

Capítulo 10. Propuesta de soluciones para reducir el Riesgo Sísmico.

En este capítulo se proponen un conjunto de soluciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo de los elementos estructurales y no estructurales, así como soluciones específicas para reducir la vulnerabilidad funcional de la instalación y de esta forma garantizar su funcionamiento ininterrumpido en caso de ocurrencia de un sismo moderado a intenso. Estas soluciones no son definitivas y pueden variar cuando se realice el proyecto de rehabilitación de la instalación.

Soluciones para garantizar la seguridad sísmica estructural de las edificaciones.

El refuerzo estructural debe aplicarse a aquellas edificaciones que demuestren ser vulnerables después de un estudio de vulnerabilidad. El análisis de vulnerabilidad debe indicar las deficiencias de la estructura a nivel de resistencia, flexibilidad y ductilidad, así como indicar los defectos de su configuración arquitectónica. El refuerzo debe por lo tanto corregir las deficiencias y lograr una estructura cuya respuesta sísmica sea segura, seleccionando un sistema de reforzamiento que entorpezca lo menos posible en el funcionamiento del hospital, tanto durante el proceso, como en su resultado final. Siempre que sea posible, el reforzamiento se debe realizar sin desalojar el establecimiento de salud.

El diseño de los nuevos elementos debe ser tan riguroso como en el caso de estructuras nuevas y debe prestarse especial cuidado al detalle de unión de los elementos nuevos con la estructura existente. En general, un reforzamiento busca descargar la estructura existente de las deformaciones y esfuerzos a que originalmente estaba sujeta la estructura para ser absorbidos por los nuevos elementos estructurales.

Es necesario señalar que para poder llegar a las soluciones que se recomiendan en este capítulo, se analizaron diversas variantes de reforzamiento estructural en el caso de los bloques de hospitalizados 1 y 2:

- o La primera variante fue la colocación de tímpanos longitudinales y transversales de hormigón armado en el nivel de pedestal, esta solución tiene el inconveniente, de que en los bloques hospitalarios existen un número importante de tuberías y conductos de líquidos y gases, que obstaculiza y complica la colocación de cualquier elemento cerrado.
- o La segunda variante fue la colocación de arriostres metálicos a nivel de pedestales y en los pisos superiores, esta opción se valoró para poder colocar un elemento de rigidización abierto que permitiera el paso de las tuberías y conductos en el nivel de los pedestales sin embargo las dimensiones que deberían tener las planchas metálicas que se colocarían en el centro, son demasiado grandes impidiendo el paso de las tuberías y conductos, además por el ángulo de inclinación de los arriostres, cambiaba el modo de trabajo de los mismos.
- o La tercera y variante escogida fue el recrecimiento y reforzamiento de las secciones de los pedestales y la colocación de arriostres metálicos verticales en los pisos superiores (diagonales que unen los extremos opuestos de las columnas), además de encamisar las columnas del nivel 0.00 y 3.30 que no resistían luego del reforzamiento estructural de los pedestales y la colocación de arriostres.

CAPITULO 10. PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO

En el caso del Bloque de Servicios y el Ginecobstétrico se propone un sistema de arriostres metálicos verticales que consiste esencialmente en ubicar en la periferia de los edificios y en toda la altura, diagonales que unen los extremos opuestos de los pedestales o columnas en las zonas donde no comprometan los accesos y exigencias de circulación del personal (Se han reforzado en el tercer nivel los elementos H también mediante la solución propuesta). La solución propuesta es similar a las de las Figuras 10.4 y 10.5 pero los elementos de arriostre se unen mediante cordones de soldadura y estos a su vez a un casquillo metálico que abraza a las columnas con las dimensiones dadas a partir de las estimadas para las primeras planchuelas metálicas. Con las soluciones propuestas se logro mejorar el comportamiento estructural de los edificios de manera que se cumplieran cada una de las recomendaciones dirigidas al proyecto de rehabilitación que se enumeran en los párrafos posteriores.

A continuación incluimos el detallado de la variante final donde se brindan un conjunto de soluciones para garantizar la seguridad sísmica estructural de los bloques de hospitalizados 1 y 2.

Solución 1. Incremento de la resistencia y rigidez de los pedestales mediante la modificación de la sección transversal.

Solución 1a. Pedestales de 60 x 35 (colindancia): recrecer la sección de hormigón hasta obtener una sección de 80 x 80 (0.75 m³ de hormigón), agregar 4 barras rectas de ϕ 25 mm (requeridas por cálculo), 4 barras rectas de ϕ 16 mm (por especificación) y cercos de 4 patas de ϕ 10 mm @ 300 mm. (Ver Figura 10.1).

Solución 1.b. Pedestales de 60 x 60 (agregando armado exterior y aumentando sección de hormigón): recrecer la sección de hormigón hasta obtener una sección de 80 x 80 (0.49 m³ de hormigón), agregar 4 barras rectas de ϕ 25 mm (requeridas por cálculo), 2 barras rectas de ϕ 16 mm (por especificación) y cercos de 4 patas de ϕ 10 mm @ 300 mm. (Ver Figura 10.2).

Solución 1.c. Pedestales de 60 x 70 (agregando armado exterior y aumentando sección de hormigón): recrecer la sección de hormigón hasta obtener una sección de 80 x 80 (0.39 m³ de hormigón), agregar 4 barras rectas de ϕ 25 mm (requeridas por cálculo), 2 barras rectas de ϕ 16 mm (por especificación) y cercos de 4 patas de ϕ 10 mm @ 300 mm. (Ver Figura 10.3).

Ver Anexo 7 para el detallado de los aceros.

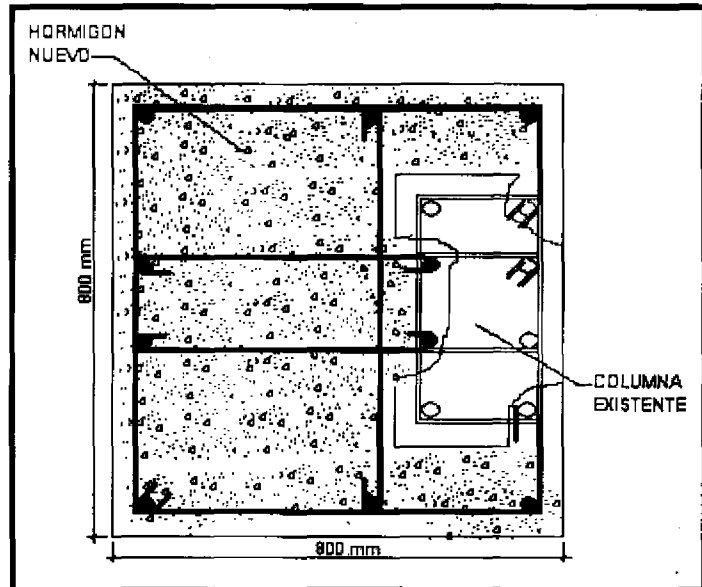


Figura 10.1. Reforzamiento de los Pedestales 60 x 35.

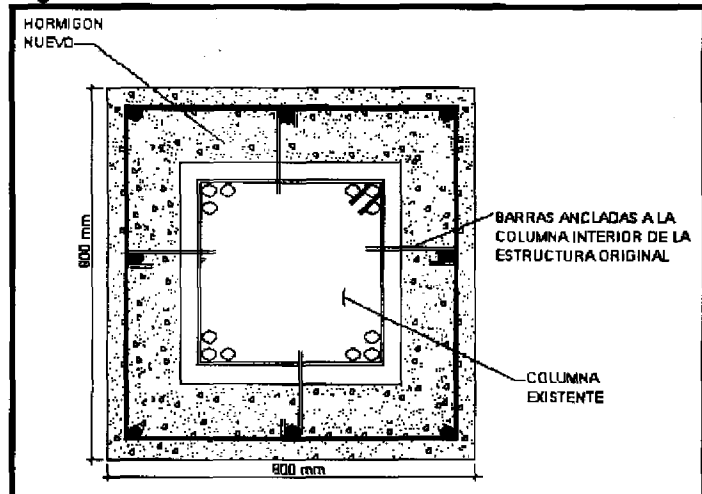


Figura 10.2. Reforzamiento de los Pedestales 60 x 60.

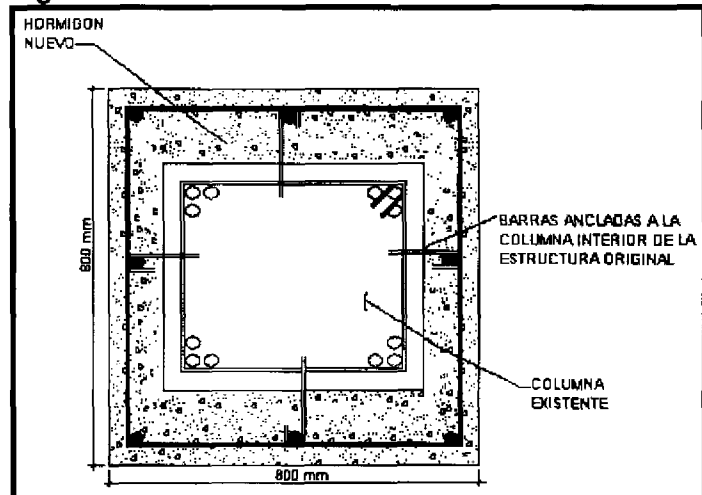


Figura 10.3. Reforzamiento de los Pedestales 60 x 70.

CAPITULO 10 PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO

Solución 2. Incremento de la rigidez de los pisos utilizando elementos de arriostres (diagonales de acero) en el sentido longitudinal. Junta de alto límite elástico, utilizar acero A-325 tipo 8 x 8, la superficie de contacto será tratada con cepillo de alambre mecanizado. (Figura 10.4 para solución de arriostres del nivel 0.00 y Figura 10.5 para solución de arriostres del nivel 3.30 al 9.90).

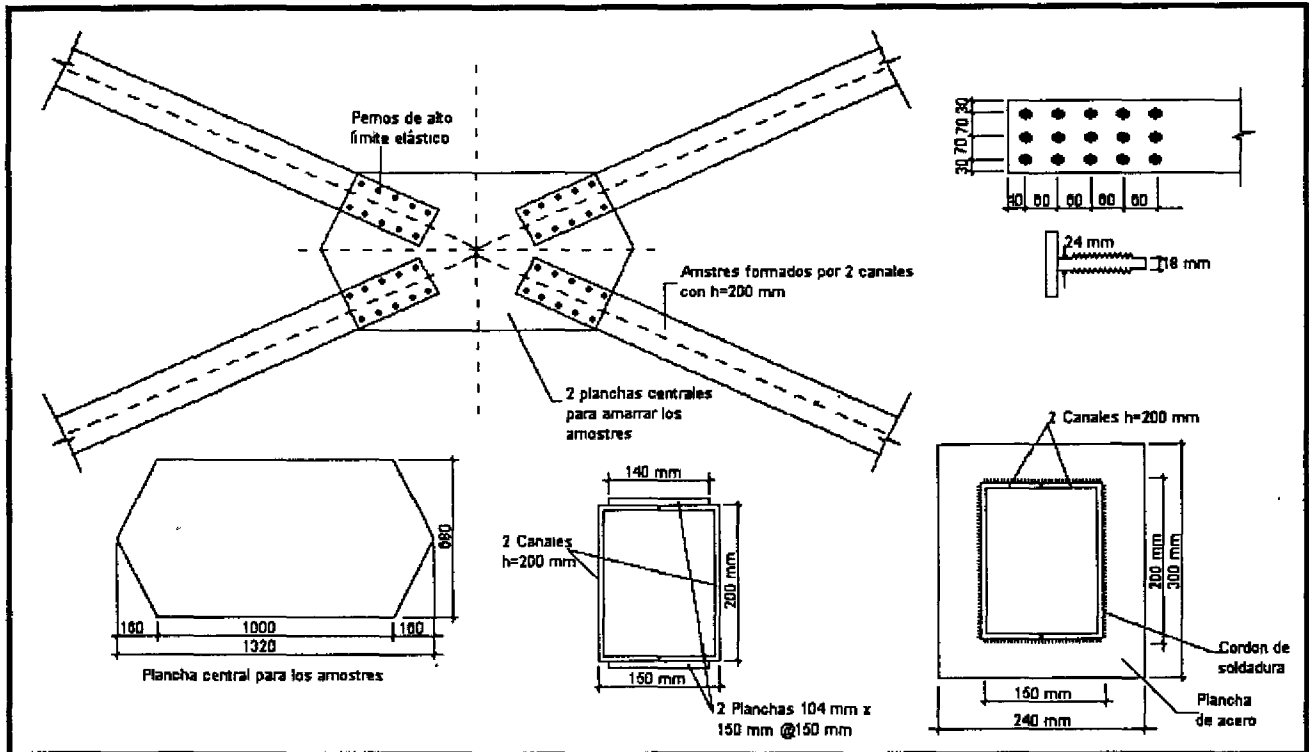


Figura 10.4. Detalle de los arriostres diagonales. Nivel 0.00.

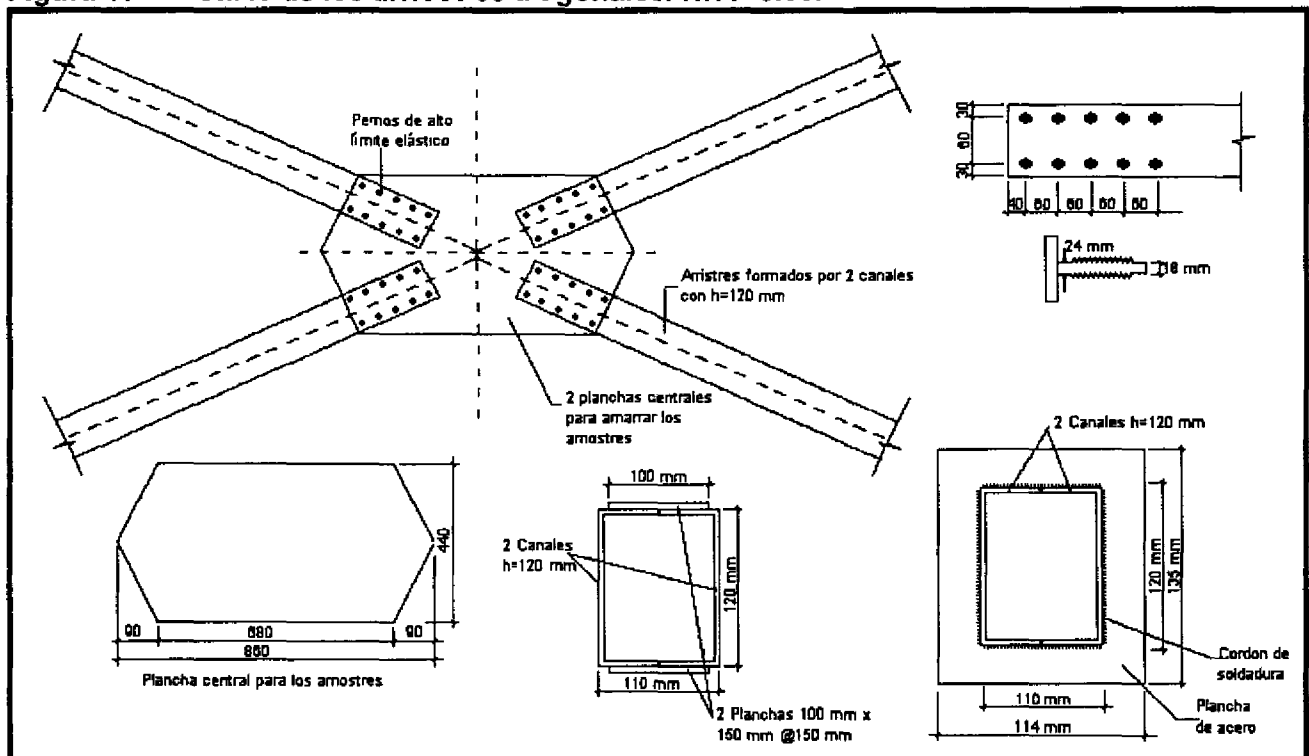


Figura 10.5. Detalle de los arriostres diagonales. Nivel 3.30 – 9.90.

Solución 3. Reforzamiento de columnas mediante perfiles metálicos (conformados con planchas de 15 mm de espesor) en las esquinas y pernos de alto límite elástico. Las planchas que unen los dos perfiles son de 15 mm de espesor y su espaciado estará dado teniendo en cuenta la ubicación de los anclajes de los paneles.

Solución 3.a. Reforzamiento de columnas de 60 x 35 con 2 perfiles de 600 x 110 mm. (Ver Figura 10.6).

Solución 3.a. Reforzamiento de columnas de 40 x 30 con 2 perfiles de 400 x 105 mm. (Ver Figura 10.7).

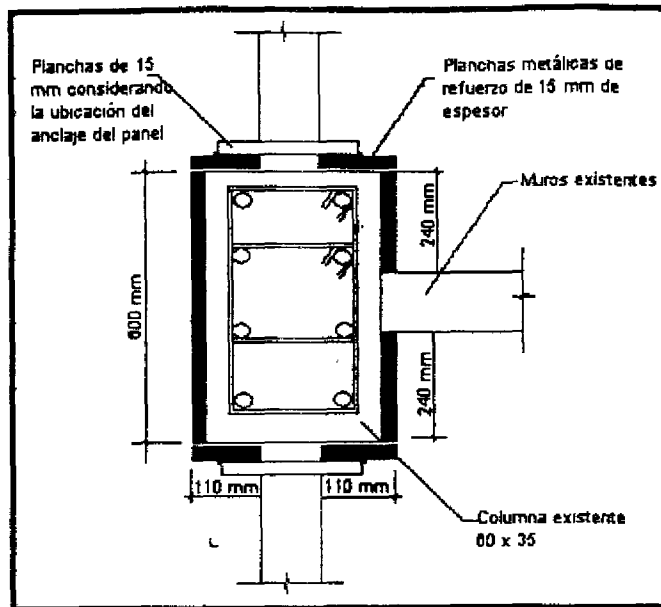


Figura 10.6. Reforzamiento de columna de 60 x 35.

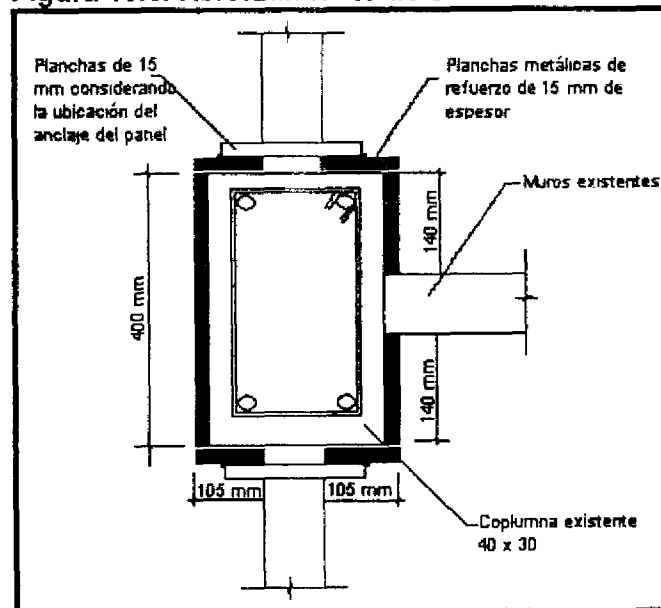


Figura 10.7. Reforzamiento de columna de 40 x 30.

En la Tabla No.10.1 se muestra un listado de los recursos necesarios para lograr cada solución, así como las cantidades necesarias y el precio de los mismos.

CAPITULO 10 PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO

Tabla 10.1. Soluciones para proteger los elementos estructurales. Bloques de Hospitalizados*.

Bloque	Descripción	U.M.	Precio	Cantidad	Importe
Hosp. 1 Edificio 1	Hormigón fundido in situ con cualquier calidad de hormigón	m ³	27.20	20.00	544.00
	Montaje y construcción de arriostres	t	1163.17	23.99	27904.45
	Revestir columnas estructurales con chapas de acero inoxidable	m ²	19.65	2135.37	41960.02
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm de diámetro grado A-30	t	711.50	0.91	647.47
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 25 mm de diámetro grado A-30	t	518.34	1.21	627.19
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 16 mm de diámetro grado A-30	t	520.73	0.48	249.95
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm en pedestales	t	346.47	0.91	315.29
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de barras rectas de más de 16 mm de diámetro en pedestales	t	23.06	1.69	38.97
Total de recursos Hospitalizados 1. Edificio 1					109791.54
Hosp 1 Edificio 2	Hormigón fundido in situ con cualquier calidad de hormigón	m ³	27.20	20.00	544.00
	Montaje y construcción de arriostres	t	1163.17	10.78	12538.97
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm de diámetro grado A-30	t	711.50	0.91	647.47
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 25 mm de diámetro grado A-30	t	518.34	1.21	627.19
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 16 mm de diámetro grado A-30	t	520.73	0.48	249.95
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm en pedestales	t	346.47	0.91	315.29
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de barras rectas de más de 16 mm de diámetro en pedestales	t	23.06	1.69	38.97
Total de recursos Hospitalizados 1. Edificio 2					14961.84

Tabla 10.1. Soluciones para proteger los elementos estructurales. Bloques de Hospitalizados*. (Continuación).

Bloque	Descripción	U.M.	Precio	Cantidad	Importe
Hosp. 2 Edificio 1	Hormigón fundido in situ con cualquier calidad de hormigón	m ³	27.20	20.00	544.00
	Montaje y construcción de arriostres	t	1163.17	20.38	23705.40
	Revestir columnas estructurales con chapas de acero inoxidable	m ²	19.65	5333.39	104801.11
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm de diámetro grado A-30	t	711.50	0.91	647.47
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 25 mm de diámetro grado A-30	t	518.34	1.21	627.19
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 16 mm de diámetro grado A-30	t	520.73	0.48	249.95
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm en pedestales	t	346.47	0.91	315.29
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de barras rectas de más de 16 mm de diámetro en pedestales	t	23.06	1.69	38.97
Total de recursos Hospitalizados 2. Edificio 1					130929.38
Hosp. 2 Edificio 2	Hormigón fundido in situ con cualquier calidad de hormigón	m ³	27.20	20.00	544.00
	Montaje y construcción de arriostres	t	1163.17	26.00	30242.42
	Revestir columnas estructurales con chapas de acero inoxidable	m ²	19.65	5333.39	104801.11
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm de diámetro grado A-30	t	711.50	0.91	647.47
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 25 mm de diámetro grado A-30	t	518.34	1.21	627.19
	Barras de acero para refuerzo. Elaboración manual de barras rectas de 16 mm de diámetro grado A-30	t	520.73	0.48	249.95
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de aros poligonales de más de 5 dobleces de 10 mm en pedestales	t	346.47	0.91	315.29
	Barras de acero para refuerzo. Colocación y ensamblaje de barras rectas de más de 16 mm de diámetro en pedestales	t	23.06	1.69	38.97
Total de recursos Hospitalizados 2. Edificio 2					109791.54
Total de recursos de los Bloques de Hospitalizados					3654744.30

En las tabla 10.2 y 10.3 se muestra un listado tentativo de los recursos necesarios para mejorar el comportamiento del Bloque de Servicios y del Ginecobstétrico.

Tabla 10.2 Listado de materiales tentativos para garantizar las soluciones

Elemento	Unidad Medida	Cantidad
Perfil I No 45 Laminado en Caliente	Ton	391.2
Plancha de 1.4m * 0.2m *14mm	Unidad	1568
Plancha de 0.5m* 0.2m* 14mm	Unidad	3136
Longitud de Soldadura de 14mm de espesor	m	1586
Pernos mecánicos de 20mm de diámetro (14 por crujía)	Unidad	21952

Tabla 10.3. Soluciones para proteger los elementos estructurales. Bloque de Servicios y Bloque Ginecobiétrico*.

Elemento	U.M.	Precio	Cantidad	Importe
Montaje y construcción de arriostres. Perfil I No. 45. Laminado en Caliente	Ton	1163.17	391.20	455032.10
Plancha de 1.4m * 0.2m *14mm	m ²	19.65	6.15	120.85
Plancha de 0.5m* 0.2m* 14mm	m ²	19.65	4.39	86.26
Total de recursos Bloque de Servicios y Ginecobiétrico				455239.21

*Los costos obtenidos con este listado de materiales no incluyen los siguientes:

- o Los costos de mano de obra para ejecutar la solución propuesta.
- o Los costos de estudios necesarios para el recalce de la cimentación y la ejecución de los trabajos incluyendo la mano de obra , equipos y el proyecto de los mismos.
- o La estimación de los costo de los daños que inevitablemente se producirán en el edificio cuando ocurran sismos de determinada magnitud.
- o Los costos del mantenimiento (reparaciones) y de las pérdidas funcionales durante la vida en servicio de al estructura.

Soluciones para reducir el riesgo de los elementos no estructurales.

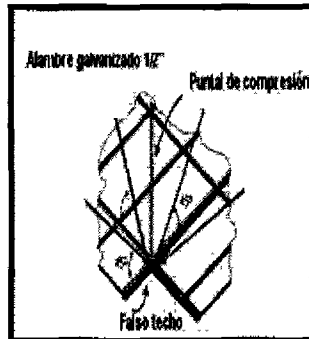
Para lograr una efectiva reducción de la vulnerabilidad no estructural se debe realizar un plan de mitigación hospitalaria, una vez identificado un elemento no estructural de amenaza potencial y establecida su prioridad en términos de pérdida de vidas, de bienes muebles y/o funcionamiento, deberán adoptarse las medidas apropiadas para reducir o eliminar el peligro. A continuación se incluye una lista de medidas eficaces en los casos analizados.

1. Medidas arquitectónicas.

La selección de los materiales de revestimiento y acabados en un hospital no solamente tiene connotaciones estéticas y de durabilidad, sino también de mitigación de riesgos. De su estabilidad depende que no se conviertan en un peligro para las personas que se encuentren en el edificio en el momento del sismo. Este aspecto es muy importante, dado que no se trata que el edificio no falle estructuralmente, sino que sus acabados (muros, puertas, ventanas, cielos rasos, etc.) puedan permanecer en su sitio, evitando convertirse en un peligro para la vida u obstaculicen los movimientos de los pacientes, médicos, paramédicos y del resto de las personas que se encuentren o acudan a la instalación en el momento del sismo. Entre las medidas que se proponen están:

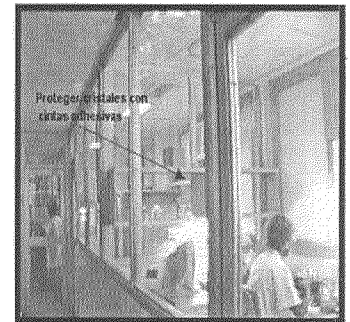
CAPITULO 10 PROPUESTA DE SOLUCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO

Colgar los falsos techos con suficientes alambres y en ángulos apropiados para evitar los movimientos laterales en cualquier dirección.



Revisar periódicamente el estado de la tabiquería para detectar y reparar las grietas existentes, evitando así, la falla de estas en el momento del sismo.

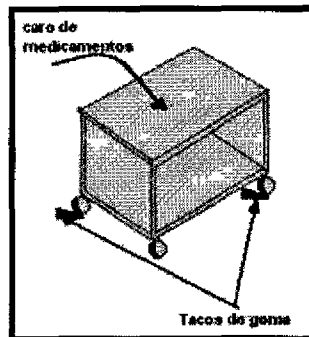
Tomar medidas en las ventanas y divisiones de cristal para evitar la dispersión violenta de los fragmentos en el interior del edificio, lo cual se logra dejando suficiente espacio entre el vidrio y el marco y rellenando dicho espacio con un producto de vidriado; otra medida sería cubrir las superficies interiores de las ventanas con rollos de plástico adhesivo transparente, evitando así que el vidrio provoque lesiones a las personas que se encuentren dentro de la instalación.



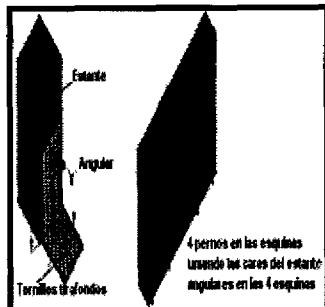
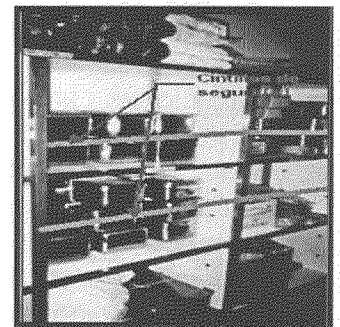
2. Medidas para equipamiento y mobiliario.

La mayoría de estos equipos, así como también los materiales de suministro, son fundamentales para el funcionamiento del hospital y para la vida de sus ocupantes, y pueden representar un peligro en caso de sismo. a continuación se presentan algunas consideraciones especiales para estos elementos:

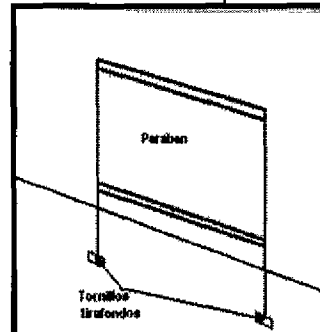
Los carros móviles (camillas, carros de medicamentos, etc.) deberán tener frenos y estar recostados sobre los muros divisorios, así mismo, los medicamentos y otros objetos que se encuentren dentro de dichos carros deben estar asegurados al carro.



Anclar estantes de medicamentos de farmacias o en los almacenes, utilizar algún tranque (correas, varillas metálicas) en los que no tienen puertas para evitar que los medicamentos se caigan y salgan de los estantes. En el caso de los que tienen puertas deben fijarse las mismas con presillas.



Anclar o fijar los estantes o archivos a paredes y pisos para evitar el volcamiento de los mismos.



Fijar debidamente los parabanes y otras divisiones ligeras para evitar su caída.