partir de un estudio de los requerimientos asistenciales de la población y de las características de la red de salud existente, conforme a criterios de políticas de salud, demográficos, geográficos, sociopolíticos y económicos de la institución.

Como antecedentes mínimos para la caracterización del sitio deben incluirse los siguientes aspectos:

- Ubicación y accesibilidad
- Suministro y calidad de servicios esenciales
- Urbanísticos: clima, estética, condiciones circundantes
- Riesgos comunes: ruido, polvo, vibraciones, otros
- Peligros naturales y tecnológicos
- Topográficos y geotécnicos
- Legales
- Económicos

Se deben considerar también en esta selección los objetivos de protección definidos para el establecimiento en tiempo normal y de emergencia, el análisis comparativo de los peligros naturales y tecnológicos presentes en las alternativas, el costo estimado y la factibilidad técnica de implementar los sistemas de protección necesarios, los recursos económicos disponibles y las conclusiones del análisis costo/beneficio de las alternativas, como se ve en los *diagramas 3.1 y 3.2*.

El análisis deberá abarcar no solo el sitio específico de emplazamiento del establecimiento, sino también sus alrededores; se deberá evaluar cómo los fenómenos naturales afectan a la población circundante, a la población de referencia y a la infraestructura, en especial a los servicios vitales, entre ellos, las vías de comunicación, que permiten a un establecimiento de salud cumplir su objetivo.

2. Proceso de la selección de alternativas de ubicación

Variables de la selección del sitio

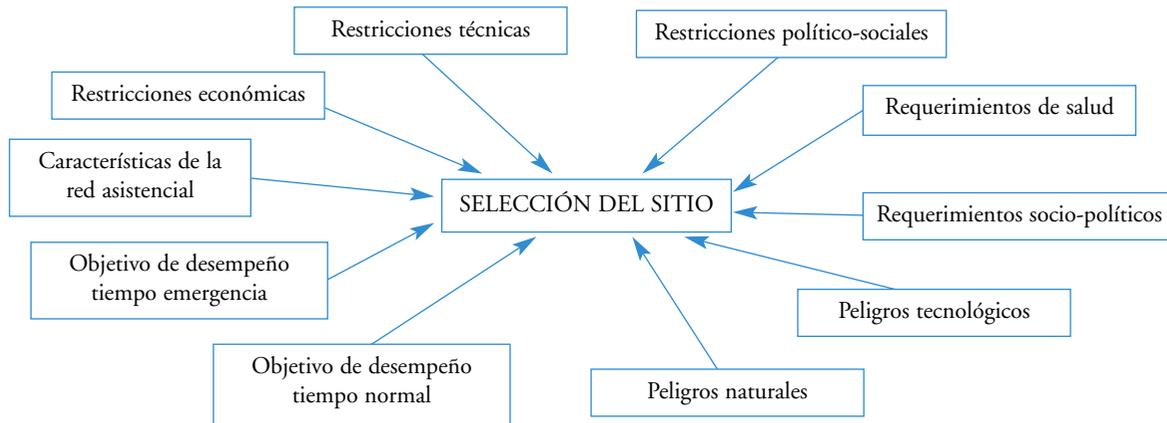
Estas guías no indican formalmente cómo elaborar un ranking de preferencia de las distintas alternativas, sino más bien exponen los criterios y factores relevantes que deben ser considerados en la selección de un sitio adecuado y seguro. Es conveniente que cada institución establezca indicadores cualitativos y cuantitativos que le permitan evaluar y comparar cada una de las alternativas. Estos indicadores pueden tener distinto nivel de complejidad, pero finalmente, deben permitir tomar una decisión donde se establezca claramente la capacidad de cumplir con los objetivos de protección deseados. Si las alternativas preseleccionadas no permiten alcanzar estos objetivos, será necesario modificar los objetivos de protección o buscar nuevas alternativas de ubicación.

La información necesaria para la selección de las alternativas de ubicación en función de los peligros naturales, puede limitarse a información existente contenida en planos de ordenamiento territorial y planes de desarrollo local o regional, reportes técnicos, normativas y reglamentos y opiniones de expertos. Adicionalmente, debe realizarse el reconocimiento en el terreno de cada una de las alternativas y sus alrededores por parte del grupo de evaluación y selección. Si el establecimiento de salud es diseñado para alcanzar un alto objetivo de protección ante la ocurrencia de un fenómeno natural, se deberán ejecutar los estudios detallados requeridos para caracterizar las amenazas. No debe permitirse la selección de un sitio que no cuente con toda la información detallada requerida.

Diagrama 3.1 - Preselección de sitios



Diagrama 3.2 - Selección del sitio



En la selección del sitio deberá considerarse además la cercanía a industrias (plantas químicas, refinerías, centros de procesamiento de productos mineros, etc.), instalaciones militares, rellenos sanitarios, aeropuertos, rutas usadas para el transporte de materiales peligrosos, etc., instalaciones que por sus funciones, por la emisión de agentes tóxicos o por eventuales accidentes en tiempo normal o de emergencia pudieran afectar la seguridad del establecimiento.

Es necesario considerar la posibilidad de modificar el plano regulador local luego de definida la ubicación del establecimiento. De esta forma, se evitará que en el futuro se desarrollen actividades que generen riesgo para el establecimiento de salud y su operación.

Procedimiento para la selección del sitio

La selección del sitio se puede realizar considerando tres etapas y sus correspondientes actividades o subetapas:

Etapas 1: Recolección de los antecedentes.

Etapas 2: Evaluación de las alternativas.

Etapas 3: Selección del sitio.

Etapas 1. Recolección de los antecedentes

Estudios preliminares

Para dar inicio al proyecto, la institución deberá seleccionar al equipo coordinador y a los profesionales necesarios para la preselección y selección del sitio. A la vez, deberá establecer el objetivo de protección y/o el nivel de daño o tiempo de recuperación en caso de emergencia aceptado para la obra.

La institución deberá definir las alternativas para el emplazamiento del servicio. En particular, deberá delimitar las alternativas de interés, definiendo la superficie ocupada por el establecimiento y su área de influencia. La preselección de los sitios deberá efectuarse considerando los aspectos y criterios descritos al inicio de este capítulo.

Una vez seleccionadas las alternativas de ubicación, será necesario estudiar los antecedentes existentes. El objetivo de esta etapa es establecer si estos antecedentes son suficientes o se requiere mayor información para efectuar la calificación, comparación y selección de la alternativa. Entre los antecedentes que requieren estudiarse se encuentran: información general relativa a las áreas de interés, características de los asentamientos humanos y de la infraestructura de la región, normativas y reglamentos existentes, planos de desarrollo regionales y locales, cartografía existente, antecedentes de fenómenos naturales ocurridos en la región, información geotécnica disponible, información obtenida en otros proyectos desarrollados en la zona y opiniones de organismos de gobierno, instituciones profesionales y académicas y otras organizaciones no gubernamentales.

En esta etapa, el equipo de especialistas deberá estimar como alta o baja la intensidad de los fenómenos naturales identificados. Este dato es necesario para definir el nivel de detalle de los estudios requeridos para su caracterización. En caso de no contarse con información suficiente, o existir incertidumbre respecto a la información disponible, los revisores o asesores deberán recomendar la ejecución de los estudios necesarios para la caracterización de las amenazas sobre las alternativas. El nivel de detalle del estudio por desarrollar quedará determinado además por el objetivo de protección considerado para el establecimiento.

El *cuadro 3.1* presenta un resumen de las actividades que se deben desarrollar en esta etapa del proyecto.

Cuadro 3.1 Actividades preliminares

Conformación del equipo profesional (Según capítulo 5)
Definición de los objetivos de protección y nivel de daño esperado
Definición de las alternativas de la ubicación
Delimitación de las zonas de interés
Área ocupada por el establecimiento
Área de influencia del establecimiento
Vías de comunicación
Servicios vitales
Revisión de planos reguladores locales
Estudios preliminares
Asentamientos humanos e infraestructura en la región
Superficie habitada
Servicios
Carreteras y medios de transporte, etc.
Revisión de las normativas y reglamentos existentes
Revisión de los planes de desarrollo regionales
Revisión de la cartografía existente
Revisión de la información general relativa a las áreas de interés
Revisión de los antecedentes de fenómenos naturales ocurridos en la región (deslizamientos y aluviones, vientos, inundaciones, sismos y actividad volcánica)
Recopilación de la información geotécnica preliminar de los sitios
Recopilación de la información obtenida en otros proyectos desarrollados en la zona
Opinión de los organismos de gobierno y ONG
Opinión de los expertos

Etapa 2. Evaluación de las alternativas

El equipo de especialistas deberá evaluar si la información recopilada durante la etapa preliminar, es suficiente para definir el sitio más adecuado para el establecimiento. En caso de ser suficiente, deberá efectuarse el análisis y calificación de las alternativas, conforme se indica más adelante en este mismo capítulo. En caso de no contarse con la información necesaria, el equipo de especialistas deberá ejecutar los estudios necesarios para generar la información que permita caracterizar el sitio (ver anexo 3.1).

Procesamiento de antecedentes

La información recopilada durante los estudios preliminares, o bien la obtenida durante los estudios específicos, deberá procesarse a fin de caracterizar la ubicación. El *cuadro 3.2* resume las principales variables que deben ser cuantificadas para establecer las amenazas de la naturaleza presentes en cada sitio.

Cuadro 3.2 - Cuantificación del riesgo

Cuantificación del riesgo					
Sismo	Nieve	Viento	Deslizamiento aluvión	Inundación	Volcanismo
<u>Dimensión</u> Magnitud Duración Probabilidad de ocurrencia Área afectada	<u>Dimensión</u> Magnitud Duración Probabilidad de ocurrencia Área afectada	<u>Dimensión</u> Magnitud Duración Probabilidad de ocurrencia Área afectada	<u>Dimensión</u> Magnitud Duración Probabilidad de ocurrencia Área afectada	<u>Dimensión</u> Magnitud Duración Probabilidad de ocurrencia Área afectada	<u>Dimensión</u> Magnitud Duración Probabilidad de ocurrencia Área afectada
<u>Caracterización</u> Espectro de diseño Registros sísmicos de verificación Consecuencias geotécnicas directas	<u>Caracterización</u> Carga de diseño Posibilidad de control	<u>Caracterización</u> Velocidad de diseño Posibilidad de control	<u>Caracterización</u> Volumen Altura Velocidad Posibilidad de control	<u>Caracterización</u> Volumen Altura Velocidad Posibilidad de control	<u>Caracterización</u> Volumen Velocidad

Las variables indicadas en este diagrama deberán ser cuantificadas mediante estudios geológicos, geomecánicos, sismológicos, climáticos e hidrológicos.

Deberá procesarse y evaluarse la siguiente información:

- Presencia de condiciones para el **deslizamiento de masas de suelos**: antecedentes históricos, existencia de vegetación, depósitos naturales, pendientes elevadas, planos de estratificación, estratos de suelos de baja cohesión y baja resistencia de corte, materiales en degradación, amenazas de cursos de agua, condiciones de drenaje y permeabilidad, actividad sísmica, condiciones climáticas, intervención humana, etc. Además, deberá evaluarse la estabilidad de los taludes y laderas de la región y dimensionarse el peligro del deslizamiento de las masas de suelo, cuantificando la superficie afectada y el volumen desplazado, la velocidad del deslizamiento, los factores de seguridad frente al deslizamiento y la probabilidad de ocurrencia.
- **Peligro sísmico** del sitio por medio de la caracterización de las fuentes sismogénicas, identificación de fallas activas y caracterización del sismo máximo probable: intensidad

máxima probable, leyes de atenuación, duración del movimiento fuerte, espectro de respuesta lineal, etc. En relación con las características geomecánicas del sitio, deberá evaluarse el potencial de licuefacción y densificación del suelo de fundación y el potencial de deslizamiento de masas del suelo.

- Presencia de **actividad volcánica** en la región. Deberá definirse las probables rutas de avance de los flujos piroclásticos, para descartar su paso por los sitios escogidos para la infraestructura. Asimismo, se deberá estimar el área de influencia de explosiones laterales y emisiones de gases, cenizas y material sólido y particulado que se puedan originar durante la actividad; así como la probabilidad de ocurrencia de aluviones, producto de deshielos. Es importante dimensionar el peligro de volcanismo indicando la superficie que puede ser afectada, la velocidad de los flujos, el grado de toxicidad de los gases, magnitud de los movimientos telúricos asociados, probabilidad de ocurrencia, etc.
- Antecedentes referidos a la probabilidad de inundación por **tsunami**, originado por actividad sísmica o actividad volcánica de origen submarino.
- Antecedentes relativos a las **condiciones meteorológicas e hidrológicas** del sitio, a fin de evaluar los riesgos de inundaciones, aluviones y huracanes. Deberá recopilarse información correspondiente que sea representativa de las características del sitio. También es necesario estudiar los regímenes de precipitaciones históricas y las principales características del clima de la región (oscilaciones térmicas, ubicación de la línea de nieves, distribución espacial y temporal de las precipitaciones, etc.). Asimismo es importante evaluar el peligro que constituyen los cursos de agua, lagos y embalses en las cercanías del lugar, identificando nivel de crecidas históricas, zonas de desbordes, población afectada, altura de inundación, etc., así como las intensidades de lluvia asociadas a la ocurrencia de estos fenómenos. Deberán estudiarse además las características de los regímenes de escurrimientos superficiales y las condiciones de permeabilidad y uso del suelo.
- Características de las **ráfagas de viento** en la región, evaluando antecedentes históricos y determinando al menos intensidad, dirección y distribución en altura de las ráfagas probables.
- **Topografía del lugar** para descartar que el sitio corresponda a una zona baja, **susceptible de inundación**, y para descartar la presencia de condiciones morfológicas que incidan en la formación de turbulencias.
- La seguridad del sitio específico en cuanto a sus características **geotécnicas**: capacidad soportante y estabilidad ante distintas demandas. En especial deben evitarse sitios con potencial de licuefacción, colapsables o con asentamientos importantes.

En el *anexo 3.1* se presenta el resumen de algunos de los estudios requeridos para la caracterización de amenazas y las variables que deben identificarse para cuantificar el peligro en cada alternativa.

Factibilidad técnica y económica de la protección

Para cada amenaza de la naturaleza, se deberá evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar sistemas de protección global de la estructura, por medio de la ejecución de obras anexas, como las que se indican a continuación:

- Como alternativa de protección contra **deslizamientos de masas de suelos** se deberá evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar sistemas de contención de taludes y laderas, aumentar la resistencia del suelo por medio de geotextiles, recurrir al abatimiento de masas de suelo inestables, reforestar, efectuar la limpieza de cursos de agua que en caso de desbordar puedan socavar masas de suelos, construcción de terrazas aluvionales, implementar sistemas de monitoreo permanente y sistemas de alerta, etc.
- Para la protección contra **ráfagas de viento** se deberá evaluar la factibilidad técnica y económica de desarrollar especificaciones técnicas para un detallamiento adecuado e implementación de tales disposiciones, reforestar, etc.
- Como estrategia de protección global contra **inundaciones** se deberá evaluar la factibilidad técnica y económica de construir barreras de protección en los puntos críticos del flujo, construir gaviones a lo largo del flujo, efectuar la limpieza y/o canalización de los cursos de agua, construir canales de drenaje, revisar y mejorar los sistemas de recolección de aguas lluvia, etc.
- Para efectuar la protección **sísmica** se deberá evaluar la factibilidad técnica y económica de desarrollar especificaciones técnicas para un detallamiento sísmico adecuado e implementar tales disposiciones.
- Contra amenazas de **volcanismo** se deberá evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar sistemas de monitoreo permanente y sistemas de alerta.

En el anexo 3.2 se presenta el resumen de algunas alternativas que pueden ser utilizadas para la protección global de la estructura contra las amenazas de la naturaleza descritas en este documento.

Impacto de las amenazas en el área de estudio

Para cada amenaza deberá evaluarse sus impactos sobre la población atendida, servicios vitales, dependencias anexas y accesos a los servicios de salud. Se deberá evaluar además el impacto que tendrá el fenómeno sobre la red asistencial de salud de la región, y cuando corresponda, del país. Esta evaluación no solo debe estar asociada a la infraestructura de la red, sino también a sus aspectos de salud, económicos y políticos. En muchas ocasiones, si bien el daño a la infraestructura de salud puede ser manejado desde un punto de vista técnico, el impacto político y social del daño puede ser devastador.

Etapa 3. Selección del sitio

Selección de la mejor alternativa

La información recopilada deberá procesarse para escoger el sitio de emplazamiento más seguro y conveniente para el establecimiento. En este proceso es importante incluir la caracterización de las condiciones y el nivel de peligro sobre las alternativas de emplazamiento, la evaluación de la factibilidad técnica y de los costos potenciales de la estructura, la evaluación del impacto de las amenazas, el estudio comparativo de los costos y beneficios de las alternativas y la selección de la ubicación definitiva de la estructura.

En algunas circunstancias no es posible cumplir con el objetivo de protección deseado, debido a las condiciones extremas en que se ubica la población a la que se desea prestar la atención. Ante la inexistencia de una localización segura, de acuerdo con los estándares de protección, se deben buscar alternativas como son:

- Dividir las funciones del establecimiento, de manera que se desarrollen en distintas ubicaciones, distantes entre sí.
- Proveer de establecimientos móviles o temporales en las zonas de interés.
- Generar sistemas de referencia adecuados para que la población se traslade a establecimientos en otras zonas.

Estas alternativas permiten distribuir o disminuir el riesgo, sin embargo, incrementa los costos y dificulta la operación deseada, pero pueden ser las únicas razonables.

Elaboración del documento resumen

La información obtenida en la etapa preliminar, durante los estudios de detalle y durante el proceso de selección de la alternativa definitiva, deberá resumirse en un documento que debe incluir como mínimo los siguientes contenidos:

- Presentación de los motivos para la selección de la alternativa.
- Descripción de condiciones y beneficios para el sistema.
- Descripción de los peligros en el sitio de emplazamiento escogido.
- Causas precursoras de los peligros identificados.
- Caracterización de los peligros identificados.
- Recomendaciones del diseño para la infraestructura incluyendo tiempo de independencia de los servicios básicos (agua, electricidad, etc.).
- Recomendaciones del diseño y protección del área de influencia.
- Objetivo de protección para el centro de salud.

3. Evaluación de la seguridad del sitio

El formulario *Selección del sitio*, que se presenta en el *Anexo 3.3*, servirá de apoyo a los grupos de trabajo en la selección de un sitio de emplazamiento seguro para el establecimiento.

Referencias bibliográficas

- ASCE 7-98, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, 1998.
- Centro Colaborador OPS/OMS en Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud, *Bases Metodológicas: Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Estructuradas con Pórticos de Hormigón Armado, Evaluación de Elementos Arquitectónicos y Evaluación de Equipamiento*, Universidad de Chile, 2000.
- FEMA 55: *Coastal Construction Manual*, Federal Emergency Management Agency, Washington, 1996.
- Hallent, B., *Photogrammetry, Basic Principles and General Survey*, McGraw-Hill, 1960.
- Key, D., *Structures to Withstand Disasters*, Ed. Thomas Telford, London, 1995.
- Kuroiwa, J., *Reducción de Desastres: Viviendo en Armonía con la Naturaleza*, Lima, 2002.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, *Planificación de Asentamientos Humanos en Zonas Propensas a Desastres*, Chile, 1982.
- Organización Panamericana de la Salud, *Manual para la Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable*, 2001.
- Organización Panamericana de la Salud, *Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*, Guías para el Análisis de Vulnerabilidad, 2000.
- Pan-American Health Organization, *Disaster Mitigation for Health Facilities*, Guidelines for Vulnerability Appraisal and Reduction in the Caribbean, 2000.
- Simiu, E., *Wind Effects on Structures: an Introduction to Wind Engineering*, John Wiley & Sons, 1978.
- Taype , V., *Aplicación de Mapas Geodinámicos en la Prevención de Desastres Naturales*, Memorias 4to Simposium Nacional de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales, Lima, CISMID, 1990.

Anexo 3.1: Resumen de algunos estudios requeridos para la caracterización de las amenazas

Los alcances de los estudios requeridos para caracterizar las amenazas de la naturaleza dependen en gran medida de las condiciones locales de cada región. Sin embargo, y a manera de referencia, se presentan algunos de los estudios que se requieren para caracterizar las amenazas de la naturaleza consideradas en estas guías.

Evaluación del peligro del deslizamiento de tierra
Evaluación de la existencia de condiciones para el deslizamiento
Antecedentes históricos
Vegetación
Condiciones geológicas
Condiciones topográficas
Condiciones geomecánicas
Amenazas de cursos de agua
Amenaza sísmica
Intervención humana
Evaluación de la estabilidad de taludes
Evaluación preliminar y detallada
Dimensionamiento del peligro del deslizamiento de masas de suelo
Superficie afectada y volumen desplazado
Velocidad del deslizamiento
Factores de seguridad al deslizamiento
Probabilidad de ocurrencia
Elaboración de mapas del peligro del deslizamiento (microzonificación)

Evaluación del peligro de aluvión
Evaluación de la existencia de condiciones para aluviones
Antecedentes históricos
Condiciones meteorológicas
Vegetación
Condiciones geológicas
Condiciones topográficas
Condiciones geomecánicas
Condiciones de drenaje y permeabilidad
Intervención humana
Dimensionamiento del peligro del aluvión
Superficie afectada y volumen del material desplazado
Velocidad del aluvión
Probabilidades de ocurrencia
Elaboración de mapas de peligros de aluviones (microzonificación)

Evaluación del peligro por el viento
Evaluación de la existencia de condiciones para ráfagas de viento
Antecedentes históricos
Condiciones meteorológicas
Condiciones topográficas
Dimensionamiento del peligro por el viento
Velocidad de las ráfagas y otros parámetros de demanda
Probabilidad de ocurrencia
Elaboración de mapas de velocidades del viento (microzonificación)

Evaluación del peligro de inundación
Evaluación de la existencia de condiciones para inundaciones
Antecedentes históricos
Condiciones meteorológicas
Existencia de cursos de agua en la zona
Condiciones topográficas (zonas bajas)
Condiciones de permeabilidad y uso del suelo
Riesgo de inundación por tsunami
Intervención humana
Identificación de puntos críticos
Identificación de puntos críticos de desbordes durante crecidas
Dimensionamiento del peligro de inundación
Superficie afectada
Altura de la inundación
Velocidad del flujo y otros parámetros de demanda
Probabilidad de ocurrencia
Elaboración de mapas del peligro de inundación (microzonificación)

Evaluación del peligro sísmico
Caracterización de las fuentes sismogénicas
Establecimiento de las relaciones frecuencia-magnitud
Estimación del sismo máximo probable
Estimación del peligro sísmico
Estimación del movimiento fuerte en términos probabilísticos o determinísticos
Definición de una o más leyes de atenuación
Estimación de la duración del movimiento fuerte
Estimación del período predominante del movimiento fuerte
Dimensionamiento del peligro sísmico
Espectro de respuesta, registros y otros parámetros de demanda
Potencial colapso del suelo de fundación
Deslizamiento de masas del suelo (Véase sección referente a deslizamientos)
Probabilidad de tsunami (Véase sección referente a inundaciones)
Elaboración de mapas resumen de peligro sísmico sobre las alternativas

Evaluación del peligro de volcanismo	
Evaluación de posibilidad de actividad volcánica	
Posibilidad de explosiones laterales	
Posibilidad del paso de flujos piroclásticos	
Posibilidad del paso de flujos de lava	
Posibilidad de deslizamientos de masas de suelo	
Posibilidad de aluvión	
Posibilidad de contaminación por gases y cenizas	
Posibilidad de emanación de material sólido y particulado	
Posibilidad de inundación por tsunami	
Dimensionamiento del peligro de volcanismo	
Superficie afectada (área de influencia de la acción volcánica)	
Velocidad de los flujos	
Grado de toxicidad de los gases emanados	
Magnitud de movimientos telúricos asociados	
Caracterización de demandas derivadas (derrumbre, inundación, etc.)	
Probabilidad de ocurrencia	
Elaboración de mapas de peligro de volcanismo (microzonificación)	

Anexo 3.2: Resumen de las alternativas para la protección global de la estructura

El siguiente cuadro presenta, a modo de ejemplo, algunas de las alternativas que pueden utilizarse para la protección global de la estructura.

Alternativas para la protección global de la estructura
Estrategias de protección contra deslizamientos de tierra y aluviones
Contención de taludes y laderas
Incremento de la resistencia del suelo por medio de geotextiles
Abatimiento de masas inestables
Reforestación
Limpieza de los cursos naturales del agua y canalización
Construcción de canales de drenaje
Construcción de terrazas aluvionales
Monitoreo permanente (instrumentación) y sistema de alerta
Otro
Estrategias de protección contra ráfagas de viento
Desarrollar especificaciones técnicas para detallamiento
Reforestación
Monitoreo permanente de las condiciones meteorológicas y sistema de alerta
Otro
Estrategias de protección contra inundaciones
Construcción de barreras de protección en puntos críticos del flujo
Construcción de gaviones a lo largo del flujo
Limpieza de los cursos naturales del agua y canalización
Construcción de canales de drenaje
Revisión y mejoramiento del sistema de recolección de aguas lluvia
Refuerzo adecuado del sistema estructural
Otro
Estrategias de protección sísmica
Mejoramiento de condiciones geotécnicas
Otro
Estrategias de protección contra la actividad volcánica
Monitoreo permanente y sistema de alerta
Otro

Anexo 3.3

Formulario: Selección del sitio

Selección del sitio¹

Información general del establecimiento de salud

Nombre del centro:

Servicio de salud:

Alternativa de ubicación:

Amenazas de la naturaleza presentes en la alternativa:

Amenaza	Información disponible		Nivel de peligro		Estudio requerido	
	Suficiente	Insuficiente	Alto	Bajo	Detallado	Básico
Deslizamiento de masas de suelo						
Sismo						
Volcanismo						
Inundación						
Huracán						

Especialistas requeridos para los estudios de amenazas:

Urbanistas	
Topógrafos	
Geólogos	
Mecánicos de suelos	
Meteorólogos	
Hidrólogos	

Ing. hidráulicos	
Sismólogos	
Ing. viento / Esp. hidrodinámica	
Ing. sísmicos	
Ing. estructurales	
Volcanólogos	

Otros aspectos por considerar en la selección del sitio:

Cercanía a:	Sí	No
Industrias		
Plantas químicas		
Refinerías		
Centros de procesamiento		
Instalaciones militares		

	Sí	No
Rellenos sanitarios		
Aeropuertos		
Rutas de transporte		
Gasolineras		
Otro		

Características de las amenazas ²

Deslizamiento de tierra

Superficie afectada y volumen desplazado:

Velocidad del deslizamiento:

Factores de seguridad al deslizamiento:

Probabilidad de ocurrencia:

Posibilidad de control: Sí No

Continúa →

Formulario Selección del sitio¹ (continuación)

Aluviones

Superficie afectada y volumen desplazado:

Velocidad del deslizamiento:

Probabilidad de ocurrencia:

Posibilidad de control: Sí No

Características de las amenazas²

Viento fuerte

Probabilidad de ocurrencia:

Posibilidad de control: Sí No

Inundación

Superficie afectada:

Altura de la inundación:

Velocidad del flujo:

Probabilidad de ocurrencia:

Sismo

Espectro de diseño

Consecuencias geotécnicas directas:

(Descripción)

Otro

(Descripción)

Posibilidad de control: Sí No

Costos aproximados para implementar sistemas de protección (US\$):

Deslizamiento	-----	+
Sismo	-----	+
Volcanismo	-----	+
Inundación	-----	+
Viento fuerte	-----	+
Otros	-----	+
Total	-----	=

- Notas: 1 Se deberá completar un cuadro similar por cada alternativa de emplazamiento considerada. Este cuadro complementa la selección del sitio desde el punto de vista sanitario, urbanístico, accesibilidad, servicios básicos, topográficos, geotécnicos, legales y económicos.
- 2 El equipo de especialistas a cargo de la evaluación de las amenazas deberá informar al director y al equipo coordinador las características de los fenómenos naturales que pueden afectar la alternativa.



USO COMPLETO DA LÍNEA DE ATENDIMENTO
ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA EQUIPAMIENTO LABORATORIO
ACIONAL SANTA TERESA

Capítulo 4

Diseño y construcción del proyecto

1. Introducción

Luego de la correcta selección de un sitio, el aspecto más importante es la concepción y desarrollo de un proyecto de diseño de infraestructura que provea un nivel de seguridad acorde con el objetivo de protección definido para el establecimiento. Los sistemas de protección que se consideren deberán ser factibles de construir y susceptibles de un mantenimiento efectivo. Un mal diseño generará restricciones en las demás etapas del proyecto que podrán dificultar o imposibilitar el cumplimiento del objetivo de protección establecido.

El nivel de daño aceptado para la infraestructura, en sus componentes estructurales y no estructurales, guarda directa relación con el tiempo y los costos de recuperación deseados por la institución para los distintos niveles de amenaza. El *cuadro 4.1* permite unificar criterios respecto a los niveles de daños aceptados en componentes, en función del tiempo de recuperación para distintos niveles de amenaza. Si bien no es posible garantizar los tiempos de recuperación, es necesario tener conciencia de que ésta es una necesidad real de la institución y debe ser abordada de la forma más efectiva posible.

Cuadro 4.1 Niveles de daños aceptados en los componentes

Tiempo de recuperación	Intensidad de la amenaza		Nivel de daño aceptado	
	Máxima creíble deseable	Mínimo recomendado	Componentes estructurales	Componentes no estructurales
Inmediato (horas)			Menor	Menor
Corto (semanas)			Menor-moderado	Menor-moderado
Moderado (meses)			Moderado	Moderado
Largo (más de 1 año)			Moderado-severo	Severo
Muy largo (nunca)			Severo	No considerado

El proceso de un proyecto consta de siete etapas claramente diferenciables:

- Desarrollo de un programa médico arquitectónico (PMA)
- Selección del grupo que desarrollará el anteproyecto
- Desarrollo del anteproyecto
- Selección del grupo de diseño
- Desarrollo del diseño
- Selección del grupo de construcción
- Desarrollo de la construcción

Para la ejecución de estas etapas es requisito importante la correcta identificación de los tres actores básicos:

- La institución solicitante, que establece los objetivos y requisitos.
- El grupo ejecutor, que desarrolla las distintas actividades de cada etapa.
- El grupo revisor, que asegura la calidad de acuerdo con los objetivos del proyecto y las necesidades de la institución solicitante.

En el *capítulo 5* se establecen los grupos profesionales y sus requisitos. Dentro de la estrategia de aseguramiento de calidad del sistema es importante resaltar el rol que debe tener el grupo revisor para garantizar el objetivo de protección propuesto. Este grupo deberá establecer una coordinación adecuada para evaluar el desarrollo del proyecto y la incorporación de las medidas de protección. En cada etapa del diseño este grupo deberá evaluar, para cada servicio, si se ha cumplido con el objetivo de protección establecido.

2. Etapas del diseño y construcción del establecimiento

Etapa 1. Desarrollo de un programa médico arquitectónico (PMA)

El proceso de diseño se inicia a partir de un programa médico arquitectónico (PMA), definido por la institución solicitante, en el cual se establecen los servicios y espacios físicos para el establecimiento de salud. Este programa típicamente indica todos los servicios y áreas funcionales y las dimensiones deseadas en metros cuadrados.

Etapa 2. Selección del grupo que desarrollará el anteproyecto

En esta etapa se establecen los requisitos que deberán cumplir los especialistas que desarrollarán el anteproyecto. En el *capítulo 5* se presentan los requisitos que debe satisfacer este grupo.

Etapa 3. Desarrollo del anteproyecto

A partir del programa médico arquitectónico se elabora un anteproyecto en el cual se define cómo se organizarán los servicios y los espacios. Durante este proceso se define la forma y funcionamiento del establecimiento de salud.

Dependiendo de las amenazas a las que esté sujeto el establecimiento de salud, será necesario escoger formas y sistemas de protección efectivos para la infraestructura. Por ejemplo, para zonas en que predominan los sismos, la edificación debe ser regular tanto en planta como en altura y deben privilegiarse sistemas que no presenten cambios bruscos del sistema estructural. Adicionalmente, es conveniente en esta etapa establecer si existirán restricciones en la forma y distribución asociadas al sistema de protección de la estructura. Por ejemplo, si se utiliza un aislamiento sísmico basal, se requiere una superficie horizontal de discontinuidad en toda la planta y áreas perimetrales para acomodar los desplazamientos. Esta situación fuerza a formas especiales que deben considerarse en esta etapa. De igual manera, en zonas de vientos fuertes la geometría del techo y los cierres verticales toman gran relevancia. En zonas de inundación, los requerimientos pueden obligar a utilizar rellenos sobre el nivel de referencia que normalmente no se considerarían⁵.

Habitualmente existirá más de un anteproyecto por cada establecimiento de salud. La selección del anteproyecto definitivo dependerá, además de los aspectos funcionales y estéticos, de cómo se consideraron las amenazas regionales y locales, y de las soluciones consideradas para garantizar los objetivos de protección establecidos para el proyecto. Entre las variables que deben considerarse en esta evaluación, en relación al objetivo de protección, se encuentran:

- Formas en que la amenaza afecta al establecimiento.
- Formas en que el anteproyecto considera los efectos de las distintas amenazas.
- Ubicación.
- Geometría.
- Sistema estructural, nivel y forma de protección.
- Servicios y dependencias del exterior.
- Elementos especiales de protección previstos.
- Consideraciones especiales del diseño.
- Garantías de cumplimiento de los objetivos de protección.

Debido a que en la etapa del anteproyecto se evalúa y conjuga la correcta interpretación y ejecución de una forma y solución a los requerimientos del PMA (considerando las amenazas), es imprescindible que el grupo ejecutor tenga la experiencia suficiente para la ejecución de los mismos.

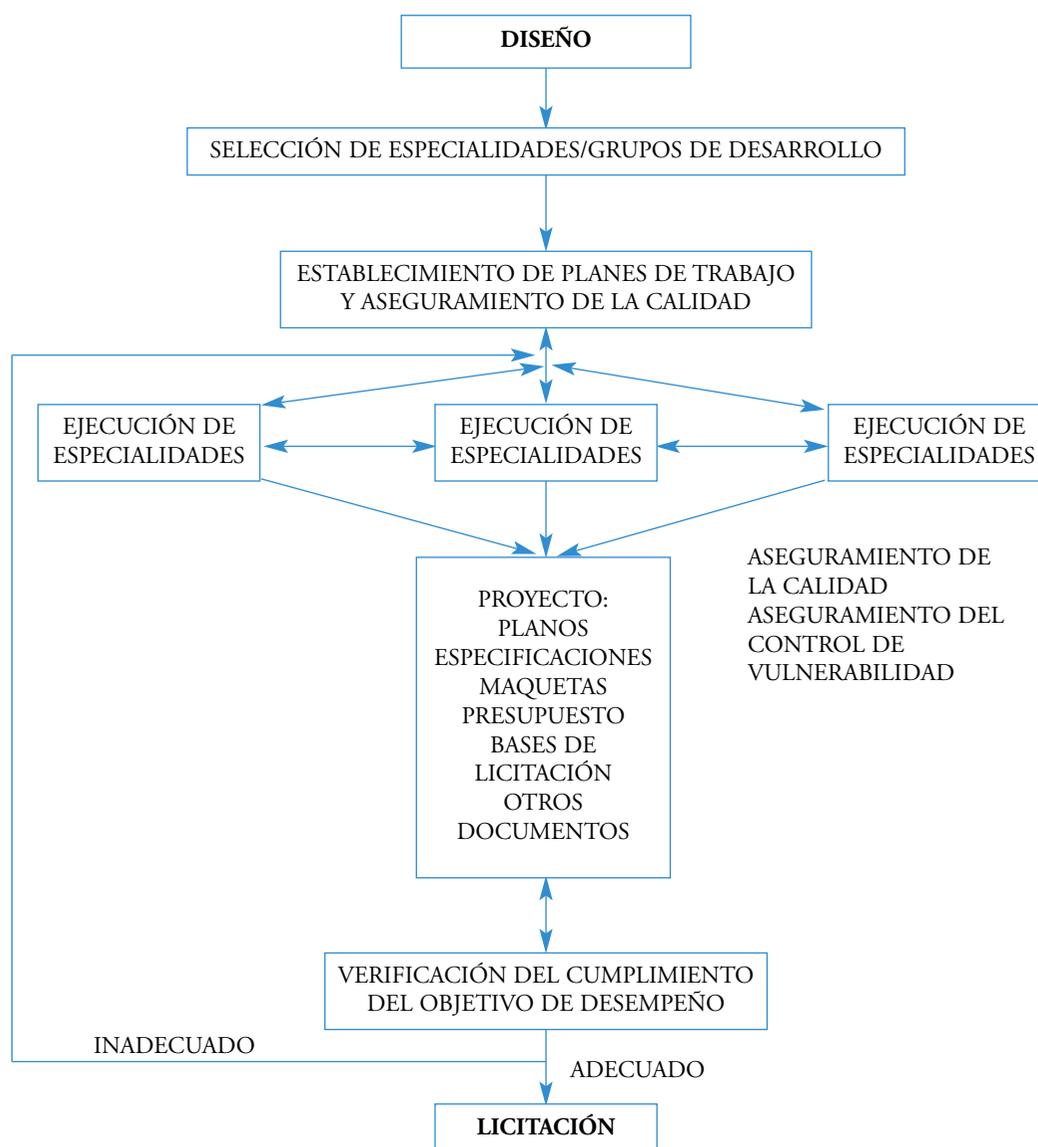
5 En los documentos *Fundamentos para la mitigación de desastres naturales en establecimientos de salud*, Organización Panamericana de la Salud, 2000, *Disaster Mitigation for Health Facilities, Guidelines for Vulnerability Appraisal and reduction in the Caribbean* Pan American Health Organization, 2000 y *FEMA 55: Coastal Construction Manual* (Federal Emergency Management Agency, 1996) se presentan recomendaciones básicas de forma que son requeridas para las distintas amenazas.

Etapa 4. Selección del grupo de diseño

En esta etapa se establecen los requisitos que deberán cumplir los especialistas que desarrollarán el proyecto definitivo. Se seleccionan los grupos de trabajo. En el *capítulo 5* se presentan los requisitos que debe satisfacer el grupo de diseño.

Etapa 5. Desarrollo del diseño

En esta etapa se desarrollan los estudios de detalle que concluyen en un proyecto: maquetas, planos de detalle, especificaciones técnicas, presupuesto y documentos de licitación. En el siguiente diagrama se resumen los pasos necesarios.



Debido a la complejidad de un establecimiento de salud, en esta etapa participa un gran número de profesionales agrupados en distintas especialidades, como las indicadas en el capítulo 5, *cuadro 5.3*. El desarrollo del proyecto se realiza mediante la integración de todas las especialidades en cada recinto, y por tanto, la coordinación es indispensable. Cada especialidad estará encargada de desarrollar un proyecto específico: estructura, climatización, servicios, etc. Todas estas actividades requieren coordinarse, y por tanto, se deben establecer claramente los procedimientos para el desarrollo y generación de la información. La coordinación apropiada es la clave para el éxito de esta etapa.

Desde el punto de vista del control de la vulnerabilidad y del cumplimiento del objetivo de protección ante amenazas naturales, los coordinadores del grupo ejecutor de diseño deberán informar a cada especialidad los requerimientos funcionales y de protección establecidos para el establecimiento y sus servicios. Cada especialidad deberá elaborar un documento que establezca claramente cómo alcanzará estos objetivos, y en especial, cuáles son sus requerimientos y restricciones en relación a las otras especialidades para cumplir este objetivo.

El criterio de seguridad considerado en cada recinto debe ser común y debe estar previamente establecida la forma en que éste se alcanzará. Los sistemas de protección que se vayan a incorporar deben quedar reflejados en documentos, con los detalles físicos del sistema por construir: especificaciones técnicas y planos.

Para establecer la seguridad de la infraestructura suele efectuarse la clasificación de los componentes en dos grupos: la estructura y los elementos no estructurales. Generalmente, en el grupo de diseño de la estructura participan dos especialidades: la ingeniería estructural y la arquitectura. En los elementos no estructurales participan todas las especialidades.

Diseño de la estructura

Características del diseño estructural

El sistema estructural que se considere para el establecimiento deberá ser adecuado para alcanzar los objetivos de protección definidos para el establecimiento y sus servicios. La especialidad de ingeniería estructural será la encargada de proveer la seguridad de la estructura. Cuando el objetivo de protección del establecimiento y de sus servicios sea la protección de la infraestructura y operación, la especialidad deberá proveer un sistema estructural que no solo vele por la seguridad de la estructura, sino también por la de los elementos no estructurales y por la organización interna del establecimiento. Dentro de este concepto, la estructura no solo debe proteger, sino que debe permitir desarrollar los procedimientos de protección de los sistemas no estructurales. Por este motivo, el sistema estructural utilizado deberá ser aprobado por todas las especialidades.

En la actualidad existen sistemas estructurales distintos a los tradicionales que proporcionan varios niveles de seguridad, tanto a la estructura como a los elementos no estructurales. Por ejemplo, en el caso de demanda sísmica ha resultado exitoso en hospitales el uso de aislamiento sísmi-

co basal, que consiste en establecer una interfaz entre la fundación y la estructura con elementos elastoméricos o friccionales que simulan un sistema de suspensión de un automóvil. Este sistema permite que la energía sísmica no ingrese o se disipe, reduciendo considerablemente los efectos sobre la estructura y los elementos no estructurales.

El sistema estructural y sus componentes deben ser diseñados para resistir las solicitaciones permanentes y eventuales que pueden afectar una estructura, entre las que se incluyen peso propio, sobrecargas de uso, sismos, ráfagas de viento, cargas de nieve y cenizas, temperatura, empujes de tierra y agua, asentamientos totales y diferenciales de fundaciones, etc.; todas ellas definidas y reguladas en normas de diseño.

En términos generales, el diseño deberá considerar los detalles estructurales adecuados, de forma que para cada nivel y tipo de amenaza el comportamiento del sistema permita cumplir con el objetivo de protección. Es importante incorporar en el diseño los sistemas necesarios para que en caso de ocurrir daños y pérdidas de operación, el servicio pueda ser recuperado en un plazo preestablecido. Debido al tipo de materiales usados en la construcción, es necesario reconocer que siempre se presentarán daños, de grado o niveles distintos. Por ejemplo, los daños en edificaciones construidas con hormigón reforzado se pueden presentar como fisuración, agrietamiento y pérdida parcial o total del material. En ningún caso se deben aceptar situaciones que pongan en riesgo la vida de los usuarios y del personal. Adicionalmente, deben evitarse situaciones que generen pánico en el personal y la evacuación de las instalaciones cuando técnicamente no sea necesaria.

Información proporcionada por la especialidad en estructuras

El especialista de estructuras deberá solicitar y luego proporcionar la información requerida por las restantes especialidades para el diseño de equipos, sistemas y otros componentes no estructurales. Entre la información que se debe intercambiar, se encuentran desplazamientos de entrepiso, fuerzas en los puntos de apoyo, aceleraciones en cada nivel de la estructura y otros especificados por las restantes disciplinas.

El equipo revisor deberá velar por la correcta incorporación de la información de las propiedades en el diseño de todas las especialidades.

Evaluación de la seguridad del sistema estructural

El especialista encargado del diseño estructural del establecimiento deberá garantizar y certificar el cumplimiento de los objetivos de protección establecidos por la institución.

Diseño de los componentes no estructurales

Características del diseño de los componentes no estructurales

Un elemento no estructural corresponde a un componente que sin formar parte del sistema resistente de la estructura, es fundamental para el correcto desarrollo de la operación del establecimiento. En el caso de hospitales, cerca del 80% del costo total de la instalación corresponde a componentes no estructurales, entre los que se encuentran elementos arquitectónicos, equipamiento médico y de laboratorio, equipamiento de oficina, equipamiento industrial eléctrico y mecánico, líneas de distribución e instalaciones básicas (*cuadro 4.2*).

Cuadro 4.2 Componentes no estructurales típicos que requieren protección

Arquitectónicos	Equipos y mobiliario	Instalaciones básicas
Divisiones y tabiques interiores	Equipo médico	Gases médicos
Fachadas	Equipo industrial	Gas industrial
Cielos falsos	Equipo de oficina	Electricidad
Elementos de cubierta	Mobiliario	Comunicaciones
Cornisas	Contenido	Vacío
Terrazas	Suministros	Agua potable y servidas
Chimeneas		Agua industrial
Recubrimientos		Control del clima
Vidrios		Vapor
Apéndices		Tuberías y ductos en general
Techos		
Antenas		

Fuente: Boroschek, R. y Astroza, M. *Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud: Aspectos No Estructurales*, Organización Panamericana de la Salud, 2000.

Los efectos de los daños en los componentes no estructurales pueden ser de diferente tipo. Por una parte, daños en equipos médicos o daños en las líneas vitales que abastecen servicios médicos y de apoyo pueden redundar en pérdidas de vidas humanas y/o en la pérdida de la capacidad de operación del establecimiento. Por otra, daños parciales o totales en componentes, equipos y sistemas pueden tener altos costos de reparación y reemplazo.

También son importantes los efectos secundarios de los daños: caída de escombros en corredores y vías de escapes, incendios y explosiones, filtraciones de las redes de agua potable y alcantarillado, etc. Es importante señalar que un nivel de daño menor es suficiente para que la asepsia de los

recintos se afecte, poniendo en riesgo la salud de los pacientes críticos. Un daño mayor sobre sistemas, componentes o equipos que contienen materiales dañinos o peligrosos puede obligar al desalojo de algunas zonas del establecimiento, con la consecuente pérdida de operación.

Los componentes no estructurales deberán presentar un nivel de protección acorde con el objetivo de protección definido para el servicio médico o de apoyo en que se encuentran o con los cuales se encuentran directa o indirectamente relacionados. Cada especialista será responsable del diseño de los sistemas de protección requeridos por los componentes de su competencia, y de certificar, utilizando los procedimientos descritos en el *anexo 4.1 Evaluación de la seguridad de los componentes no estructurales*, el cumplimiento de los objetivos de protección definidos por la institución solicitante.

El grupo revisor del proyecto velará por la integración y compatibilidad de los proyectos que desarrollan las distintas disciplinas y gestionará las reuniones de coordinación entre especialidades. Además, este grupo estará encargado de garantizar que cada especialidad cuente, de manera oportuna, con la información actualizada del proyecto.

La protección de los sistemas no estructurales debe seguir una secuencia lógica: seguridad interna, definición de los requisitos de apoyo y anclaje en los elementos externos (mobiliario, tabiquerías, cielos rasos, suministros, otros) y seguridad de la estructura. En el siguiente cuadro se resumen las principales formas de protección de los componentes no estructurales:

Cuadro 4.3 Formas principales de protección

Componente no estructural por proteger	Protección se logra a través de:		
	Estructura	Arquitectura	Mobiliario
Arquitectura	✓		
Equipamiento industrial	✓		
Equipamiento médico y de laboratorio	✓	✓	✓
Sistemas distribuidos	✓	✓	

Evaluación de la seguridad de los componentes no estructurales

Los componentes no estructurales deberán contar con sistemas que garanticen el cumplimiento de los objetivos establecidos en el proyecto. La evaluación de su cumplimiento, para los distintos escenarios, puede desarrollarse de varias maneras, pero las más comunes son por modelación matemática o por certificaciones efectuadas por el proveedor del componente o sistema.

En el caso de efectuar la evaluación de la seguridad del sistema por medio de análisis y/o modelación matemática, deberá elaborarse una detallada memoria de cálculo que incluya la siguiente información: identificación del especialista; clasificación del sistema, equipo o componente; nivel

del objetivo de protección del establecimiento, del servicio donde se encuentra y del sistema, equipo o componente; descripción general del establecimiento; listado de normas, códigos y referencias consideradas en el análisis; tipo de comportamiento que determina la respuesta del sistema (seguridad interna, elemento de apoyo o anclaje, arriostre, estabilidad al vuelco o deslizamiento, deformación, resistencia, nivel de daño esperado, interacción con otros elementos, dependencia de otros elementos, etc.); descripción del sistema, equipo o componente (descripción general, peso, geometría, materiales, sistemas de apoyo, planos o croquis de detalles, certificaciones de seguridad interna emitidas por el proveedor o fabricante, antecedentes de comportamiento en eventos anteriores, descripción de los sistemas de protección incorporados, etc.); características en operación de los equipos, elementos de arriostre, sistemas de anclaje, elementos de apoyo; demanda considerada en el análisis; descripción del método de análisis considerado; principales resultados del análisis efectuado (esfuerzos internos, factores de utilización, deformaciones, estabilidad, etc.); verificación de interacción con otros elementos y certificación del cumplimiento de los objetivos de desempeño, entre otros.

Si la evaluación de la seguridad del sistema, equipo o componente se efectúa por medio de certificación del proveedor o fabricante, podrán aceptarse dos modalidades. La primera modalidad corresponde a una certificación mediante análisis, que deberá ser acompañada por una memoria de cálculo con los contenidos señalados en el párrafo anterior. La segunda, corresponde a una certificación experimental. En este caso, deberá presentarse un documento en el que se identifique el laboratorio donde se efectuaron los ensayos, normas de referencia consideradas y descripción de los procedimientos de ensayo, demanda aplicada y resultados, requisitos para cumplir con la certificación (condiciones de uso y operación, condiciones de montaje, etc.), conformidad con las normas especificadas en los contratos y descripción de limitaciones y aplicabilidad de la certificación.

El *anexo 4.1* resume las características de los procedimientos que se deben desarrollar al interior de cada disciplina para la evaluación de los sistemas de seguridad implementados.

La etapa de diseño finaliza con la elaboración definitiva de planos, especificaciones técnicas, maquetas, presupuestos de referencia y documentos de licitación. En esta etapa tanto el grupo ejecutor del diseño como el grupo revisor del proyecto deberán entregar un documento que certifique el cumplimiento del objetivo de protección.

Etapa 6. Selección del grupo de construcción

La selección de las empresas que participarán en la etapa de construcción se deberá efectuar de acuerdo con normativas que garanticen la calidad y seguridad deseada para el proyecto. En el *capítulo 5* se presentan requisitos que deben satisfacer las empresas y grupos especializados postulantes a la construcción del establecimiento.

Etapa 7. Desarrollo de la construcción

En esta etapa se lleva a la realidad los objetivos de protección establecidos para el establecimiento. Si bien las especificaciones y planos generados durante el proceso de diseño debieran ser suficientes, en la práctica suele ser necesario realizar modificaciones y aclaraciones. En estas situaciones, se deberá evaluar en detalle la solicitud de modificación presentada por la empresa. Toda alteración del proyecto original deberá ser aprobada por la institución solicitante, el grupo ejecutor y el equipo revisor. Cualquier modificación del objetivo de protección del establecimiento debe ser un acto consciente que debe quedar documentado. De esta forma se podrá asignar correctamente la capacidad de operación real del establecimiento, dentro de la red de salud de la institución. En esta etapa se deben aplicar procedimientos de aseguramiento de la calidad como los señalados en el *capítulo 6*, a fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos de protección establecidos.

Referencias bibliográficas

Normas, códigos y referencias generales de protección

American Society of Civil Engineers, *ASCE 7-98: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*.

Applied Technology Council, *ATC 51: U.S.-Italy Collaborative Recommendations for Improving the Seismic Safety of Hospitals in Italy*, California, 2000.

Building Officials Code Administrators International, *International Building Code 2000*.

Building Seismic Safety Council (BSSC), *FEMA 368: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures*, Washington, D.C., 2001.

Building Seismic Safety Council (BSSC), *FEMA 369: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Commentary*, Washington, D.C., 2001.

Departments of The Army, The Navy and The Air Force, *NAVY NAVFAC P-355.1: Seismic Design Guidelines for Essential Buildings*, Technical Manual, Washington, D.C., December 1986.

Departments of The Army, The Navy and The Air Force, *NAVY NAVFAC P-355.2: Seismic Design Guidelines for Upgrading Existing Buildings*, Technical Manual, Washington, D.C., September 1988.

Deutsches Institut für Normung, *DIN 4149-1: Buildings in German Earthquake Zones; Design Loads, Dimensioning, Design and Construction of Conventional Buildings*, 1981.

- European Committee for Standardization, *Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings*, Brussels, 1998.
- Federal Emergency Management Agency, *FEMA 276: Example Applications of the NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Washington, D.C., April 1999.
- Federal Emergency Management Agency, *FEMA 310: Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings*, Washington, D.C., 1998.
- Federal Emergency Management Agency, *FEMA 356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Washington, D.C., November 2000.
- Federal Emergency Management Agency, *FEMA 55: Coastal Construction Manual*.
- Federal Emergency Management Agency, *FEMA 74: Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage, A Practical Guide*, Washington, D.C., September 1994.
- International Standard Organization, *ISO 3010:2001: Basis for Design of Structures -- Seismic Actions on Structures*.
- International Standard Organization, *ISO 4354:1997: Wind Actions on Structures*.
- Office of Statewide Health Planning and Development (OSHDP), *Building Standard Administrative Code, Part 1, Title 24, C.C.R*, December 2001.
- U.S. Army Corps of Engineers, engineering Division, Directorate of Military Programs, *TI 809-4: Seismic Design for Buildings*, Technical Instructions, Washington, D.C., December 1998.

Normas, códigos y referencias para el diseño y análisis de la protección de los componentes estructurales y no estructurales

El *anexo 4.2* presenta ejemplos de normas, códigos y referencias bibliográficas que pueden ser considerados en el diseño de los sistemas de protección de los componentes estructurales y no estructurales.

Anexo 4.1 Evaluación de la seguridad de los componentes no estructurales

Los procedimientos que se deben desarrollar al interior de cada disciplina para la evaluación de seguridad de sistemas, equipos y componentes no estructurales son: 1) demostración de seguridad mediante análisis y diseño, 2) certificación de seguridad por parte del proveedor o fabricante.

El siguiente cuadro muestra el detalle de los contenidos de la memoria de cálculo requerida para certificar la seguridad de sistemas, equipos y componentes, en caso que el encargado del diseño decida demostrar la seguridad mediante análisis y modelación matemática.

Evaluación de seguridad de sistemas, equipos y componentes no estructurales por medio de análisis ¹
Contenidos mínimos de memoria de cálculo²
Identificación del especialista
Nombre del especialista
Especialidad
Clasificación del sistema, equipo o componente
Elemento arquitectónico
Línea vital
Equipo médico o de laboratorio
Equipo industrial
Equipo eléctrico o mecánico aislado
Equipo eléctrico o mecánico distribuido
Nivel de protección considerado
Nivel de protección objetivo del establecimiento y del cuerpo donde se ubica el sistema, equipo o componente
Nivel de protección objetivo del servicio donde se ubica el sistema, equipo o componente
Nivel de protección objetivo del sistema, equipo o componente
Normas consideradas en el análisis
Normas nacionales
Normas extranjeras
Otras normas específicas del proyecto
Descripción de la estructura donde se ubica el sistema, equipo o componente
Dimensiones geométricas
Número de pisos
Altura de pisos
Peso estimado de los distintos niveles del edificio
Antecedentes sobre propiedades dinámicas del edificio
Otros antecedentes

Comportamiento que determina la respuesta del sistema, equipo o componente
Seguridad interna
Elemento de apoyo o anclaje
Anclaje
Arriostre
Estabilidad (vuelco, deslizamiento)
Deformación
Resistencia
Nivel de daño límite
Interacción con otros elementos
Dependencia de otros elementos
Otro (especificar)
Descripción del sistema, equipo o componente
Descripción general, función y dependencia de otros sistemas, equipos o componentes
Peso, distribución del peso y ubicación del centro de masas en distintas condiciones de uso y operación
Dimensiones geométricas
Materiales principales y características mecánicas
Sistemas de apoyo
Con sistema de aislación de vibraciones
Sin sistema de aislación de vibraciones
Planos o croquis de detalles
Certificación de seguridad interna emitida por el proveedor o fabricante
Antecedentes de comportamiento en emergencias anteriores
Descripción de sistemas de protección incorporados
Sistemas utilizados para la seguridad interna del componente
Sistemas utilizados para dar seguridad al elemento de apoyo
Sistemas utilizados para anclaje y estabilización.
Sistemas utilizados para el control del daño
Sistemas utilizados para evitar la interacción con otros componentes
Otros sistemas utilizados para dar seguridad al sistema, equipo o componente
Características en operación de los equipos (Evaluar los que correspondan, solo equipos)
Frecuencia de operación
Capacidad de almacenamiento
Cargas generadas durante la operación del equipo
Temperatura de operación
Operación en ambiente corrosivo
Identificación de acciones y combinaciones de cargas más desfavorables ³

Características de los elementos de arriostre de sistemas, equipos y componentes
Descripción del concepto estructural
Inclinación del arriostre
Longitud del arriostre
Sección del perfil del arriostre
Esbeltez del elemento del arriostre
Capacidad del material
Módulo de elasticidad del material
Separación entre arriostres
Planos o croquis de detalles
Características de los elementos de anclaje de sistemas, equipos y componentes
Descripción del concepto estructural
Resistencia de los materiales
Número de elementos de anclaje
Diámetro del elemento de anclaje
Longitud embebida del elemento de anclaje
Planos o croquis de los elementos de anclaje
Características del elemento de apoyo del sistema, equipo o componente
Material
Geometría del elemento
Resistencia de los materiales
Otras características del elemento de apoyo
Clasificación del sistema, equipo o componente
En función de su periodo fundamental T_0
Equipo o componente rígido
Alta deformabilidad
Deformabilidad limitada
Baja deformabilidad
Equipo o componente flexible
Alta deformabilidad
Deformabilidad limitada
Baja deformabilidad
En función de su distribución espacial
Elemento aislado
Elemento distribuido
Número de puntos de apoyo
En función de su respuesta
Sensitivo a aceleración y velocidad
Sensitivo a deformación
En función de su contenido
Contenido de materiales peligrosos o de difícil reposición
Contenido de materiales no peligrosos o de fácil reposición

En función de su interacción con otros sistemas, equipos y componentes
Independiente
No independiente
En función de su dependencia de otros sistemas, equipos y componentes
Independiente
No independiente
Otra clasificación
Método de análisis
Equipo incluido en el modelo de análisis de la estructura
Equipo no incluido en el modelo de análisis de la estructura
Desarrollo del análisis estático
Desarrollo del análisis dinámico
Características de la demanda
Resumen de las características consideradas para establecer la demanda
Período de retorno asociado a la demanda considerada
Amortiguamiento considerado
Factores de modificación de la respuesta
Demanda considerada en el diseño
Resultados obtenidos
Esfuerzos internos
Factores de la utilización de los elementos de arriostre
Factores de la utilización de los elementos de anclaje
Deformaciones estimadas
Verificación del elemento donde se ancla o apoya el sistema, equipo o componente
Estabilidad
Verificación de la interacción con otros sistemas, equipos o componentes
Evaluación de posibles impactos
Evaluación de posibles derrames de sustancias peligrosas o dañinas
Certificación del cumplimiento de objetivos

- Notas: 1 El cuadro se aplica a elementos arquitectónicos, equipamiento industrial, equipamiento médico y de laboratorio, líneas vitales y otros componentes pertenecientes a los servicios que serán protegidos. En cada ítem se deben evaluar los datos que correspondan al equipo o componente analizado.
- 2 La memoria de cálculo deberá incluir todos los procesos computacionales y resultados de los cálculos intermedios.
- 3 Debe considerarse, en forma adicional a las cargas originadas durante la emergencia, las cargas permanentes, de operación, las derivadas de la detención del equipo, las cargas en condiciones de falla eléctrica o mecánica, las cargas derivadas de la interacción con otros equipos o componentes y las cargas establecidas en las normas del contrato.

El siguiente cuadro resume los contenidos de los certificados de seguridad que deben ser emitidos por el proveedor o fabricante de los sistemas, equipos o componentes estandarizados, en caso que la certificación no la efectúe el profesional a cargo del diseño.

Evaluación de la seguridad de los sistemas, equipos y componentes no estructurales estandarizados por certificación del proveedor o fabricante ¹
Certificación por medio de análisis
Se deberá adjuntar memoria de cálculo con los contenidos indicados en el cuadro anterior conforme al nivel de detalle requerido por el estudio. Este material será utilizado para la revisión de la seguridad del componente
Certificación experimental
Identificación de laboratorio acreditado
Normas de referencia consideradas en los ensayos
Descripción de los procedimientos de ensayo
Demanda aplicada en los ensayos
Resultados de los ensayos
Requisitos para cumplir con la certificación
Condiciones del uso y operación
Condiciones del montaje
Otras condiciones
Fecha de certificación y validez de la certificación
Certificación de conformidad con las normas indicadas en el contrato
Descripción de limitaciones y aplicabilidad de la certificación

Notas: 1 El cuadro se aplica a elementos arquitectónicos, equipamiento industrial, equipamiento médico y de laboratorio, líneas vitales y otros componentes estandarizados pertenecientes a los servicios que serán protegidos.

Anexo 4.2

Normas, códigos y referencias para el diseño y análisis de la protección de los componentes estructurales y no estructurales

Protección de componentes estructurales

Amenaza de la naturaleza	Normas, códigos y referencias para el diseño y análisis
Viento	<p>American Society of Civil Engineers, <i>ASCE 7-98: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures</i>.</p> <p>Building Officials Code Administrators International, <i>International Building Code 2000</i>.</p> <p>Deutsches Institut für Normung, <i>DIN 4149-1: Buildings in German Earthquake Zones; Design Loads, Dimensioning, Design and Construction of Conventional Buildings</i>, 1981.</p> <p>European Committee for Standardization, <i>Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings</i>, Brussels, 1998.</p> <p>Federal Emergency Management Agency, <i>FEMA 55: Coastal Construction Manual</i>.</p> <p>Federal Emergency Management Agency, <i>FEMA 74: Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage, A Practical Guide</i>, Washington, D.C., September 1994.</p> <p>International Standard Organization, <i>ISO 4354:1997: Wind Actions on Structures</i>.</p>
Sismo	<p>American Society of Civil Engineers, <i>ASCE 7-98: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures</i>.</p> <p>Applied Technology Council, <i>ATC 51: U.S.-Italy Collaborative Recommendations for Improving the Seismic Safety of Hospitals in Italy</i>, California, 2000.</p> <p>Building Seismic Safety Council (BSSC), <i>FEMA 368: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures</i>, Washington, D.C., 2001.</p> <p>Building Seismic Safety Council (BSSC), <i>FEMA 369: NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Commentary</i>, Washington, D.C., 2001.</p> <p>Building Officials Code Administrators International, <i>International Building Code 2000</i>.</p> <p>Departments of The Army, The Navy and The Air Force, <i>NAVY NAVFAC P-355.1: Seismic Design Guidelines for Essential Buildings</i>, Technical Manual, Washington, D.C., December 1986.</p> <p>Departments of The Army, The Navy and The Air Force, <i>NAVY NAVFAC P-355.2: Seismic Design Guidelines for Upgrading Existing Buildings</i>, Technical Manual, Washington, D.C., September 1988.</p> <p>Deutsches Institut für Normung, <i>DIN 4149-1: Buildings in German Earthquake Zones; Design Loads, Dimensioning, Design and Construction of Conventional Buildings</i>, 1981.</p> <p>European Committee for Standardization, <i>Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings</i>, Brussels, 1998.</p> <p>Federal Emergency Management Agency, <i>FEMA 74: Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage, A Practical Guide</i>, Washington, D.C., September 1994.</p> <p>Federal Emergency Management Agency, <i>FEMA 276: Example Applications of the NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings</i>, Washington, D.C., April 1999.</p> <p>Federal Emergency Management Agency, <i>FEMA 310: Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings</i>, Washington, D.C., 1998.</p> <p>Federal Emergency Management Agency, <i>FEMA 356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings</i>, Washington, D.C., November 2000.</p> <p>International Standard Organization, <i>ISO 3010:2001: Basis for Design of Structures -- Seismic Actions on Structures</i>.</p> <p>Office of Statewide Health Planning and Development (OSHPD), <i>Building Standard Administrative Code, Part 1, Title 24, C.C.R</i>, December 2001.</p> <p>U.S. Army Corps of Engineers, engineering Division, Directorate of Military Programs, <i>TI 809-4: Seismic Design for Buildings</i>, Technical Instructions, Washington, D.C., December 1998.</p>

Protección de componentes no estructurales

Componente no estructural	Normas, códigos y referencias para el diseño y análisis	Equipo profesional requerido
Equipamiento eléctrico y mecánico aislado (no distribuido) Equipamiento industrial	<p>American Petroleum Institute, <i>API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage</i>, Washington, D.C.</p> <p>Deutsches Institut für Normung, <i>DIN EN 61587-2: Mechanical Structures for Electronic Equipment - Tests for IEC 60917 and IEC 60297 - Part 2: Seismic Tests for Cabinets and Racks (IEC 61587-2:2000)</i>, 2001.</p> <p>Ishiyama, Y., <i>Criteria for Overturning of Rigid Bodies by Sinusoidal and Earthquake Excitations</i>, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 10, 1981.</p> <p>Institute of Electrical and Electronic Engineers, <i>IEEE C 37.81: Guide for Seismic Qualification of Class 1E Metal-Enclosed Power Switchgear Assemblies</i>, New York, 1989.</p> <p>Institute of Electrical and Electronic Engineers, <i>IEEE C 37.98: Seismic Testing of Relays</i>, New York, 1987.</p> <p>Institute of Electrical and Electronic Engineers, <i>IEEE 344-1987: Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations</i>, New York, 1987.</p> <p>International Electrotechnical Commission, <i>IEC 60068-3-3: Environmental Testing - Part 3, Seismic Test Methods for Equipment</i>, 1991.</p> <p>International Electrotechnical Commission, <i>IEC 60255-21-3: Electrical relays - Part 21: Vibration, Shock, Bump and Seismic Tests on Measuring Relays and Protection Equipment - Section 3: Seismic Tests</i>, 1988.</p> <p>International Electrotechnical Commission, <i>IEC 61166-21-2: High-Voltage Alternating Current Circuit-Breakers - Guide for Seismic Qualification of High-Voltage Alternating Current Circuit-Breakers</i>, 1993.</p> <p>International Electrotechnical Commission, <i>IEC/TS 61463: Bushings - Seismic Qualification</i>, 2000.</p> <p>International Electrotechnical Commission, <i>IEC 61587-2: Mechanical Structures for Electronic Equipment - Tests for IEC 60917 and IEC 60297 - Part 2: Seismic Tests for Cabinets and Racks</i>.</p>	<p>Ingeniero eléctrico</p> <p>Ingeniero mecánico</p> <p>Ingeniero sísmico</p> <p>Ingeniero estructural</p> <p>Especialista vulnerabilidad</p> <p>Arquitecto hospital</p> <p>Especialista equipamiento industrial</p>
Sistemas de cañerías, ductos y canalización eléctrica Sistemas de seguridad contra incendio	<p>National Fire Protection Association, <i>NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinklers Systems</i>.</p> <p>Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, <i>Seismic Restraint Manual: Guidelines for Mechanical Systems</i>, second edition, February 1998.</p> <p>Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, <i>Addendum No.1 To Seismic Restraint Manual: Guidelines for Mechanical Systems</i>, September 2000</p> <p>WSP 029, <i>Aseismatic Design Manual for Underground Steel Water Pipelines</i>, 1989.</p>	<p>Ingeniero eléctrico</p> <p>Ingeniero mecánico</p> <p>Ingeniero sísmico</p> <p>Ingeniero estructural</p> <p>Especialista vulnerabilidad</p> <p>Especialista protección contra incendio</p>
Equipamiento médico y de laboratorio mobiliario	<p>International Electrotechnical Commission, <i>IEC 60068-3-3: Environmental Testing - Part 3: Guidance. Seismic Test Methods for Equipment</i>, 1991.</p> <p>Ishiyama, Y., <i>Criteria for Overturning of Rigid Bodies by Sinusoidal and Earthquake Excitations</i>, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 10, 1981.</p>	<p>Arquitecto hospital</p> <p>Especialista eq. médico</p> <p>Ingeniero sísmico</p> <p>Ingeniero estructural</p> <p>Especialista vulnerabilidad</p> <p>Diseñador mobiliario</p>

Protección de los componentes no estructurales

Componente no estructural	Normas, códigos y referencias para el diseño y análisis	Equipo profesional requerido
Sistemas de cielos falsos Sistemas de iluminación	American Society for Testing and Materials, <i>ASTM E 580: Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Requiring Moderate Seismic Restraint</i> , 2000. Ceilings and Interior Systems Construction Association, <i>Guidelines for Seismic Restraint, Direct Hung Suspended Ceilings Assemblies: Seismic Zones 3-4</i> , 1991. "Uniform Building Code Standard 25-2: Metal Suspension Systems for Acoustical Tile and for Lay-in Panel Ceiling".	Arquitecto hospital Especialista iluminación Ingeniero sísmico Ingeniero estructural Especialista vulnerabilidad
Sistemas de transporte vertical	American Society of Mechanical Engineers, <i>ASME A17.1: Safety Code for Elevators and Escalators</i> , 2000. Deutsches Institut für Normung, <i>DIN EN 61587-2: Mechanical Structures for Electronic Equipment - Tests for IEC 60917 and IEC 60297 - Part 2: Seismic Tests for Cabinets and Racks (IEC 61587-2:2000)</i> , 2001. Japanese Elevator Association, <i>Guide for Earthquake Resistant Design and Construction of Vertical Transportation</i> . Standard New Zealand, <i>NZS 4332:1997: Non Domestic Passenger and Goods Lifts</i> . 1997.	Especialista transporte vertical Ingeniero mecánico Ingeniero eléctrico Ingeniero sísmico Ingeniero estructural Especialista vulnerabilidad
Estructuras de techumbre	Federal Emergency Management Agency, <i>Against the Wind</i> , 1993 Federal Emergency Management Agency, FEMA 361: <i>Design and Construction Guidance for Community Shelters</i> , First Edition, July 2000	Arquitecto hospital Ingeniero sísmico Ingeniero estructural Especialista vulnerabilidad
Tabiques y elementos de fachadas	American Architectural Manufacturers Association, Aluminum Curtain Wall Design Guide Manual American Architectural Manufacturers Association, Aluminum Store Front and Entrance Manual American Architectural Manufacturers Association, Design Windloads for Buildings and Boundary Layer Wind Tunnel Testing American Architectural Manufacturers Association, Installation of Aluminum Curtain Walls American Architectural Manufacturers Association, Maximum Allowable Deflection of Framing Systems for Building American Architectural Manufacturers Association, Cladding Components at Design Wind Loads American Architectural Manufacturers Association, Metal Curtain Wall Fasteners American Architectural Manufacturers Association, Metal Curtain Wall Manual American Architectural Manufacturers Association, Rain Penetration Control – Applying Current Knowledge American Architectural Manufacturers Association, Structural Design Guidelines for Aluminum Framed Skylights American Architectural Manufacturers Association, Voluntary Specifications for Hurricane Impact and Cycle Testing of Fenestration Products. Federal Emergency Management Agency, <i>Against the Wind</i> .	Arquitecto hospital Ingeniero sísmico Ingeniero estructural Especialista vulnerabilidad
Puertas y ventanas	American Architectural Manufacturers Association, <i>Glass and Glazing</i> . Federal Emergency Management Agency, <i>Against the Wind</i> ". International Standard Organization, "ISO 6612:1980: Windows and Door Height Windows Wind Resistance Tests.	Arquitecto hospital Ingeniero estructural