

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA**



**IMPACTO DE LOS TERREMOTOS DEL AÑO 2001 EN
EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO**

**TRABAJO DE GRADUACION PREPARADO PARA LA
FACULTAD DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO BIOMEDICO**



PRESENTADO POR:

**CARLOS EDUARDO ESCOBAR MOSCOSO
CARLOS ALBERTO QUIJANO TEJADA**

ASESOR:

ING. CARLOS OSORIO

MARZO DE 2002

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

Ing. Federico Miguel Huguet Rivera.

SECRETARIO GENERAL

Lic. Mario Rafael Olmos

DECADNO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Carlos Guillermo Bran.

DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERIA BIOMEDICA

Ing. Ernesto Godofredo Girón.

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

Ing. Carlos Osorio



JURADO EXAMINADOR

Ing. Salvador Juárez

Ing. Mauricio Fabeiro

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

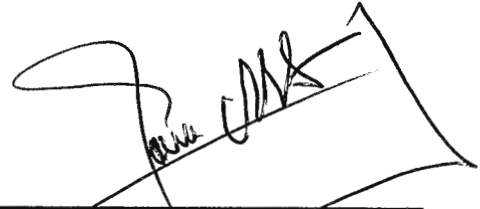
ESCUELA DE INGENIERIA BIOMEDICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

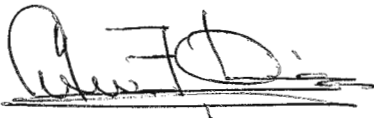
“IMPACTO DE LOS TERREMOTOS DEL AÑO 2001 EN EQUIPO
MEDICO HOSPITALARIO”



ING. SALVADOR JUAREZ
JURADO



ING. MAURICIO FABEIRO
JURADO



ING. CARLOS OSORIO
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios Todopoderoso, por haberme concedido el privilegio de haber alcanzado un peldaño más en mi formación.

Agradezco a mi asesor Ing. Carlos Edgardo Osorio y al Ing. Ernesto Girón, Director de la Escuela de Ingeniería Biomédica por el apoyo que me brindaron durante todo el proceso de elaboración y revisión del Trabajo de Graduación.

También agradezco en forma especial al Ing. Claudio Osorio, Asesor de Mitigación de Desastres de OPS, Ing. Luis Mosquera, Consultor en Equipamiento Médico e Ing. Carlos Castro, Jefe de la Unidad de Ingeniería del MSPAS, quienes me prestaron su valiosa colaboración orientándome y facilitándome bibliografía.

Al mismo tiempo agradezco a los Directores del Hospital Nacional de Zacatecoluca, Hospital San Rafael y Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom quienes autorizaron probar la metodología de evaluación en sus respectivos hospitales; a los Jefes de Mantenimiento y Técnicos Biomédicos de los hospitales evaluados en el presente trabajo por la información y cooperación brindada.

Un agradecimiento particular expreso a mis amigos, especialmente a Mauricio Hernández por su asesoría respecto a los detalles de seguridad en el equipo médico, a Luis Mario Juárez por la información proporcionada; a Vilma y Laura por su cooperación en la edición de esta tesis; compañeros y demás personas que de una u otra forma me prestaron su valiosa colaboración. A mi compañero de tesis Carlos Quijano por el trabajo realizado en equipo para la conclusión de la presente tesis.

Finalmente agradezco en forma muy especial a Karla Patricia por su comprensión, apoyo y paciencia, a mis tíos, abuelos, a mis Padres Carlos José Escobar e Irma Rosa Moscoso de Escobar y a mi hermano José Rodrigo Escobar ya que sus alientos y apoyo me ayudaron a lograr la conclusión de este trabajo.

Carlos Eduardo Escobar Moscoso

AGRADECIMIENTOS

Quiero darle las gracias a la Santísima Trinidad y a la Virgen María, por haberme iluminado el camino para poder llevar a cabo este trabajo de graduación.

Un agradecimiento muy especial a nuestro Asesor Ing. Carlos Osorio y al Ing. Ernesto Girón, Director de Escuela de Ingeniería Biomédica por todo el apoyo y colaboración que nos proporcionaron para llevar a cabo el trabajo de graduación.

A las Autoridades de los Hospitales Nacionales San Rafael, Zacatecoluca y Benjamín Bloom por la colaboración prestada durante todo el desarrollo de la Tesis.

A todos mi ex compañeros de trabajo y amigos del Hospital Nacional San Rafael quienes me brindaron todo el apoyo necesario durante las visitas realizadas a dicha Institución. A mi compañero de Tesis Carlos Escobar por el trabajo realizado.

Un agradecimiento muy especial a mis Padres Ernesto y Mary, mis hermanos Silvia y Mario Ernesto y demás Familia ya que ellos fueron un apoyo muy vital en el desarrollo de este trabajo, ya que siempre me animaron a seguir adelante, pese a las dificultades encontradas en el camino.

A una persona con la que compartí muchas alegrías y por quien siento un cariño muy especial y a sus Mamás, ya que su apoyo fue y será siempre muy importante para mí.

Finalmente, a todos mis amigos que de una u otra forma estuvieron involucrados en este trabajo de graduación, le agradezco toda su paciencia y apoyo.

Carlos Alberto Quijano Tejada.

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes del efecto de los terremotos sobre los establecimientos de salud.	1
1.2 Justificación.	3
1.3 Objetivo General.	7
1.4 Objetivos Específicos.	7
1.5 Alcances.	8
1.6 Limitaciones.	9

CAPITULO II: VULNERABILIDAD HOSPITALARIA.

2.1 Introducción.	10
2.2 Vulnerabilidad Hospitalaria.	11
2.3 Vulnerabilidad Estructural.	15
2.4 Vulnerabilidad No Estructural.	16
2.5 Vulnerabilidad Funcional.	18
2.6 Vulnerabilidad del Equipo Médico.	20

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS Y AMBIENTES HOSPITALARIOS.

3.1 Introducción.	25
3.2 Criterios Para selección de equipos a estudiar.	26
3.3 Método para la priorización de equipos.	28
3.4 Servicio: Quirófanos.	29
3.5 Servicio: Unidad de Cuidados intensivos.	35
3.6 Servicio: Imagenología.	40
3.7 Servicio: Emergencia.	49
3.8 Servicio: Central de Esterilización y Equipos	54
3.9 Servicio: Laboratorio Clínico.	58

CAPITULO IV: VULNERABILIDAD EN EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO.

4.1 Introducción.	64
4.2 Aspirador de secreciones.	65
4.3 Bomba de Infusión.	68
4.4 Centrífuga.	71
4.5 Coagulómetro.	73

4.6 Contador de células sanguíneas.	75
4.7 Desfibrilador.	78
4.8 Electrocardiógrafo.	82
4.9 Equipo automatizado de Química sanguínea.	85
4.10 Equipo de Rayos X fijo.	87
4.11 Espectrofotómetro.	94
4.12 Esterilizador a vapor.	96
4.13 Esterilizador ETO (óxido etileno).	98
4.14 Esterilizador eléctrico de gabinete.	102
4.15 Gasómetro.	104
4.16 Incubadora bacteriológica.	106
4.17 Lámpara para examen.	108
4.18 Lámpara Quirúrgica.	110
4.19 Lavadora de guantes.	114
4.20 Máquina de anestesia.	115
4.21 Mesa de Operaciones.	122
4.22 Microscopio.	125
4.23 Monitor de Signos Vitales.	127
4.24 Nebulizador.	131
4.25 Negatoscopio.	132
4.26 Procesadora de película.	134
4.27 Rayos X móvil.	138
4.28 Refrigerador para Banco de Sangre.	142
4.29 Tensiómetro de columna de mercurio.	144
4.30 Ultrasonografo.	146
4.31 Unidad de Electrocirugía.	150
4.32 Ventilador.	154

CAPITULO V: METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE DAÑOS EN EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO.

5.1 Introducción.	159
5.2 Metodología de evaluación	161
5.3 Diseño del formato para evaluación de daños	165
5.4 Instructivo para el uso de protocolos de evaluación de daños.	167

CAPITULO VI: RESULTADOS DE EVALUACION DE LOS DAÑOS Y DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD

6.1 Introducción.	170
6.2 Resultados de la evaluación de daños post terremoto	171
6.3 Determinación del costo económico que representan los daños o fallas identificadas	185
6.4 Indicadores del impacto post-terremotos en los servicios hospitalarios debido a deficiencias en la funcionabilidad de los equipos médicos	192

6.5 Vulnerabilidad determinada basándose en los daños	195
6.6 Estudio comparativo	198

CAPITULO VII: GUIA PARA EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MITIGACION

7.1 Introducción.	203
7.2 Personal requerido	204
7.3 Estrategias de implementación	206
7.4 Detalle de anclajes y soportes para equipo médico hospitalario	210
7.5 Detalles de instalación sugeridos para el equipo médico seleccionado en base a criterios.	219

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

8.1 Conclusiones	242
8.2 Recomendaciones	247

Referencias bibliográficas	250
-----------------------------------	-----

ANEXO 1: Protocolos para evaluación de daños debido a sismos en Equipo médico hospitalario.	253
--	-----

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES DEL EFECTO DE LOS TERREMOTOS SOBRE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD.

En el pasado el impacto de sismos, huracanes e inundaciones (fenómeno de El Niño), entre otras amenazas naturales, ha demostrado que los hospitales y los establecimientos de la salud son vulnerables a dichos eventos, razón por la cual no siempre están en capacidad para responder adecuadamente.

Un amplio número de hospitales han sufrido daños graves, han salido de funcionamiento o llegado al colapso estructural como consecuencia de eventos naturales intensos, y han privado a las comunidades respectivas de una adecuada atención a las víctimas.

Muchos de los hospitales afectados han sido diseñados de acuerdo a normas de construcción sismorresistente, no obstante estos no han asegurado la continuidad de su funcionamiento.

En la región de América Latina y el Caribe, entre 1981 y 1996, un total de 93 hospitales y 538 unidades de salud fueron dañadas sensiblemente a consecuencia de desastres naturales, ya sea por haber colapsado o haber quedado en condiciones vulnerables que exigieron su desalojo. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), las pérdidas directas acumuladas por este concepto en la Región ascendieron a 3.120 millones de dólares, lo que podría compararse a una situación extrema en la que 20 países de la región hubiesen sufrido (cada uno) la demolición de 6 hospitales de primer nivel y 25 unidades de salud. [1]

La tabla 1 ilustra algunas estadísticas acerca de los efectos generales post-sismo en hospitales de América.

Tabla 1: Estadísticas sobre algunos efectos post-sismo en hospitales

Identificación y Año	Magnitud	Efectos Generales
San Fernando, California, 1971	6.4	Tres hospitales sufrieron daños severos y no pudieron operar normalmente cuando más se los necesitaba. Aún más, la mayoría de las víctimas se presentaron en dos de los hospitales que se derrumbaron. El Hospital Olive View, uno de los más gravemente afectados en 1971, fue reforzado.
Managua, Nicaragua, 1972	5.6	El Hospital General fue severamente dañado, evacuado y posteriormente demolido.
Guatemala, Guatemala, 1976	7.5	Varios hospitales fueron evacuados.
Popayán, Colombia, 1983	5.5	Daños e interrupción de servicios en el Hospital Universitario San José.
Mendoza, Argentina, 1985	6.2	Se perdieron algo más que el 10% del total de camas (estables + privadas - 3350). De 10 instalaciones afectadas, 2 fueron demolidas y una desalojada
México, D.F., México, 1985	6.2	Se derrumbaron 5 establecimientos hospitalarios y otros 22 sufrieron daños mayores; por lo menos 11 instalaciones fueron evacuadas. Se estimaron pérdidas directas por US\$ 640 millones. Los hospitales más seriamente dañados fueron el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS), el Hospital General y el Hospital Benito Juárez. Entre camas destruidas y las que fue necesario evacuar, los sismos produjeron un déficit súbito de 5829 camas; en el Hospital General murieron 295 personas y en el Juárez 561, entre las cuales se encontraban pacientes, médicos, enfermeras, personal administrativo, visitantes y recién nacidos.
San Salvador, El Salvador, 1986	7.5	Algo más de 2000 camas perdidas, más de 11 instalaciones hospitalarias afectadas: 10 fueron desalojadas y 1 se perdió totalmente. Se estimaron daños por US\$ 97 millones.
Tena, Ecuador, 1995	6.2	El hospital Velasco Ibarra (120 camas) sufrió daños no estructurales moderados: el agrietamiento de varias paredes, la ruptura de vidrios, caída de tumbados (cielo falso, cielo raso), desperfecto en el sistema de ascensores y daños en algunas tuberías para conducción de oxígeno y de agua, lo que obligó a la suspensión de sus servicios y a la evacuación de las instalaciones.

Fuente: *Fundamentos Para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud, OPS, 2000.*

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Después de los dos terremotos sufridos en el 2001 en El Salvador los hospitales han sido evaluados por profesionales y estudiantes de último año de Ingeniería, no obstante por la especialidad de estos, se han limitado a la evaluación estructural y en la no estructural en aspectos más que todo arquitectónicos y con inspecciones rápidas en instalaciones básicas. Esto ha sido comprobado en entrevista con un experto contratado por la Organización Panamericana de La Salud (OPS), quién manifestó que por el amplio número de evaluaciones que han tenido que abarcar, no han profundizado en una evaluación enfocada a equipo médico hospitalario, no obstante si observaron la no implementación de medidas mínimas de mitigación de la vulnerabilidad en los equipos médicos. Además se constató que en el país no existen procedimientos para evaluar los daños e implementar medidas de mitigación.

Frente a lo anterior surgió la necesidad de evaluar el impacto del terremoto en equipo médico hospitalario en los hospitales del país (San Rafael, Zacatecoluca y Benjamín Bloom) para recopilar evidencias que llevaran a la implementación de medidas de reducción de riesgos, las cuales según estudios anteriores son importantes por razones:

- a) Económicas.
- b) Funcionales.
- c) De Seguridad al paciente, personal visitantes y personal médico y paramédico.

IMPORTANCIA DE LA MITIGACION EN INSTITUCIONES HOSPITALARIAS.

Los hospitales merecen de una consideración especial en la mitigación de desastres naturales en razón de sus características de ocupación, dado que albergan pacientes en residencia y en tratamiento, personal administrativo y visitantes, además del personal médico y paramédico que requieren de seguridad durante su estancia. El riesgo que corren los establecimientos de salud frente a un

desastre natural podría explicarse como la relación que existe entre la probabilidad de ocurrencia de un evento y la vulnerabilidad de sus componentes físicos. El foco de las políticas de mitigación contra riesgos se centra principalmente en reducir la vulnerabilidad de los elementos susceptibles de ser afectados.

El carácter limitado de las acciones emprendidas en la Región de América Latina y el Caribe en materia de mitigación dificulta la obtención de parámetros de validez general que permitan establecer relaciones válidas entre el costo de las obras de mitigación de riesgo hospitalario y los beneficios que se esperan de ellas en términos de disminuir su vulnerabilidad ante desastres naturales. De ahí la idea de realizar dicho estudio.

En los Hospitales Nacionales del país, la mitigación en el equipo médico es mínima, por lo que en el caso de la ocurrencia de algún evento sísmico, los servicios que dependen del Equipamiento, presentan un alto riesgo de sufrir una disminución o pérdida de sus funciones en el momento que más se les requiera. Uno de los pocos Hospitales en donde las medidas de mitigación han sido implementadas es El Hospital de Niños Benjamin Bloom, el cual después de su colapso en 1986 fue reconstruido en base a una filosofía de mitigación, lo que según reportes de expertos de la OPS hizo que el impacto de los terremotos del año 2001 en esta Institución fuera mínimo.

Se espera que el presente estudio aporte referencias útiles sobre los elementos de costo y efectividad de las inversiones que se deberían implementar a fin de mitigar los efectos de desastres naturales en el equipo médico hospitalario.

En la Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres Naturales en establecimientos de Salud convocada por la Organización Panamericana de la Salud, bajo el auspicio del Gobierno de México, el Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DHA), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Secretaría de la Organización de Estados Americanos

(OEA) y el Banco Mundial, llevada a cabo en la ciudad de México entre el 26 y el 28 de febrero de 1996, se adoptaron una serie de recomendaciones concretas; dentro de las cuales se instó a los países de la región de América Latina y el Caribe a hacer suyo el principio de que cada país tiene la responsabilidad primaria de proteger a su población y su infraestructura del impacto de los desastres naturales, y declarar como prioridad sanitaria, social, económica y política la adopción de medidas concretas para mitigar el impacto de los fenómenos naturales sobre las plantas físicas, líneas vitales y equipamiento en las establecimientos de salud.[1]

La investigación hizo hincapié en el problema sísmico debido a que, por un lado, es el fenómeno natural que más ha afectado a los establecimientos de salud y, por otro lado, a que si se logran reducir sus efectos directos e indirectos, prácticamente se está reduciendo el riesgo que pueden causar otros fenómenos.

Los hospitales requieren consideraciones especiales en relación con la mitigación de riesgos debido a la función que desempeñan en el medio en donde se encuentran, a sus características de ocupación y a su papel durante situaciones de desastre.

Por otra parte, debido a la importancia y alto costo de los establecimientos hospitalarios, un daño severo a los mismos no sólo afectaría la capacidad productiva del país sino también a las finanzas públicas debido al costo de la rehabilitación y reconstrucción.

Un movimiento sísmico de menor intensidad, que ocurre con mayor frecuencia que los grandes terremotos, puede causar daños no estructurales. Por lo tanto, los aspectos vitales de un hospital, aquellos que se relacionan más directamente con su propósito y función, son los que más fácilmente se ven afectados o destruidos por los sismos. Pero también es más fácil y menos costoso readaptarlos y prevenir su destrucción o daño.

En otras palabras, la vulnerabilidad en general de los hospitales es alta, situación que debe ser corregida total o parcialmente con el fin de evitar pérdidas económicas, sociales y de vidas, en particular en los países en desarrollo.

La mitigación de los efectos producidos por desastres mediante la adopción de medidas preventivas es una actividad altamente rentable en zonas donde se experimentan eventos recurrentemente. La mitigación no tiene costo ya que, a largo plazo, se paga en dinero real y en vidas salvadas. El costo de una reestructuración, aunque puede considerarse alto en algunas ocasiones, siempre será un valor poco significativo en relación con el costo de su reparación o reposición física.

Debido a que no se tiene un estudio concreto en cuanto a daños sufridos en equipo médico se necesitó realizar las siguientes tareas:

- a) Cuantificar la magnitud de los daños en equipo médico hospitalario para determinar las medidas necesarias de mitigación de los daños en los mismos a fin de restablecer completamente sus funciones de asistencia a la población.
- b) Aprender de los daños ocurridos, de sus causas y efectos para determinar la vulnerabilidad del equipo médico hospitalarias ante los terremotos.
- c) Determinar el costo de los daños y su relación con la implementación o no de medidas de mitigación con el objetivo de demostrar su beneficio.
- d) Elaborar una guía para mitigación de riesgos que en un futuro evite costos de sustitución o recuperación, a la vez que se logre conservar los recursos y se este preparado ante situaciones de desastre con la finalidad de mantener las funciones de asistencia a los heridos y continuar el tratamientos de los pacientes.

En síntesis la evaluación del impacto del terremoto es importante para contribuir en la implementación de una cultura para la mitigación del riesgo, lo que es indispensable en un país en donde en los últimos 36 años han sucedido 4 terremotos en donde ha quedado demostrado el riesgo existente en las instituciones de salud por falta de la implementación de medidas preventivas que eleven el margen de seguridad y funcionalidad del equipo médico hospitalario.

1.3 OBJETIVO GENERAL.

Se evaluó el impacto producido por los efectos de los terremotos en equipo Médico Hospitalario a fin de obtener evidencias que conlleven a proponer la implementación de medidas de mitigación y reducción de riesgos en los mismos.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1.4.1 Se evaluaron los daños en equipo Médico Hospitalario.
- 1.4.2 Se determinó la vulnerabilidad no estructural (equipo médico hospitalario) en base a investigación de campo.
- 1.4.3 Se documentaron los daños en el equipo médico, sus causas y sus efectos.
- 1.4.4 Se determinó el costo económico que representan los daños en equipo medico hospitalario producidas por el terremoto.
- 1.4.5 Se realizó un estudio comparativo sobre la vulnerabilidad determinada en base a los daños encontrados en los distintos establecimientos estudiados.
- 1.4.6 Se analizó la relación existente a nivel organizativo de las áreas bajo estudio con los daños al equipo médico hospitalario, considerando el mantenimiento, optimización del espacio y la configuración de los servicios.
- 1.4.7 Se identificaron las medidas correctivas o preventivas que se deben tomar en cuenta en instituciones hospitalarias para mitigar los efectos de sismos en el equipo médico.

1.5 ALCANCES.

- 1.5.1 La evaluación se realizó en los siguientes Hospitales: Hospital Nacional San Rafael, Hospital Nacional de Zacatecoluca, y Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom.
- 1.5.2 Se determinó la vulnerabilidad del Equipo Médico Hospitalario de tres hospitales de El Salvador en los ambientes de Quirófanos, Unidad de Cuidados Intensivos, Emergencias, Central de Esterilización, Laboratorio Clínico e Imagenología, en base al estudio del impacto de los terremotos del 2001 en las áreas mencionadas anteriormente.
- 1.5.3 Se hizo un estudio comparativo de vulnerabilidad no estructural referente a equipo médico hospitalario a fin de llegar a conclusiones sobre la relación entre los hospitales afectados y los que no tuvieron daños.
- 1.5.4 Se elaboró una guía para identificar y mitigar la vulnerabilidad en el equipo medico ante terremotos en los ambientes evaluados.

1.6 LIMITACIONES.

1.6.1 Se consideró dentro del concepto de mitigación de vulnerabilidad de equipo médico, el entorno que influye sobre ellos, siempre y cuando no estuviera relacionado con los riesgos ocasionados por los elementos estructurales y arquitectónicos.

1.6.2 Cuando se hizo el estudio de la mitigación de la vulnerabilidad de los equipos médicos no se profundizó en las líneas vitales, y se tomó en cuenta el mobiliario médico relacionado con la vulnerabilidad de los equipos.

1.6.3 La evidencia científica del estudio estuvo limitada a la existencia de información y evidencias producto de inspección o entrevistas verbales por parte del personal de los hospitales que se estudiaron.

1.6.4 El grado de profundización en la investigación dependía en parte de la accesibilidad de las autoridades del Ministerio de Salud, Hospitales Nacionales y de las instituciones relacionadas con el tema.

CAPITULO II: VULNERABILIDAD HOSPITALARIA.

2.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo, se tocará el tema de la vulnerabilidad Hospitalaria, y las consiguientes características internas y externas que hacen que los Hospitales sean especialmente vulnerables, además, se tomarán otros conceptos como la vulnerabilidad estructural, la vulnerabilidad no estructural y la vulnerabilidad funcional, todo esto con el objetivo de tener un panorama más claro de los diferentes tipos de vulnerabilidad que existen relacionados al tema, para luego poder definir la vulnerabilidad existente en el equipo médico.

En la vulnerabilidad del equipo médico se tomarán en cuenta aspectos generales, es decir, todo el entorno que pueda afectar al equipo médico y por consiguiente al personal o pacientes que se encuentren directamente relacionado con el mismo. Para finalizar, se hablará acerca de la evaluación de la vulnerabilidad en el equipo médico y los diferentes procedimientos generales que son tomados en cuenta a la hora de implementar medidas de mitigación eficaces para los mismos.

2.2 VULNERABILIDAD HOSPITALARIA.

La vulnerabilidad es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos (bajo riesgo) como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso [2]. Es también la debilidad, incapacidad o dificultad para evitar, resistir, sobrevivir y recuperarse, en caso de desastre [3]. Otro concepto para definir la vulnerabilidad es el siguiente, es una medida de la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos expuesto a una amenaza a sufrir daño o pérdida. Estos elementos pueden ser estructuras, los elementos no estructurales, las personas y sus actividades colectivas [4].

2.2.1 Tipos de Desastres.

Los desastres pueden ser originados por la manifestación de un fenómeno natural, provocados por el hombre o como consecuencia de una falla de carácter técnico en sistemas industriales. Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido, aunque en algunos casos puede controlarse parcialmente. Sismos, erupciones volcánicas, tsunamis (maremotos) y huracanes son ejemplos de amenazas que aún no pueden ser reducidas en la práctica, mientras que inundaciones, sequías y deslizamientos pueden llegar a controlarse o atenuarse con medidas adecuadas a cada una de ellas [5].

Los fenómenos naturales que han ocasionado desastres en los países de América Latina y el Caribe durante los últimos años corresponden a diversos orígenes y grados de intensidad. Con todo, los de mayor frecuencia son de tipo meteorológico, y de tipo geológico los que causan un mayor grado de destrucción a la infraestructura física. Se ha llegado a estimar que, en su conjunto, generan cada año un promedio de 6,000 personas muertas en la región, y más de 1,500 millones de dólares en pérdidas. Obviamente, estos daños perjudican severamente las condiciones de vida de la población, a la vez que obstaculizan los esfuerzos nacionales por encontrar la senda del crecimiento económico.

2.2.2 Vulnerabilidad Hospitalaria.

Los hospitales son instalaciones esenciales para enfrentar un desastre (inundaciones, terremotos, huracanes, etc.), debido a que después de un evento de tal magnitud, el hospital es el primer lugar a donde la gente acude para ser atendidas en caso de lesiones, no obstante, dichas Instituciones son altamente vulnerables. Existen otros edificios e instalaciones de igual tamaño y construcción en una ciudad, pero ninguno tan complejo desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo.

La vulnerabilidad hospitalaria esta definida por características internas y externas que hacen que los Hospitales sean especialmente vulnerables, las cuales serán descritas a continuación.

2.2.2.1 Características Internas. ✖

a) Complejidad. Los centros de salud son edificios muy complejos que suplen las funciones de hotel, oficinas, laboratorio, bodega, etc. El solo aspecto de hotel es supremamente complejo ya que involucra no sólo alojamiento, sino provisiones alimenticias para un amplio número de personas, incluyendo pacientes, empleados y visitantes. Estos centros por lo general contienen numerosas habitaciones pequeñas y un gran número de largos corredores, y salas de atención a pacientes que requieren de instalaciones especiales para su funcionamiento (redes de vapor, gases médicos, comunicación, etc.).[1]

b) Ocupación. Los hospitales son edificios con un alto índice de ocupación. Alojan pacientes, empleados, personal médico y visitantes. Están ocupados 24 horas al día. Muchos pacientes requerirán ayuda y cuidado especializado continuamente. Pueden estar rodeados de equipo especial y tal vez utilicen gases potencialmente peligrosos como el oxígeno. Igualmente, pueden estar conectados a equipos que mantienen la vida los cuales exigen fluido eléctrico permanentemente. [1]

c) Suministros críticos. La mayoría de los suministros que requieren las instalaciones hospitalarias (farmacéuticos, tablillas, vendajes, etc.) son esenciales para la sobrevivencia del paciente y son cruciales para el tratamiento de víctimas de terremotos.

Las historias de los pacientes son vitales para el tratamiento adecuado, especialmente en caso de evacuación a otros centros. El daño a las zonas de almacenamiento y archivo hará imposible la obtención de estos elementos en el momento en que más se necesitan. [1]

d) Servicios públicos. Ninguna institución depende más de los servicios públicos que los hospitales. Sin electricidad, agua, combustibles, recolección de basuras, comunicaciones, libre egreso de y hacia, no podrían funcionar. Los equipos de radiología, monitoreo, soporte de vida, esterilización y demás equipamiento requieren de energía. La compleja organización de las instalaciones para el cuidado de la salud hace que los sistemas de comunicación interna y externa sean críticos. Las instalaciones más grandes dependen de los ascensores para movilizar gente y suministros. Aun en un terremoto moderado, por ejemplo, los ascensores estarán fuera de servicio hasta que puedan ser inspeccionados para detectar posibles daños.

e) Equipamiento médico. Muchos hospitales tienen equipo médico pesado cerca de los pacientes, por lo que un sismo de magnitudes considerables podría causar un riesgo para la vida del mismo, si estos no se encontraran con un anclaje adecuado.

2.2.2.2 Características Externas.

Además de los problemas internos enumerados anteriormente causados por daños a la instalación hospitalaria misma, el daño sufrido por la comunidad impedirá el acceso de los bomberos, de la policía, y tal vez, del servicio telefónico, mientras que habrá una entrada sin precedentes de heridos.

Igualmente, habrá muchedumbres buscando información sobre pacientes en el hospital. En el momento que más se requiera, el edificio puede dejar de ser funcional y el personal médico puede haber muerto o encontrarse herido.

El suministro de agua potable podría ser cortado por las personas que viven en los alrededores, quienes por la necesidad de agua podrían romper las cañerías para abastecerse de tal líquido, cortando el abastecimiento de agua para el hospital. Por lo que es importante tener en los hospitales una reserva de agua para 72 horas, así como tener identificada la ruta de suministro.

La interrupción de los servicios puede ser agravada por el hecho de que los códigos de diseño no tienen normalmente en cuenta requerimientos específicos para el diseño de sistemas mecánicos y eléctricos. La experiencia ha demostrado que los efectos de segundo orden causados por daños no estructurales pueden agravar significativamente la situación. Por ejemplo, cielos rasos y acabados de paredes que caen sobre corredores o escaleras pueden interrumpir el tráfico; incendios, explosiones y escapes de sustancias químicas pueden ser peligrosos para la vida. Los daños en los servicios pueden hacer de un moderno hospital virtualmente inútil porque su funcionamiento depende de los mismos.

Como se ha mencionado los hospitales son instituciones complejas, situación que provoca que los tengan diferentes tipos de vulnerabilidad [1], siendo estas las siguientes:

- Vulnerabilidad Estructural
- Vulnerabilidad No Estructural
- Vulnerabilidad Funcional o Administrativo - Organizativa.

2.3 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento hospitalario que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. El componente estructural debe ser considerado durante la etapa de diseño y construcción, cuando se trata de un nuevo edificio, o durante una etapa de reparación, remodelación o mantenimiento, cuando se trata de un edificio ya construido. Un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva, aun en un terremoto severo. Posiblemente pueden presentarse daños, pero seguramente no entrará en colapso. Si un hospital se desploma, aun parcialmente, será un pasivo para la comunidad después del desastre y no el activo que debe ser. Además es muy importante que el personal médico, paramédico del hospital tenga confianza en la infraestructura del edificio, para que se puedan continuar la actividad de atención dentro del Hospital.

Por otra parte, en la planeación de un hospital es necesario tener en cuenta que una de las mayores causas de daños en edificaciones ha residido en esquemas de configuración arquitectónica - estructural nocivos. Puede decirse de manera general que el alejamiento de formas y esquemas estructurales simples es castigado fuertemente por los sismos. Y además que, desgraciadamente, los métodos de análisis sísmico usuales no logran cuantificar adecuadamente la mayoría de estos problemas. De cualquier forma, dada la naturaleza errática de los sismos, así como la posibilidad de que se exceda el nivel de diseño, es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones riesgosas, independientemente del grado de sofisticación que sea posible lograr en el análisis de cada caso.

Desafortunadamente, en muchos países de América Latina la aplicación de las normas de construcción sismo - resistente no han sido efectivamente aplicadas y en otros dichas normas no han considerado especificaciones especiales para las estructuras de edificaciones hospitalarias. Por esta razón, no es extraño que cada

vez que ocurre un terremoto en la región las edificaciones más afectadas son precisamente los hospitales, que deberían ser las últimas en ser afectadas.

En otras palabras, la vulnerabilidad estructural en general de los hospitales es alta, situación que debe ser corregida total o parcialmente con el fin de evitar enormes pérdidas económicas y sociales, en particular en los países en desarrollo.

2.4 VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL

La vulnerabilidad no estructural se refiere a la susceptibilidad en elementos no estructurales a sufrir daños, producto de sismos moderados que son los más frecuentes y que se presentan durante toda la vida del hospital. Un edificio puede quedar en pie luego de un desastre y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. El costo de las partes no estructurales en la mayoría de los edificios es considerablemente mayor que el de las estructurales. Esto se cumple especialmente en hospitales donde el 85 a 90% del valor de la instalación no está en las columnas de soporte, pisos y vigas, sino en el diseño arquitectónico, sistemas mecánicos y eléctricos y en el equipo allí contenido [1]. Un movimiento sísmico de menor intensidad causará daños no estructurales mayores que los que resultarían de daños a componentes estructurales. Por lo tanto, los aspectos más vitales de un hospital, aquellos que se relacionan más directamente con su propósito y función, son los que más fácilmente se ven afectados o destruidos por los terremotos. Igualmente es más fácil y menos costoso readaptarlos y prevenir su destrucción o afectación.

No basta con que un hospital simplemente no se caiga después de un terremoto, sino que debe seguir funcionando como hospital. Puede quedar con la apariencia externa de un hospital, pero si las instalaciones internas están afectadas, no podrá ser utilizado para atender pacientes.

Esta parte está enfocada básicamente a enfatizar la prevención del "desastre interno" o lo que técnicamente se denomina "falla no estructural" y también se refiere a las fallas no estructurales que pueden afectar la integridad de la estructura misma.

Pueden presentarse situaciones en donde componentes no estructurales inciden en la ocurrencia de fallas estructurales. Equipos pesados, tales como sistemas centrales de aire acondicionado, equipos de rayos X, escanógrafos, generadores eléctricos, calderas, piscinas de hidroterapia y otros, que puedan encontrarse ubicados en los pisos superiores del hospital o en pisos dedicados exclusivamente para colocación de equipos centrales, pueden modificar significativamente el comportamiento de la estructura tal como fue calculada, y desplazarse o voltearse ante la ausencia de anclajes, generando colapsos parciales o totales del edificio. Elementos arquitectónicos, de mampostería de relleno no reforzada y pesados revestimientos, pueden alterar el comportamiento del edificio mientras está vibrando.

2.5 VULNERABILIDAD FUNCIONAL

Los aspectos administrativo organizativos incluyen diseño físico-espacial (selección de sitio, análisis del entorno, distribución interna y externa de espacios, etc.) y procesos administrativos (contrataciones, adquisiciones, rutinas de mantenimiento, etc.) [6].

La relación entre las áreas que componen un establecimiento hospitalario puede garantizar, no solamente su adecuado funcionamiento en situaciones normales, sino también en situaciones de emergencia y desastres.

2.5.1 Diseño físico – espacial

La vulnerabilidad en referencia a los aspectos relativos al diseño físico – espacial enmarca la necesidad de abordar los aspectos relativos a la zonificación general, es decir a las siguientes interrelaciones:

- a) *Circulaciones* primarias y secundarias, privadas y públicas.
- b) *Accesos* generales y particulares de las áreas básicas en que se subdivide el hospital.
- c) *Zonificación particular*, es decir, los aspectos de funcionamiento interno de cada uno de los cinco sectores que conforman el hospital.

Las cinco áreas básicas (Administración, Servicios Generales, Consulta Externa, Urgencias, y Hospitalización) deben cumplir con funciones muy determinadas y propias, pero a la vez unas con otras deben cumplir con interrelaciones vitales para su buen funcionamiento. Además deben de estar configuradas para poder responder en situaciones de emergencia de atención masiva de pacientes, de lo contrario en una situación de desastre pueden llegar a un colapso funcional. A las áreas anteriores es importante tener bajo consideración en caso de desastres al área de exteriores, la cual juega un papel muy importante en estos casos [7].

2.5.2 Procesos administrativos

En los procesos administrativos vinculados a la vulnerabilidad hospitalaria los administradores, constructores y personal del Departamento de Mantenimiento juegan un papel muy importante, pues estos deben conocer los requisitos básicos de arquitectura e ingeniería que deben cumplir sus instalaciones para soportar la acción de posibles amenazas naturales. De aquí que estos deban velar por los siguientes aspectos:

- a) *Un ordenamiento sistemático y una fácil movilización del personal, equipos y suministros* dentro de un ambiente seguro, lo cual es fundamental en casos de desastres. Esto enfatiza la naturaleza crítica e interdependencia de estos elementos funcionales, en donde la falla de uno de ellos puede llevar a una crisis funcional de la institución vista como un sistema.
- b) *Especificaciones*: El cumplimiento de especificaciones para la reducción de riesgos debe de ser un requisito de los procedimientos de adquisición de equipo hospitalario (médico - no médico).
- c) *Mantenimiento*: existen muchos casos de hospitales bien ubicados y bien construidos, que sin embargo se convierten en altamente vulnerables por el deterioro en el tiempo y la falta de mantenimiento en los aspectos no estructurales [8]. Por lo tanto es de fundamental importancia el diseño e implementación de Programas de Mantenimiento Preventivo y sus costos asociados para mitigar la vulnerabilidad de elementos no estructurales a fin de reducir la pérdida de estos en el momento que más se les necesite.
- d) *Señalización*: Esta es importante no solamente para la orientación de los usuarios en el momento de la utilización de los servicios, sino para la evacuación del edificio en momentos de desastres. La señalización debe indicar las rutas de evacuación, salidas no diseñadas especialmente para estos casos. Además, se deben señalar equipos de incendio, puertas corta fuegos en el momento que éstas existan, teléfonos de emergencia, etc. De una buena señalización depende una buena evacuación del edificio. La señalización debe estar en el interior y exterior del edificio y debe abarcar la trama urbana circundante.

2.6 VULNERABILIDAD DEL EQUIPO MEDICO

2.6.1 ASPECTOS GENERALES.

El contenido de las edificaciones causa muchos problemas cuando ocurren terremotos de grandes magnitudes que cuando son pequeños. Muchos daños pueden ser evitados aplicando medidas sencillas y poco costosas, como asegurar los estantes a las paredes y colocar las plantas y equipos en posiciones estratégicas y seguras. Inspecciones regulares y mantenimiento apropiado de estos elementos podrían también asegurar que siempre estarán en servicio y en buen estado; lo cual puede lograrse considerando este tipo de aspectos en el mantenimiento que periódicamente debe realizarse de la edificación, sus instalaciones y componentes.

Los equipos médicos hospitalarios son vulnerables a los servicios públicos, ya que sin electricidad, agua, combustibles, recolección de basura, comunicaciones, libre entrada y salida, no podrían funcionar. Los equipos de radiología, monitoreo, soporte de vida, esterilización y demás requieren energía. [9]

Los sistemas de comunicación interna y externa son críticos debido a la compleja organización de las instalaciones para el cuidado de la salud.

Las instalaciones más grandes dependen de *los ascensores* para movilizar gente y suministros. Aun en un terremoto moderado, por ejemplo, los ascensores estarán fuera de servicio hasta que puedan ser inspeccionados para detectar posibles daños.

Materiales peligrosos. Varios productos de un hospital serán peligrosos si se derraman o liberan. Los estantes que se voltean con medicamentos o químicos pueden constituir amenazas por toxicidad tanto en forma líquida como gaseosa. Los incendios pueden iniciarse por *acción de químicos, cilindros de gas* volteados o la ruptura en *líneas de oxígeno* que pueden plantear serios peligros.

Además algunas drogas pueden convertirse en objetos de abuso al romperse las normas de seguridad.

Artículos pesados. Muchos hospitales tienen *equipo o televisores en estantes altos* encima o cerca a las camas de los pacientes; éstos pueden caer y causar serios accidentes. Otras piezas de equipo especializado tales como *máquinas de rayos X, generadores alternos, esterilizadores* son pesados y susceptibles de ser derribados, desplazados o lanzados por la habitación durante el terremoto, situación que puede aparte de provocar daños al equipo puede causar daño físico a las personas.

2.6.2 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD EN EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO

En muchos casos, personas sin formación especializada podrían realizar una evaluación preliminar del nivel de riesgo teniendo en mente dos preguntas básicas para cada equipo en consideración [1]:

- ¿Podría algo causarle daño a dicho elemento en caso de un sismo?
- ¿Podría la interrupción de su funcionamiento ser un problema serio?

Esto producirá una lista preliminar de elementos para una consideración más detallada. En esta etapa es preferible ser conservador y sobre estimar vulnerabilidades que ser optimista.

2.6.3 INTERVENCION

Luego de identificar un equipo que puede sufrir o causar daño y su prioridad en términos de pérdida de vidas humanas o de bienes (muebles y/o funciones), debe adoptarse una medida apropiada para reducir o eliminar el peligro. A continuación se da una lista de medidas de mitigación eficaces en muchos casos. A veces,

simplemente se debe ser creativo y utilizar la imaginación. Estos procedimientos generales que se han utilizado en muchas partes y muchas veces, son:

- a) Remoción
- b) Reubicación
- c) Movilización restringida
- d) Anclaje
- e) Acoples flexibles
- f) Soportes
- g) Sustitución
- h) Aislamiento
- i) Respuesta rápida y preparación

2.6.3.1. La remoción. Sería la alternativa más conveniente de mitigación en muchos casos. Por ejemplo, todos los reactivos utilizados por un equipo médico determinado que pudiera derramarse se puede almacenar perfectamente fuera del área donde se encuentra el mismo.

2.6.3.2 La reubicación. Reduciría el peligro en muchos casos. Por ejemplo, un equipo médico pesado como un monitor encima de un estante podría caer, herir gravemente y averiarse causando valiosas pérdidas. Si se reubica en un estante a un nivel medio y con un anclaje adecuado no representaría peligro para las vidas humanas ni para la propiedad.

2.6.3.3 La restricción en la movilización. En el *equipo de laboratorio clínico*, es una buena medida, ya que por ejemplo los analizadores de química sanguínea son equipos costosos que representan una gran pérdida económica si no poseen un soporte adecuado.

2.6.3.4. El anclaje. Es la medida de mayor aplicación. Es buena idea asegurar con pernos, amarrar, utilizar cables de amarre o de otra manera evitar que piezas de

valor o de tamaño considerable como algunos equipos médicos caigan o se deslicen. Entre más pesado sea el objeto más factible es que se mueva debido a las fuerzas de inercia que entran en juego.

2.6.3.5 Los acoples flexibles. Algunas veces se usan entre edificios y tanques exteriores, entre diferentes partes separadas del mismo edificio y entre edificios, o podrían ser utilizadas en la conexión de un autoclave con su suministro de vapor. Estos se utilizan puesto que los objetos diferentes, separados se moverán cada uno independientemente como respuesta a un terremoto. Algunos se mueven rápidamente o a altas frecuencias, otros lentamente o a bajas frecuencias. Si hay un autoclave con una tubería rígida de conexión con la red de vapor, el autoclave vibrará a frecuencias, direcciones y amplitudes diferentes a la de la red, rompiendo la tubería rígida; un tubo flexible entre los dos evitaría rupturas de esta naturaleza.

2.6.3.6 Soportes. Son apropiados en muchos casos. Por ejemplo, los cielos rasos por lo general están colgados de cables que tan solo resisten la fuerza de la gravedad. Al someterse a la multitud de fuerzas horizontales y de torsión que resultan de un terremoto, caen fácilmente. Aunque los cuadros de luz son inofensivos al caer, algunas veces estas estructuras suspendidas del techo soportan pesadas luminarias. Al caer, producen serios accidentes a las personas que están debajo y al equipo, por ejemplo se ha encontrado una situación de bastante peligrosidad, en donde la caída de lozas ha ocasionado que se quiebre la cámara de incubadoras para neonatos, situación que incluso podría haber ocasionado lesiones a algún bebe. Las conexiones eléctricas también pueden ser arrancadas del techo amenazando con un posible incendio.

2.6.3.7 La sustitución. Por algo que no represente un peligro sísmico es lo correcto en algunas situaciones; por ejemplo, un pesado techo de teja no solo hace pesada la cubierta de un edificio, sino más susceptible al movimiento del terreno en un terremoto, las tejas individuales tienden a desprenderse creando peligro para la gente y los equipos debajo. Una solución sería el cambio por una cubierta más liviana y más segura.

2.6.3.8 El aislamiento. Es útil para pequeños objetos sueltos. Por ejemplo, si se colocan paneles laterales en estantes abiertos o puertas con pestillos en los gabinetes, su contenido quedará aislado y probablemente no será arrojado por el recinto en caso de un terremoto.

2.6.3.9 La respuesta rápida y reparación. Es una metodología de mitigación empleada por largos oleoductos. Algunas veces no es posible hacer algo para evitar la ruptura de una línea en un sitio dado, entonces se almacenan repuestos cerca y se hacen los arreglos necesarios para entrar rápidamente a la zona en caso de ruptura de la línea durante un terremoto. Se podría tener a mano en un hospital piezas de plomería, electricidad y demás, junto con las herramientas apropiadas, de manera que si algo se daña, pueda fácilmente arreglarse. Este sería el último recurso en la mitigación, pero es necesario hacerlo antes del temblor y realizar el resto del plan después.

Las medidas generales anotadas y discutidas se aplican a casi todas las situaciones. Sin embargo, en muchos casos, simplemente se debe ser creativo y pensar en su propia solución de mitigación.

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS Y AMBIENTES HOSPITALARIOS.

3.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo, se hace la descripción de cada uno de los servicios que se considerarán en el presente estudio, los cuales son los siguientes:

- Quirófanos.
- Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).
- Imagenología.
- Emergencia.
- Laboratorio Clínico.
- Central de Esterilización y Equipos (C.E.Y.E.)

La razón por la cual se escogieron estos servicios se debe a que ellos son los más críticos en cuanto a la atención de los pacientes los cuales luego de un terremoto deben de mantener su función y tener la capacidad de atender la demanda que se verá aumentada por después de una catástrofe.

Para cada servicio se menciona su función, la ubicación y relación con otros servicios, sus áreas y ciertos criterios normativos, el equipamiento típico de cada servicio y la selección del equipo a considerar en el estudio.

El objetivo de este capítulo es mostrar un marco de referencia desde los servicios para luego determinar su vulnerabilidad funcional y la de su equipamiento crítico.

Antes de entrar a la descripción de cada servicio se hará mención de los criterios que se utilizarán para la priorización de los equipos.

3.2 CRITERIOS PARA LA PRIORIZACION DE LOS EQUIPOS A ESTUDIAR

La priorización de equipos a considerar en el presente estudio se basará en los siguientes criterios de riesgo [1]:

- a) Riesgo para la vida.
- b) Riesgo de pérdida de la inversión.
- c) Riesgo de pérdida funcional.
- d) Riesgo por ubicación o altura del equipo

3.2.1 Riesgo para la vida.

Se clasificará como equipo que presenta riesgo para la vida aquellos cuya falla o mal funcionamiento puede significar la pérdida de vida o el deterioro de la salud de alguno de los ocupantes del hospital [1].

El código queda de la siguiente manera:

Código 3 = Equipo cuya falla no incide sobre la salud.

Código 2 = Equipo cuya falla cause deterioro de la salud.

Código 1 = Equipo de soporte de vida.

3.2.2 Riesgo de pérdida de la inversión.

Se clasificará como equipo que presenta riesgo para la inversión a aquellos equipos que en el caso que se dañen o presenten fallas, significarían una pérdida económica importante para el Hospital [1].

El código queda de la siguiente manera:

Código 3 = Equipo cuyo valor sea menor a los \$ 3,000.

Código 2 = Equipo cuyo valor oscile entre los \$3,000 y \$20,000

Código 1 = Equipo cuyo valor sea mayor a los \$20,000.

3.2.3 Riesgo de pérdida funcional.

Se clasificará como equipo que presenta riesgo de pérdida funcional a aquellos cuya falla o pérdida, signifiquen una interrupción o baja sustancial en la atención de la demanda de los servicios médico – hospitalarios. Este criterio se relaciona con la importancia de los equipos para mantener la función de los servicios. [11]

El código queda de la siguiente manera:

Código 3 = Equipo portátil no crítico o de uso no cotidiano.

Código 2 = Equipo requerido para el apoyo de funciones cotidianas y para preservar la operación permanente del servicio.

Código 1 = Equipo requerido para sostener las funciones básicas que se presentan como prioridad en caso de urgencias y/o desastres.

3.2.4 Riesgo por tipo de montaje y altura del equipo.

Este tipo de riesgo esta relacionado con el peligro que el equipo representa al paciente, personal o así mismo por desprendimiento, volteo o desplazamiento debido a su ubicación física (techo, pared, sobre mesa o piso) o altura. Se considerará la altura ya que un equipo con un centro de gravedad alto tiene una mayor tendencia a volcamiento o desplazamiento.

El código queda de la siguiente manera:

Código 3 = Equipo sobre piso o mesa y con altura menor a 1.40 m.

Código 2 = Equipo en pared o con altura mayor o igual a 1.40 m.

Código 1= Equipo ubicado en el techo o con componente suspendido sobre el paciente.

3.3 METODO PARA LA PRIORIZACION DE EQUIPOS

Con la finalidad de establecer un orden de prioridad que sirva tanto para decidir que equipos evaluar como para definir que equipos se mitigaran primero en caso de existir limitación de recursos humanos como económicos, se puede utilizar una asignación de prioridades utilizando los criterios mencionados en el apartado 3.2. Al utilizar varios criterios se logra hacer una selección más objetiva.

Como primer paso se hace el listado del equipamiento cada servicio a evaluar, posteriormente en una tabla con la lista del equipamiento se coloca a cada equipo los diferentes números de código según corresponda para cada criterio de riesgo. (ver tablas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.7 y 3.8). Seguido de la asignación de los códigos se hace la sumatoria de estos para cada equipo, en donde los equipos con mayor prioridad serán aquellos cuyo puntaje resultante de la sumatoria sea menor, es decir que a menor puntaje habrá una mayor prioridad para la evaluación. Finalmente se establece el umbral de la prioridad que es seleccionar los equipos. Para el presente estudio se consideró adecuado seleccionar un umbral a evaluar de 10.

Posterior a la evaluación e identificación de las medidas de mitigación se puede utilizar la misma tabla para definir que equipos deberán ser los primeros en aplicar las medidas de mitigación.

3.4 SERVICIO: QUIROFANOS.

3.4.1 FUNCION.

El servicio de Quirófanos es un servicio auxiliar de tratamiento dentro de un hospital, comprende los espacios e instalaciones necesarios para realizar las intervenciones quirúrgicas llamadas de cirugía mayor, o sea aquellas que requieren un grado elevado de asepsia así como un equipo e instrumental muy amplio y diferenciado.

[12]

También suele utilizarse para llevar a cabo los estudios de tratamiento y diagnóstico que precisan condiciones especiales de asepsia o contar con los medios adecuados para prevenir riesgos o complicaciones.

Después de un terremoto, los quirófanos prestan un servicio muy importante en la realización de intervenciones de aquellas personas que por alguna razón resultaron gravemente heridas y que su vida depende de que se le practique una cirugía. Por esta razón consideramos que es importante que la estructura y todos los sistemas que implican que este servicio opere en un 100 %, estando preparados para soportar cualquier tipo de fenómenos naturales, que para nuestro caso serían los terremotos.

3.4.2 RELACION CON OTROS SERVICIOS.

El servicio de quirófanos está estrechamente ligado con los Servicios de Emergencias, Servicio Toco - quirúrgico, Central de Equipos y Esterilización, Anatomía Patológica y Banco de Sangre.

La relación con Emergencias es debido al estado crítico de sus pacientes, los cuales pueden necesitar una intervención quirúrgica no programada. Con el Servicio Toco quirúrgico, dado que en el, algunos casos pueden hacerse necesaria una

intervención que no sea estrictamente del dominio obstétrico. Con la Central de Esterilización y Equipos, que esta encargada de proporcionar instrumental y ropas esterilizados. Anatomía patológica, ya que en éste son analizadas las muestras enviadas por el cirujano durante el proceso de una intervención. El Banco de Sangre, lo abastece antes de cada intervención y algunas veces en el curso mismo de un proceso que requiera mayor dotación de sangre.

De esta forma podemos decir que luego de un sismo los quirófanos deben tener al menos un quirófano dedicado a la atención de pacientes en estado crítico provenientes de Emergencias, soporte al servicio Toco quirúrgico, ya que luego de un terremoto se ven notablemente incrementados los partos debido al estado nervioso de las embarazadas. En estos casos la Central de Esterilización le debe garantizar a quirófanos una reserva de material ropa estéril al menos por un día, más una reserva de material estéril descartable para suplir demanda en caso que quedara algún esterilizador dañado.

3.4.3 AREAS DEL SERVICIO DE QUIROFANOS.

El Servicio de quirófanos cuenta con las siguientes áreas:

- a) Salas de Operación
- b) Salas para citoscopía quirúrgica y otros procedimientos endoscópicos
- c) Cuarto de recuperación
- d) Areas de Servicio

3.4.3.1 Salas de operación.

Cada una de las salas debe poseer un área determinada dependiendo de las normas y criterios con las que hayan sido diseñadas, y poseer cada una su propio equipamiento. Deberá proveer un sistema de comunicación de emergencia que conecte con la estación de control quirúrgico. En los quirófanos para ortopedia se debe dejar espacio para el equipo de tracción y los demás accesorios.

Salas para citoscopia quirúrgica y otros procedimientos endoscópicos.

Estas salas deben de tener al menos un área despejada de 23.23 m². Espacio adicional puede ser requerido de acuerdo al programa narrativo para acomodar funciones especiales en estas salas. Deberá tener un sistema de comunicación de emergencias y también espacios para material descartable y despidicios.

3.4.3.2 Cuarto de recuperación.

La recuperación post-anestesia de pacientes quirúrgicos deben contener una estación para la distribución de medicina, lavabo, fregadero clínico y espacio para almacenar algunos suministros y equipos.

El diseño debe proveer espacio para el equipo necesario que se haya descrito en el programa narrativo con espacio adicional de al menos 3' a cada lado de las camas de paciente.

Espacio adicional para recuperación puede ser necesario para acomodar pacientes ambulatorios quirúrgicos.

3.4.3.3 Areas de servicio.

Espacios adicionales deben ser provistos cuando así sean notados en el programa de diseño, de lo contrario alcobas u otros espacios pueden ser usados siempre y cuando no interrumpen con el tráfico. Las áreas de servicio deben ser arregladas para evitar el tráfico directo entre la sala y recuperación.

Para paliar la vulnerabilidad funcional es importante que se mantengan los espacios adicionales en el cuarto de recuperación para que en casos de desastre se puedan ocupar estos espacios para alojar el exceso de pacientes que han sido o deben ser atendidos luego de un terremoto. Otro factor importante a observar es el respecto de los accesos en cuanto estos deben estar libres para permitir de forma adecuada el tráfico de personal y pacientes en casos de emergencia.

3.4.4 NUMERO DE SALAS.

Para un hospital general se considera adecuado estimar un quirófano por cada 50 camas más uno para emergencias y uno para cirugía menor, entendiendo que en este tipo de hospital se incluyen las camas de medicina y cirugía general, gineco obstetricia y pediatría y por lo tanto las necesidades quirúrgicas de todos estos servicios.

3.4.5 SALA DE RECUPERACION POST – OPERATORIA.

La capacidad de esta sala está en función del número de salas de operaciones de acuerdo con la siguiente regla empírica:

Tabla 3.1: *Número de camas - camillas requeridas en una sala de recuperación.*

Total de salas de operaciones	Camas - camillas requeridas
De 1 a 4	1 cama por sala más 1
De 5 a 8	1 cama por sala más 2
De 9 a 12	1 cama por sala más 3

Por cada cama camilla es necesaria una toma de oxígeno y una de succión.

Cuando el Servicio cuente con más de 6 salas de operaciones es conveniente tener dentro de la misma sala de recuperación y separadas por medio de cortinas corredizas un par de camas para pre-anestesia, las que son controladas por el mismo personal de recuperación.

3.4.6 EQUIPAMIENTO TÍPICO DEL SERVICIO DE QUIRÓFANOS

A continuación se detalla el equipamiento típico de este servicio para un hospital de 200 camas [13].

Tabla 3.2: Listado de equipo en el servicio de quirófanos.

EQUIPO	PRECIO (\$)	CANTIDAD	RV	RI	RF	RUA	TOTAL
Aspirador de secreciones	1,000	1	1	3	1	3	8
Bomba de infusión	4,000	3	1	2	1	2	6
Desfibrilador/Monitor	10,000	5	1	2	1	3	7
Equipo de rayos x móvil	30,000	1	2	1	1	1	5
Estetoscopio Biaricular para adulto	80	2	2	3	2	3	10
Grabadora Portátil	50	1	3	3	3	3	12
Lámpara auxiliar de operaciones	400	4	2	2	2	1	7
Lámpara Quirúrgica	10,000	6	1	2	1	1	5
Laringoscopio	250	8	3	3	1	3	10
Máquina de anestesia	50,000	6	1	1	1	2	5
Mesa de operaciones	25,000	6	1	2	1	3	7
Monitor de signos vitales	15,000	7	1	2	1	2	6
Negatoscopio	400	9	3	3	1	2	9
Resucitador manual	200	8	1	3	3	3	10
Tensiómetro aneroide para adulto	60	3	2	3	2	3	10
Tensiómetro de mercurio tipo pared	150	3	2	3	2	2	9
Unidad de Electrocirugía	4,000	6	2	2	1	3	8
Ventilador de volumen	21,000	1	1	1	1	2	5

Nota: RV: Riesgo a la vida

RI: Riesgo de pérdida de la inversión

RF: Riesgo de pérdida funcional

RUA: Riesgo por ubicación o altura del equipo

Tomando en cuenta criterios de riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión y el riesgo de pérdida funcional se seleccionarán los equipos cuyas sumatorias de códigos RV + RI + RF + RUA sea menor a 10.

Los equipos seleccionados en este servicio son los siguientes:

- Lámpara quirúrgica
- Mesa de operaciones
- Unidad de electrocirugía
- Aspirador de secreciones
- Desfibrilador/Monitor
- Máquina de anestesia
- Monitor de signos vitales
- Lámpara auxiliar de operaciones
- Ventilador de volumen
- Bomba de infusión
- Equipos de rayos x móvil
- Negatoscopio
- Tensiómetro de mercurio tipo pared

3.5 SERVICIO: UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

3.5.1 FUNCION

La función de la Unidad de Cuidados Intensivos es "proporcionar un cuidado de enfermería de alta calidad para los pacientes que requieran una detallada y continua observación, cuidado intensivo y una atmósfera humana y comprensiva".

3.5.2 UBICACIÓN Y RELACION CON OTROS SERVICIOS

Debe estar inmediata a los quirófanos y servicio de Emergencias, puesto que estos proporcionan un buen porcentaje de los pacientes que se atienden en ella. Sin embargo, no es conveniente alejar demasiado la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) de la zona o cuerpo en que se encuentra el resto de las unidades de hospitalización.

La UCI tiene relación importante con el resto de las Unidades de Hospitalización, con el Servicio Quirúrgico, con el servicio de Emergencias y con la Central de Esterilización y Equipos. Menos importante (aunque siempre muy importante) con los servicios auxiliares de diagnóstico, como laboratorios o Rayos X.

3.5.3 AREAS DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

La UCI cuenta con las siguientes áreas:

- | | |
|---|--------------------------|
| a) Area de hospitalización | e) Cuarto séptico |
| b) Estación de enfermeras | f) Cuarto de aseo |
| c) Area de equipos, instrumentos y medicamentos | g) Sanitario de personal |
| d) Ropería | h) Cuarto de médicos |

3.5.4 NUMERO DE CAMAS

El número de camas para la Unidad de Cuidados Intensivos conviene calcular a razón de un 6% del número de camas del hospital, correspondientes a las ramas de Medicina General, de Cirugía General y de Pediatría. [14]

3.5.5 DISPOSICIONES GENERALES

La configuración ideal de una unidad de Cuidados Intensivos sería la disposición en semicírculo de los enfermos alrededor de un punto central, que ocuparía la estación de enfermeras y en la parte posterior de ésta en forma lineal, los diversos servicios mencionados en la lista, a fin de que todo contribuya a desarrollar el trabajo rápido y eficientemente.

Cada cubículo deberá contar con camas de altura variable, ya sea mecánica o eléctricamente, así como soportes para suspender los envases de las soluciones de aplicación intravenosa.

El puesto de enfermeras tendrá intercomunicación con el resto de los Servicios del hospital, sistema de localización de médicos y un sistema para llamar de urgencia desde la unidad a cualquier puesto de enfermeras vecino, para el caso de que se requiera ayuda especial. El alumbrado y los tomas de corriente eléctrica estarán conectados a la planta de emergencia.

3.5.6 INSTALACIONES

- El espacio mínimo para seis camas debe ser de 150 m². El área para cada cama requiere un promedio de 12 m² con dimensiones no menores de 3.3 X 3.6 metros, de tal forma que se disponga de 1.20 metros libres a los lado y al extremo de la cama, para la realización de cualquier procedimiento requerido. [14]
- El diseño de la UCI debe considerar cuatro condiciones: accesibilidad, observabilidad, comodidad y privacidad para los pacientes. La accesibilidad es la forma rápida de llegar al paciente con personal y equipo suficiente; la observabilidad no debe comprometer la comodidad y privacidad del paciente.
- Un corredor de fácil acceso debe proveerse para el suministro hacia la UCI, con un ancho mínimo de 2.50 metros. Las puertas de acceso deben tener un espacio libre de 1.0 metro como mínimo.
- Cuando las dimensiones de la UCI comprenden un área mayor a los 90 metros cuadrados, deben existir dos puertas de acceso a la unidad.
- Cada una de las camas contará con salidas de electricidad, de oxígeno y vacío, y lugar a un costado de la cama para la colocación de monitor de signos vitales.
- El porcentaje de alumbrado y tomacorrientes que se conectan al sistema de emergencia es del 100%.

3.5.7 EQUIPAMIENTO TÍPICO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

A continuación se detalla el equipamiento típico de este servicio para un hospital de 200 camas.[13]

Tabla 3.3: Listado de equipo en la Unidad de Cuidados Intensivos.

EQUIPO	PRECIO (\$)	CANTIDAD	RV	RI	RF	RUA	TOTAL
Aspirador de secreciones	1,000	3	1	3	1	3	8
Bomba de Infusión	4,000	6	1	2	1	2	6
Desfibrilador/Monitor	10,000	1	1	2	1	3	7
Electrocardiógrafo (1 CANAL)	1,500	1	2	2	1	3	8
Lámpara para examen	200	3	2	3	1	3	9
Laringoscopio	250	3	3	3	1	3	10
Monitor de signos vitales	15,000	6	1	2	1	2	6
Negatoscopio	400	1	3	3	1	2	9
Resucitador Manual	200	2	1	3	3	3	10
Tensiómetro Aneroide para adulto	500	2	2	3	2	3	10
Tensiómetro de Mercurio tipo pared	150	6	2	3	2	2	9
Ventilador de Volumen	21,000	6	1	1	1	2	5

Nota:

RV: Riesgo a la vida

RI: Riesgo de pérdida de la inversión

RF: Riesgo de pérdida funcional

RUA: Riesgo por ubicación o altura del equipo

Tomando en cuenta criterios de riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión y el riesgo de pérdida funcional se seleccionarán los equipos cuyas sumatorias de códigos $RV + RI + RF + RUA$ sea menor a 10.

Los equipos seleccionados en este servicio son los siguientes:

- Aspirador de secreciones
- Bomba de infusión
- Desfibrilador/Monitor
- Electrocardiógrafo
- Lámpara para examen
- Monitor de signos vitales
- Negatoscopio
- Tensiómetro de Mercurio, tipo pared
- Ventilador de volumen

3.6 SERVICIO: IMAGENOLOGIA.

3.6.1 FUNCION

El servicio de imagenología como auxiliar del diagnóstico trata genéricamente obtener imágenes del cuerpo humano, haciendo pasar un haz de rayos x a través de él, e imprimiendo la imagen emergente en una placa fotográfica que posteriormente es revelada o convirtiendo la imagen emergente en visible en la pantalla fluorescente.

La imagenología permite llegar a conclusiones precisas y consecuentemente a mejores tratamientos; estas circunstancias hacen que junto al Laboratorio Clínico representen los más importantes recursos para el apoyo del diagnóstico médico.

El Servicio de Imagenología ocupa un área relativamente grande en el Hospital, por lo que representa un elevado costo tanto por el tipo de construcción necesario para la protección de las radiaciones como por el valor de sus equipos e instalaciones, de aquí que la vulnerabilidad del servicio de imagenología será el doble en cuanto riesgo de pérdida de la inversión y riesgo por pérdida de función, función que después de un terremoto se ve notablemente incrementada en su demanda.

3.6.2 UBICACIÓN Y RELACION CON OTROS SERVICIOS

El Servicio de imagenología, técnicamente se relaciona con la Consulta Externa, Emergencia, Hospitalización y Quirófano. Su ubicación debe permitir el acceso fácil del paciente de Consulta Externa, pues el 85% de los pacientes que reciben exámenes de Rayos X son externos y muchos de ellos no están en condiciones físicas de usar las escaleras y si usan los elevadores los congestionan afectando el funcionamiento de la unidad. Debe de tener acceso de los pacientes hospitalizados o de urgencias a través de circulaciones internas.

Además hay que tomar en cuenta que el personal médico, tanto de Consulta Externa como el de Hospitalización, tiene con frecuencia que acudir al Servicio de Imagenología para comentar junto con los radiólogos, las conclusiones del examen radiológico. Para ello, conviene usar las circulaciones internas a las que ya se hizo referencia.

Es importante que el Servicio de Imagenología este al nivel de Emergencias, puesto que si no está al mismo nivel, se tendrá el inconveniente de conducir a los enfermos por medio de elevadores, inconveniente que se agrava en caso de terremotos ya que los ascensores quedan fuera de funcionamiento por daños o por seguridad.

3.6.3 AREAS DEL SERVICIO DE RADIOLOGIA

Las áreas que constituyen el Servicio de Imagenología son:

- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| a) Recepción | g) Preparación de medios de contraste |
| b) Sala de Espera | h) Interpretación |
| c) Vestidores | i) Cuarto Oscuro |
| d) Sanitarios para Pacientes | j) Archivo de radiografías |
| e) Sanitario para personal | k) Area administrativa |
| f) Salas de Rayos X | l) Cuarto de aseo |

3.6.3.1 Recepción.

La distribución facilitará que la recepcionista controle el acceso de enfermos externos y que pasen a las salas oportunamente. Debido al uso de radiaciones en esta área la recepción juega un papel muy importante en cuanto que después de un terremoto este servicio se verá saturada por pacientes y se debe garantizar que los pacientes no reciban dosis de radiación innecesarias.

3.6.3.2 Sala de espera de pacientes.

El tamaño de la sala de espera está en función del número de salas radiológicas.

Se destinan cuatro lugares por sala para pacientes externos, pudiéndose duplicarlos en previsión de que acudan con acompañantes y que en casos de desastre se pueda alojar al interior del servicio a los pacientes en espera de toma radiográfica y un puesto para estacionamiento transitorio de camilla por cada sala radiológica.

La sala de espera de los pacientes externos puede formar parte de la sala de espera general de la Consulta Externa.

3.6.3.3 Vestidores.

La necesidad de obtener una máxima eficiencia del personal y del equipo radiológico instalado y más aún luego de un desastre requiere que el número de vestidores sea suficiente para evitar tiempos perdidos.

En las salas radiológicas de tipo general no especializado, se deben tener al menos dos vestidores anexos por cada sala radiológica.

3.6.3.4 Sanitario para pacientes

Este es necesario cuando se hacen exámenes radiológicos del aparato digestivo con aplicación de medio de contraste por enema. La evacuación debe ser inmediata y el paciente necesita tener acceso directo al sanitario.

3.6.3.5 Salas de Rayos X

Las salas de Rayos X son los locales en donde se efectúan los exámenes radiográficos y fluoroscópicos. El uso de Rayos X para fines de diagnóstico médico implica el riesgo de exposición de radiación hacia el paciente y personal, por lo que la planeación y construcción adecuada de las salas radiológicas representa uno de los factores básicos para reducir tales riesgos. Inclusive se debe garantizar que en caso de desastre las personas que estén en los pasillos exteriores al servicio no sean expuestas a ninguna clase de radiación.

De acuerdo a normas las salas de Rayos X deben cumplir los siguientes aspectos:
[15]

- La sala de Rayos X será considerada como zona controlada, dentro o anexo a esta se ubicará el área de la consola o panel de control. Esta zona contará con las características de defensa señalados en el numeral 3.6.5 del presente documento.
- El pasillo colindante con la sala de Rayos X y la sala de espera formaran parte de la zona supervisada.
- Bajo la consideración del posible ingreso de pacientes encamillados o en silla de ruedas el pasillo de acceso a la sala de Rayos X debe ser de 1.50 m para manejar con seguridad a este tipo de pacientes.
- En la sala de R-X el equipo de Rayos X deberá estar colocado de tal forma que el haz directo de radiación no se dirigirá hacia la consola de control, puertas de acceso, área de visualización de película o cuarto oscuro.
- El área en donde se ubique la consola de control debe permitir que el paciente pueda ser observable en todo momento desde la consola por contacto visual directo a través de una ventana blindada.
- La sala de Rayos X debe estar diseñada de tal forma que exista comunicación directa o electrónica, desde la consola de control con el paciente.
- En la sala de Rayos X deberá haber aire acondicionado capaz de mantener la temperatura de la sala entre los 22°C y 25°C y con las especificaciones recomendadas por el fabricante para la preservación de la vida útil del equipo y para no perjudicar la salud del paciente y técnico de RX.
- La renovación de aire en la Sala de RX será de al menos 3 veces por hora, mientras el local se esté utilizando.
- La Sala de RX deberá tener una altura mínima de 3.10 m.

3.6.3.5 Preparación de medios de contraste

Para la guarda y preparación de los medios de contraste y lavado de equipo, es necesario un espacio dentro del Servicio. El local para preparación de medios de

contraste, se puede integrar con el de reposo y enemas, en razón de su poco uso y de economía de áreas.

3.6.3.6 Interpretación

El área de interpretación y diagnóstico debe estar próximo al archivo de radiografías, de donde se toman las placas que van a ser estudiadas y también próximo a la oficina del Jefe del Servicio. Además, tendrá acceso fácil para el personal médico del hospital interesado en conocer y comentar con los radiólogos los dictámenes emitidos respecto a sus pacientes.

3.6.3.7 Cuarto oscuro

En este local se procesan placas para que la imagen de radiación se convierta en imagen visible. Este trabajo reviste importancia porque generalmente las deficiencias en las placas, se deben a un mal revelado más que a una defectuosa toma o impresión.

El revelado puede ser manual o a través de una procesadora automática. La procesadora automática es de mejores resultados pero recomendable cuando el Servicio consta de más de 2 salas, pues de lo contrario no se aprovecha la alta eficiencia del equipo, que es costoso. De cualquier manera, en los Servicios de varias salas, se dispondrá de un equipo pequeño de revelado manual para casos en que haya necesidad de efectuar algún estudio radiológico fuera de las horas normales de trabajo y en previsión también de interrupción en el trabajo del equipo automático por descompostura, falta de energía eléctrica, suministro de agua u otra causa, esta garantizará que si después de un terremoto se interrumpe el trabajo del equipo automático, se mantenga funcionando el servicio aunque con una capacidad limitada.

Entre las normas mínimas de un cuarto oscuro están las siguientes:

- La procesadora automático contará con un sistema propio de extracción de gases al exterior.

- Los tanques que contienen las sustancias químicas para el revelado de películas deben estar ubicados de tal manera que se evite salpicar películas secas y pantallas intensificadoras con dichas sustancias.
- El piso del cuarto oscuro será anticorrosivo, impermeable y antideslizante.
- El techo del cuarto oscuro será de un material que no se descame evitando filtración de luz alrededor de las ventilaciones de aire.
- La puerta de acceso al cuarto oscuro garantizará que no haya penetración de luz por medio de guardapolvos. Además la puerta tendrá un cerrojo interior.
- Para que no exista entrada de luz en el cuarto oscuro se protegerán las posibles entradas con guardapolvos o sellando con cinta adhesiva negra o algún otro elemento de características similares.
- La luz de seguridad debe ser provista de la potencia máxima que indique el fabricante de las películas en uso, colocada a una distancia de por lo menos 1.20 m por arriba de la superficie de las mesas de trabajo y con el tipo de filtro de luz de seguridad recomendado que permita al técnico trabajar con seguridad y sin dañar las películas radiográficas.

De las normas anteriores podemos decir que para garantizar la funcionabilidad de un cuarto oscuro se deben mitigar los riesgos de interrupción del aire acondicionado, interrupción del extractor de aire y de formación de entradas de luz.

3.6.3.8 Archivo de radiografías

Las placas radiográficas se archivan como antecedentes clínico y material de investigación y enseñanza. El archivo de radiografías debe cumplir con las siguientes normas:

- El blindaje debe estar calculado para que durante el periodo de almacenamiento de la película, la exposición de ésta a la radiación sea mínima (valor orientativo de dosis 2-5 mGy, por encima de la radiación natural de fondo, dependiendo de la sensibilidad de la película).

- Las condiciones de temperatura deben estar en un valor entre 10°C y 23°C con una humedad relativa entre 30% y 50%. Se deben utilizar valores diferentes a los indicados cuando lo recomiende el fabricante del tipo de película utilizada.
- El área de almacenamiento no estará ubicada en la sala de Rayos X.
- La película radiográfica deberá almacenarse de canto.

A las normas anteriores es de agregar que las películas deben estar en estantes con soportes y anclajes para evitar el vuelco por sismo.

3.6.4 DISEÑO DE BLINDAJES

Los blindajes o barreras de protección deben cumplir con lo siguiente:

- Los blindajes para la construcción, adaptación o remodelación deben de ser determinados y avalados por un asesor especializado en seguridad radiológica y aprobada por la Unidad Reguladora.
- La altura de blindaje para las paredes será de por lo menos 1.90 metros.
- La protección del operador durante la exposición consistirá en una mampara fija por delante de la consola de control.
- Los blindajes para la instalación se construirán de manera que exista continuidad entre los diferentes elementos constructivos donde sean instalados: muros, marcos, hojas de puertas, ventanilla de control, entre otros, de tal manera que dicho blindaje no se vea interrumpido en ningún punto de la superficie a proteger.
- Las juntas constructivas que existan entre los muros, columnas, tableros preconstruídos u otro elemento de la instalación que se ubiquen en la sala de Rayos X, se blindarán de tal forma que si se presentaran movimientos normales de la estructura, la protección no se viera afectada. Es recomendable el empleo de ángulos o tiras de plomo adosados al interior de las juntas o remates de los muros.
- Los tableros de control, cajas de instalaciones u otros materiales, que interrumpan la continuidad de la protección, deben protegerse por su interior y si esto no es posible por el lado opuesto del muro.

- Cuando se utiliza como blindaje lámina de plomo o un material similar, éste debe estar montado de tal manera que no se deslice bajo su propio peso y el empalme entre las láminas deberá ser de 1 cm como mínimo. Las cabezas de clavos, tornillos o remaches deben estar cubiertos con plomo del mismo espesor que el de la lámina.
- Los blindajes deben ser homogéneos y cumplir con la composición y densidad exigidas.
- La instalación contará con una verificación de blindaje documentada y avalada por un asesor especializado en seguridad radiológica autorizado por la Unidad Reguladora, que garantice que la dosis que reciben público y POE se encuentre por debajo de los límites de dosis establecidos.

Luego de un terremoto es recomendable revisar las barreras de protección acorde a la normativa anterior para garantizar que el personal y pacientes tanto al exterior como en las colindancias no vayan a ser expuestos a las radiaciones por falla de alguna de las barreras.

3.6.5 EQUIPAMIENTO TÍPICO DEL SERVICIO DE IMAGENOLOGIA

A continuación se detalla el equipamiento típico de este servicio para un hospital de 200 camas.[13]

Tabla 3.4: Listado de equipo en el Servicio de Imagenología.

EQUIPO	PRECIO (\$)	CANTIDAD	RV	RI	RF	RUA	TOTAL
Equipo de Rayos X fijo	70,000	2	2	1	1	1	5
Ultrasonógrafo	40,000	1	2	1	1	3	7
Procesadora de Películas Radiográficas	30,000	1	2	2	1	3	8
Negatoscopio	400	2	3	3	1	2	9
Grabadora Portátil	50	1	3	3	3	3	12

Nota:

RV: Riesgo a la vida

RF: Riesgo de pérdida de la función

RI: Riesgo de pérdida de la inversión

RUA: Riesgo por ubicación o altura del equipo

Tomando en cuenta criterios de riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión y el riesgo de pérdida funcional se seleccionarán los equipos cuyas sumatorias de códigos $RV + RI + RF + RUA$ sea menor a 10.

Los equipos seleccionados en este servicio son los siguientes:

- Equipo de Rayos X
- Ultrasonógrafo
- Procesadora de Películas Radiográficas
- Negatoscopio

3.7 SERVICIO: EMERGENCIA.

3.7.1 FUNCIÓN.

La función de este servicio es la de proporcionar atención médica inmediata en cualquier día u hora a los pacientes cuyo estado así lo requiera y que por tanto no pueden cumplir los procedimientos ordinarios que se siguen para ser atendidos en la Consulta Externa o ser internados en forma programada. Por tal motivo se considera que dicho servicio es de vital importancia que se encuentre funcionando en un 100 % al presentarse una catástrofe como los pasados terremotos que sacudieron el territorio salvadoreño.

3.7.2 UBICACIÓN Y RELACIÓN CON OTROS SERVICIOS.

Por cuanto a la atención de los enfermos, debido a que estos en el momento pueden requerir análisis, las muestras se toman y son llevadas al laboratorio clínico, o puede que también sea necesario llevarlo al servicio de Radiología, pero también es probable que se necesite trasladar al enfermo al Quirófano para efectuar una intervención quirúrgica. La relación con el servicio de patología en caso de fallecimiento del enfermo, deberá ser posible, pero en forma secundaria.

De lo anterior se concluye que la conveniencia del agrupamiento de los Servicios de Obstetricia y Quirófano al Servicio de Emergencias es necesaria. Dado al tipo de pacientes que este atiende, es necesario que este situado en la planta baja del edificio, siempre que se resuelva apropiadamente el acceso de peatones y de vehículos.

Se puede tomar como base un 6% aproximadamente de las camas de observación sobre el total de las camas, un consultorio para 50 camas, 2 para 100 camas y 3 para 200 camas, teniendo en cuenta que no hay indicadores precisos para determinar la capacidad del Servicio.

3.7.3 ÁREAS QUE COMPONEN EL SERVICIO DE EMERGENCIA.

- a) Sala de Espera.
- b) Consultorios de examen de adultos.
- c) Curaciones niños.
- d) Curaciones adultos.
- e) Servicios sanitarios de personal.
- f) Cuarto de aseo.
- g) Oficina de médicos.
- h) Cuarto de descanso de médicos.

Debido al gran número de personas que se concentran en las áreas mencionadas anteriormente, es necesario que las mismas estén capacitadas para resistir cualquier evento o fenómeno natural tales como los terremotos, ya que como se mencionó anteriormente esta área debe mantenerse activa y funcionando luego de ocurrido algún fenómeno natural catastrófico que para nuestro caso puede ser un movimiento telúrico o sismo.

3.7.3.1 Sala de Espera

La sala de espera sirve para los pacientes que esperan ser recibidos en los consultorios y para acompañantes, tanto de estos como de los que llegan en camilla. Contará con un puesto de control cuya recepcionista dará entrada oportunamente a los pacientes adultos o niños que serán atendidos en los consultorios de examen. La sala de espera tendrá servicios sanitarios para ambos sexos y teléfonos tipo alcancía.

3.7.3.2 Consultorios de examen para adultos.

Sustancialmente constan de un vestidor un escritorio para interrogatorio y una mesa de examen, lo cual se complementa con instalaciones y equipo médico. Se ha encontrado que las dimensiones adecuadas para el consultorio son de 3 por 5 metros. Menos de 3 metros limita la flexibilidad en la disposición de los equipos y de

los movimientos y una dimensión mayor de la que se aconseja significa aumentar la longitud del cuerpo que se forma con el conjunto de consultorios, los cuales en general son numerosos.

3.7.3.3 Curaciones niños.

El local para curaciones de niños se compone de un cubículo de examen, un lugar para tratamiento de venoclisis (rehidratación mediante sueros) y cubículos de aislamiento.

3.7.3.4 Curaciones adultos.

Es un área compuesta para curaciones y algunos pequeños locales que complementan la labor que en dicho espacio se realiza. Estos cubículos se dividen mediante mampara o divisiones. Inmediato al área de los cubículos se tendrá un pequeño local para la guarda de ropa y valores de los pacientes. Otro cubículo pequeño para la guarda de medicamentos e instrumental, guarda de ropa limpia, y un cuarto séptico.

3.7.3.5 Servicios sanitarios de personal.

Se tendrán para ambos sexos, con inodoro y lavabo.

3.7.3.6 Cuarto de aseo.

Debe estar agrupado con los sanitarios del público y si es posible con entrada por el sanitario de hombres para evitar que la puerta abra directamente hacia las circulaciones del público.

3.7.3.7 Cuarto de médicos.

Para el trabajo administrativo del personal médico, se tendrá un cubículo con escritorio, sillón y un archivero.

3.7.3.8 Cuarto de descanso de médicos.

Debe estar combinado con el cuarto de médicos, o en forma independiente, se tendrá un local para el descanso de los médicos durante los lapsos que no son requeridos sus servicios, equipado con sillones en número apropiado a la magnitud del servicio en cada caso.

3.7.4 EQUIPAMIENTO TÍPICO DEL SERVICIO DE EMERGENCIA.

A continuación se detalla el equipamiento típico de este servicio para un hospital de 200 camas. [13]

Tabla 3.5: Listado de equipos en el servicio de Emergencia.

EQUIPO	PRECIO (\$)	CANTIDAD	RV	RI	RF	RUA	TOTAL
Aspirador de secreciones	1,000	5	1	3	1	3	8
Báscula para adulto con tallímetro	200	3	3	3	2	2	10
Báscula para recién nacido	150	3	3	3	2	3	11
Desfibrilador	10,000	2	1	2	1	3	7
Electrocardiógrafo (1 CANAL)	1,500	1	2	2	1	3	8
Esterilizador eléctrico	12,000	2	2	2	2	3	9
Estetoscopio biauricular / adulto	700	8	3	3	2	3	11
Estetoscopio biauricular pediátrico	80	7	3	3	2	3	11
Lámpara para examen	200	10	2	3	1	2	8
Laringoscopio	250	3	3	3	1	3	10
Monitor de signos vitales	15,000	1	1	2	1	2	6
Nebulizador	400	4	2	3	2	2	9
Negatoscopio (2 cuerpos)	400	5	3	3	1	2	9
Oto-oftalmoscopio	400	5	3	3	1	3	10
Tensiómetro aneroides para adulto	150	8	2	3	2	3	10
Tensiómetro aneroides pediátrico	150	4	2	3	2	3	10
Tensiómetro de mercurio / pared	250	8	2	3	2	2	9
Unidad de electrocirugía	10,000	1	2	2	1	3	8

NOTA:

RV : Riesgo para la vida

RI : Riesgo de pérdida de la inversión

RF : Riesgo de pérdida funcional

RUA: Riesgo por ubicación o altura del equipo

Tomando en cuenta criterios de riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión y el riesgo de pérdida funcional, se seleccionarán los equipos cuya sumatoria de códigos $RV + RI + RF + RUA$ sea menor a 10.

Los equipos seleccionados en este servicio son los siguientes:

- Aspirador de secreciones
- Desfibrilador
- Electrocardiógrafo
- Esterilizador eléctrico
- Lámpara para examen
- Monitor de signos vitales
- Nebulizador
- Tensiómetro de mercurio, tipo de pared.
- Unidad de electrocirugía

3.8 SERVICIO: CENTRAL DE ESTERILIZACION Y EQUIPOS (C.E.Y.E.)

3.8.1 FUNCIÓN.

La función que pretende hacer dicho servicio es realizar el proceso de esterilización de utensilios y material terapéutico y quirúrgico, así como la ropa que utiliza el personal en la sala de Operaciones y Obstetricia, el cual se realiza en un local del Hospital específicamente proyectado para ello. En ésta como su nombre lo indica, se centraliza todo el equipo de esterilización que es muy costoso y requiere de instalaciones cuidadosamente diseñadas. Por otra parte la centralización facilita que la función que se trata se confíe a un personal reducido, seleccionado y específicamente preparado para responder en caso de que se presentara algún tipo de catástrofe producida por fenómenos naturales como los terremotos.

3.8.2 UBICACIÓN Y RELACIÓN CON OTROS SERVICIOS.

La central de esterilización y equipos recibe artículos nuevos del almacén general del hospital, ropa limpia de la lavandería y entrega material esterilizado o equipos a los diversos servicios del hospital en los que son atendidos los enfermos externos o internos. Sin embargo, su relación constante es con los servicios de Sala de Operaciones y Gineco-Obstetricia, pues el material que estos requieren representa el mayor volumen de la CEYE y en segundo lugar con las unidades de hospitalización. Por esta razón la CEYE se ubica en un lugar inmediato al Quirófano y si es posible, también al Servicio de Gineco-Obstetricia. Para surtir a las unidades de hospitalización se emplean carritos que se transportan por medio de los elevadores cuando la construcción es de tipo vertical.

3.8.3 ÁREAS QUE COMPONEN LA CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN Y EQUIPOS.

Para nuestro estudio, se consideran importantes las zonas enumeradas a continuación, ya que son las zonas clave para realizar el trabajo que este servicio desarrolla.

La CEYE debe tener dos áreas perfectamente definidas, la sucia y la limpia.

La CEYE es en realidad un local que se subdivide en varias zonas determinadas por las diversas operaciones que componen el proceso que se realiza la Central:

- a) Recibo
- b) Lavado y preparación
- c) Esterilización
- d) Guarda de material estéril

3.8.3.1 Recibo.

Este proceso se inicia con el recibo del material usado o limpio que debe esterilizarse. La ropa proviene de la lavandería y los utensilios o instrumentos de los diversos servicios en que reciben atención los pacientes. El recibo de material se hace a través de una ventanilla o mostrador que comunica a las circulaciones generales del hospital por medio de un vestíbulo al que acude el personal con carritos de transporte.

El instrumental usado en los quirófanos se recibe por otra ventanilla ya que se explico anteriormente que la CEYE debe estar contigua al área de quirófanos.

3.8.3.2 Lavado y preparación.

De la mesa de recibo el material pasa a la zona de limpieza y preparación. Los diversos artículos que serán objeto de esterilización pueden clasificarse tomando en cuenta sus características físicas, el volumen que de ellos se tiene y la forma de limpiarlos o prepararlos en: jeringas, agujas, sondas, instrumental diverso, guantes y ropa.

En un hospital de mas de 200 camas en la mesa existirán cuatro sectores correspondientes a los grupos antes mencionados cuyo espacio es virtual ya que no se requieren mamparas que los dividan.

En cuanto a los guantes, se requiere un proceso especial que se lleva a cabo en un lugar aislado del resto de la CEYE. En el local se dispondrá la máquina lavadora, secadora y probadora de guantes que sirve para verificar que los mismos no se encuentren rotos.

En cuanto a la ropa, los bultos deben prepararse en mesas llamadas de ensamble.

3.8.3.3 Esterilización.

Acá se determina la correspondiente zona formada por un local cerrado por muros en el cual se empotran los esterilizadores y se disponen las tuberías necesarias para su funcionamiento. El local requiere una ventilación constante que contrarreste la temperatura elevada que producen los autoclaves, sea por una ventana abierta hacia el exterior o por medio de extractores mecánicos.

Los esterilizadores empotrados solo presentan los tableros con las puertas de carga y controles necesarios. Frente a los esterilizadores se tendrá una mesa con la amplitud conveniente en cada caso para colocar el material que ha sido preparado y que está pendiente de esterilizar, debiéndose tener entre esta mesa y las puertas de los esterilizadores una dimensión suficiente para la maniobra de carga de estos.

Los esterilizadores deben ser de doble puerta con el fin de definir perfectamente el lado sucio y limpio del servicio y poder garantizar la asepsia completa del material y del ambiente, además se debe programar por lo menos la ventilación mecánica para que de este modo el lado sucio tenga presión negativa con respecto al lado limpio.

El número de esterilizadores de una puerta debe estar relacionado con el número de camas, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 3.6: *Relación del número de esterilizadores de una puerta con el número de camas del Hospital.*

Numero de camas	Numero y tamaño del esterilizador (en litros)	Tamaño mínimo para la instalación Ancho x fondo x alto
50	1 de 75 – 100 1 de 50 – 75	3.40 x 1.80 x 3 m
100	1 de 100 – 135 1 de 75 – 100	3.70 x 2 x 3 m
150	1 de 135 – 170 1 de 100 – 135	4 x 2 x 3 m
200	1 de 170 – 200 1 de 135 – 170	4.20 x 2 x 3 m

3.8.3.4 Guarda de material estéril.

Acá es donde se deposita el material después de ser esterilizado, de ahí se toman para entregarlos por una ventanilla de despacho de material estéril al personal que lo conducirá a las distintas dependencias.

3.8.4 EQUIPAMIENTO TÍPICO DEL SERVICIO CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN Y EQUIPOS.

A continuación se detalla el equipamiento típico de este servicio para un hospital de 200 camas. [13]

Tabla 3.7: *Listado de equipos en la C. E. Y. E.*

EQUIPO	PRECIO (\$)	CANTIDAD	RV	RI	RF	RUA	TOTAL
Esterilizador a vapor	75,000	1	2	1	1	2	6
Esterilizador eléctrico de gabinete	12,000	1	2	1	1	3	7
Esterilizador de EtO	50,000	1	2	1	1	2	6
Lavadora de Guantes	700	1	2	3	1	3	9

NOTA:

RV : Riesgo para la vida.

RI : Riesgo de pérdida de la inversión.

RF : Riesgo de pérdida funcional.

RUA: Riesgo por ubicación o altura del equipo

Tomando en cuenta criterios de riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión y el riesgo de pérdida funcional, se seleccionarán los equipos cuya sumatoria de códigos $RV + RI + RF + RUA$ sea menor a 10.

Los equipos seleccionados en este servicio son los siguientes:

- Esterilizador a vapor
- Esterilizador eléctrico de gabinete
- Esterilizador de EtO
- Lavadora de guantes

3.9 SERVICIO: LABORATORIO CLINICO.

3.9.1 FUNCIÓN.

En la organización del Hospital la importancia de los laboratorios clínicos ha ido creciendo por el papel que desempeña en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento, y también en la prevención de las enfermedades. Un ejemplo simple pero muy importante es saber el tipo de sangre que posee el paciente, ya sea para realizar transfusiones o caso contrario una donación de parte de algún ciudadano. Aunque parezca simple a la hora de responder ante un fenómeno natural como los terremotos, esta información puede ser determinante para salvar las vidas de las víctimas provocadas por dicho fenómeno.

El laboratorio clínico realiza los análisis de rutina de Hematología, microbiología y química. Los laboratorios realizan análisis referentes tanto a pacientes externos como internos, pero el porcentaje de los externos es mucho mayor, por esa razón este servicio se ha considerado dentro de este estudio ya que sus aportes contribuyen al bienestar del paciente y es de enorme importancia que se encuentre funcional a la hora de responder como se dijo anteriormente ante un evento o fenómenos naturales como los sismos, inundaciones, epidemias, etc.

3.9.2 UBICACIÓN Y RELACIÓN CON OTROS SERVICIOS.

La ubicación del laboratorio clínico por el tipo de pacientes que recibe, debe ser preferiblemente en la planta baja, con fácil acceso a la sección de recepción del Archivo Clínico y en menor grado con el servicio de Consulta Externa.

Los locales que componen el programa del servicio de Laboratorio del Hospital pueden agruparse en dos partes: una relacionada directamente con el público y que esta formada por la Sala de Espera, la Oficina de Control y Recepción de muestras, los Cubículos de toma de muestras, y la zona de recolección de muestras, la otra

parte se constituye con lo que son propiamente los laboratorios de análisis que en su funcionamiento no tienen trato con el público. Igualmente, ambas partes deben de estar inmediatas, pero si las condiciones del proyecto no lo permiten, podrán separarse disponiendo la que se relaciona con el público de manera que éste tenga fácil acceso y la parte de trabajo interno, en un nivel superior (como en el caso del Laboratorio clínico del Hospital Nacional San Rafael) o inferior, a condición de que ambos niveles estén conectados por una escalera propia.

3.9.3 ÁREAS QUE COMPONEN EL SERVICIO DE LABORATORIO CLÍNICO.

- a) Sala de espera de público.
- b) Oficina administrativa y Recepción.
- c) Cubículo de toma de muestras
- d) Oficina del jefe
- e) Laboratorios:
 - e.1) Hematología
 - e.2) Química
 - e.3) Microbiología
- f) Almacén

De todas las áreas descritas anteriormente, quizá las áreas más importantes que deben permanecer intactas o por lo menos funcionales ante un terremoto son las áreas donde se realizan los estudios de hematología, química y microbiología, y las áreas de almacenamiento de reactivos e implementos necesarios para el desarrollo de las pruebas realizadas en dicho servicio (cristalería, guantes, pipetas, etc.), y que a falta de ellos entorpezcan la labor de cada uno de los mismos.

3.9.3.1 Sala de espera de público.

La capacidad de esta sala puede estimarse para un 50% de los enfermos que acuden diariamente a los laboratorios. Dispondrá de servicios sanitarios de ambos sexos en situación próxima.

3.9.3.2 Oficina administrativa y Recepción.

Esta oficina requiere de un mostrador de dimensión adecuada para atender al público, mesa para recibo de muestras, y lugar para trabajo de escritorio, comunicación telefónica con recepcionistas de Consulta Externa, con el área de Hospitalización, con Emergencia y área de Quirófanos. Debe haber comunicación entre los cubículos de tomas de muestras, con los locales de laboratorio y con el respectivo Jefe de Laboratorio.

3.9.3.3 Área de toma de Muestras.

Se calcula que en un cubículo se toman de 14 a 16 muestras en una hora, por lo que debe existir un cubículo por cada 40 camas.

Para el almacenamiento de materia estéril se debe tener un mueble con cajones y puertas, y también una silla a parte de la del paciente para un posible acompañante.

3.9.3.4 Oficina para el Jefe.

En local inmediato a los laboratorios debe disponerse una oficina para el jefe, la cual tendrá el mobiliario usual de oficina y además una pequeña mesa de trabajo de laboratorio, y solo existirá si en la institución hay mas de 40camas.

3.9.3.5 Laboratorios.

En las áreas de Hematología, Química y Microbiología, el trabajo se realiza sobre mesas en las que se coloca el equipo pequeño (microscopios, coagulómetros, contadores de células manuales), los cuales deben estar distribuidos de tal manera que sea confortable el desarrollo del trabajo. Las mesas de trabajo, altas o bajas, con cajones o sin ellos, constituyen el mobiliario especial o típico que se observa en estas áreas.

3.9.3.6 Banco de Sangre.

Esta área tiene por función obtener sangre de personas sanas para ser empleada en las transfusiones que requieran pacientes en el curso de las operaciones y partos, o que hayan sido heridos por alguna razón, y que necesiten de la misma para sobrevivir.

3.9.3.7 Almacén.

Se debe tener un almacén para reactivos, cristalería equipos y accesorios diversos en unidades de mas de 100 camas.

3.9.4 REQUISITOS GENERALES DE INSTALACIONES.

3.9.4.1 Electricidad.

Un 20% de las instalaciones de laboratorio clínico conviene que estén ligados a la planta de emergencia del Hospital, pero es forzoso que cuando menos tengan corriente de emergencia los contactos que correspondan a refrigeradores y estufas de cultivo en las que la suspensión eventual de la corriente normal signifique la pérdida de preparaciones o substancias. Deben evitarse las caídas de voltaje que afectarían el funcionamiento de varios aparatos.

3.9.4.2 Agua y desagüe.

Las llaves o válvulas de salida de agua, deberán ser de la mejor calidad, estas válvulas tiene la salida con dispositivo de rosca o aserrado para fijar las mangueras y tubos de hule o plástico que con frecuencia se necesitan.

3.9.5 EQUIPAMIENTO TÍPICO DEL SERVICIO DE LABORATORIO CLÍNICO.

A continuación se detalla el equipamiento típico de este servicio para un hospital de 200 camas. [13]

Tabla 3.8: Listado de equipos en el Servicio de Laboratorio Clínico.

EQUIPO	PRECIO (\$)	CANTIDAD	RV	RI	RF	RUA	TOTAL
Microscopio	4,000	5	2	2	1	3	8
Contador de células sanguíneas	50,000	5	2	1	2	3	8
Incubadora bacteriológica	5,000	1	2	2	1	3	8
Centrifuga	3,500	3	2	2	1	3	8
Espectrofotómetro	5,000	3	2	2	1	3	8
Gasómetro	10,000	2	2	1	2	3	8
Refrigerador para banco de sangre	20,000	1	2	2	1	2	7
Esterilizador eléctrico de gabinete	12,000	1	2	2	2	3	9
Equipo automatizado de química sanguínea	30,000	1	2	1	1	3	7
Mechero bunsen	100	3	3	3	2	3	11
Balanza de dos platos	400	2	3	3	2	3	11
Agitador	150	3	3	3	2	3	11
Baño de María	800	1	3	3	2	3	11
Cronómetro	150	2	3	3	2	3	11
Agitador de pipetas	300	1	3	3	2	3	11
Balanza	300	2	3	3	2	3	11
Reloj múltiple	150	2	3	3	2	3	11

NOTA:

RV: Riesgo para la vida
 RI: Riesgo de pérdida de la inversión
 RF: Riesgo de pérdida funcional
 RUA: Riesgo por ubicación o altura del equipo

Tomando en cuenta criterios de riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión y el riesgo de pérdida funcional, se seleccionarán los equipos cuya sumatoria de códigos $RV + RI + RF + RUA$ sea menor a 10.

Los equipos seleccionados en este servicio son los siguientes:

- Microscopio
- Contador de células sanguíneas
- Incubadora bacteriológica
- Centrífuga
- Espectrofotómetro
- Gasómetro
- Refrigerador para banco de sangre
- Esterilizador eléctrico de gabinete
- Equipo automatizado de química sanguínea.

CAPITULO IV: VULNERABILIDAD EN EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO

4.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo, se desarrollará cada uno de los equipos que se considerarán para el estudio de vulnerabilidad, y que fueron escogidos según los criterios de selección desarrollados en el capítulo III.

Para cada equipo se incluye una descripción general de la función que éste realiza en las diferentes áreas del servicio al cual pertenece. Una vez descrita la función del equipo, se explica brevemente el principio de funcionamiento del mismo, con el fin de conocer la manera en la que trabajan y cumplen con su cometido.

Después de conocer el principio de funcionamiento del equipo se desarrollará la parte de identificación de los daños que probablemente podrían sufrir los mismos y cual sería el incidente causal que propicio el daño en el equipo, en el caso de que estos sean sometidos a los efectos de un sismo.

4.2 ASPIRADOR DE SECRECIONES.

4.2.1 DESCRIPCIÓN.

Los aspiradores de secreciones (ver figura 4.2) son utilizados para remover fluidos corporales ya sea a nivel gástrico o torácico, que de alguna manera están obstruyendo el paso ya sea de vías respiratorias o a nivel gástrico. En cirugías, son utilizados para remover exceso de sangrados que interrumpen el desempeño de la cirugía. Algunos equipos son portátiles, otros poseen rodos en su base para facilitar si traslado, de ahí la importancia de tomar en cuenta este equipo para nuestro estudio.

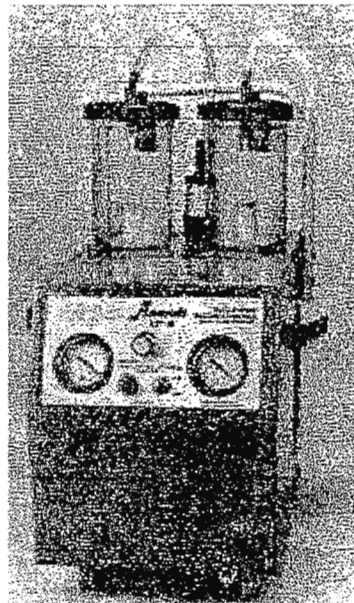


Figura 4.2: Aspirador de secreciones.

4.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Un aspirador de secreciones típico consiste de una bomba de vacío, un sistema de frascos recolectores de secreciones y un manómetro de presión bajo un mismo montaje.

El componente principal de un aspirador de emergencia es la bomba de vacío, la cual crea la succión necesaria para la aspiración. Estas bombas son de diafragma, en la cual un dispositivo mecánico flexiona un diafragma de caucho hacia atrás y hacia delante en una cámara, alternando el incremento y decremento del volumen de la misma variando la presión en el interior.

La bomba evacua los fluidos acumulados a través del tubo insertado al paciente y conectados a los tubos de drenaje que vacían dentro del sistema colector.

4.2.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Fascos recolectores quebrados o con fisuras:** Los fascos recolectores de secreciones en un sismo se podrían quebrar ya sea por volcamiento del equipo o por impacto de objetos externos con estos. Causando posiblemente la pérdida de función del equipo mientras los fascos son reemplazados.
- **Manómetro de presión dañado:** Al igual que los fascos recolectores los manómetros pueden dañarse por volcamiento o por impacto de objetos externos. El daño puede ser que el vidrio protector de la escala de lectura se quiebre dañándose inclusive la aguja marcadora o en su defecto por la magnitud del impacto podría quedar dañado el sistema del manómetro.
- **Daños en componentes electrónicos:** bajo la consideración que luego de un sismo la red eléctrica es inestable, se podrían dañar componentes electrónicos del equipo si no existe un buen sistema protector ante fluctuaciones de voltaje, si el equipo tiene un buen sistema de protección pudiera darse el caso que el equipo quede sin funcionar debido a un fusible quemado en este, situación que es fácil de corregir, también pudiera deberse a un cortocircuito interno por movimiento de cables.
- **Pérdida de asepsia:** la pérdida de asepsia en un aspirador puede darse por un frasco quebrado o con fisuras, por desconexión de la manguera de aspiración o por volcamiento del frasco, formándose una contaminación en la superficie externa del equipo y en el ambiente en donde esté siendo utilizado, teniendo en

cuenta que las secreciones van contaminadas con microorganismos patógenos del paciente.

- **Chasis desajustado:** esta pudiera darse por golpes en el equipo o por las vibraciones de desplazamiento del equipo durante el sismo, esto podría provocar un aumento de ruido del equipo por la vibración de las partes desajustadas durante el funcionamiento de la bomba, provocando una contaminación sonora incomoda para el paciente y personal.

En la tabla 4.2 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en aspirador de secreciones.

Tabla 4.2: *Daños probables en aspirador de secreciones e incidentes causales debido a terremotos.*

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Frascos recolectores quebrados o con fisuras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Componentes internos desconectados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento
Daños en componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inestabilidad de red eléctrica ✓ Movimiento de cables
Perdida de asepsia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Frasco recolector quebrado o con fisura ✓ Desconexión de manguera de aspiración ✓ Volcamiento de frasco recolector
Chasis desajustado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento

4.3 BOMBA DE INFUSIÓN.

4.3.1 DESCRIPCIÓN

El propósito de las bombas de infusión (ver figura 4.3) es suministrar líquidos a través de rutas epidurales para propósitos terapéuticos o de diagnóstico. Ellas son utilizadas en hospitales, en sitios de cuidado alternativos.

En general, las bombas de infusión son utilizadas cuando la solución a ser administrada necesita ser suministrada con gran precisión o a un flujo mayor que el que puede ser ajustado manualmente en un conjunto de administración por gravedad.

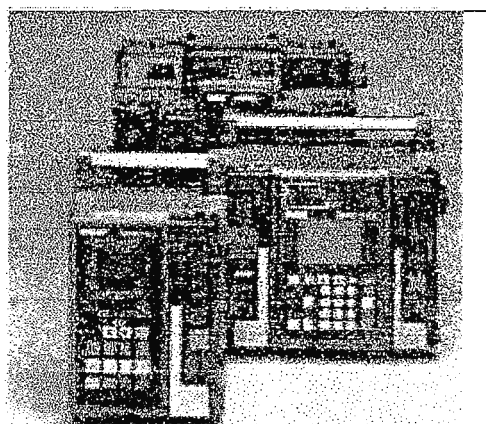


Figura 4.3: Bomba de infusión

4.3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El contenedor de solución arriba del sitio de infusión determina el gradiente de presión hidrostática que existe entre el nivel del contenedor de solución y el catéter de lumen abierto para la infusión. Cada pie de altura produce alrededor de 25 milímetros de mercurio (mmHg) de presión. Una presión de infusión puede ser colocada alrededor del contenedor para obtener una más alta razón de infusión.

Las bombas de infusión regulan electrónicamente este flujo. Una unidad con un modo de control definido es actualmente una bomba que limita la presión río abajo a una presión de mando (típicamente <100 mmHg).

Las infusiones son usualmente prescritas en mililitros por hora (ml/hr). Sin embargo, la precisión de algunas bombas esta basada en conteo de gotas de un volumen esperado y es calibrado en gotas por minuto (dp/min). El volumen de una gota varía con la viscosidad de la solución, gravedad específica, tensión superficial, y razón de gota; todas estas variables afectan la razón de infusión global. Por lo tanto son necesarias tablas de conversión o códigos de fluidos programados electrónicamente los cuales son necesarios para trasladar dp/min en mL/hr de tal forma que el operador pueda ajustar el controlador. La razón de goteo es regulada por retroalimentación desde el mecanismo restrictor de flujo y un sensor de goteo conectado a la cámara de ajuste de goteo. El controlador de la bomba procura mantener la razón de goteo consistente con la razón de goteo seleccionado o con un ajuste de flujo determinado de las tablas de conversión.

4.3.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Desconexión de la bomba y/o componentes:** Puede ser ocasionada por volcamiento o por impacto con objetos externos como cielo falso, ductería de aire acondicionado, etc.
- **Descalibración de la bomba:** Es muy usual que las bombas de infusión están soportadas por un atril tipo gigantes, lo cual los hace susceptibles a la aceleración provocada por un terremoto y por consiguiente a sufrir un desplazamiento o volcamiento del equipo que si es muy severo puede provocar la descalibración de la bomba limitadora de presión, lo cual es peligroso ya que puede poner inclusive en riesgo la vida del paciente por suministro de una dosis inadecuada.
- **Daño en el restrictor y/o sensor de flujo:** Pueden dañarse por volcamiento o por impacto con objetos externos.

- **Falla de sistema de respaldo de energía:** puede suceder si el sistema eléctrico de emergencia al cual esta conectado el equipo y la(s) batería(s) que tiene el mismo no funciona en el momento que sucede el corte de energía, la falta de funcionamiento de estos esta relacionado con la falta de una inspección de mantenimiento adecuada.
- **Equipo inoperable:** La inoperabilidad del equipo esta asociada con la desconexión de la bomba y con la falla de sistema de respaldo de energía, lo que obliga a utilizar un sistema por gravedad, en el cual se puede dar una imprecisión en el goteo (flujo) con la consecuente puesta en riesgo al paciente.

En la tabla 4.3 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en bombas de infusión.

Tabla 4.3: Daños probables en bombas de infusión e incidentes causales debido a terremotos

DANO	INCIDENTES CAUSALES
Desconexión de la bomba y/o componentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Descalibración de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento ✓ Volcamiento
Daño en el restrictor y/o sensor de flujo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Falla de sistema de respaldo de energía	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No funcionamiento de planta de emergencia ✓ Baterías descargadas
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desconexión de la bomba ✓ Falla de sistema de respaldo de energía

4.4 CENTRIFUGA.

4.4.1 DESCRIPCIÓN.

Una centrifuga (ver figura 4.4) básicamente es un rotor metálico el cual posee depósitos en los cuales se coloca el tubo con la muestra y este a su vez está controlado por un dispositivo de control de velocidad, todo montado dentro de un contenedor, que tiene la función de prevenir cualquier accidente debido a rotura de los tubos donde se encuentra depositada la muestra bajo estudio. Las centrifugas se dividen básicamente en macrocentrifugas y microcentrifugas, la diferencia está en el tipo de tubo que utilizan para contener la muestra a ser centrifugada.



Figura 4.4: Centrifuga.

4.4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Ésta aplica fuerza centrífuga para separar partículas suspendidas de un líquido que posee varias densidades. Estos líquidos pueden ser fluidos corporales (sangre, orina, cerumen, etc.), reactivos comerciales y mezclas de los mismos. En el laboratorio clínico la centrifugación es uno de los muchos ejemplos en los pasos de preparación comúnmente utilizados antes de analizar una muestra de un paciente. Creando fuerzas mucho más grandes que la gravedad, las centrifugas pueden acelerar el proceso de separación de partículas en fluidos de diferentes densidades.

4.4.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daño total del equipo:** este problema puede presentarse si el equipo no posee un soporte adecuado o en la mesa donde se encuentra sea muy angosta y por el desplazamiento provocado por el sismo esta se caiga y provoque daños irreparables en el rotor o control de velocidad.
- **Pérdida del balance del rotor:** esto puede ocasionar que si el equipo es utilizado en este estado, las muestras en los tubos de ensayo pueden quebrarse ya que la falta de balance del rotor puede producir vibración por la alta velocidad que el mismo les induce.
- **Contaminación del equipo:** si los tubos de ensayo alojados en el carrusel de la centrífuga se rompen, las muestras se derramarían dentro de la centrífuga provocando contaminación.
- **Daños en circuito de control de velocidad:** esto pudiese ocurrir por el derrame interno de los fluidos (muestras de sangre, orina, etc.) contenidos en los tubos de ensayo, lo que puede generar un cortocircuito y dañar componentes electrónicos.

En la tabla 4.4 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en una centrífuga.

Tabla 4.4: Daños probables en una centrífuga e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño total del equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Pérdida de balance de rotor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento
Contaminación del equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rotura de tubos de ensayo con la muestra dentro del equipo
Daños en circuito de control de velocidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cortocircuito por inestabilidad de red eléctrica ✓ Cortocircuito por derrame de la muestra dentro del equipo

4.5 COAGULOMETRO.

4.5.1 DESCRIPCIÓN.

Los analizadores de coagulación (ver figura 4.5) o coagulómetros miden el mecanismo de coagulación de la hemoestasis. Los analizadores de sangre completa son usados para detectar deficiencias de coagulación relacionadas con muchas enfermedades de la sangre. También, son utilizados para verificar el efecto de medicamentos tales como la heparina, anticoagulantes orales, etc. También pueden ser utilizados en pruebas clínicas para el control de transplantes de hígado, clínicas, en laboratorios, etc.



Figura 4.5: *Coagulómetro.*

4.5.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Existen coagulómetros que utilizan una combinación de mecánica y principios fotométricos para detectar la coagulación. La técnica fotométrica, detecta impedancia mecánica cuando se forma el coágulo. Cuando dicho coágulo se forma, este es detectado por un sistema óptico (un haz de luz visible o infrarrojo), el cual monitorea el tiempo que se tarda en ser bloqueado el haz de luz durante su alza y baja. Se requieren menos de 30 mS para detectar la coagulación.

4.5.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Pérdida de calibración:** debido al desplazamiento del equipo, las vibraciones puede hacer que este equipo tan delicado pierda su calibración.
- **Daño en sistema óptico:** debido al polvo generado por el movimiento, lo que traería como consecuencia, malas lecturas de la prueba.
- **Pérdida total del equipo:** si la base que lo soporta no es la adecuada y hace que el equipo sufra volcamiento y éste sufra daños irreparables en sus componentes.
- **Desperfectos eléctricos:** producidos por cortocircuitos o fluctuaciones en la red de alimentación de energía eléctrica.

En la tabla 4.5 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el coagulómetro.

Tabla 4.5: *Daños probables en el coagulómetro e incidentes causales debido a terremotos.*

DANO	INCIDENTES CAUSALES
Pérdida de calibración	✓ Desplazamiento
Daño en sistema óptico	✓ Polvo
Perdida total del equipo	✓ Cortocircuitos ✓ Impacto contra el suelo del equipo.
Desperfectos eléctricos	✓ Cortocircuitos ✓ Inestabilidad en red eléctrica

4.6 CONTADOR DE CÉLULAS SANGUÍNEAS.

4.6.1 DESCRIPCIÓN.

Este equipo (ver figura 4.6) como su nombre lo indica sirve para hacer un conteo de las diferentes células que existen en la sangre, los hay mecánicos (tipo piano) o como algunos laboratoristas lo llaman eléctrico, en los cuales depende de la habilidad del laboratorista para contar la cantidad de células en una muestra. También existen contadores de células automatizados, en los cuales sólo debe introducirse la muestra y ellos automáticamente dan un recuento del número y tipo de células que se encuentran en dicha muestra.

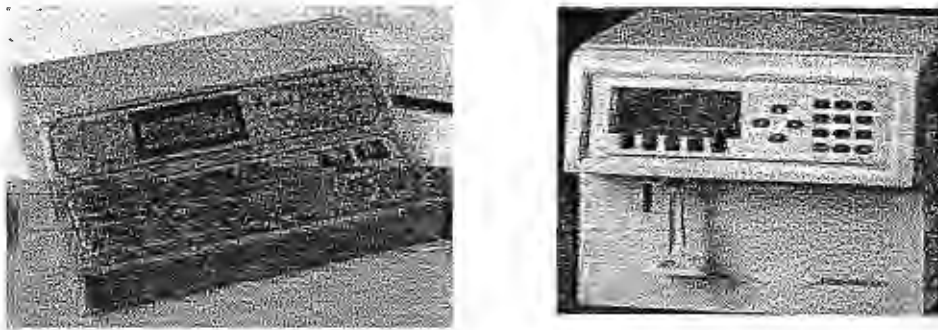


Figura 4.6: Contador de células.

4.6.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de los contadores automatizados se basa en membranas semipermeables, las cuales permiten el paso de cada una de las células a contar dependiendo del diámetro característico de las distintas células dispuestas en el torrente sanguíneo. Existen otros contadores de células manuales, pueden ser contadores mecánicos tipo piano, o electrónicos tipo contómetros, en los cuales existe una tecla asignada para cada tipo de célula. Solamente que el operador necesita de un microscopio para poder hacer la cuenta de forma manual de una parte y luego sacar un estimado del número total de células contenidas en la muestra.

4.6.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Golpes externos:** este equipo puede ser impactado por objetos externos como lámparas fluorescentes, cilindros, etc., lo que puede provocar daños en los sistemas de control y pérdida de la asepsia del mismo.
- **Corrosión:** si los líquidos derramados sobre el equipo son químicos abrasivos. Por otro lado si el equipo es automatizado, puede contaminarse internamente si la muestra en proceso al momento del sismo se derrama internamente en el equipo.
- **Daños en el sistema neumático del equipo:** si éste se desploma de la base en donde se encuentra instalado, puede dañar alguna de las bombas que este tipo de equipo contiene internamente (equipo automatizado).
- **Daños en las tarjetas electrónicas:** si el equipo no se encuentra protegido contra fluctuaciones de energía provocados por la red a la cual se encuentra conectado en el momento del sismo.
- **Daños en sistema de visualización:** Estos equipos poseen modos de visualización muy variados, desde pantallas de cristal líquido hasta monitores de tubo de rayos catódicos, los cuales pueden sufrir daños si el equipo se cae de la base en donde se encuentra o si es impactado por cualquier otro objeto externo que se encuentre en el entorno del mismo.

En la tabla 4.6 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en contador de células sanguíneas.

Tabla 4.6: Daños probables en el contador de células e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Golpes externos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derrame de fluidos ya sea dentro o fuera del equipo.
Daños en sistema neumático	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cortocircuitos ✓ Impacto contra el suelo del equipo.
Daños en tarjetas electrónicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cortocircuito por inestabilidad de red eléctrica ✓ Cortocircuito por derrame de la muestra dentro del equipo
Sistema de visualización	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Impacto de objetos externos

4.7 DESFIBRILADOR

4.7.1 DESCRIPCION

El desfibrilador (ver figura 4.7) aplica un choque eléctrico para restablecer un ritmo cardiaco en el paciente que esta experimentando un fibrilación ventricular. El equipo incluye un monitor de ECG que es utilizado para verificar la fibrilación ventricular y la efectividad del tratamiento. La desfibrilación es corregida por medio de la aplicación de un choque eléctrico al corazón para despolarizar el miocardio y parar las contracciones descoordinadas.

Este es un equipo que puede ser operado con energía eléctrica y con baterías, haciéndolo un equipo portátil que puede ser utilizado en cualquier lugar en donde los pacientes estén con riesgo de fibrilación ventricular u otro tipo de emergencias como ambulancias, salas de operaciones, unidades de cuidado intensivo.

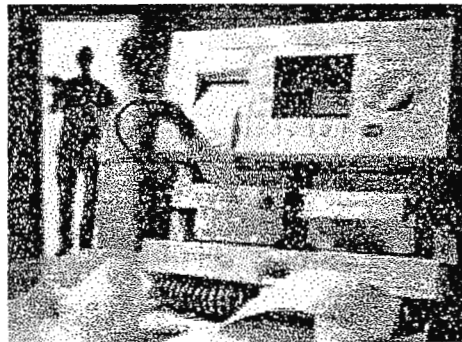


Figura 4.7: Desfibrilador.

4.7.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El desfibrilador tiene típicamente tres modos básicos de operación: desfibrilación externa, desfibrilación interna, y cardioversión. La energía eléctrica descargada al paciente en cada modo es provista por un gran capacitor que es cargado por un período de varios segundos. Un indicador visible sobre el desfibrilador avisa al operador cuando el capacitor esta cargado y listo para descargar.

La descarga eléctrica, la cual dura menos de 20 milisegundos suministra al paciente un choque eléctrico de alto voltaje de aproximadamente 2,000 a 4,000 voltios; los paddles están bien aislados para proteger al operador de un choque.

Para la desfibrilación interna, en la cual la energía es suministrada directamente al corazón expuesto, todos los desfibriladores están diseñados para una energía máxima de salida de 50 J para prevenir lesión al músculo cardíaco.

El modo de cardioversión utiliza una descarga para corregir ciertas arritmias, tales como flutter atrial y taquicardia ventricular. Después de verificar que el pulso aparece solo en la onda R, el operador presiona y sostiene el botón de descarga del paddle; un choque es suministrado solo cuando los circuitos de control censan la siguiente onda R.

4.7.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Paddles abollados:** Los paddles pudieran sufrir abollamiento debido a volcamiento. Este equipo pudiera sufrir volcamiento si estuviera al borde de una mesa o en una mesa muy pequeña. Si los paddles están abollados estos no harán buen contacto con la piel del paciente, pudiendo ocasionar quemaduras por flujo de una corriente alta a través de un área pequeña.
- **Descalibración:** En caso que este equipo sufriera un golpe fuerte por volcamiento, impacto con objetos externos como pedestales, lámparas cialíticas, monitores, o por la vibración provocada por los desplazamientos originados por los sismos. La descalibración puede influir en no lograr la recuperación del paciente por una energía insuficiente o por el contrario causar lesión al músculo cardíaco o quemaduras por exceso de energía.

- **Daño en componentes electrónicos, controles o monitor:** Por la misma causa señalada en el punto anterior o por derrame de sustancias líquidas sobre el equipo, pudieran darse daños en componentes electrónicos por cortocircuito o por desconexión de tarjetas electrónicas, golpes externos en el equipo pudieran ocasionar daños en controles como por ejemplo en el selector de intensidad de energía o incluso llegarse a quebrar la pantalla del monitor de este equipo.
- **Pérdida de seguridad eléctrica:** El equipo puede perder su seguridad eléctrica por daño en cable de alimentación, abolladura en los paddles, volcamiento, impacto con objetos externos o derrame de fluidos sobre el equipo.
- **Falla de respaldo de energía eléctrica:** un desfibrilador se pudiera quedar sin energía por falla en el encendido de la planta eléctrica después de 10 segundos según norma y por descarga de la batería que se pudiera aducir a una falla en el mantenimiento por no haber cambiado la batería antes de la finalización de la vida útil de esta (la cual si el equipo no es utilizado frecuentemente puede ser de hasta 2 años).
- **Perdida de función:** El equipo pudiera llegar a perder su función en caso que se dañara el capacitor de carga, los controles de carga y descarga o por descarga de la batería interna en caso que fallara la planta de emergencia.
- **Peligro de corrosión en equipo:** Podría existir peligro de corrosión si se hubiera derramado alguna sustancia líquida como producto de volcamiento de algún frasco que hubiera sido colocado sobre el equipo, requiriéndose de esta forma una limpieza del equipo.

En la tabla 4.7 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en desfibriladores.

Tabla 4.7: Daños probables en desfibriladores e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Paddles abollados	✓ Volcamiento
Descalibración	✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Daño en componentes electrónicos	✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento ✓ Derrame de fluidos
Daño en controles	✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Daño en monitor	✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Pérdida de seguridad eléctrica	✓ Daño en cable de alimentación ✓ Abolladura en paddles ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Derrame de fluidos
Falla de respaldo de energía eléctrica:	✓ Falla de planta de emergencia ✓ Batería descargada ✓ Mantenimiento deficiente
Peligro de corrosión	✓ Derrame de fluidos
Perdida de función	✓ Daño en capacitor de carga ✓ Batería descargada

4.8 ELECTROCARDIOGRAFO.

4.8.1 DESCRIPCIÓN.

El electrocardiógrafo (ver figura 4.8) detecta las señales eléctricas asociados con la actividad cardiaca, para luego comparar estas señales obtenidas con un algoritmo interno. Este imprime la señal del paciente a lo largo de la interpretación y medición de la misma.

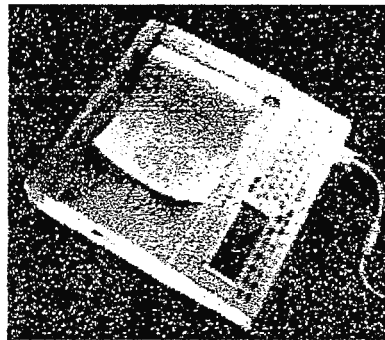


Figura 4.8: Electrocardiógrafo.

4.8.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El electrocardiógrafo graba pequeños voltajes en el orden de los milivoltios (mV) que aparecen en la piel como resultado de la actividad cardiaca. Las diferencias de voltaje entre los electrodos que son medidas, corresponden directamente a la actividad eléctrica del corazón.

Las 12 terminales del ECG están derivadas en varias señales obtenidas a través de 9 electrodos colocados en la superficie de la piel. Un electrodo adicional, el cual está típicamente colocado en la pierna derecha, el cual es usado como una referencia para reducir la interferencia eléctrica externa. El sistema estándar de 12 terminales incluye tres tipos de terminales, bipolares, unipolares y precordiales. Las terminales bipolares miden la señal de ECG entre dos electrodos específicos, las tres terminales bipolares estándar representan el vector I (representan la diferencia entre los potenciales eléctricos medidos entre los electrodos colocados entre el brazo derecho

y el brazo izquierdo. El vector II (entre el brazo derecho y la pierna izquierda, y el vector III (entre el brazo izquierdo y pierna izquierda). Estos tres vectores conforman el triángulo de Einthoven (Fig.4.8.2.1).

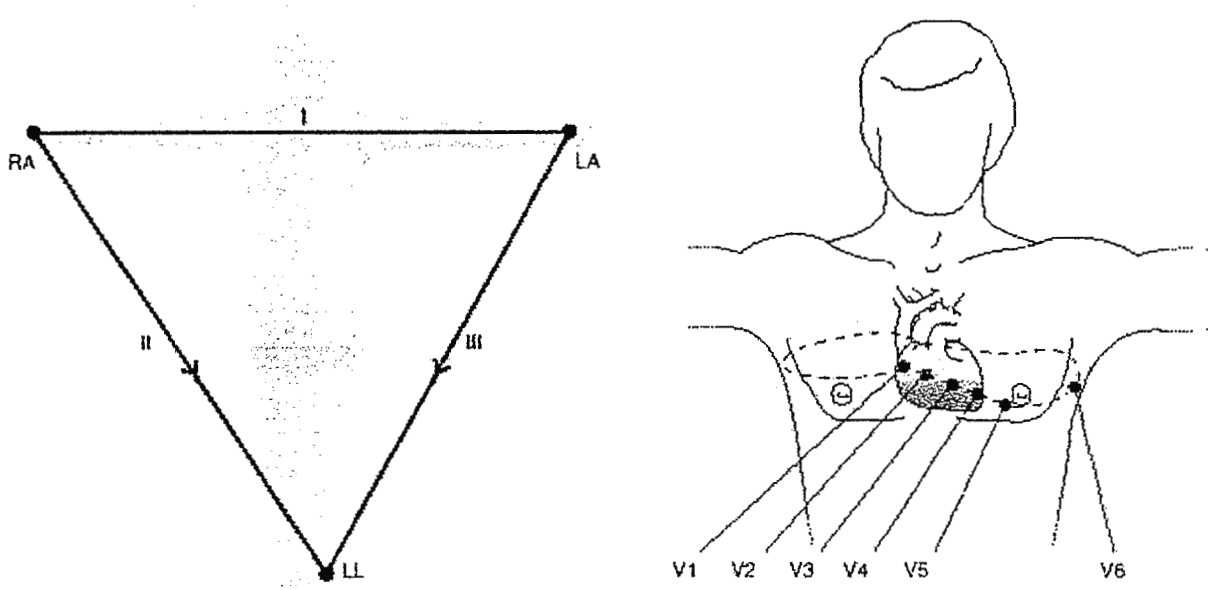


Figura 4.8.2.1: Configuraciones de las terminales bipolares y precordiales.

4.8.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daños en sistema de impresión:** este daño lo puede sufrir el estilete al ser impactado por algún objeto externo cercano al equipo o al volcamiento del mismo por el desplazamiento provocado por el sismo.
- **Pérdida de calibración:** el equipo puede perder la calibración si el equipo recibe un impacto de algún objeto o si este cae al suelo.
- **Daño en circuitos de control (ajuste de ganancia, selección de derivación):** producido por cortocircuitos en el equipo, golpes sufridos directamente sobre los controles del equipo.

En la tabla 4.8 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el electrocardiógrafo.

Tabla 4.8: Daños probables en el electrocardiógrafo e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Sistema de impresión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Calibración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Circuitos de control (ajuste de ganancia, selección de derivación)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cortocircuitos ✓ Impacto contra el suelo del equipo. ✓ Derrame de fluidos cercanos al equipo

4.9 EQUIPO AUTOMATIZADO DE QUÍMICA SANGUÍNEA.

4.9.1 DESCRIPCIÓN.

Los analizadores de química sanguínea (ver figura 4.9) determinan la concentración de ciertos metabolitos, electrolitos, proteínas y / o drogas en muestras de cerumen, plasma, orina fluidos cerebrospinales u otros fluidos corporales. Este equipo ofrece un método estandarizado de obtener de manera muy segura valores de concentraciones químicas en la muestra que se esta analizando.

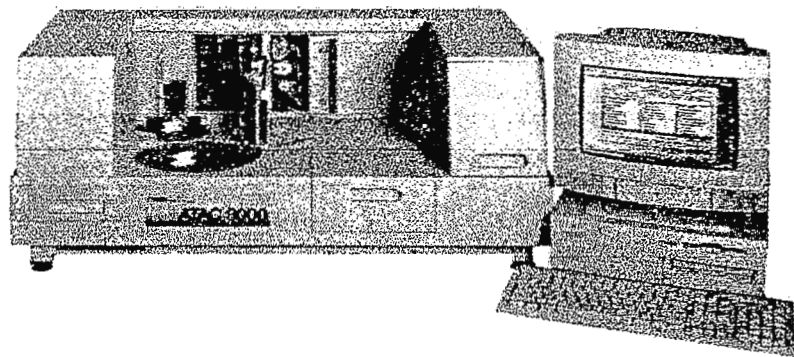


Figura 4.9: Analizador de química sanguínea.

4.9.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Los analizadores de química utilizan especímenes colocados en cubetas separadas, cápsulas o tubos de ensayo. Los contenedores de los especímenes son transportados en un carrusel en donde los especímenes son muestreados y diluidos en reactivos en donde son mezclados automáticamente, seguida de la incubación y desarrollo de color. Un fotómetro de filtros o espectrofotómetro mide la absorbancia de luz del espécimen, y los resultados son calculados, reportados y donde aplique son transferidos a un sistema de información de laboratorio (LIS). Algunos analizadores desarrollan una prueba a la vez mientras que otros desarrollan varias pruebas de manera simultánea.

4.9.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daños en cámara de muestras:** producido por golpes al equipo o por el movimiento desarrollado por la aceleración del sismo.
- **Desajuste en el ensamble de la cubeta:** puede provocar pérdida en la precisión de la medida de la muestra bajo estudio.
- **Daño en el sistema de lavado de cubetas:** puede provocar pérdida de calidad en los resultados de las pruebas hechas a la muestra.
- **Daño en el módulo de electrodos:** dependiendo del equipo, puede variar el tipo de electrodos instalados, por lo que un daño en este sistema puede provocar la inutilización del equipo.
- **Daño en sistema de presentación de resultados:** este puede ser un monitor el cual puede sufrir daños por impactos de objetos externos y que se encuentran en el entorno del equipo.

En la tabla 4.9 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el equipo automatizado de química sanguínea.

Tabla 4.9: Daños probables en el equipo automatizado de química sanguínea e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daños en cámara de muestras	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Desajuste en el ensamble de la cubeta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derrame de fluidos ya sea dentro o fuera del equipo.
Daño en el sistema de lavado de cubetas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Daño en el módulo de electrodos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Daño en sistema de presentación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Impacto de objetos externos ✓ Cortocircuitos

4.10 EQUIPO DE RAYOS X FIJO.

4.10.1 DESCRIPCIÓN

Los equipos de rayos x (ver figura 4.10) son utilizados para realizar rutinas de diagnóstico de Rayos X. Más del 60% de todas las radiografías son tomadas para exámenes de rutinas del cráneo, órganos respiratorios, y sistema esquelético que son producto de sistemas de propósito general, los cuales son una combinación de una mesa de bucky horizontal; un tubo de rayos X integrado o suspensión de tubo sobre la cabeza; un tubo de rayos x y unidad de motor colimador; y un generador de rayos X monofásico o trifásico, uno de los cuales puede ser de alta frecuencia.

Los equipos de Rayos X producen una película de imagen de Rayos X que permite la examinación y diferenciación de órganos internos y estructuras de tejido. Ellos también pueden tener bucky, mesa transversal, horizontal, y otras técnicas, así como también compactos, de mantenimiento conveniente, y de larga durabilidad. Para procedimientos más especializados, algunas unidades pueden estar complementados con componentes modulares opcionales para fluoroscopia y tomografía lineal.

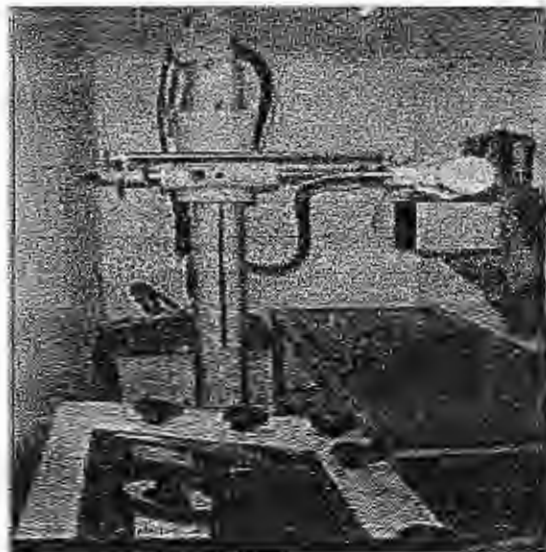


Figura 4.10: Equipo de rayos X fijo

4.10.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los componentes de un equipo de Rayos X fijo son la mesa; sistema de rejilla y bucky de película; el tubo de rayos X, chasis, y sistema de suspensión; restrictores de haz; y el generador de la unidad.

4.10.2.1 Mesa

La mesa consiste de un acero rectangular o metal seguida de una base pedestal o una armazón abierta que soporta una base rectangular. La base esta fabricada de fibra de carbono, Formica, u otro plástico o madera laminada. Gracias al material de la mesa, las unidades usualmente tienen un coeficiente de absorción de rayos x de 1.0 mm o menos (equivalente de aluminio).

Las mesas más angostas y más bajas permiten al personal del servicio de radiología manipular más fácilmente a un paciente. La mayoría de las mesas son movidas electromecánicamente en 2 o 4 direcciones. El movimiento de la mesa es usualmente manejado por motores y engranajes encajados dentro de la base de la mesa, aunque unas pocas mesas son movidas manualmente. Los movimientos asistidos eléctricamente son relativamente suaves y reducen el riesgo de lesión al personal o paciente.

4.10.2.2 Sistema de rejilla y bucky de película

Un hueco, con un depósito longitudinal esta localizado directamente bajo la mesa y sostiene la caseta de película. Para reducir la radiación dispersa y de ese modo mejorar la resolución de la imagen, se utilizan rejillas móviles o estacionarias con el montaje de la caseta de película. Las rejillas consisten de una serie de laminillas alternadas de plomo y espaciadores (aluminio o fibra). Las laminillas de plomo absorben gran cantidad de la radiación dispersa. Las bandas transparentes a la radiación permiten el paso de la mayoría de los rayos primarios hasta la película[17].

Una rejilla móvil (también llamada Bucky o rejilla Potter-Bucky) es utilizada para eliminar la fluorescencia de la sombra creada por las franjas de plomo. Mientras el ánodo del tubo de Rayos X rota, la rejilla se mueve 1 a 3 cm atrás y adelante continuamente durante la exposición; la velocidad del movimiento de la rejilla es automáticamente ajustado para evitar la imagen de las laminillas. A través de ellos se elimina las líneas de la rejilla sobre el film, el movimiento de las rejillas incrementa la exposición a la radiación en el paciente y puede hacer vibrar la mesa.

4.10.2.3 Sistema de Rayos X

El generador de Rayos X modifica la entrada de voltaje y corriente (mA) para proveer al tubo de Rayos X la energía necesaria para para producir un haz de rayos X.

Los rayos X son producidos por un tubo de Rayos X cuando una corriente de electrones, acelerados a alto velocidad por un alto voltaje suministrado desde el generador de Rayos X, chocan con el ánodo del tubo (electrodo positivo). El cátodo (electrodo negativo) contiene un cable de filamento de tungsteno que al ser calentado proporciona la fuente de electrones.

El sobrecalentamiento del tubo de rayos X provoca descomposición y picaduras y reduce la vida del tubo; este puede darse por altas intensidades de rayos X y exposiciones largas.

Para ayudar a los usuarios con información comparativa sobre los tubos, los fabricantes proporcionan tablas definiendo los límites de seguridad de operación del tubo, máximo kilovoltaje, miliamperaje, y la máxima duración segura de uso para una exposición simple. Las tablas de enfriamiento también muestran que tan rápidamente pueden repetirse exposiciones. Los tubos de rayos X de cualquier diseño de ánodo deben siempre ser operados dentro de sus capacidades. El reemplazo de los tubos dañados es caro, y con su tiempo, es necesaria mayor corriente de filamento para alcanzar una intensidad consistente de rayos X.

El chasis del tubo de rayos X proporciona una protección física y mecánica para el tubo de rayos X. El chasis debe también proveer una protección de alto voltaje, ofrece principalmente disipación de calor, y contiene material aislante de radiación. El chasis de metal, es cual esta eléctricamente aterrizado y bien aislado, permite al tubo resistir arriba de los 150 kV. Un micro interruptor controla la disipación de calor por medio de la activación de un circuito de control de interrupción que apaga el suministro de alto voltaje (usualmente alimentando el tubo a través de cables de alto voltaje).

4.10.2.4 Restrictores de haz

Para proteger al paciente por medio de la limitación del haz de rayos X y disminuir la radiación dispersa, se agregan restrictores de haz de rayos X a la abertura del chasis del tubo de rayos X para regular el tamaño y forma del haz de rayos X. Como en todo sistema de diagnóstico radiográfico, el haz primario debe ser limitado a cubrir solo la región del cuerpo de interés. Los restrictores de haz utilizados para limitar las dimensiones del haz incluyen diafragmas de apertura, conos, cilindros, y colimadores.

Un diafragma de apertura, es el más simple tipo de restrictor de haz, consiste de una hoja de lamina ligera con una abertura central. El tamaño y forma de la abertura determinan el tamaño y forma del haz de rayos X.

Un segundo tipo de restrictor de haz es un tubo de metal cónico o cilíndrico que produce tamaños variados de campos de rayos X rectangulares o redondos, dependiendo de la longitud y tamaño de su apertura. Los conos o cilindros pueden ser utilizados con un diafragma de apertura conectados a ellos para variar el tamaño y forma.

Los colimadores consisten de dos conjuntos de dos o más placas de lamina (o persianas) que se mueven en pares independientes para controlar la dimensión del haz. Unos bombillos en el colimador producen un haz de luz que ilumina el campo de

rayos X. Después de haber sido deflecionada por un espejo montado en la dirección del haz a un ángulo de 45° , el haz de luz pasa a través de la abertura de disparo secundario y es colimado para coincidir con el haz de rayos X. Para precisión de la restricción haz, el colimador debe ser montado de tal forma que el target de rayos X (ánodo) y el bombillo estén exactamente a la misma distancia del centro del espejo. Adicionalmente a mostrar la configuración del campo de rayos X, el rayo de la luz del colimador también identifica el centro del campo. Ambas capacidades aseguran la precisión del haz de rayos X sobre el paciente. Los colimadores también tienen un sistema de respaldo para identificar el tamaño del campo de rayos X (una escala calibrada en el frente del colimador) si la luz del bombillo se quema.

4.10.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Desprendimiento del tubo de rayos X:** debido al movimiento generado por la onda sísmica el tubo de rayos X pudiera desprenderse en caso que su soporte no fuera adecuado o por falta de mantenimiento en la revisión de estado de tornillos y tuercas de soporte. Esta es una falla peligrosa en cuanto que el desprendimiento del tubo de haber paciente pudiera ocasionar una lesión grave e incluso la muerte.
- **Desalineación del tubo de rayos X:** pudiera deberse a la vibración u oscilación de un soporte inadecuado y producidas por los sismos con la consecuente repercusión en la calidad de imagen para lograr un diagnóstico adecuado.
- **Perdida de movimientos de la mesa:** podría ser ocasionado por volcamiento o desplazamiento por mal anclaje de la mesa, más un deficiente mantenimiento que pudiera facilitar este daño.
- **Rotura en base de la mesa:** si llegara a desprenderse el tubo, o algún elemento del sistema de soporte y rieles del tubo sobre la mesa pudiera darse una rotura de esta.

- **Vibración excesiva de la mesa:** si luego de un sismo quedaran flojos los elementos de anclaje pudiera darse una vibración excesiva de la mesa durante el movimiento del bucky con la consecuente incidencia en la calidad de la imagen.
- **Rejilla desalineada:** la rejilla pudiera desalinearse por volcamiento de la mesa, vibración excesiva de la mesa y por un deficiente mantenimiento en los soportes de ésta previo al terremoto.
- **Desconexión de componentes internos del generador:** si el generador llegara a sufrir volcamiento pudiera darse una desconexión de componentes internos.
- **Descalibración de KV, mA o tiempo:** el volcamiento, desplazamiento o desconexión de componentes internos pudieran ser causales de la descalibración de los parámetros básicos del equipo. Una descalibración de estos pueden ocasionar aumento en la exposición a la radiación en el paciente así como deterioro en la calidad de la imagen obtenida.
- **Daño del chasis del tubo de rayos X:** El chasis del tubo pudiera dañarse por desprendimiento del tubo o por desprendimiento de algún elemento del soporte, pudiendo ser una causa de dichos desprendimientos un mantenimiento inadecuado.
- **Sistema de soporte de tubo de rayos X defectuoso:** el sistema de soporte del tubo podría quedar defectuoso luego de un sismo por un mal anclaje o por mantenimiento inadecuado del sistema de soporte.
- **Equipo inoperable:** el equipo pudiera quedar inoperable por ausencia de energía eléctrica, desprendimiento del tubo de rayos X, desconexión de componente internos del generador, desplazamiento del transformador de alta tensión, sistema de soporte de tubo de rayos X defectuoso, aunque el equipo siguiera operando con un soporte defectuoso sería negligente continuar operando el equipo por el peligro al paciente. El equipo pudiera quedar inoperable debido a la desconexión de algún cable.

En la tabla 4.10 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el equipo de Rayos X.

Tabla 4.10: Daños probables en equipo de Rayos X fijo e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desprendimiento del tubo de rayos X	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soporte inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Desalineación del tubo de rayos X	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soporte inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Pérdida de movimientos de la mesa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Anclaje inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Rotura en base de la mesa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desprendimiento de tubo de rayos X ✓ Desprendimiento de elemento de soporte del tubo
Vibración excesiva de la mesa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elementos de anclaje flojos
Rejilla desalineada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento de la mesa ✓ Vibración excesiva de la mesa ✓ Mantenimiento deficiente
Desconexión de componentes internos del generador	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento
Descalibración de KV, mA o tiempo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Desconexión de componentes internos
Daño del chasis del tubo de rayos X	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desprendimiento del tubo de rayos X ✓ Desprendimiento de algún elemento de soporte
Sistema de soporte de tubo de rayos x defectuoso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anclaje inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ausencia de energía eléctrica ✓ Desprendimiento del tubo de rayos X ✓ Desconexión de componentes internos ✓ Desplazamiento del transformador de alta tensión ✓ Sistema de soporte del tubo defectuoso

4.11 ESPECTROFOTÓMETRO.

4.11.1 DESCRIPCIÓN.

Un Espectrofotómetro (ver figura 4.11), determina ópticamente la absorvancia o transmitancia de las características de la longitud de onda de energía radiante por una especie química en solución.

4.11.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Cada molécula absorbe luz a cierta longitud de onda en un único patrón de espectro, el cual se obtiene cuando un haz de luz incide sobre un prisma conocido con el nombre de monocromador, el cual se encarga de descomponer el haz de luz visible en las diferentes longitudes de onda que la componen. De acuerdo a la ley de Beer-Lambert, el incremento de la luz absorbida de esta longitud de onda es directamente proporcional a la concentración del químico en solución. Los espectrofotómetros son generalmente usados para determinar las concentraciones de una solución en particular.

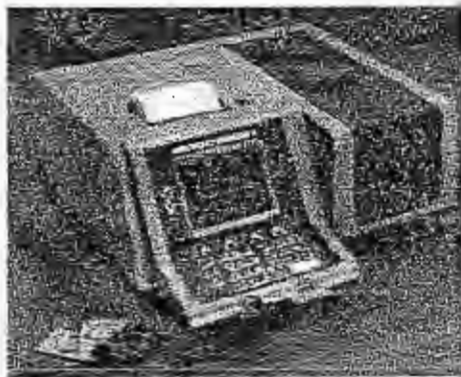


Figura 4.11: Espectrofotómetro.

4.11.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Desajuste de la fuente de luz:** Golpes o movimientos bruscos pueden influir en la alineación de la fuente de luz de espectrofotómetro y traer como consecuencia la pérdida de calibración del mismo, trayendo como resultado la lectura errónea del parámetro que se tiene bajo estudio.
- **Monocromador dañado:** considerando una caída del equipo debido a falla en su soporte o movimientos demasiado bruscos, puede quebrarse por el impacto, dejando inutilizado al equipo.
- **Daños por cortocircuitos:** en el caso que se diera un problema con la red de alimentación que supe al equipo, podrían ocasionarse daños en tarjetas electrónicas o componentes electrónicos específicos de los mismos.

En la tabla 4.11 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el espectrofotómetro.

Tabla 4.11: Daños probables en el espectrofotómetro e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desajuste en fuente de luz	✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Monocromador dañado	✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Daños por cortocircuitos	✓ Derrame de fluidos ✓ Problemas en red de alimentación.

4.12 ESTERILIZADOR A VAPOR.

4.12.1 DESCRIPCIÓN.

Este tipo de equipo (ver figura 4.12) utiliza vapor a presión para generar mas calor para eliminar microorganismos de dispositivos médicos y otros productos que son usados para cirugía y cuidados de pacientes en general. Los esterilizadores típicos incluyen esterilización de paquetes de instrumental, implantes quirúrgicos, fluidos de irrigación, y otros implementos para uso de pacientes en aislamiento, obstetricia e instrumental dental. Los esterilizadores a vapor forman un componente integral en un sistema complejo usado para proveer de material estéril para el cuidado de pacientes.

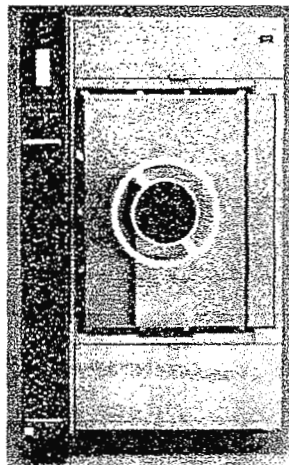


Figura 4.12: Esterilizador a vapor.

4.12.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Cuando el vapor entra a la cámara de esterilización, éste entra en contacto con la capa fría externa del paquete y se condensa, dejando una pequeña cantidad de agua y transfiere calor sustancial a dicho paquete. La condensación del vapor causa un 99% de pérdida del volumen del mismo, por lo que esto obliga a que más vapor entre a la cámara para sustituir el vapor que se ha condensado y que se ha convertido en agua. Este proceso se repite hasta que todo el interior de la cámara y de los paquetes obtienen la temperatura del vapor. La temperatura típica de esterilización esta en el rango de los 121° a los 135°. Después de que el ciclo de

esterilización es completado, el vapor es evacuado con la ayuda de un vacío parcial y los paquetes son secados gracias al calor radiado por la cámara y el efecto evaporador del vacío.

4.12.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Fugas en sistemas de tuberías y válvulas:** debido a la aceleración producida por el sismo, las tuberías pueden sufrir daños o fracturas las cuales pueden ocasionar que el equipo no trabaje debido a la falta de vapor o también quemaduras graves a los operadores de este tipo de equipo, si la rotura se realiza en las conexiones del esterilizador.
- **Daños en su estructura:** debido a movimientos bruscos, lo que puede causar abolladuras en el equipo.
- **Falla de sus componentes de control de presión / tiempo:** representa un peligro para los operadores ya que un descontrol en la presión puede provocar una explosión y causar daños irreparables y lesiones a los operadores o causarles hasta la muerte.

En la tabla 4.12 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el esterilizador a vapor.

Tabla 4.12: Daños probables en el esterilizador a vapor e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Fugas en sistemas de tuberías y válvulas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimientos bruscos en tuberías debido al sismo ✓ Impacto de objetos externos en tuberías de conexión al esterilizador.
Daños en su estructura	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Falla de sus componentes de control	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Problemas en red de alimentación eléctrica. ✓ Golpes por objetos externos.

4.13 ESTERILIZADOR ETO (ÓXIDO ETILENO).

4.13.1 DESCRIPCIÓN.

Los esterilizadores de ETO (ver figura 4.13) son utilizados para esterilizar equipos e implementos médico – quirúrgicos. Es un gas inflamable en concentraciones mayores al 3 % en el aire y se licúa a temperaturas a partir de los 11 °C y bajo presión. Puede ser utilizado para dispositivos que son sensibles a las altas temperaturas y que pueden sufrir daños si son sometidos a los mismos. Las categorías de productos que pueden ser esterilizados con estos métodos son los plásticos o material hecho de goma, tales como catéteres, bolsas de resucitación, máscaras de anestesia, e instrumentos de fibra óptica. Los esterilizadores de ETO pueden estar instalados encerrados en un gabinete, montados en la pared, en el piso o en casos especiales, montados en racks. Estos tardan mucho más tiempo en esterilizar los productos que un esterilizador de vapor, su mayor desventaja es que se utiliza el gas ETO, el cual se cree que es un gas carcinógeno, mutagénico (riesgo genético) y puede causar daño nervioso.

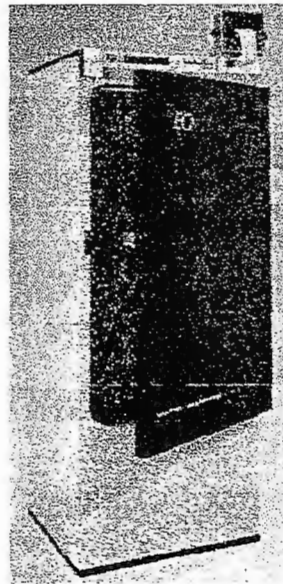


Figura 4.13: Esterilizador de Oxido etileno.

4.13.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Antes de esterilizar paquetes en este tipo de esterilizadores, estos deben ser limpiados de contaminación, como heces, sangre o esputo. Deben ser acondicionados con agua destilada o desmineralizada para remover cualquier residuo de detergente. Los ciclos utilizados con este esterilizador pueden ser fríos o calientes, dependiendo del dispositivo que vaya a ser esterilizado, por ejemplo catéteres u otros material sensible al calor deben ser esterilizados a baja temperatura, lo que implica tiempos de exposición al gas de hasta 6 horas. Se recomienda no esterilizar ropa ya que por el tipo de gas utilizado si no es manejado adecuadamente, puede traer efectos contraproducentes para el usuario, como la contaminación por exposición directa al gas del usuario de la ropa. El ciclo de esterilización consta de cuatro etapas: acondicionamiento, exposición, exhaust y purga de aire. En la fase de acondicionamiento permite controlar el volumen de vapor a ser utilizado en la cámara, agregando cierto porcentaje de humedad. Después de la humidificación el gas EtO es inyectado dentro de la cámara, comenzando la siguiente etapa, la cual es la exposición (esterilización). La concentración de gas ETO dentro de la cámara varía de 450 a 1200 mg/litro, dependiendo de la capacidad del esterilizador.

En la fase de exposición el gas es absorbido por los paquetes debido a la presión positiva ejercida durante dicha fase. En la fase de exhaust se ventila el gas desde la cámara hacia una exhaust de drenaje o aereadores ya sea internos o externos al esterilizador, que deben tener la misma capacidad (fase de purga de aire), el cual arroja el gas hacia fuera del edificio para reducir la exposición de los trabajadores al ETO cuando la puerta del ventilador es abierta.

El tiempo de exposición al gas dependerá de la temperatura de la cámara, es decir que a menor temperatura, aumenta el tiempo de exposición. De 49° a 63° el tiempo de exposición al ETO es de aproximadamente 2 horas.

El gas de óxido etileno mezclado ya sea con CO₂ o HCFC usualmente viene en tanques o cilindros. El gas es liberado desde el tanque o cilindro dentro de la cámara a través de la apertura de una válvula solenoide, la cual también se encarga de cerrar el paso del gas cuando se llega a cierta presión. Cuando el gas se encuentra en su forma pura (100%), viene en ampollitas o cartuchos, los cuales son utilizados para esterilizadores cuyas cámaras tienen capacidad para 5 pies cúbicos o menos por el costo y el riesgo de una explosión que este representa. Durante la esterilización la ampollita o cartucho es perforado dentro del esterilizador y éste es liberado dentro de la cámara, luego, el gas es evacuado por medio de sistemas de vacío, como ya se había explicado anteriormente.

4.13.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Rotura de sellos en la cámara:** que producen que el gas se escape y produzca contaminación, y además puede ser explosivo si se mezcla con al aire en concentraciones mayores al 3 %, según especificaciones de fabricante.
- **Desperfectos eléctricos:** ocasionados por la red eléctrica a la que se encuentra conectado el equipo, ya sea falta de energía o inestabilidad en la misma que pueda causar un daño en alguna tarjeta o componente electrónico.
- **Daños en circuitos de control:** ya sea por fluctuaciones de energía o impactos directos de objetos externos en el panel de control del equipo.
- **Contaminación del ambiente de trabajo:** en el caso que se provocara fugas del óxido etileno que es un gas altamente perjudicial para la salud de los operadores debido a roturas en las tuberías que conducen el gas cuando este no es utilizado en su forma pura si no que es combinado con otras sustancias para reducir su potencial explosivo.

En la tabla 4.13 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el esterilizador ETO.

Tabla 4.13: Daños probables en el esterilizador ETO e incidentes causales debido a terremotos.

DANO	INCIDENTES CAUSALES
Rotura de sellos en la cámara	✓ Movimientos bruscos en tuberías debido al sismo
Desperfectos eléctricos	✓ Fallas eléctricas ✓ Fluctuaciones de energía
Daños en circuitos de control	✓ Problemas en red de alimentación eléctrica.
Contaminación del ambiente de trabajo	✓ Fugas de oxido etileno

4.14 ESTERILIZADOR ELECTRICO DE GABINETE.

4.14.1 DESCRIPCIÓN.

Este tipo de equipo (ver figura 4.14) posee una capacidad típica en sus cámaras de mas o menos 0.5 metros cúbicos. Estos equipos son utilizados en servicios de laboratorio, quirófanos, sala de expulsión, etc. Y pueden ser utilizados para esterilizar instrumental para reducir la contaminación de microorganismos. Estos equipos reciben el vapor desde una cámara de agua, la cual es calentada por una resistencia. El vacío es generado por medio de bombas de aire, que vienen incorporadas en el mismo lo que permiten que se logren altas temperaturas, todo con el fin de reducir el tiempo de los ciclos de esterilización.

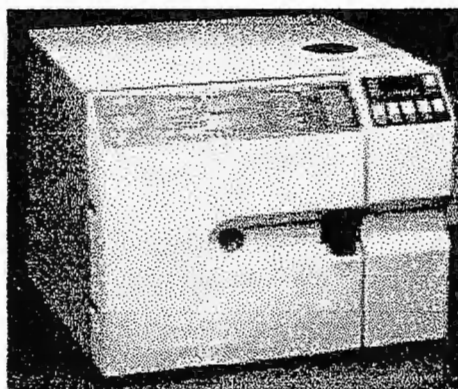


Figura 4.14: *esterilizador eléctrico de gabinete.*

4.14.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Prácticamente el funcionamiento de este esterilizador es similar al de vapor convencional, con diferencias marcadas, como lo son dimensiones, capacidades y que éste ultimo genera su propio vapor y no depende de redes de vapor para su funcionamiento.

Cuando el vapor entra a la cámara de esterilización, éste entra en contacto con la capa fría externa del paquete y se condensa, dejando una pequeña cantidad de agua

y transfiere calor sustancial a dicho paquete. La condensación del vapor causa un 99% de pérdida del volumen del mismo, por lo que esto obliga a que más vapor entre a la cámara para sustituir el vapor que se ha condensado y que se ha convertido en agua. Este proceso se repite hasta que todo el interior de la cámara y de los paquetes obtienen la temperatura del vapor. La temperatura típica de esterilización esta en el rango de los 121° a los 135°. Después de que el ciclo de esterilización es completado, el vapor es evacuado con la ayuda de un vacío parcial y los paquetes son secados gracias al calor radiado por la cámara y el efecto evaporador del vacío.

4.14.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daño en elemento calefactor:** debido a cortocircuitos o golpes.
- **Daños en su estructura:** debido a movimientos bruscos, lo que puede causar abolladuras en el equipo (volcamiento).
- **Falla de sus componentes de control de presión / tiempo:** representa un peligro para los operadores ya que un descontrol en la presión puede provocar una explosión y causar daños irreparables y lesiones a los operadores o causarles hasta la muerte.

En la tabla 4.14 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el esterilizador eléctrico de gabinete.

Tabla 4.14: *Daños probables en el esterilizador eléctrico de gabinete e incidentes causales debido a terremotos.*

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en elemento calefactor	✓ Cortocircuitos ✓ Volcamiento.
Daños en su estructura	✓ Volcamiento ✓ Impacto de objetos externos
Falla de sus componentes de control	✓ Problemas en red de alimentación eléctrica. ✓ Golpes por objetos externos.

4.15 GASÓMETRO.

4.15.1 DESCRIPCIÓN.

Este equipo (ver figura 4.15) es utilizado para conocer las concentraciones de O_2 y CO_2 presentes en la sangre, además de la concentración de pH presente en la misma y dependiendo del modelo del equipo puede analizar otros parámetros como HCO_3 , BE, O_2CT , O_2SAT .

4.15.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El analizador de gases sanguíneos utiliza tres tipos de electrodos para determinar el pH, PCO_2 y PO_2 en la sangre. Debido a que la temperatura afecta los valores de medición, el sistema de electrodos y la cámara de muestra están localizados dentro de un bloque de temperatura controlada manteniéndose este a 37 grados centígrados que es la temperatura normal del cuerpo humano. Antes de la introducción de la muestra sanguínea, la salida del electrodo es calibrada con la concentración conocida de una sustancia buffer estándar y solución para calibrar. La calibración usualmente se refiere para tomar uno o dos puntos, ajustando el electrodo de respuesta a un nivel (alto o bajo), generalmente uno es el punto en común.

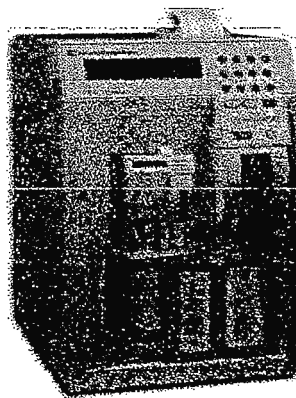


Figura 4.15: Gasómetro.

4.15.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daño en manómetro de cilindro de gas de calibración del gasómetro:** si el cilindro no se encuentra empotrado o asegurado adecuadamente, por el peso del mismo, puede golpear el manómetro y dañarlo completamente.
- **Daño en sistema de control y calibración del gasómetro:** este problema se puede presentar si el gasómetro es impactado por algún objeto que se encuentre en el entorno del mismo, como el cilindro de gas de calibración del mismo, lámparas. etc.
- **Pérdida total del equipo:** en aquellos casos en la cual el equipo sufra volcamiento y este caiga al suelo, puede resultar que sufra daños que lo dejen parcialmente fuera de servicio o por completo.

En la tabla 4.15 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en Gasómetro.

Tabla 4.15: Daños probables en Gasómetro e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en manómetro de cilindro de gas de calibración de gasómetro	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimientos bruscos debido al sismo ✓ Golpes por objetos externos
Daño en sistema de control y calibración del gasómetro	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimientos bruscos debido al sismo ✓ Golpes por objetos externos
Pérdida total del equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falla en base de soporte del equipo ✓ Golpes por objetos externos
Desperfectos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fallas eléctricas ✓ Fluctuaciones de energía

4.16 INCUBADORA BACTERIOLÓGICA.

4.16.1 DESCRIPCIÓN.

El propósito general de este equipo (ver figura 4.16) es para ser utilizado en biología celular, genética, virología, farmacología, cultivos y otras aplicaciones especializadas. Teniendo un ambiente controlado, la incubadora bacteriológica facilita el crecimiento de microorganismos y células siempre y cuando estas puedan crecer en presencia de oxígeno.

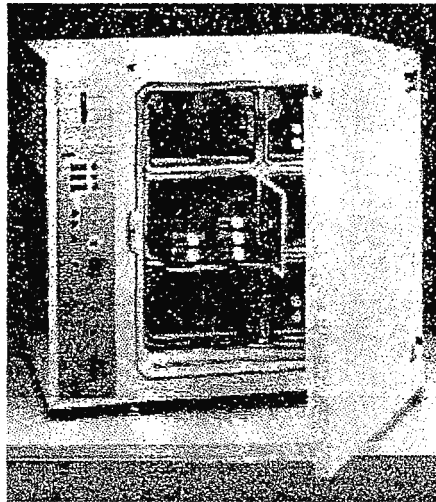


Figura 4.16: Incubadora Bacteriológica.

4.16.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Las incubadoras internamente poseen una resistencia de potencia, un circuito controlador de temperatura se encarga de regular la temperatura de dicha resistencia de acuerdo a las necesidades del operador para que este pueda realizar cultivos de bacterias u otro tipo de ensayos. Cuando el sensor del circuito controlador de temperatura registra el valor programado por el operador, desconecta automáticamente a la resistencia para mantener el nivel de temperatura; cuando el sensor detecta un valor cercano por debajo del valor programado, reconecta nuevamente la resistencia para mantener siempre el nivel de temperatura deseado.

4.16.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daño en compresor de incubadora:** si el equipo sufre volcamiento debido al sismo, esto puede provocar el derrame del aceite que el compresor tiene internamente.
- **Contaminación:** si existen fluidos dentro de la incubadora es posible que el movimiento brusco haga que se derramen dentro de ella ocasionando la contaminación del interior de la cámara.
- **Daños en componentes electrónicos:** por fluctuaciones de energía en la red eléctrica.

En la tabla 4.16 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en la incubadora bacteriológica.

Tabla 4.16: *Daños probables en la incubadora bacteriológica e incidentes causales debido a terremotos.*

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en compresor de incubadora	✓ Movimientos bruscos debido al sismo
	✓ Volcamiento
Contaminación	✓ Derrame de sustancias
Daños en componentes electrónicos	✓ Fallas eléctricas
	✓ Fluctuaciones de energía

4.17 LÁMPARA PARA EXAMEN.

4.17.1 DESCRIPCIÓN.

Como su nombre lo indica, las lámparas para examen (ver figura 4.17) son lámparas que sirven para la observación de pacientes, curación, etc. y que son de vital importancia para que el personal que atiende pacientes en este caso médicos y enfermeras desarrollen su trabajo adecuadamente. Como lo muestran las figuras a continuación las hay de varios tipos: de pared, de pedestal o de techo, y además constan de articulaciones que facilitan al operador la manipulación de la misma para obtener una buena iluminación del área en la cual desea trabajar o realizar un procedimiento.

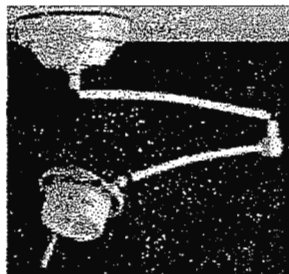
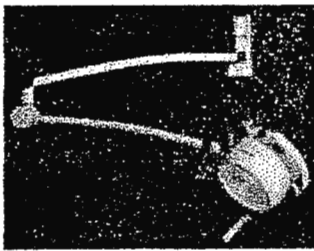


Figura 4.17: Lámpara para examen.

4.17.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Básicamente este equipo únicamente consta de un bombillo el cual puede ser de AC o DC dependiendo del tipo de lámpara que sea, y un interruptor para activar o desactivar dicha lámpara.

4.17.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daños debido a cortocircuitos:** causados por posibles fluctuaciones en el sistema eléctrico de la red.
- **Daños en los bombillos:** por golpes o desajustes de los bombillos debido al desplazamiento de la lámpara.
- **Estructura de lámpara doblada o averiada:** en el caso de las lámparas de pedestal debido a la aceleración provocada por el sismo, desprendimiento en el caso de las lámparas de empotrado en la pared o en el techo por el inadecuado anclaje a los mismos.

En la tabla 4.17 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en la lámpara de examen.

Tabla 4.17: Daños probables en la lámpara de examen e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daños debido a cortocircuitos	✓ Fallas eléctricas ✓ Fluctuaciones de energía
Daños en los bombillos	✓ Volcamiento ✓ Golpes por objetos externos
Estructura de lámpara doblada o averiada	✓ Volcamiento ✓ Golpes por objetos externos

4.18 LÁMPARA QUIRÚRGICA.

4.18.1 DESCRIPCIÓN

La lámpara quirúrgica (ver figura 4.18) está diseñada para cirugía mayores y esta montada en el cielo sobre rieles o en un eje central o montada en el piso sobre un pedestal móvil.

La lámpara quirúrgica ilumina el sitio quirúrgico para visualización óptima de objetos pequeños de bajo contraste en profundidades variadas en incisiones y cavidades del cuerpo. Debido a que las manos, cabezas e instrumentos pueden estorbar sobre el campo quirúrgico, estas lámparas están diseñadas para reducir las sombras y minimizar la distorsión del color. Ellas están también hechas para operar por un período extendido de tiempo sin radiación excesiva de calor que pueda causar incomodidad o secar tejidos en el sitio quirúrgico.

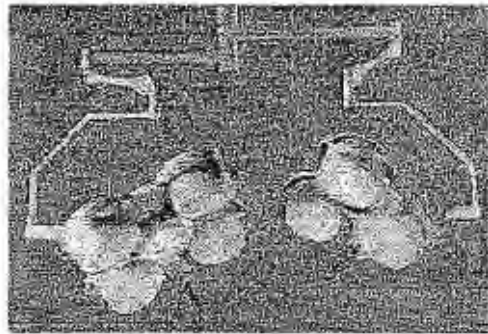


Figura 4.18: Lámpara Quirúrgica

4.18.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Una lámpara quirúrgica consiste de montaje con una lámpara o de un satélite con varias lámparas, sujetado a un brazo de suspensión que permite el movimiento vertical y circular. El brazo de suspensión esta usualmente conectado a un adaptador estacionario sobre el cual el brazo puede rotar. La lámpara es configurada para posicionamiento flexible a través de empuñaduras esterilizables o rieles curvos no esterilizables y puede tener frenos y retenedores automáticos que controlan el

posicionamiento, mientras mantienen una adecuada iluminación sobre y alrededor del área quirúrgica.

En las lámparas quirúrgicas uno o más transformadores están localizados ya sea arriba del cielo o en la caja de control remoto montada sobre la pared para convertir el voltaje de línea al bajo voltaje requerido por la mayoría de los bulbos.

Para minimizar efectos de daño por el calor, las lámparas quirúrgicas utilizan filtros, reflectores especiales o lentes que permiten el paso de la luz visible pero no del calor así como también algunas veces utilizan espejos fríos que reflejan las formas de onda de luz visible hacia el sitio quirúrgico y transmiten el calor lejos de él. Este método puede ser utilizado singularmente o combinado.

Algunas lámparas vienen con un bulbo de reserva que es automáticamente conectado cuando falla el bulbo primario. Otros usan varios bulbos dentro de uno o varios reflectores, esta configuración las hace menos vulnerables ya que pueden reducir el impacto de la falla de un bulbo. La mayoría de las lámparas tienen disponible una lámpara satélite secundaria que pueden iluminar un campo quirúrgico secundario (e.g. durante bypass de la arteria coronaria).

4.18.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Desprendimiento de componentes:** El desprendimiento de lámparas, brazos de la lámpara, eje del o de los satélites, bombillos o filtros de luz dentro de un satélite se podría deber a tornillos flojos por falta o mal mantenimiento, este incidente puede ocasionar una pérdida de función e incluso la lesión al personal o a pacientes.

- **Aflojamiento de brazo de satélite:** Al igual que el anterior este incidente se puede deber a tornillos flojos. Esto puede ocasionar una lesión peligrosa al personal o al paciente ya que la fuerza con la que la lámpara podría golpear al personal va a estar dada por la masa del objeto multiplicada por la aceleración del sismo ($F = ma$).
- **Filtro de calor quebrado o con fisura:** Un filtro de calor pudiera llegar a quebrarse por un soporte de filtro flojo, por el impacto de la lámpara con el personal debido a un desplazamiento de un brazo flojo durante el sismo, o por desprendimiento de toda la lámpara. Si la lámpara se continua utilizando sin sustituir la pieza quebrada, se podría causar quemaduras en el paciente.
- **Falla de sistema de respaldo eléctrico:** Por norma las lámparas quirúrgicas deben estar respaldadas por el sistema de emergencia del hospital que debe de entrar a funcionar 10 segundos después de una interrupción de energía eléctrica [5], para tener un mejor respaldo es adecuado tener un sistema de continuidad absoluta a través de un UPS, actualmente en el país el Ministerio de Salud en sus licitaciones de equipos médicos solicita un respaldo de UPS de al menos 30 minutos.
- **Desconexión de tarjeta electrónica al interior de la lámpara:** La desconexión de una tarjeta electrónica al interior de la lámpara puede deberse a los desplazamientos de los componentes por las oscilaciones de los sismos, la desconexión de una tarjeta electrónica provoca la inoperabilidad de la lámpara quirúrgica mientras se vuelve a colocar la tarjeta.
- **Bombillos quemados:** Los bombillos pueden llegarse a quemar por la falta de un estabilizador de voltaje que proteja al equipo ante los cambios de voltaje constantes que se pueden llegar a dar debido al servicio irregular de energía eléctrica después de un terremoto.
- **Perdida de asepsia:** Es importante poner cuidado a esto, ya que si bien es fácil hacer la limpieza general del polvo o cascarones de pintura que hayan caído sobre la lámpara, es algo que se debe evitar, ya que esto podría ocasionar una interrupción de un procedimiento que se estuviera haciendo en el momento del

sismo y afectar la esterilidad del ambiente con el consecuente perjuicio al paciente que estuviera siendo operado; esto se puede evitar asegurándose que la pintura utilizada en el cielo sobre la lámpara sea clean room.

- **Desnivelación y/o perdida parcial de soporte en cielo:** Este es uno de los posibles efectos causado por un sismo sobre una lámpara quirúrgica, esto podría darse por un montaje inadecuado de la base quedando en una situación de mayor vulnerabilidad ante las replicas que se dan post-terremoto. La instalación debe ser conforme a lo especificado en el manual de los fabricantes y con soportes en el cielo estructural para evitar el movimiento lateral.

En la tabla 4.18 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en la lámpara quirúrgica.

Tabla 4.18: Daños probables en lámparas quirúrgicas e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desprendimiento de componentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tornillos flojos ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Aflojamiento de brazo de satélite	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tornillos flojos ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Filtro de calor quebrado o con fisura	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soporte de filtro flojo ✓ Brazo flojo ✓ Desplazamiento de brazo ✓ Desprendimiento de lámpara
Falla de sistema de respaldo eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falla en planta de emergencia ✓ Carencia de sistema de continuidad absoluta
Desconexión de tarjeta electrónica al interior de la lámpara	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento de componentes
Bombillos quemados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de estabilizador de voltaje
Perdida de asepsia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entorno no es clean room
Desnivelación y/o perdida parcial de soporte en cielo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Montaje inadecuado

4.19 LAVADORA DE GUANTES.

4.19.1 DESCRIPCIÓN.

La función de este equipo (ver figura 4.19) básicamente es limpiar la sangre y demás fluidos corporales de los guantes que son reutilizables para que estos puedan ser esterilizados y usados nuevamente en algún proceso quirúrgico u otro tratamiento especial para el paciente.

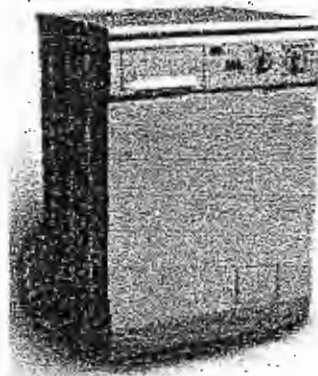


Figura 4.19: Lavadora de guantes

4.19.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

La acción de lavado típicamente consiste en un chorro de una mezcla de agua / detergente que es rociado en todo el interior de la cámara donde se encuentran los guantes los cuales son lavados por medio de un movimiento en espiral, y su ciclo de lavado dependerá de la cantidad de guantes que sean depositados en ella.

4.19.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- Debido a que estos equipos funcionan con grandes cantidades de agua si en un sismo este servicio queda inutilizado, estos equipos dejarían de funcionar hasta que el servicio de agua fuera restablecido.

4.20 MÁQUINA DE ANESTESIA

4.20.1 DESCRIPCIÓN

Los equipos de anestesia (ver figura 4.20) distribuyen una mezcla de gases y vapores y varia sus proporciones para controlar el nivel de conciencia de un paciente y/o analgesia durante procedimientos quirúrgicos. El paciente es anestesiado por medio de la inhalación de una mezcla de oxígeno (O_2), el vapor de un líquido volátil halogenado anestésico, y, tal vez, óxido nítrico (N_2O) y otros gases. Debido a que la respiración normal es rutinariamente descendida por los agentes anestésicos y relajantes musculares administrados en conjunto con los agentes anestésicos, es usualmente necesaria la asistencia respiratoria - ya sea con un ventilador automático o por compresión manual de la bolsa reservorio para suministrar el gas de respiración al paciente.

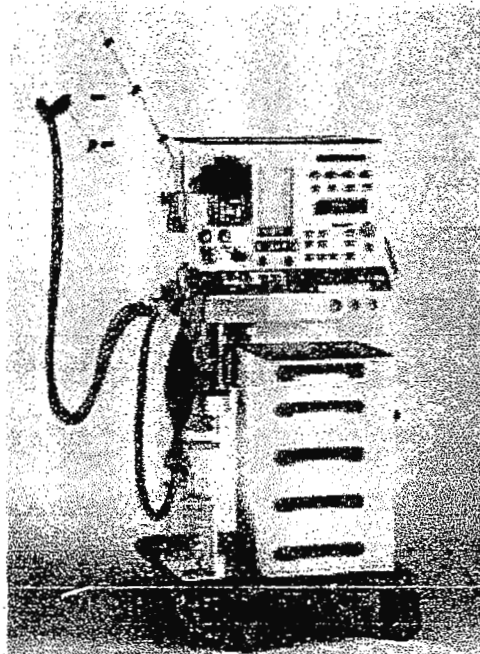


Figura 4.20: Máquina de anestesia.

4.20.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Una máquina de anestesia comprende cuatro subsistemas básicos: un circuito de control y suministro de gas, un circuito de ventilación y respiración, un sistema scavenger, y un conjunto de monitores de circuito de respiración y función del sistema (e.g. concentración de oxígeno inspirado e integridad del circuito de respiración). También se incluye en algunos sistemas de anestesia un número de monitores y alarmas que indican el nivel y variación de varias variables fisiológicas y parámetros asociados con la función cardiopulmonar.

4.20.2.1 Control y suministro de gas.

Debido a que el O₂ y el N₂O son utilizados en grandes cantidades, ellos usualmente son sacados de la red de gas del hospital. Cilindros conteniendo O₂ y N₂O comprimido, y a veces otros gases están montados sobre yugos conectados a la máquina de anestesia y que puede servir como suministro de emergencia de gas en caso que el suministro de la central falle. La mayoría de las máquinas de anestesia tienen un dispositivo de falla de suministro de O₂ y alarma que protege al paciente de inadecuado suministro de O₂. Si la presión de suministro de O₂ cae alrededor de 25 a 30 PSI, la unidad disminuye o desconecta el flujo de los otros gases y activa una alarma.

El flujo de cada gas en una unidad de flujo continuo es controlado por una válvula e indicado por un flujómetro. Después el gas pasa a través de la válvula de control y el flujómetro, entra el sistema de baja presión, y si es requerido pasa a través del vaporizador, ellos son administrados al paciente.

4.20.2.2 Vaporizadores

Los vaporizadores agregan una cantidad controlada de vapor anestésico a la mezcla de gas. Algunas unidades de anestesia pueden acomodar correctamente tres vaporizadores. La mayoría de los mecanismos tienen un mecanismo de enclavamiento que previene el uso de uno o más vaporizadores a la vez.

En El Salvador los hospitales nacionales tienen vaporizadores convencionales, estos tienen una concentración calibrada y puede ser suministrado a una concentración de vapor preseleccionada bajo una variación de condiciones. Estos vaporizadores al estar calibrados deben ser trasladados cuidadosamente para que no se descalibren y suministren el porcentaje de concentración seleccionado mediante una perilla de selección de concentración que ellos poseen.

4.20.2.3 Ventilación

Durante un procedimiento largo puede ser requerida la ventilación manual, la cual requiere que un operador apriete manualmente la bolsa de reservorio por cada respiración de paciente y puede ser requerida en otros procedimientos; además un ventilador automático es a menudo utilizado para suministrar ventilación mecánica al paciente. Estos ventiladores, los cuales tienen un número mínimo de ajustes de control y son usualmente controlados electrónicamente y movidos neumáticamente, un fuelle en lugar de la bolsa de reservorio manualmente comprimida. El ventilador fuerza la mezcla de gas dentro del circuito de respiración del paciente y pulmones y, en un sistema de respiración circular, recibe la respiración exhalada del paciente, así como el gas fresco.

El anestesista puede variar el volumen tidal, la razón de ventilación y la razón de tiempo inspiratorio a espiratorio (razón I:E). Estos requieren de un monitoreo cuidadoso, no solo porque son fisiológicamente importantes para el paciente, sino que también pueden indicar un mal funcionamiento del sistema de suministro de ventilación (e.g., fugas en el circuito de respiración).

4.20.2.4 Sistema scavenger

Un sistema scavenger captura y expulsa los gases residuales para minimizar la exposición del personal de la sala de operaciones a los agentes anestésicos dañinos. El sistema scavenger remueve el gas por medio de un vacío, un sistema de alivio pasivo, o ambos. El scavenger de vacío utiliza la succión del toma de pared de vacío de la sala de operaciones o de un sistema de vacío dedicado.

El sistema de scavenger de vacío de tipo abierto tiene puertos de vacío que están abiertos a la atmósfera a través de algún tipo de reservorio.

El scavenger de evacuación pasiva puede descargar dentro del sistema de ventilación del hospital (si este no es del tipo recirculatorio) o, preferiblemente, dentro de un sistema de extracción dedicado.

4.20.2.5 Monitores y alarmas

Los sistemas de anestesia incorporan un conjunto de parámetros monitoreados, incluyendo estos para presión de vías aéreas, volumen espiratorio, y concentración de O₂ inspirado, así como también un número de parámetros fisiológicos tales como concentración de CO₂, concentración de N₂O, concentración de agente, saturación de oxígeno por oximetría de pulso, ECG, presión sanguínea no invasiva, y temperatura.

4.20.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Descalibración de vaporizadores y/o célula de oxígeno:** La descalibración de los vaporizadores pudiera deberse al volcamiento o desplazamiento brusco del equipo, o por impacto de un objeto externo. La célula de oxígeno pudiera descalibrarse por las mismas razones aunque su sensibilidad es menor, y su calibración en algunos equipos puede realizarse por medio de la selección de una función de autocalibración a través del microprocesador de la Máquina de Anestesia. Si hay descalibración de los vaporizadores puede haber peligro de una sobredosis de agente anestésico al paciente o por el contrario una subdosis, situaciones que pueden causar efectos colaterales en la salud del paciente.
- **Desconexión de gases y/o eléctrica:** Bajo la consideración que es un equipo con rodos, la máquina de anestesia es un equipo que es sensitivo a los movimientos de un terremoto, especialmente si el equipo tiene los frenos de los rodos en mal estado o si no han sido puestos por descuido del operador,

pudiendo así suceder un desplazamiento que cause la desconexión de gases, o desconexión eléctrica.

- **Falta de gases:** La máquina podría quedar sin alguno o ninguno de los gases (O_2 , aire comprimido, N_2O) necesarios para su funcionamiento debido a que exista un corte de suministro en la red central de gases del hospital y más aún se pudiera dar el caso que los cilindros de emergencia se volcarán debido a un mal soporte de esto, o los reguladores de presión estuvieran dañados quedando estos fuera de servicio. También se pudiera dar el caso que por falta de inspección del operador los cilindros de emergencia estuvieran vacíos en el momento que se les requiera.
- **Daño en reguladores de presión de cilindros de emergencia:** Estos pueden dañarse debido a un fuerte impacto por volcamiento o impacto con objetos externos, a causa de un soporte inadecuado de los cilindros.
- **Desconexión de componentes electrónicos o mecánicos:** Pudiera darse debido a volcamiento o desplazamiento del equipo.
- **Perdida de funciones de monitoreo y alarmas del paciente y del sistema:** Si la máquina llegará a faltarle el suministro eléctrico, esta llegaría a perder la mayoría de funciones de monitoreo y alarmas del paciente y del sistema, o también pudiera llegar a perder algunas de estas funciones por desconexión de alguno de sus componentes electrónicos.
- **Desconexión del circuito de paciente:** Este se puede llegar a darse por desplazamiento de la máquina de anestesia, de la mesa de operaciones, o de ambos, o por volcamiento de algún equipo cercano (monitor, mesa de instrumental, cilindro de gas entre otros) sobre el este.
- **Perdida de evacuación pasiva de gases anestésicos:** Como se menciono anteriormente, la evacuación pasiva se hace a través del sistema de extracción de las salas, por lo que si este deja de funcionar se carecería de un sistema de evacuación pasiva de evacuación de gases anestésicos con la posible repercusión en la salud del personal expuesto.

- **Perdida de ventilación automática:** Puede ser a causa de ausencia de gas motriz (aire comprimido).
- **Perdida de función de vaporizador o ventilador:** Luego de un sismo estos pueden quedar inoperables debido a algún daño por volcamiento o por impacto con un objeto externo.
- **Perdida de función:** Como se menciona en el punto 4.20.1 la función de la máquina de anestesia es suministrar una mezcla de gases y vapores hacia el paciente, por lo que si hay una pérdida de función ya sea del vaporizador o del ventilador, la máquina de anestesia pierde su función.
- **Peligro de corrosión en equipo:** Podría existir peligro de corrosión si se hubiera derramado alguna sustancia líquida como producto de volcamiento de algún frasco que hubiera sido colocado sobre el equipo, requiriéndose de esta forma una limpieza del equipo.

En la tabla 4.20 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en la máquina de anestesia.

Tabla 4.20: Daños probables en máquinas de anestesia e incidentes causales debido a terremotos

DANO	INCIDENTES CAUSALES
Descalibración de vaporizadores y/o célula de oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Desconexión de gases y/o eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Frenos de rodos deteriorados ✓ Desplazamiento
Falta de gases	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Corte de suministro de central de gases ✓ Volcamiento de cilindros de emergencia ✓ Reguladores de presión dañados ✓ Cilindros de emergencia vacíos
Daño en reguladores de presión de cilindros de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Desconexión de componentes electrónicos o mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Perdida de funciones de monitoreo y alarmas del paciente y del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de suministro eléctrico ✓ Desconexión de componentes electrónicos

Continua...

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desconexión del circuito de paciente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento de la máquina de anestesia ✓ Desplazamiento de la mesa de operaciones ✓ Volcamiento de equipo cercano sobre circuito de paciente
Perdida de evacuación pasiva de gases anestésicos	✓ Sistema de extracción de aire sin funcionamiento
Perdida de ventilación automática	✓ Ausencia de gas motriz (aire comprimido)
Perdida de función de vaporizador o ventilador	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objeto externo
Perdida de función	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Perdida de funcionamiento de vaporizador ✓ Perdida de funcionamiento de ventilador
Peligro de corrosión	✓ Derrame de líquidos

4.21 MESA DE OPERACIONES.

4.21.1 DESCRIPCIÓN

Las mesas de operación (ver figura 4.21) proveen una superficie elevada que soporta al cuerpo de los pacientes durante procedimientos quirúrgicos, estableciendo la posición del paciente y proporcionando una exposición óptima del campo quirúrgico. Las mesas de operación están diseñadas para permitir un procedimiento específico de posicionamiento del paciente.

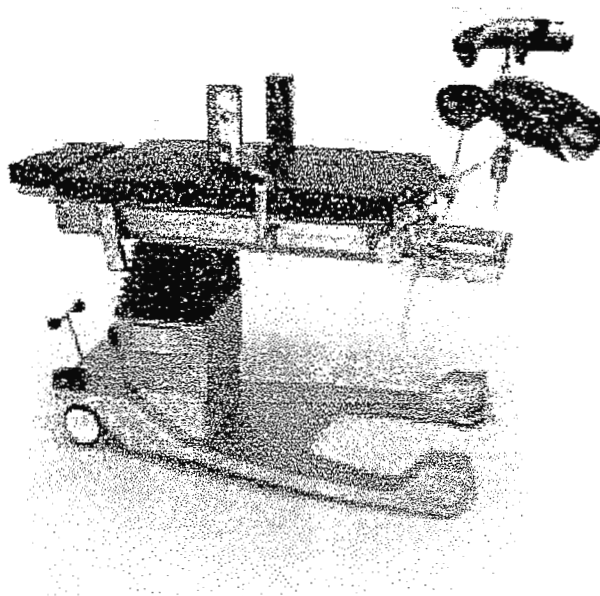


Figura 4.21: Mesa de Operaciones

4.21.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La mesa de operación consiste de una superficie rectangular hecha de metal, plástico, o un compuesto de fibra de metal/plástico/carbono soportada por una base fija (pedestal) o móvil, base giratoria. Las mesas de base fija tienen disponibles superficies que pueden ser intercambiadas para acomodarse a procedimientos quirúrgicos específicos; las superficies pueden ser también a camillas para transportar pacientes a y desde la sala de operaciones. La mesas de base móvil

tienen ruedas, las cuales permiten que la mesa sea movida, y un mecanismo de seguro para la base, la cual estabiliza la mesa durante los procedimientos quirúrgicos. La mayoría de las mesas están divididas en tres o más secciones abisagradas. Las divisiones principales son cabeza, cuerpo, y acción de piernas. La sección de pierna puede ser removida y reemplazada por reposacabezas (para uso en cirugía craneal y de ojos. La sección de pies puede también ser movida o removida para ciertos procedimientos (e.g. cistoscopia, endourología, urología, ginecología). Extensiones pueden ser agregadas a la sección de pies para acomodamiento de pacientes grandes.

Las mesas de operación y sus segmentos individuales son levantadas o bajadas por engranajes mecánicos o sistemas de pistones hidráulicos (manivelas, pedales de pies) o controles eléctricos (pedales de pie, palancas, unidades remotas). La mesa puede ser colocada en la posición de Trendelenburg (cabeza bajada, pies elevados), posición inversa Trendelenburg (cabeza elevada, pies bajados), lateralmente inclinada, o posición estándar horizontal. La manipulación de la superficie de la mesa y sus segmentos individuales permite al personal del hospital a posicionar el paciente para sus procedimientos quirúrgicos especializados (e.g. craneal, tiroides, riñón, vesícula biliar, o cirugía rectal).

Algunos fabricantes proveen articulación automática de las secciones articuladas en una secuencia apropiada anatómicamente.

4.21.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Daño en sistema de frenos:** El sistema de freno puede verse dañado al no soportar la fuerza de desplazamiento de un sismo, y puede ser más vulnerable a esta situación debido a un mal mantenimiento del sistema de freno.
- **Perdida de fijación:** Debido a volcamiento o desplazamiento En los casos en donde la estructura del hospital sea vertical y que los quirófanos estén ubicados en pisos superiores, en donde la aceleración provocada por el sismo es mayor. En los casos de estructuras horizontales es poco probable el volcamiento de la mesa.

- **Perdida de movimientos mecánicos:** Algunos movimientos pueden quedar inutilizados debido a daño en el sistema mecánico de la mesa provocado por el volcamiento de la mesa o por impacto de un objeto externo. Y en las mesas con control electrónico, si dicho control llegará a dañarse también habrá una pérdida de movimientos mecánicos.
- **Perdida de asepsia:** Después de un sismo puede haber desprendimiento de elementos no estructurales como repellos, objetos cercanos a la mesa, etc., que pueden provocar liberación de polvo u otras sustancias que hagan que se requiera una limpieza general de toda la mesa para eliminar cualquier fuente de contaminación para los pacientes que sean intervenidos luego de que la misma sea puesta en funcionamiento nuevamente.

En la tabla 4.21 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en mesa de operaciones.

Tabla 4.21: *Daños probables en mesa de operaciones e incidentes causales debido a terremotos*

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento ✓ Mantenimiento inadecuado
Perdida de fijación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Daño en sistema de frenos
Perdida de movimientos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto de objeto externo ✓ Daño en control electrónico
Perdida de asepsia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carencia de entorno clean room

4.22 MICROSCOPIO.

4.22.1 DESCRIPCIÓN.

El microscopio (ver figura 4.22) utiliza luz visible concentrada a través de un sistema de lentes para producir una amplificación y resolución de la imagen del espécimen bajo estudio. El microscopio es uno de los componentes básicos del laboratorio clínico usado virtualmente en cada Servicio (Química, hematología, citología, etc.).

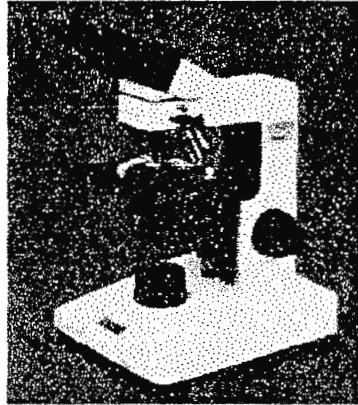


Figura 4.22: Microscopio.

4.22.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Ajustando la potencia o la resolución se pueden obtener mediciones de pequeñas distancias entre estructuras adyacentes que pueden ser distinguibles a una magnificación dada. Un microscopio de alta potencia aumenta el rango de percepción visual de un ojo normal para distinguir 130,000 líneas por pulgada a una distancia de 10 pulgadas de la muestra.

4.22.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daños en el sistema óptico:** Daños causado en el sistema óptico debido al polvo o por derrame de sustancias.
- **Pérdida total del equipo:** Si este se cae del lugar en donde se encuentra debido a que no esta correctamente fijado a su plataforma.
- **Problemas eléctricos:** debido a cortocircuitos en la red.
- **Daños por impacto de objetos externos:** como lámparas, objetos que se encuentran en su entorno, los cuales pueden desprenderse debido al movimiento impuesto por la onda sísmica, etc.

En la tabla 4.22 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el microscopio.

Tabla 4.22: Daños probables en el microscopio e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daños en el sistema óptico	✓ Polvo ✓ Golpes por objetos externos
Problemas eléctricos	✓ Fallas eléctricas ✓ Fluctuaciones de energía
Pérdida total del equipo	✓ Falla en base de soporte del equipo ✓ Golpes por objetos externos
Equipo potencialmente inoperable o con fallas.	✓ Golpes por objetos externos

4.23 MONITOR DE SIGNOS VITALES.

4.23.1 DESCRIPCIÓN

Dependiendo de su configuración, el monitor de signos vitales (ver figura 4.23) mide y muestra formas de ondas o datos numéricos de varios parámetros, incluyendo ECG, razón respiratoria, presión corporal, temperatura corporal, saturación de oxígeno (SpO₂), gato cardíaco y concentración de gas en las vías aéreas (particularmente durante la administración de anestesia). El monitoreo continuo es una herramienta valiosa que ayuda a proporcionar información adicional al personal médico y de enfermería sobre las condiciones fisiológicas del paciente. Por medio de esta información el personal clínico puede evaluar mejor las condiciones del paciente y hacer decisiones de tratamiento apropiadas.

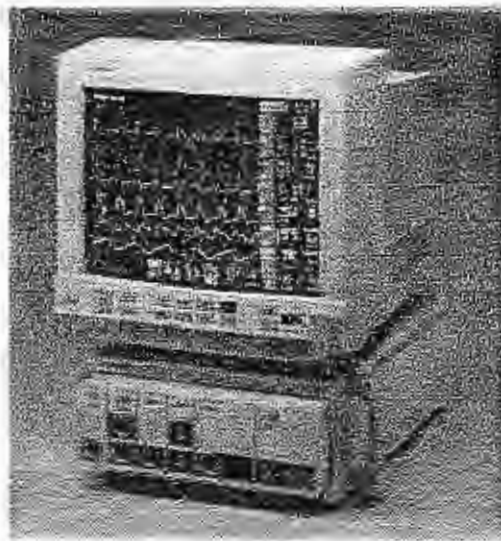


Figura 4.23: Monitor de Signos Vitales

4.23.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los monitores fisiológicos pueden ser configurados o modulares. Los sistemas configurados tienen parámetros de monitoreo específicos integrados dentro de cada monitor de cama. Los sistemas modulares se caracterizan por módulos individuales para cada parámetro de monitoreo o ser intercambiado de monitor a monitor.

Algunos de los parámetros de monitoreo disponibles son ECG, arritmia, presión sanguínea invasiva (IBP), presión sanguínea no invasiva (NIBP), gasto cardíaco, SpO₂, oxigenación venosa mixta (SvO₂), electroencefalograma (EEG), fracción de oxígeno inspirado (FiO₂), temperatura, y razón respiratoria. Algunos modelos están diseñados para uso en sala de operaciones también tienen capacidad para monitoreo de agentes anestésicos.

El monitor de ECG detecta pequeños voltajes de alrededor de 1 mV sobre la piel como resultado de una actividad cardíaca. Varios electrodos, se arreglan en configuraciones estándar llamadas derivaciones, que son colocados sobre la piel para censar estos.

La presión sanguínea invasiva es medida por medio de un catéter insertado directamente dentro del sistema circulatorio. En neonatos, el catéter es típicamente insertado directamente dentro de la vena umbilical. Un transductor de presión conectado al catéter convierte la fuerza mecánica ejercida por la sangre en una señal eléctrica, la cual es mostrada gráficamente como presión contra tiempo sobre una pantalla de monitor o numéricamente sobre una medición o visualización digital.

El método automático más común de medición de la NIBP es el método oscilométrico, en el cual una manga inflable es envuelta alrededor de un miembro del paciente. El pulso arterial crea fluctuaciones de presión en una bolsa dentro de la manga; éstas fluctuaciones son detectadas por un transductor conectado a la manga inflable.

La temperatura corporal usualmente es medida por medio de un termistor que es insertado en el recto o el esófago.

Hay varias formas para medir la razón respiratoria: impedancia por neumografía, por medio de cápsula sensitiva de presión sobre el abdomen para detectar el movimiento de la superficie del cuerpo causado por la respiración; colocación de un termistor

cerca de la boca o nariz para detectar los cambios de temperatura entre el aire exhalado e inhalado; y utilización de pletismografía inductiva, en el cual electrodos conectados a la pared del pecho generan y detectan cambios en un campo electromagnético.

El oxímetro de pulso provee una forma continua y no invasiva de monitorear la SpO₂ de sangre arterial.

Los monitores fisiológicos están a menudo equipados con alarmas que indican fallas de sistemas (usualmente electrodos flojos o defectuosos), parámetros fisiológicos que exceden los límites ajustados por el operador, o ambos.

4.23.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Daño en cable de electrodos:** Debido a un tirón del cable por desplazamiento del equipo o por pérdida de soporte en caso que este estuviera en la cabecera de una cama, este pudiera dañarse perdiendo continuidad entre conector y electrodos.
- **Pantalla de monitor quebrada:** por volcamiento en caso de no tener buen anclaje o soporte o por impacto con objetos externos.
- **Desconexión de componentes electrónicos:** por causa similar al punto anterior, quedando una o varias funciones de monitoreo y alarmas deshabilitadas.
- **No visualización de imágenes en monitor:** por desconexión de componente electrónico (tarjeta de vídeo) o cortocircuito ocasionado por el derrame de líquidos sobre el equipo.
- **Perdida de soporte:** por anclaje inadecuado o deterioro de este por falta de mantenimiento, una pérdida de soporte podría ocasionar lesión en pacientes.
- **Perdida de señales de alarmas:** Podría darse por desconexión o daño de componentes internos.
- **Descalibración y/o pérdida de seguridad eléctrica del equipo:** pueden ser provocados por el impacto con objetos externos o por volcamiento.
- **Desconexión eléctrica:** por desplazamiento del equipo.

- **Peligro de corrosión en equipo:** puede darse por el derrame de sustancias sobre el equipo por volcamiento de frascos colocados sobre o al lado del equipo.
- **Equipo inoperable:** el equipo después de un sismo podría quedar inoperable por monitor quebrado o no visualización de imágenes en este, desconexión de componentes electrónicos, descalibración, pérdida de seguridad eléctrica, daño considerable en chasis, o por combinación de estas causas.

En la tabla 4.23 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en monitor de signos vitales.

Tabla 4.23: Daños probables en monitor de signos vitales e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en cable de electrodos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento ✓ Perdida de soporte
Pantalla de monitor quebrada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Soporte inadecuado ✓ Impacto con objetos externos
Desconexión de componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Soporte inadecuado ✓ Impacto con objetos externos
No visualización de imagen en monitor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desconexión de componente electrónico ✓ Derrame de líquidos sobre equipo
Perdida de soporte	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anclaje inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Perdida de señales de alarma	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desconexión de componentes internos ✓ Daño de componentes internos
Descalibración y/o pérdida de seguridad eléctrica del equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Desconexión eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento
Peligro de corrosión en equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derrame de líquidos
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitor quebrado ✓ No visualización de imágenes ✓ Desconexión de componentes electrónicos ✓ Descalibración ✓ Pérdida de seguridad eléctrica ✓ Daño considerable en chasis

4.24 NEBULIZADOR

4.24.1 DESCRIPCIÓN

Los nebulizadores (ver figura 4.24) proveen medicación aerosolizada y/o humedecida para pacientes con ciertos desordenes respiratorios. La terapia por medio de nebulizaciones es particularmente efectiva en el tratamiento de condiciones en las cuales las secreciones persisten tales como fibrosis cística, enfisemas, bronquitis, asma severa, entre otras. Algunos nebulizadores son manejados por aire comprimido, es decir conectados a un cilindro de gas.



Figura 4.24: Nebulizador.

4.24.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Los nebulizadores consisten básicamente de un reservorio, un elemento calefactor, y un compresor. Los nebulizadores neumáticos atomizan el agua o la solución acuosa y la convierte en una especie de aerosol usando oxígeno presurizado o aire comprimido siendo enviado al paciente por medio de un cilindro de oxígeno o de alguna red de gases hospitalaria.

4.24.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- Pueden resultar dañados si el cilindro en donde se encuentran conectados, no esta debidamente empotrado, por lo que un movimiento brusco puede hacer que el cilindro se caiga y dañe al nebulizador.

4.25 NEGATOSCOPIO.

4.25.1 DESCRIPCIÓN.

Los negatoscopios (ver figura 4.25) son equipos que sirven de apoyo a los radiólogos, ya que son utilizados para hacer observaciones directamente sobre las radiografías, para que la lectura e interpretación de las mismas les sea mas fácil a la persona que esta realizando el estudio.

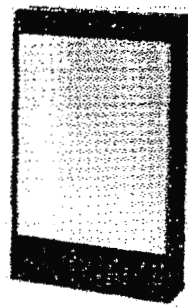


Figura 4.25: Negatoscopio.

4.25.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Básicamente este equipo posee un circuito muy sencillo, el cual consta de un transformador, un interruptor y lámparas de luz blanca. El transformador sirve únicamente como un elevador de corriente para poder ionizar el gas que poseen las lámparas. Estos equipos deben desplegar la luz uniformemente para que los radiólogos tengan una visión limpia y clara para dar un diagnóstico óptimo de las películas radiográficas que estudian.

4.25.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Daños por mal empotramiento:** Estos equipos se encuentran normalmente empotrados en las paredes de las salas de estudio, o en quirófanos, por lo que los riesgos que corren ante un evento sísmico es que si los soportes que mantienen sujeto el equipo a la pared ceden, debido al peso del mismo, éste puede caer y sufrir daños por el impacto con el suelo.
- **Daños en las lámparas:** Pueden sufrir problemas eléctricos debido a o fluctuaciones o cortocircuitos en la red eléctrica a la que se encuentra conectado.

En la tabla 4.25 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el negatoscopio.

Tabla 4.25: Daños más probables en el negatoscopio e incidentes causales debido a terremotos.

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daños por mal empotramiento	✓ Mal anclaje ✓ Soportes inadecuados o mala calidad
Daños en las lámparas	✓ Fallas eléctricas ✓ Fluctuaciones de energía

4.26 PROCESADORA DE PELÍCULA

4.26.1 DESCRIPCIÓN

La procesadora de película (ver figura 4.26) revela películas expuestas a varias formas de energía, variando desde los rayos-x a la luz visible. Ellas mecanizan el procesado de película por medio de un revelado automático, fijado, lavado y secado de películas. El control cuidadoso del revelado de películas es crítico en la producción de películas de rayos-x de diagnóstico de alta calidad con la mínima exposición de radiación al paciente. Las procesadoras de película junto con los químicos de procesado rápido (ejemplo, revelado y fijado) y películas, han mejorado el control de la calidad radiográfica y acortado el tiempo entre la exposición de la película y la disponibilidad de la imagen final.

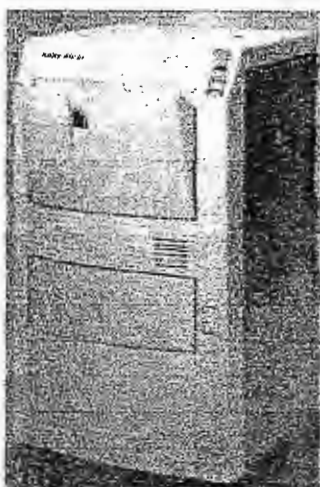


Figura 4.26: Procesadora de película.

4.26.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Todas las procesadoras automáticas tienen los mismos componentes básicos, incluyendo un mecanismo de alimentación y detección, en un consistente sistema de procesado de tanques de químicos y racks de transporte, un lavador, un secador, un depósito receptor, y controles e indicadores. Los subsistemas principales incluyen suministro de agua, regulación de temperatura, reabastecedor de químicos, recirculación de solución, y recuperación de plata.

El alimentador y mecanismo de detección inicia el transporte de la película dentro de la procesadora. El alimentador tiene una superficie suave que minimiza errores de alimentación y provee ingreso al borde de entrada de la película paralelo a los rodillos de alimentación. Los rodillos también proveen señales de regulación para asegurar una alimentación libre de traslape.

La película es transportada por una serie de rodillos y es guiada a través del sistema de procesado, el cual consiste de un tanque de revelador, un tanque de fijador y un tanque de lavado. Cubiertas sobre los tanques de revelador y fijador reducen la evaporación química y también ayuda a reducir la oxidación de la solución de revelador. Los rodillos aplican la presión suficiente para proveer un transporte confiable; la emulsión de la película se daña fácilmente y no puede tolerar fuerza excesiva.

Al entrar la película a la lavadora, el suministro de agua externo remueve el resto de fijador desde la película procesada para un almacenamiento de vida prolongada. Después de salir del rack de lavado, la película entra a una serie de rodillos de enjuague que remueven el exceso de agua. El secador pasa aire a temperatura constante sobre la película hasta salir de la procesadora y cae dentro del depósito receptor.

La sección de control de la máquina provee control e información de estado. Para minimizar el desgaste mecánico del sistema de transporte y reducir el consumo innecesario de agua hay un modo de standby.

El número y tipos de indicadores de estado varían dependiendo de la procesadora; algunas unidades pueden incluir medidores de temperatura del revelador y fijador. La temperatura de los químicos determina parcialmente la cantidad de tiempo que la película debe ser inmersa para producir una densidad y contraste apropiados, mientras la temperatura del secador controla el brillo de la película.

El sistema de suministro de agua incluye las líneas de entrada de agua, filtros de agua, válvulas y manómetros de presión, y un flujómetro. Debe de mantenerse una temperatura apropiada del revelador para asegurar un resultado radiográfico consistente.

El sistema reabastecedor mantiene un nivel apropiado de actividad química por introducción de revelador y fijador para compensar la pérdida de volumen y poder de los químicos causada por el transporte a la etapa siguiente, evaporación de soluciones, y el mismo proceso de revelado. Los tanques de reabastecimiento están localizados usualmente afuera o debajo de la procesadora de tal forma que los químicos no se vean afectados por los sistemas secadores y calefactores.

El sistema de recirculación usualmente consiste en una bomba simple, que provee agitación durante el procesado para mantener continuamente químicos frescos a la superficie de la película.

4.26.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Desconexión o ruptura en líneas de suministro y/o drenaje:** esta es quizás la falla más probable relacionada con la procesadora, en donde el desplazamiento de la procesadora puede provocar una desconexión o ruptura las tuberías de suministro de agua y químicos o con la tubería de drenaje. También se pudiera dar una ruptura de estas por compresión de la procesadora contra estas. Esto es algo muy probable si las tuberías son rígidas.
- **Producción de velo en las películas:** este pudiera deberse a una acumulación de calor por falta de funcionamiento del aire acondicionado y extracción de gases, factor que a su vez causaría acumulación de gases químicos en el cuarto oscuro, en perjuicio de la salud del personal por exposición a químicos durante el revelado. O por entradas de luz al cuarto oscuro.

- **Falla en el sistema reabastecedor y/o en el sistema de recirculación:** Cualquiera de estos dos sistemas pudiera llegar a afectar el funcionamiento normal por desconexión de una de las bombas, desconexión que se podría dar por volcamiento de la procesadora.
- **Desconexión de componente electrónico:** se podría dar debido a un volcamiento del equipo por anclaje inadecuado o por deterioro de este por falta de mantenimiento.

En la tabla 4.26 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en procesadora de película.

Tabla 4.26: Daños probables en procesadora de película e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desconexión o ruptura en líneas de suministro y/o drenaje	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento
Producción de velo en las películas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de funcionamiento de ventilación o aire acondicionado ✓ Entradas de luz al cuarto oscuro
Falla en el sistema reabastecedor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Soporte inadecuado ✓ Desconexión de bomba
Falla en el sistema de recirculación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Soporte inadecuado ✓ Desconexión de bomba
Desconexión de componente electrónico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Soporte inadecuado
Perdida de anclaje	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anclaje inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desconexión o ruptura de tuberías de suministro ✓ Volcamiento ✓ Falla en el sistema reabastecedor ✓ Desconexión de componentes electrónicos

4.27 RAYOS X MOVIL

4.27.1 DESCRIPCION:

El equipo de rayos X móvil (ver figura 4.27), es usado para sacar imágenes radiográficas a pacientes que no pueden ser movilizados al servicio de Radiología, como por ejemplo pacientes que se encuentran en la Unidad de Cuidados intensivos, Quirófanos, emergencia, o que tienen contraindicado ser movilizados.

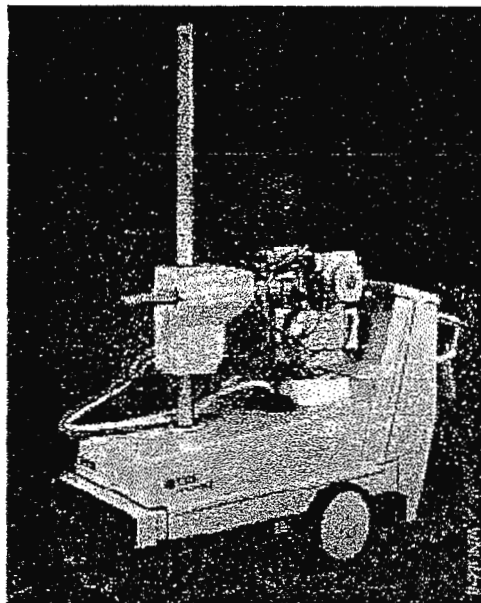


Figura 4.27: Equipo de rayos X móvil.

4.27.2 PRINCIPIO DE OPERACIÓN.

El equipo de rayos X móvil, consiste de un carro móvil que transporta el generador de rayos X, el tubo con su soporte, el colimador y la caseta para colocar la película radiográfica, además posee una unidad de respaldo que incluye la batería y el sistema cargador de la misma. Este equipo puede utilizar cualquiera de los siguientes generadores de rayos X:

- Un transformador de Potencia.
- Un generador de descarga por capacitor
- Transformador de batería

La mayoría de estos transformadores de potencia usan 110 o 220 voltios de AC para producir los rayos X. Un transformador elevador incrementa el voltaje y el rectificador se encarga de convertir la corriente AC a DC requerida para el tubo de rayos X. El rectificador también restringe el flujo de corriente que pasa por el tubo de rayos X en una dirección, para prevenir el daño en los filamentos.

Los generadores de descarga por capacitor también utilizan 110 o 220 voltios de AC, y también utilizan un transformador elevador para cargar el capacitor que puede ser un de gran capacidad o también puede ser un banco de los mismos. Dicho capacitor es descargado a través de una rejilla controlada por el tubo de rayos X. Debido a que el capacitor es cargado al mismo potencial, cada exposición comienza al mismo pico de kilovoltaje (kvp); sin embargo, el kilovoltaje decrecerá durante la exposición tanto como el capacitor se descargue. Al final de cada exposición, el capacitor debe ser Recargado.

El generador o transformador por batería, la línea de A C de la red comercial es utilizada para cargar un banco de baterías. Las unidades con carga completa pueden ser utilizadas independientemente de una fuente externa de potencia, en contraste con las unidades de descarga de capacitor, los generadores por batería ofrecen una fuente constante de kilovoltaje y miliamperaje a través de toda la exposición de rayos X. La carga de las baterías toma de 8 a 12 horas.

El tubo de rayos X, que incluye al colimador es colocado en un soporte rotatorio, el cual posee un movimiento horizontal y vertical durante el proceso.

El tamaño del punto focal depende del área de cruce seccional del haz de electrones. Dicho punto focal compromete dos aspectos que son la calidad de la imagen y la durabilidad del blanco.

El operador del equipo puede controlar el kilovoltaje y el mA, además del tiempo de exposición, área a radiar y la distancia de la imagen. Cabe mencionar que la imágenes de un equipo de rayos X fijo son de mejor calidad que la de estos equipos móviles, debido a la dificultad de la posición del paciente y el movimiento de la película.

4.27.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Desprendimiento del tubo de rayos X:** debido al movimiento generado por la onda sísmica el tubo de rayos X pudiera desprenderse en caso que su soporte no fuera adecuado o por falta de mantenimiento en la revisión de estado de tornillos y tuercas de soporte. Esta es una falla peligrosa en cuanto que el desprendimiento del tubo de haber paciente pudiera ocasionar una lesión grave e incluso la muerte.
- **Desalineación del tubo de rayos X:** pudiera deberse a la vibración u oscilación de un soporte inadecuado y producidas por los sismos con la consecuente repercusión en la calidad de imagen para lograr un diagnóstico adecuado.
- **Descalibración de KV, mA o tiempo:** el volcamiento, desplazamiento o desconexión de componentes internos pudieran ser causales de la descalibración de los parámetros básicos del equipo. Una descalibración de estos pueden ocasionar aumento en la exposición a la radiación en el paciente así como deterioro en la calidad de la imagen obtenida.
- **Daño del chasis del tubo de rayos X:** El chasis del tubo pudiera dañarse por desprendimiento del tubo o por desprendimiento de algún elemento del soporte, pudiendo ser una causa de dichos desprendimientos un mantenimiento inadecuado.
- **Equipo inoperable:** el equipo pudiera quedar inoperable por falla de la fuente del equipo en ausencia de energía eléctrica, desprendimiento del tubo de rayos X, desconexión de componente internos del generador, desplazamiento del transformador de alta tensión, sistema de soporte de tubo de rayos X defectuoso, aunque el equipo siguiera operando con un soporte defectuoso sería negligente continuar operando el equipo por el peligro al paciente. El equipo pudiera quedar inoperable debido a la desconexión de algún cable.
- **Daños en el chasis del equipo:** debido a que si los frenos de las ruedas se encuentran defectuosos o dañados por mal Mantenimiento, este puede ocasionar desplazamiento del equipo y chocar contra otros objetos a su alrededor.

En la tabla 4.27 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en equipo de Rayos X móvil.

Tabla 4.27: Daños probables en equipo de Rayos X móvil e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desprendimiento del tubo de rayos X	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soporte inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Pérdida de alineación del tubo de rayos X	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soporte inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Desconexión de componentes internos del generador	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento
Descalibración de KV, mA o tiempo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento ✓ Desconexión de componentes internos
Daño del chasis del tubo de rayos X	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desprendimiento del tubo de rayos X ✓ Desprendimiento de algún elemento de soporte
Sistema de soporte de tubo de rayos x defectuoso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Anclaje inadecuado ✓ Deterioro por falta de mantenimiento
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Baterías del equipo defectuosas ✓ Capacitor de descarga dañado ✓ Desprendimiento del tubo de rayos X ✓ Desconexión de componentes internos ✓ Desplazamiento del transformador de alta tensión ✓ Sistema de soporte del tubo defectuoso

4.28 REFRIGERADOR PARA BANCO DE SANGRE.

4.28.1 DESCRIPCIÓN.

Este equipo (ver figura 4.28) provee seguridad y almacenamiento de reservas sanguíneas, ya sea sangre completa o sus derivados (células sanguíneas, plasma, etc.). Los bancos de sangre deben mantener una temperatura en el rango de 1 a 6° C para asegurar la frescura e integridad de la sangre y sus componentes, estos equipos están sujetos a estrictos controles de temperatura mas que otros tipos de refrigeradores para laboratorio.



Figura 4.28: Refrigerador para banco de sangre.

4.28.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

En un refrigerador, las bajas temperaturas se consiguen mediante la expansión de un gas, y las altas temperaturas se consiguen mediante la compresión del mismo. Este trabajo es realizado por un compresor el cual se encarga de comprimir el gas lo que hace que se genere calor, luego, el gas pasa a través de un radiador y por un expansor, en donde el gas enfría una placa metálica, la cual es utilizada para enfriar

el sistema. La diferencia mas notable de este tipo de equipos es el grado de precisión de regulación de temperatura que oscila entre $\pm 0.01\%$.

4.28.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- Pérdida total del equipo ante un movimiento sísmico ya que puede sufrir volcamiento debido al desplazamiento.
- Golpes contundentes por objetos que se encuentren a su alrededor.
- Fallas eléctricas debido fluctuaciones en la red eléctrica.
- Daños en el compresor, si este se llegara a volcar, podría derramar el aceite que poseen internamente.

En la tabla 4.28 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en el refrigerador para banco de sangre.

Tabla 4.28: *Daños más probables en el refrigerador para banco de sangre e incidentes causales debido a terremotos.*

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Pérdida total del equipo	✓ Volcamiento
Problemas eléctricos	✓ Fallas eléctricas ✓ Fluctuaciones de energía
Golpes externos en el equipo	✓ Falla en base de soporte del equipo ✓ Golpes por objetos externos
Daños en el compresor	✓ Volcamiento

4.29 TENSÍOMETRO DE COLUMNA DE MERCURIO.

4.29.1 DESCRIPCIÓN.

Este equipo (ver figura 4.29) conocido también como esfignomanómetro de columna de mercurio es utilizado por médicos y enfermeras para tomar la presión sanguínea del paciente. En el mercado hay una diversa variedad de estos instrumentos, se pueden encontrar tensiómetros de columna de mercurio, tensiómetros electrónicos que dan un valor específico de presión en una pantalla o display y lo más comunes, los que están compuestos por un esfignomanómetro que expresa la presión en mmHg, la cual se obtiene a través del empleo de una manga de caucho la cual se enrolla alrededor del brazo del paciente.

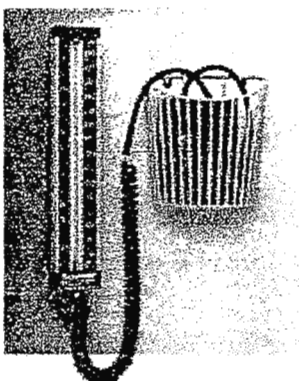


Figura 4.29: Tensiómetro.

4.29.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Para tomar la presión sanguínea de manera no invasiva, se coloca una manga de caucho alrededor del antebrazo del paciente, tratando de que esta quede mas o menos a la altura del corazón ya que se sabe por manometria las presiones a la misma altura son similares. Luego de colocada la manga se procede a inflar a la misma mediante una pera de hule que posee una válvula check que no permite que

el aire se salga de la manga y esta permanezca inflada, todo esto con el fin de ocluir la vena del antebrazo e impedir el flujo de sangra a través de la misma. Una vez se consigue la oclusión de la vena, el aire de la manga es liberado lentamente, y mediante el reconocimiento de los sonidos del flujo sanguíneo (sonido korotcoff) que pasa con dificultad a través de la vena ocluida el medico detecta la presión sistólica y diastólica del paciente. Estas presiones son representadas a través de la columna de mercurio del tensiómetro.

4.29.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS.

- **Columna de vidrio quebrada:** los tensiómetros de columna de mercurio pueden estar empotrados en la pared del consultorio o puede tener un pedestal para que puedan ser movilizadados de un lugar a otro. En el caso de los tensiometros de pared, si estos no se encuentran empotrados adecuadamente, se corre el riesgo de que por el movimiento, estos se desplomen y por el impacto con el suelo, la columna de vidrio donde se encuentra contenido el mercurio se rompa, y éste se derrame. De igual manera puede darse el caso con los tensiometros de columna de mercurio que se encuentran colocados sobre un pedestal.

4.30 ULTRASONOGRAFO

4.30.1 DESCRIPCIÓN

El propósito general de los ultrasonografos (ver figura 4.30) es proporcionar imágenes en dos dimensiones de tejido blando para examinación abdominal y gineco/obstétrica. Ellos son frecuentemente utilizados en departamentos de imaginología de los hospitales para complementar otras modalidades de imagen. Algunos sistemas incluyen transductores adicionales para facilitar procedimientos de diagnóstico más especializado, tales como cardíacos, vasculares, endovaginales, endorectales, o escaneo de partes pequeñas (ejemplo: tiroides, seno, próstata).



Figura 4.30: Ultrasonógrafo.

4.30.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El ultrasonógrafo utiliza para el diagnóstico por imagen ondas de sonido que típicamente son emitidas a frecuencias en el rango de los 2 a 10 MHz.

Estos equipos poseen un transductor, el cual consiste de uno o más elementos piezoeléctricos, es colocado sobre la piel después de aplicar una gel de acople acústico. El transductor convierte una señal eléctrica en energía acústica que puede ser transmitida en los tejidos. Cuando esta energía ultrasónica retorna desde el tejido, el transductor la reconvierte en una señal eléctrica. Diferentes tipos de transductores son utilizados con el sistema de propósito general; la frecuencia de la

onda que ellos emiten depende del grosor del cristal piezoeléctrico. Las más altas frecuencias de energía de ultrasonido son más fácilmente absorbidas por el tejido, decrementando la longitud de penetración.

Los ultrasonografos miden la intensidad de los ecos, el tiempo entre ellos, y su dirección. Esta información es procesada y utilizada para generar una imagen en uno o varios modos que pueden ser modo-A, modo-B o modo-M.

Los transductores presentan dos patrones diferenciados de imagen; imágenes de forma rectangulares y forma triangular, o imágenes de sector. Las imágenes rectangulares son producidas por un arreglo lineal de transductores, los cuales pueden contener 64 o más elementos piezoeléctricos los cuales pueden estar en arreglos de 4 a 15 cm de longitud.

Un ultrasonógrafo muestra la imagen en un monitor de alta resolución. Un teclado de entrada de datos permite introducción de información, tal como nombre del paciente, fecha, y tipo de estudio, los cuales serán introducidos y mostrados con la imagen explorada. El teclado también permite interactuar con la computadora para manipular la imagen mostrada o con los parámetros de operación del sistema.

4.30.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Daño en los cristales piezoeléctricos (transductores):** Los cristales piezoeléctricos pueden ser dañados por volcamiento o por impacto con objetos externos. Las grietas en los cristales piezoeléctricos pueden reducir el ancho de banda y/o incrementara la longitud de pulso espacial, además de afectar la resolución axial y lateral.
- **Desconexión de componentes electrónicos:** Pudiera darse debido a volcamiento o desplazamiento del equipo.
- **Descalibración:** La descalibración podría deberse por volcamiento, lo cual en un edificio horizontal es poco probable, por desplazamiento o por impacto con objetos externos. Una descalibración podría proporcionar una imprecisa medición de distancia lo cual puede causar cálculos incorrectos de la edad gestacional de

los fetos. Un error del 2% o menos medidos sobre 10 cm es considerado aceptable para la mayoría de los sistemas de ultrasonido.

- **Daño en monitor:** por volcamiento en caso de no tener buen anclaje o soporte, por impacto con objetos externos, o por desconexión de componentes internos.
- **Peligro de corrosión en equipo:** puede darse por el derrame de líquidos sobre el equipo por volcamiento de frascos colocados sobre el equipo.
- **Pérdida de seguridad eléctrica del equipo:** pueden ser provocados por el impacto con objetos externos o por volcamiento.
- **Equipo inoperable:** el equipo después de un sismo podría quedar inoperable por daño en cristales piezoeléctricos, monitor dañado, desconexión de componentes electrónicos, descalibración o pérdida de seguridad eléctrica.

En la tabla 4.30 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en ultrasonógrafo.

Tabla 4.30: Daños probables en ultrasonógrafo e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en los cristales piezoeléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Desconexión de componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Impacto con objetos externos
Descalibración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Impacto con objetos externos
Daño en monitor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Anclaje o soporte inadecuado ✓ Desconexión de componentes internos
Peligro de corrosión en equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derrame de líquidos
Pérdida de seguridad eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Descalibración y/o pérdida de seguridad eléctrica del equipo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos

Continua...

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desconexión eléctrica	✓ Desplazamiento
Peligro de corrosión en equipo	✓ Derrame de líquidos
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Daño en cristales piezoeléctricos ✓ Monitor dañado ✓ Desconexión de componentes electrónicos ✓ Descalibración ✓ Pérdida de seguridad eléctrica

4.31 UNIDAD DE ELECTROCIRUGÍA

4.31.1 DESCRIPCIÓN

Las unidades de electrocirugía (ver figura 4.31.1) son utilizadas como una alternativa para cortar tejido. Ellos generan una alta frecuencia eléctrica a través de la punta de un electrodo activo que destruye tejido por medio de calentamiento hacia al punto en el cual las células explotan. Las unidades de electrocirugía también son utilizadas para controlar el sangrado por medio de la provocación de coagulación en el sitio quirúrgico, así como también proporcionar una combinación de corte y coagulación.

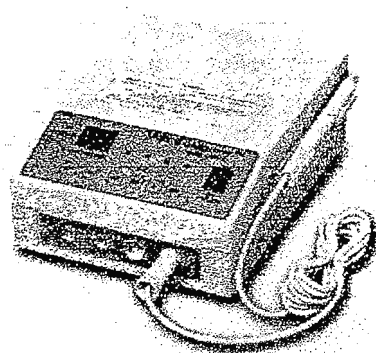


Figura 4.31.1: Unidad de Electrocirugía

4.31.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Hay dos tipos principales de unidades de electrocirugía: monopolar y bipolar. En la unidad de electrocirugía monopolar, el tejido es cortado y coagulado por medio de un circuito eléctrico completo que incluye un oscilador de alta frecuencia y un amplificador con la unidad de electrocirugía, el paciente, los cables de conexión, y los electrodos. En la mayoría de las aplicaciones, la corriente electroquirúrgica viaja hacia el paciente por medio de un cable activo y electrodos y retorna al generador de la unidad de electrocirugía a través de un electrodo de retorno (dispersivo), usualmente colocado en un sitio sobre el paciente, remoto del sitio quirúrgico y este conectado con el cable de retorno. (Ver figura 4.31.2).

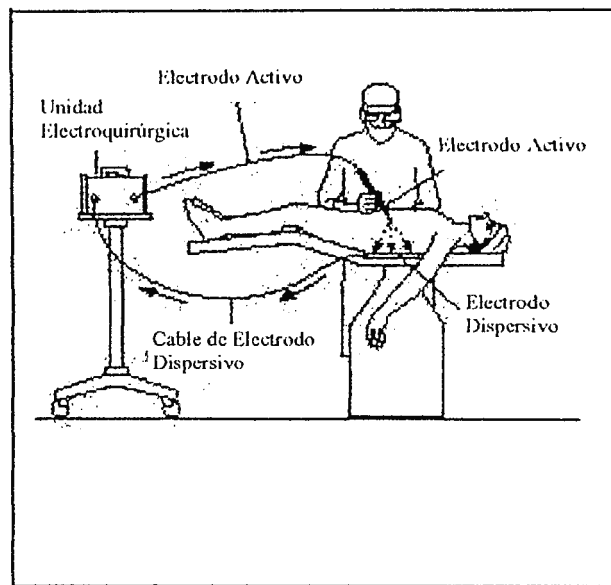


Figura 4.31.2: Circuito completo de una unidad de electrocirugía monopolar

El efecto del calor electroquirúrgico que causa la destrucción del tejido es producido por la resistencia del tejido a la alta frecuencia y corriente de alta densidad más que por un electrodo caliente o con punta, como en un electrocauterio. Los efectos quirúrgicos son creados directamente bajo el punto de contacto con la punta del electrodo activo.

Para evitar calor y quemadura al tejido en donde la corriente sale del paciente y retorna a la unidad de electrocirugía, el electrodo dispersivo de la unidad monopolar tiene un área de contacto relativamente grande con el paciente en relación con el electrodo activo para proveer una salida de baja resistencia y baja densidad de corriente.

La salida aislada del equipo esta diseñada para minimizar la corriente de la unidad de electrocirugía que fluiría a través de la trayectoria de contacto o capacitiva desde el paciente a tierra, de este modo se reduce el riesgo de quemadura en las partes del cuerpo que pueden estar en contacto con objetos aterrizados. Con el equipo referenciado a tierra, el riesgo de quemadura en lugares alternativos es generalmente mayor que con la unidad con salida aislada.

Algunas unidades referenciadas a tierra tienen características adicionales diseñadas para proteger contra quemaduras en sitios alternativos. Estos incluyen un circuito que compara el retorno de corriente en el cable activo con la corriente de retorno a la Unidad de Electrocirugía así como un modo de operación que solo permite la activación cuando existe una trayectoria de corriente entre la unidad de electrocirugía, electrodo activo y electrodo de dispersión y cable.

En el modo bipolar, dos electrodos (generalmente los dos extremos de un par de pinzas o tijeras) sirven como el equivalente de las derivaciones activa y dispersiva del modo monopolar. La corriente electroquirúrgica en el paciente es restringida a un pequeño volumen de tejido en la región inmediata de aplicación de las pinzas. La electrocirugía bipolar es principalmente utilizada para fines de coagulación de tejido (e.g., en neurocirugía, en ginecología y procedimientos oftálmicos).

4.31.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Daño en electrodo de dispersión:** debido a volcamiento hacia el suelo, el cual podría deberse a que este colocado sobre una mesa sin borde o que este colocado sobre un pedestal, otras posibles causas de esta falla podría ser el desplazamiento físico, y/o desconexión. El electrodo de dispersión que se podrían ver dañado con abolladura o encorvamiento.
- **Cables o electrodos de mano rajados, con abolladura o con daño en el aislamiento:** esto pudiera suceder debido al volcamiento total o parcial (partes) del equipo o tirón del cable debido al desplazamiento de la mesa o gigante sobre el cual esté colocado el equipo. Abolladuras en los electrodos de mano (activos) pueden crear un calentamiento localizado de alta densidad de corriente.
- **Peligro de corrosión o cortocircuito:** considerando que estos por su tamaño son colocados en algún tipo de mesa, la cual a su vez podría ser utilizada para colocar frascos con fluidos o incluso se da el caso de colocar frascos sobre el equipo, lo cual en caso de un sismo pudiera ocasionar vuelco de los fluidos contenidos por dichos frascos con la consecuente repercusión en el equipo y sus partes electrónicas.

- **Perdida de seguridad eléctrica:** Debido al volcamiento, impacto con objetos externos o abolladura en el electrodo pasivo o activo, pudiera darse una perdida de seguridad eléctrica en el equipo colocando en peligro al personal que pudiera estar capacitivamente en contacto con el equipo.
- **Descalibración:** El volcamiento del equipo podría ser causal de la descalibración, una unidad de electrocirugía descalibrada puede generar niveles de energía mayores que los adecuados, lo que podría causar quemaduras en el paciente.
- **Equipo inoperable:** Si una de las partes sufre algún tipo de daño que interrumpa el flujo de corriente el equipo quedaría sin función, considerando que la mayoría de estos tiene un circuito que detecta el flujo de corriente a través de toda la trayectoria, en caso contrario, es decir que el equipo no tenga este circuito de detección, el equipo pudiera seguir funcionando con peligro de quemadura en el paciente por desconexión del electrodo dispersivo por ejemplo. El equipo también debería considerarse inoperable por perdida de seguridad eléctrica.

En la tabla 4.31 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en unidad de electrocirugía.

Tabla 4.31: Daños probables en unidad de electrocirugía e incidentes causales debido a terremotos

DANO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en electrodo de dispersión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Desplazamiento ✓ Desconexión
Cables o electrodos de mano rajados, con abolladura o con daño en aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Volcamiento de partes ✓ Desplazamiento
Peligro de corrosión o cortocircuito	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derrame de líquidos
Perdida de seguridad eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Abolladuras en electrodos
Descalibración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento
Equipo inoperable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Daño en electrodos ✓ Daño en cables de electrodos ✓ Perdida de seguridad eléctrica ✓ Descalibración

4.32 VENTILADOR

4.32.1 DESCRIPCIÓN

Los ventiladores (ver figura 4.32) proporcionan ventilación o asistencia respiratoria a pacientes que no pueden respirar normalmente debido a enfermedad, trauma, defectos congénitos o drogas (ejemplo, anestésicos). En la mayoría de los ventiladores mecánicos, una fuente de presión positiva infla los pulmones de los pacientes, típicamente a través de un tubo endotraqueal o una traqueotomía. La presión en los pulmones incrementa en proporción al volumen de gas inflado. El gas es exhalado a través de una vía de exhalación cuando la presión del gas es aliviada.

Existen también *ventiladores de cuidado intensivo neonatal*, los que proporcionan soporte respiratorio a prematuros e infantes críticamente enfermos. Estos ventiladores mecánicos habilitan el intercambio de gas alveolar (oxigenación y eliminación de dióxido de carbono) por medio de presión positiva para inflar los pulmones de un infante quién es incapaz de una respiración independiente adecuada.

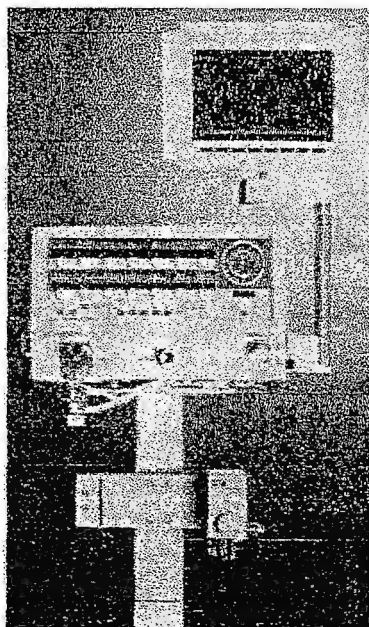


Figura 4.32: Ventilador.

4.32.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un ventilador de volumen de cuidado crítico consiste típicamente de un circuito de respiración, un sistema de control, y un suministro de gas, más monitores y alarmas. La mayoría de ventiladores tienen un sistema de control energizado eléctricamente y compresores de aire. La energía es suministrada de un toma de pared o una batería; la energía de la batería es utilizado para ventilación de corto tiempo, tal como para transporte del paciente en el hospital. El ventilador energizado neumáticamente utiliza aire comprimido o una fuente de oxígeno (O_2) la cual generalmente provee 50 a 100 libras por pulgada cuadrada (PSI) de gas. Ellos pueden utilizar válvulas de aguja, arrastradotes de Venturi (inyectores), diafragmas flexibles, y válvulas de presión de resorte para controlar el flujo de gas, volumen suministrado, y función inspiratoria/expiratoria.

El control de ciclo respiratorio en los ventiladores puede ser temporal, por limitación de la presión o por limitación del volumen. En el caso de control temporal, un temporizador determina el tiempo durante el que se aplican unas condiciones dadas (por ejemplo, una presión negativa en el "pulmón de acero"). En el funcionamiento con limitación de la presión, la insuflación cesa cuando el flujo es nulo.

Los ventiladores están equipados con una variedad de monitores y alarmas para observar las condiciones de operación y del paciente. Estas proporcionan al ventilador la información necesaria para cambiar los controles de la máquina y proporcionar una ventilación segura. Algunos ventiladores también proporcionan visualizadores gráficos de la forma de onda de respiración y tendencias de datos, y cálculos de parámetros del sistema respiratorio.

Los ventiladores deben de tener una alarma audible y visual si ocurre una desconexión o una fuga en le circuito de respiración.

4.32.3 DAÑOS PROBABLES DEBIDO A SISMOS

- **Desconexión del circuito de paciente:** La desconexión del circuito de paciente se puede deber al desplazamiento del ventilador, de la cama del paciente o por volcamiento de algún equipo externo sobre los tubos corrugados del ventilador.
- **Descalibración:** Es probable que el equipo se descalibre si llegará a sufrir volcamiento o impacto con objetos externos.
- **Daños en componentes:** El volcamiento del equipo, impacto con cualquier objeto no estructural como: cielos falsos, ductería del aire acondicionada, monitores, cilindros de gas, etc. o el derrame de fluidos pueden provocar daños en componentes como humidificador, sistema de mangueras, sensores de flujo, etc.
- **Desconexión de gases y/o eléctrica:** Bajo la consideración que es un equipo que puede estar colocado en un pedestal con rodos, el ventilador es un equipo que es sensible a los movimientos de un terremoto, especialmente si el equipo tiene los frenos de los rodos en mal estado o si no han sido puestos por descuido del operador, pudiendo así suceder un desplazamiento que cause la desconexión de gases, o desconexión eléctrica.
- **Daño en monitor y/o pérdidas de alarmas:** En caso que este equipo recibiera un golpe fuerte por volcamiento, impacto con objetos externos como pedestales, monitores, o por la vibración provocada por los desplazamientos originados por los sismos. Pudiéndose quebrar el monitor o suceder desconexión de componentes electrónicos que los dejará fuera de funcionamiento.
- **Peligro de corrosión o cortocircuito:** Si llegará a volcarse algún frasco colocado sobre el ventilador podría haber peligro de corrosión en los componentes o de cortocircuito, ya que los líquidos son un medio de transmisión de energía eléctrica.
- **Perdida de seguridad eléctrica:** El volcamiento del equipo o el derrame de líquidos sobre este pueden ser causales de pérdida de seguridad eléctrica en el equipo.

- **Perdida de función:** En caso que el equipo fuera controlado totalmente por circuitos electrónica una perdida de la energía eléctrica inclusive la suministrada por baterías descargadas por falta de reemplazo, el equipo quedaría sin función. Otras causa podrían ser ausencia de gas motriz, daño en monitor, desconexión de componentes, pérdida de calibración o perdida de seguridad eléctrica.

En la tabla 4.32 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en ventiladores.

Tabla 4.32: Daños probables en ventiladores e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desconexión del circuito de paciente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento del ventilador ✓ Desplazamiento de cama de paciente ✓ Volcamiento de equipo sobre tubos corrugados
Descalibración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Daño en componentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Derrame de fluidos
Desconexión de gases	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Desconexión eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento

Continúa en siguiente página...

- **Perdida de función:** En caso que el equipo fuera controlado totalmente por circuitos electrónica una perdida de la energía eléctrica inclusive la suministrada por baterías descargadas por falta de reemplazo, el equipo quedaría sin función. Otras causa podrían ser ausencia de gas motriz, daño en monitor, desconexión de componentes, pérdida de calibración o perdida de seguridad eléctrica.

En la tabla 4.32 se muestra el resumen de los daños probables e incidentes causales en ventiladores.

Tabla 4.32: Daños probables en ventiladores e incidentes causales debido a terremotos

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Desconexión del circuito de paciente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desplazamiento del ventilador ✓ Desplazamiento de cama de paciente ✓ Volcamiento de equipo sobre tubos corrugados
Descalibración	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos
Daño en componentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Derrame de fluidos
Desconexión de gases	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Desconexión eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento

Continúa en siguiente página...

DAÑO	INCIDENTES CAUSALES
Daño en monitor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Impacto con objetos externos ✓ Desplazamiento
Peligro corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Derrame de líquidos
Pérdida de seguridad eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volcamiento ✓ Derrame de líquidos
Pérdida de función	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de energía eléctrica ✓ Batería descargada ✓ Falta de gas motriz ✓ Daño en monitor ✓ Desconexión de componentes ✓ Descalibración ✓ Pérdida de seguridad eléctrica

CAPITULO V: METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO

5.1 INTRODUCCIÓN.

El estudio de vulnerabilidad es un estudio que se debe hacer en campo. Parte de la metodología presentada en este capítulo ya se ha desarrollado con anterioridad, únicamente para dar una inducción a los lectores a través del tema. Mediante una investigación bibliográfica en contraste a los capítulos 5, 6 y 7 se pretende desarrollar una metodología para la identificación y análisis de la vulnerabilidad y la implementación de medidas de mitigación.

Se muestra a través de una descripción breve los pasos que se siguieron para la evaluación de daños, describiendo de una forma un poco más detallada los pasos que se llevaron a cabo en la evaluación de campo que se hizo en los hospitales.

Se muestra un protocolo que ha sido diseñado para que el levantamiento de los datos de campo pueda ser realizado por técnicos no especializados en evaluación de desastres.

En este capítulo se explica el diseño del modelo de protocolo para evaluación de daños, junto con un instructivo para el uso de estos.

El protocolo que se presenta es una herramienta para asegurar una adecuada evaluación de los daños ocurridos en equipo médico hospitalario mediante la verificación de la ocurrencia de una serie de posibles daños para cada uno de los equipos, y con un formato para poder registrar las causas y consecuencias de los daños, para después evaluar los daños registrados.

Entre los beneficios alcanzados al desarrollar una evaluación de daños están:

- a) Identificar y determinar las reparaciones necesarias para recuperar el funcionamiento normal de los equipos médicos hospitalarios.

- b) Documentar a través de los protocolos los daños causas y efectos de los daños en equipo médico hospitalario.
- c) A partir de los daños aprender e identificar las vulnerabilidades de los equipos.
- d) Con la vulnerabilidad identificada junto con sus causas poder determinar las medidas de mitigación para disminuir la vulnerabilidad.

Estos protocolos deberán ser llenados por técnicos de mantenimiento, técnicos Biomédicos o en su defecto por Ingenieros con experiencia en equipo médico hospitalario, bajo la supervisión de un Ingeniero con conocimiento en el área de vulnerabilidad hospitalaria.

En el anexo 1 se presenta el protocolo para evaluación de daños de los equipos seleccionados en el presente estudio.

5.2 METODOLOGIA DE EVALUACION

Para evaluar el impacto de los terremotos en el equipo médico hospitalario se siguieron una serie de pasos con la finalidad de hacer un análisis sistemático, para priorizar los servicios y equipos a evaluar pos terremoto, conocer sus daños, causas y consecuencias y costo económico de los daños; para finalmente a partir de toda la evaluación determinar la vulnerabilidad del equipo médico debido a terremotos similares a los ocurridos en el país durante el 2001 los cuales fueron de una intensidad máxima de 7.6 en la escala de Richter. En el siguiente flujograma se presentan los pasos que se siguieron para la evaluación del impacto de los terremotos del 2001 en el equipo médico del Hospital Nacional San Rafael, Hospital Nacional de Zacatecoluca y Hospital de Niños Benjamín Bloom.

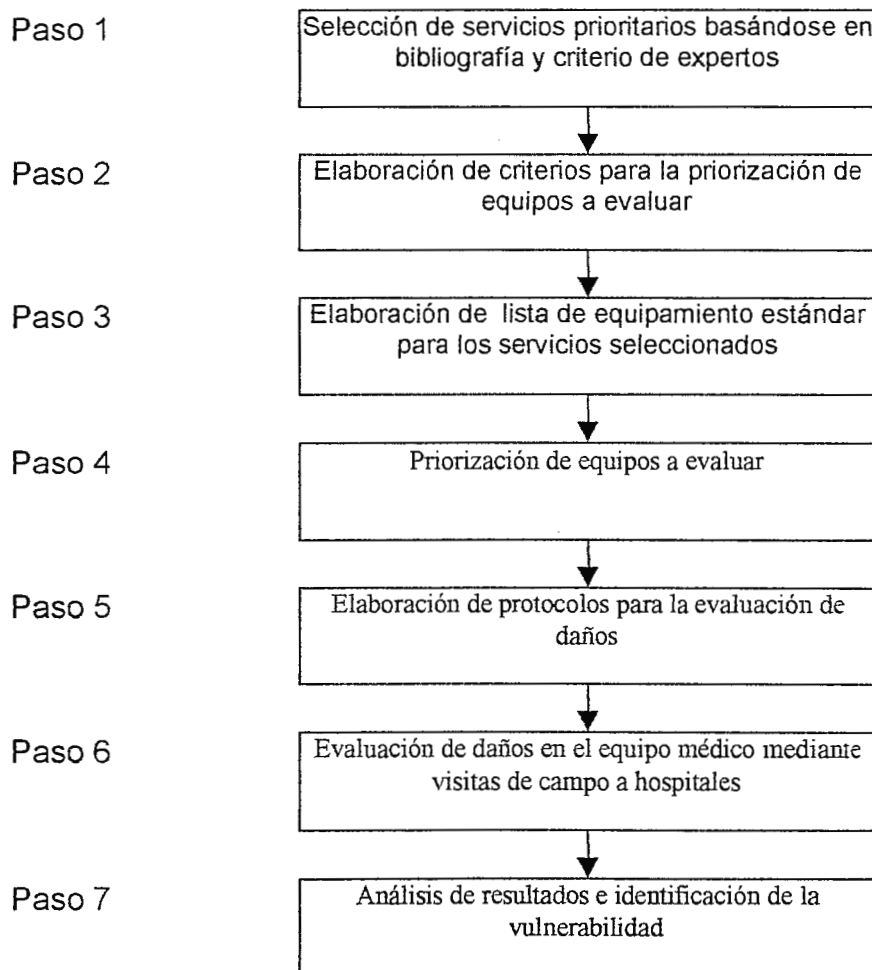


Figura 5.2.1: Flujograma de la metodología de Evaluación del daños en equipos médicos hospitalarios.

Paso 1: *Selección de servicios prioritarios basándose en bibliografía y criterio de expertos.* Para la selección de los servicios prioritarios de un hospital para ser considerados en el estudio se escogieron los seis servicios más críticos. Esta selección se hizo en base a criterios bibliográficos, de expertos y criterios propios en base a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Biomédica [1], [11]. Los servicios que se escogieron son: Emergencias, Unidad de Cuidados Intensivos, Quirófanos, Central de Esterilización, Laboratorio Clínico e Imagenología.

Paso 2: *Elaboración de criterios para la priorización de equipos a evaluar.* Los criterios se elaboraron en base a tipos de riesgos existentes en los equipos debido a los terremotos, los tres tipos de riesgos utilizados generalmente en los estudios de vulnerabilidad son: riesgo para la vida, riesgo de pérdida de la inversión, riesgo de pérdida funcional. A estos se agrego un cuarto criterio dado la complejidad de los equipos médicos para priorizarlos más objetivamente, este criterio es el riesgo por tipo de montaje y altura del equipo (Ver capítulo III), el cual esta relacionado con el peligro que el equipo representa al paciente, personal o si mismo debido a desprendimiento, volteo o desplazamiento. Para cada criterio se designo un código de 1 a 3 en donde el 1 representa el nivel de riesgo mayor y el 3 el menor, es decir que 1 representa la prioridad más alta y 3 la más baja para su evaluación.

Paso 3: *Elaboración de lista de equipamiento estándar para los servicios seleccionados.* Para cada servicio seleccionado se tomo como lista de equipamiento estándar, la lista de equipos proporcionados por el catálogo del equipamiento estándar de Hospitales Nacionales de 200 camas [13].

Paso 4: *Priorización de equipos a evaluar.* Para priorizar los equipos a evaluar se elaboró una matriz para cada servicio con la lista de equipos y los niveles de riesgo de todos los criterios de priorización para cada equipo, en esta misma se presenta la sumatoria de los niveles de riesgo para cada equipo. Se consideraron como prioritarios para la evaluación del presente estudio a todos los equipos que tuvieran un total entre 4 (máxima prioridad) y 9 de nivel de prioridad (Ver capítulo III).

Paso 5: Elaboración de protocolos para la evaluación de daños. Antes de la elaboración de los protocolos para evaluación de daños en equipo médico hospitalario se hizo una investigación bibliográfica sobre cada equipo en la que se incluyó la descripción, el principio de funcionamiento sobre la base de los cuales se dedujo los daños probables debido a sismos y sus incidentes causales. En base a estos se elaboró el protocolo de tal forma de tener una guía para identificar fácilmente los daños en el equipo así como para documentar el tipo de soporte de los equipos evaluados (Ver secciones 5.3 y 5.4).

Paso 6: Evaluación de daños en el equipo médico mediante visitas de campo a hospitales. La evaluación de daños se hizo en el Hospitales Nacional de San Rafael, Hospital Nacional de Zacatecoluca, y Hospital de Niños Benjamín Bloom. Los pasos que se siguieron están representados en el siguiente diagrama de flujo.

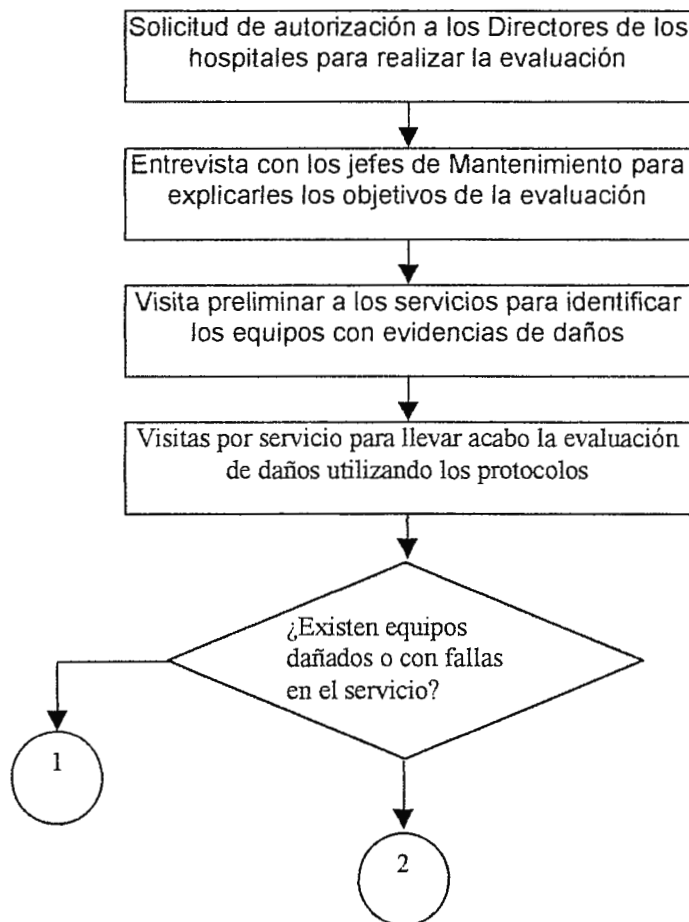
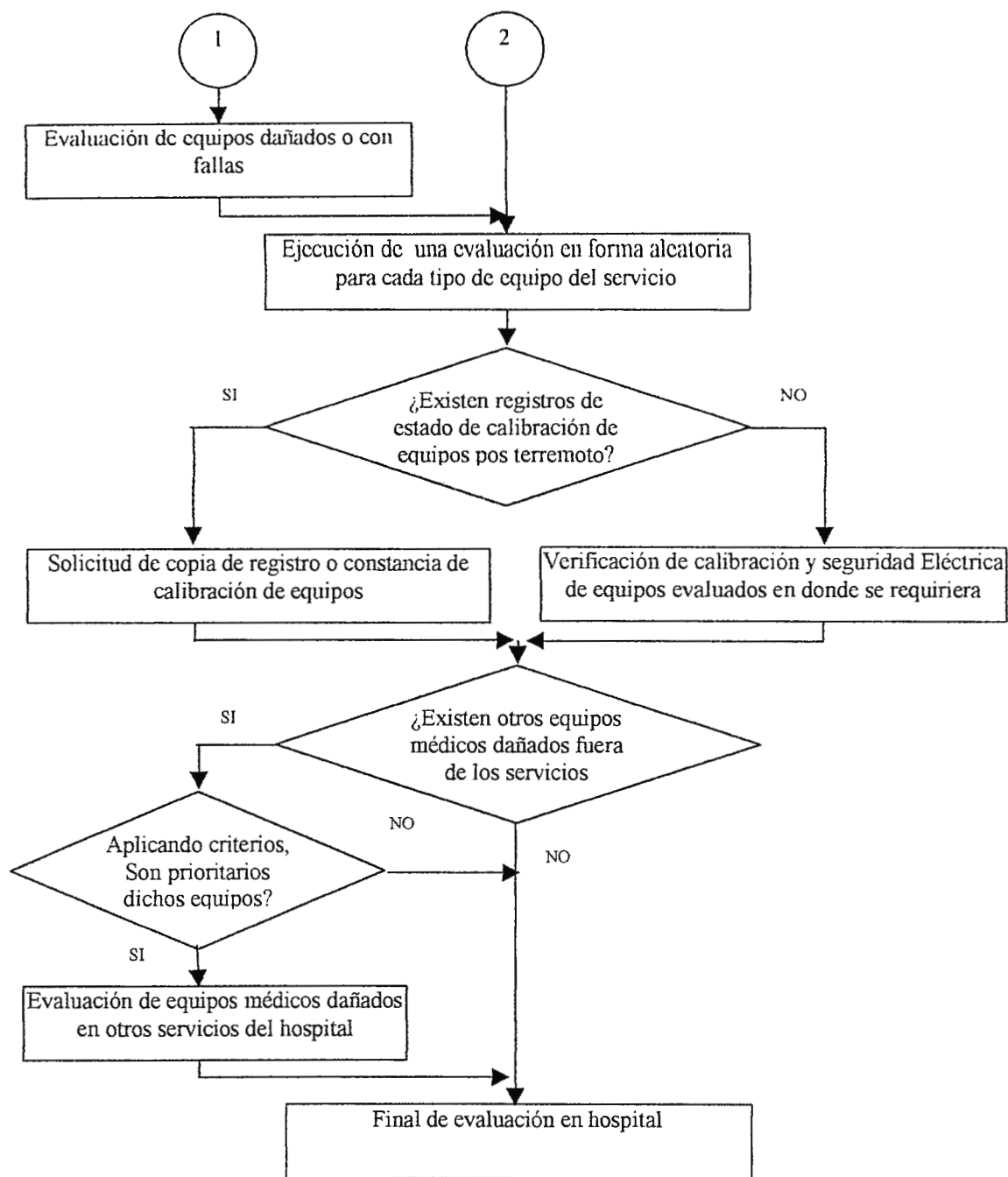


Figura 5.2.2: Flujograma de pasos para la evaluación de daños en el equipo médico mediante visitas de campo a hospitales.



Continuación de Figura 5.2.2.

La evaluación en el Hospital Nacional San Rafael se hizo entre el 15 y 26 de Octubre. Este fue el primer hospital en donde se probaron los protocolos, necesiándose alrededor de 80 horas hombre para completar la evaluación, esto debido a que se tuvieron ciertas dificultades para poder tener acceso a ciertas áreas,

ya que casi siempre no se tuvo el acompañamiento de un técnico del Hospital. Para el Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom las evaluaciones se realizaron entre el 6 y 10 de Noviembre. Se necesitaron 45 horas hombre en esta evaluación, ya que acá todas las visitas a los servicios se hicieron en compañía de un Técnico del Hospital, lo que facilitó en gran medida el acceso a todos los equipos evaluados. Para el Hospital Nacional de Zacatecoluca las evaluaciones se realizaron entre el 20 y 24 de Noviembre. En este Hospital se necesitó de la ayuda de técnicos de Mantenimiento Central, ya que a la hora de recabar datos de calibración de los equipos a evaluar, los equipos de medición tales como el Analizador de ECG, Eurotester y otros dispositivos estaban dañados y no se contaba con los medios para poder recabar dicha información.

En los tres Hospitales el tiempo promedio de evaluación de un equipo varió entre los 15 minutos para un equipo de Laboratorio Clínico por ejemplo hasta 2 horas para el equipo de Rayos X.

Paso 7: Análisis de resultados e identificación de la vulnerabilidad (ver capítulo VI).

Para la evaluación de resultados primeramente se trasladó a una tabla matriz los equipos con sus daños o fallas detectados, causas y efectos de los daños, el tipo de apoyo, anclaje o sujeción, y un espacio para observaciones para cada equipo. Como segundo paso se hizo una tabla de identificación de medidas correctivas a partir de las cuales se estimó el costo económico de los daños; en un tercer paso se determinó la vulnerabilidad de los equipos a partir de los daños identificados y se muestra un ejemplo de cómo priorizar los equipos a mitigar; finalmente se hace un análisis comparativo entre los hospitales evaluados.

5.3 DISEÑO DEL FORMATO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Al hacer el protocolo para evaluación de daños post terremoto en equipo médico hospitalario se pensó en hacer un formato que reuniera una serie de datos necesarios para identificar al equipo y su ubicación, características mínimas del equipo para poder hacer un estudio matemático en caso que el responsable del estudio lo considerará conveniente, recopilación de daños y causas, observaciones y

finalmente un espacio para dar constancia de la realización de del protocolo.

Para la identificación del equipo se pensó en un encabezado para colocar el nombre del Hospital; el nombre del equipo, el cual ya va impreso en cada formato específico, bajo la consideración que la parte de identificación de daños es distinta para cada equipo; la marca y el modelo son importantes para identificar el equipo como para hacer consultas posteriores al fabricante o representante del equipo; el numero de serie y número de inventario técnico además de identificar al equipo particular, sirve para luego de la realización del protocolo poder anexarlo en el archivo de historial del equipo que debería poseer el departamento de mantenimiento del hospital; el servicio y el ambiente además de identificar la ubicación del equipo son útiles para relacionar el equipo en un evaluación integral con aspectos estructurales y funcionales.

Luego se pensó en hacer una sección para anotar datos básicos como dimensiones del equipo, peso, distancia del equipo al borde de la mesa, ancho de la mesa y descripción del equipo. Estos datos se consideran como útiles para junto a los daños y causas identificados poder hacer un análisis cuantitativo o cualitativo de los daños para una posterior deducción de la vulnerabilidad del equipo junto con su soporte o anclaje en caso que los tuviera.

La siguiente sección es la parte más importante del protocolo en cuanto esta sirve para documentar los daños, sus causas y efectos, y luego a partir de estos poder hacer una evaluación de la medidas necesarias para recuperar la función del equipo dentro del servicio. A la vez sirven para aprender de los daños para identificar la vulnerabilidad de cada equipo. De esta forma se podrá relacionar los daños con un estudio de vulnerabilidad. Para facilitar y asegurar la identificación de daños en el formato están todos los daños probables e incidentes causales que se dedujeron en el capítulo cuatro del presente estudio. Al lado de los daños e incidentes causales se colocaron una serie de casillas para chequear fácilmente lo ocurrido en el equipo. En esta sección se colocaron espacios adicionales para anotar efectos de los daños u otras observaciones relacionadas con la evaluación.

Finalmente se colocó una sección para registrar quien realizó la inspección, un espacio para colocar el sello del servicio como constancia de que la inspección se hizo en el servicio y el tiempo de ejecución el cual servirá para estimar tiempos de horas hombre para futuras inspecciones para evaluación de daños post terremoto.

5.4 INSTRUCTIVO PARA EL USO DE PROTOCOLOS DE EVALUACION DE DAÑOS.

El cuidado para llenar el formulario de cada protocolo es muy importante, pues así no se descuidan detalles que hacen a la evaluación de daños más efectiva. Por esta razón se ha estimado conveniente describir cada una de las partes que constituyen el protocolo.

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS						
Hospital _____						
EQUIPO		Aparato		SERVICIO		
MARCA						
MODELO						
SERIE				AMBIENTE:		
N° INV. TECNICO						
Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm)				Peso: _____ (lbs)		
Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm)			Ancho de la mesa: _____ (cm)			
Descripción del material y soporte de la mesa:						
Tipo de daño o falla		SI	NO	N/A	Comentarios	Incidentes asociados
Brazos recolectores quebrados o con fisuras						<input type="checkbox"/> Volcanismo
Componentes internos desconectados						<input type="checkbox"/> Impacto de objetos externos
Daños en componentes electrónicos						<input type="checkbox"/> Fluctuaciones de línea eléctrica
Pérdida de aguja						<input type="checkbox"/> Brazo recolector quebrado o con fisura
Crisas de sujetado						<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Observaciones:						
Nombre:				Sello del servicio		
Cargo:						
Firma:						
Tiempo de ejecución:						

ENCABEZADO

REGISTRO DE PASOS DE RUTINA

REGISTRO DE DATOS

Figura 5.4: Ejemplo de protocolo de evaluación de daños en equipo médico.

Cada parte del protocolo debe ser completado por el personal encargado de ejecutar la inspección. Las partes que componen el protocolo son:

5.4.1 ENCABEZADO

En el encabezado irán datos genéricos para identificar al equipo y su ubicación.

Los campos del encabezado son los siguientes:

- a) Nombre del Hospital
- b) Nombre del equipo
- c) Marca
- d) Modelo
- e) Número de serie
- f) Servicio en que se encuentran (lavandería, laboratorio, etc.)
- g) Ambiente
- h) N° de inventario técnico

5.4.2 REGISTRO DE PASOS DEL PROTOCOLO

Este contiene lo siguiente:

- a) Pasos del protocolo (enumeración de posibles daños).
- b) Casillas, que deben ser marcadas con una " X ", según sea el caso en las columnas de **Sí, No o N/A** (no aplica), cada vez que se ejecute un paso del mismo.
- c) En el campo de comentarios se deberán anotar las observaciones necesarias para explicar la causa de un daño sucedido y su consecuencia en el servicio.
- d) En la columna de Incidentes causales se deberá marcar con un cheque los incidentes ocurridos sobre el equipo debido a sismos. En esta columna están los posibles incidentes que pudieran ser causa de daño en el equipo médico hospitalario.

- e) En el campo de observaciones, el ejecutor de la inspección podrá anotar algún otro daño, la condición actual del equipo o riesgos de daños evidentes sobre el equipo si llegará a suceder otro sismo. También puede ser utilizado para anotar problemas que hayan impedido realizar el protocolo completamente, como por ejemplo "falta de equipo para verificar calibración".

5.4.3 REGISTRO DE DATOS

Se deberá detallar la siguiente información:

- a) Nombre del que ha realizado la inspección
- b) Cargo del evaluador
- c) Firma del evaluador
- d) Tiempo de ejecución, el cual comprende desde el momento en que se inicia la ejecución del protocolo, hasta que se termina de ejecutar el mismo, incluyendo la prueba de seguridad eléctrica y de calibración cuando aparezca descalibración y pérdida de seguridad eléctrica como posibles daños. Para efectos de programación, se deben considerar también los tiempos de preparación de medición necesarias.

CAPITULO VI: RESULTADOS DE EVALUACION DE LOS DAÑOS Y DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD

6.1 INTRODUCCION

En este capítulo, se hará una recopilación de los resultados obtenidos de todas las evaluaciones realizadas en las diferentes Instituciones Hospitalarias (Hospital Nacional San Rafael, Hospital Nacional de Zacatecoluca y Hospital Nacional del Niños Benjamin Bloom), y que a consecuencia de los terremotos del año recién pasado sufrieron daños en su equipamiento médico.

Los datos e informaciones obtenidas como se explico en el capítulo anterior fueron reunidos mediante la utilización de los protocolos de evaluación y preguntas realizadas al personal de las instituciones que se encontraba el día de los hechos.

Con la información obtenida de los protocolos de evaluación, se determinará la vulnerabilidad detectada en el equipo y en base a ello se determinarán los costos de las medidas correctivas a implementarse, información que fue obtenida a través de la consulta a empresas que brindan mantenimiento al equipo médico.

Finalmente se hace un estudio comparativo de los Hospitales estudiados utilizando indicadores sísmicos, de mantenimiento, de costos de daños por fallas y de daños o fallas causantes de paro funcional de servicios.

6.2 RESULTADOS DE LA EVALUACION DE DAÑOS POST TERREMOTO

Los resultados de la evaluación de daños post terremoto que se presentan a continuación es una evaluación de los daños y fallas ocurridas a causa de los terremotos del 2001 en el equipo médico hospitalario.

Esta evaluación se realizó en los siguientes hospitales:

- Hospital de Niño Benjamín Bloom
- Hospital Nacional San Rafael
- Hospital Nacional de Zacatecoluca

Para los tres hospitales el estudio se hizo para los servicios de Quirófanos, Unidad de Cuidados Intensivos, Emergencias, Central de Esterilización, Laboratorio Clínico e Imagenología, utilizándose los protocolos contenidos en el Anexo 1.

La utilización de estos protocolos es idónea para realizarse en forma inmediata después de los sismos, pero dada la extemporaneidad en la que se hizo la evaluación fue necesario recurrir a los testimonios de los operarios. Basándose en los resultados obtenidos se constató que los protocolos además de ser útiles para identificar daños y fallas a causa de los terremotos es útil también para la identificación de fallas o daños que persisten en los equipos debido a la falta de intervención de mantenimiento para la corrección de estos.

Las visitas se hicieron durante los meses de Octubre y Noviembre del 2001. Si bien es cierto que ocho meses después no es el tiempo más idóneo para una evaluación post terremoto, esta tiene validez ya que se constato que durante este tiempo no se hicieron evaluaciones a los daños y funcionamiento del equipo médico hospitalario.

Además por la forma de elaboración de los protocolos, los cuales muestran una amplia gama de fallas posibles es fácil recurrir a la memoria de los operadores de los equipos para documentar lo sucedido en los equipos debido a terremotos a la vez de observar la implementación o no de medidas de mitigación sobre los mismos, por medio del espacio de los protocolos destinado a la descripción de los anclajes o soportes de los equipos.

A continuación se presenta la recopilación de los daños o fallas en el equipo médico, sus causas y consecuencias para cada una de las instituciones médico hospitalarias mencionadas. Para poder realizar una medición del impacto de los terremotos del 2001 sobre el equipo médico se incluyen los equipos bajo comodato, aunque estos no representen un costo a los Hospitales evaluados. También se debe tomar en cuenta que si bien un equipo bajo comodato no causa un impacto económico directo sobre el Hospital, el daño en estos representa una disminución en el servicio prestado por dichos equipos, ya que son sustituidos después de varios días. Esto se pudo constatar en el Hospital San Rafael, en donde un equipo automatizado de química sanguínea resulto totalmente dañado, y no fue reemplazado en el momento.

6.2.1 Resultados de la evaluación del Hospital Nacional San Rafael

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación realizada al Hospital Nacional San Rafael, en donde se muestran los daños o fallas en el equipo médico así como también, sus incidentes causales y consecuencias provocados por los terremotos del año 2001.

Tabla 6.1: Daños o fallas, incidentes causales y consecuencias de los terremotos identificados en el Hospital Nacional San Rafael

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Aspirador	1	Daño en regulador de presión	Falta de mantenimiento	- Pérdida de ajuste de succión.	- Equipo posee rodos sin freno - Soporte metálico para frascos	
		Deterioro en base del equipo	Falta de mantenimiento	- Corrosión en base que soporta a frascos		
		Daño en componentes electrónicos	Fluctuaciones de red eléctrica			
		Riesgo latente de que frascos recolectores se quiebren	Desplazamiento			
Lámpara Quirúrgica	1	Eje de satélite flojo	Falta de mantenimiento	Brazo de lampara flojo	Empotrado al techo del quirófano	
		Bombillo quemado	Fluctuación de energía	Perdida de luminosidad		
		Falla de sistema de respaldo eléctrico	- Falla en planta de emergencia - No existe sistema de continuidad absoluta	Perdida de función		
		Perdida de asepsia	Desprendimiento de repello de las paredes.	Contaminación del equipo y área de quirófano		

Continuación de tabla 6.1

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Maquina de Anestesia	5	Desconexión de sistema de gases	Volcamiento de cilindro	Pérdida de funciones del equipo	Rodos con freno pero están dañados	No existe sistema de extracción de gases
		Falla en Sistema de gases de respaldo	Falta de cilindro de emergencia			
		Daño en regulador de presión de cilindro	Volcamiento de cilindro			
		Perdida de función de monitoreo y alarmas.	- Falla en planta de emergencia - No existe sistema de continuidad absoluta			
		Perdida de ventilación automática	Falta de gas motriz			
		Riesgo latente de descalibración de vaporizadores	Desplazamiento			
Mesa de Operaciones	1	Perdida de asepsia	Desprendimiento de repello de las paredes.	Contaminación del equipo y área de quirófano	Mesa con rodos y sistema de freno mecánico	Mesa deteriorada antes del terremoto
		Perdida de movimiento mecánico	Mantenimiento inadecuado	Mesa no se puede utilizar para ciertos procedimientos		
Bomba de infusión	1	Fallo de respaldo de energía	Baterías descargadas	Pérdida de función del equipo.	Equipo soportado sobre atriles con rodos	-Rodos no poseen freno -Equipo en comodato
		Equipo Inoperable	- Volcamiento - Desplazamiento			

Continuación de tabla 6.1

	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Monitor de signo vitales	1	-Pérdida de señales de alarma -Fallo de respaldo de energía	-Falta de energía -Batería descargada	Perdida de funciones del equipo	No posee soporte	Equipo colocado sobre máquina de anestesia
		Riesgo latente de impacto con objetos externos	Desplazamiento Soporte inadecuado			
Negatoscopio	1	Riesgo latente de daño en las lámparas	Fluctuaciones de energía		Empotrado sobre la pared	
Unidad de electrocirugía	1	Riesgo latente de daños en electrodos	Desplazamiento		Carro de transporte sin frenos	Toma defectuoso y no es grado hospitalario
		Descalibración en potencia de corte y coagulación (menor a seleccionada)	-Deterioro por falta de mantenimiento -Desajuste debido a sismo	Perdida de potencia dificulta acciones de corte y coagulación en cirugías.		
Electrocardiografo	1	Riesgo latente de daño por impacto con objetos externos	- Desplazamiento - Fluctuaciones de energía		Mesa con rodos sin freno	
Lámpara de examen	1	Bombillo quebrado	- Volcamiento - Desplazamiento - Soporte inadecuado	Perdida de funciones del equipo	Rodos sin freno	Rodos oxidados
Gasómetro	1	Perdida de calibración del equipo	- Volcamiento de cilindro de calibración - Desplazamiento	Pérdida de función del equipo	-Equipo colocado sobre mesa de madera -Soporte de cilindro de gas de calibración inadecuado	
		Riesgo latente de daño en sistema de control y calibración	Derrame de fluidos			

Continuación de tabla 6.1

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Refrigerador para banco de sangre	3	Derrame de sustancia en el interior del equipo	- Desplazamiento - Anclaje inadecuado	Contaminación interna	Equipo sin anclaje con rodos de metal sin frenos	
		Falla en respaldo de energía eléctrica	- Falla en planta de emergencia	-Disminución del período de conservación de la sangre -Riesgo de perdida de reservas de sangre		
Centrifuga	1	Derrame de sustancia en el interior del equipo	Desplazamiento	Contaminación interna	Equipo colocado sobre mesa de cemento recubierta de azulejo	Rotor desgastado y falta limpieza
Espectrofotómetro	1	Riesgo la tente de daño en el monocromador	Fluctuaciones de energía Desplazamiento Anclaje inadecuado		Equipo colocado sobre mesa de cemento recubierta de azulejo	
Equipo automatizado de química sanguínea	1	Daño en sistema de control del equipo	-Volcamiento -El equipo carecía de anclaje	Perdida total del equipo	Sin anclaje sobre mesa de azulejos	El equipo estaba en calidad de comodato por lo que este fue sustituido
Incubadora Bacteriológica	1	Derrame de sustancia en el interior del equipo	- Desplazamiento - Anclaje inadecuado	-Contaminación interna -Riesgo de corrosión en elementos del equipo -Disminución de vida útil del equipo	Equipo montado sobre mesa recubierta de azulejo	Ancho de la mesa donde esta el equipo es menor que la base del mismo
Microscopio	1	Daño en oculares	- Volcamiento - Desplazamiento - Polvo	-Perdida total del equipo -Perdida de la inversión	Equipo colocado sobre mesa de cemento recubierta de azulejo	
		Daño en prisma	- Volcamiento - Desplazamiento - Polvo	-Perdida total del equipo -Perdida de la inversión		
		Bombillo halógeno quebrado	- Volcamiento - Desplazamiento	-Perdida total del equipo -Perdida de la inversión		

Continuación de tabla 6.1

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Contador de células	1	Riesgo latente de daño en sistema de visualización	Desplazamiento		Equipo colocado sobre mesa de cemento recubierta de azulejo	Teclado dañado por uso
Esterilizador eléctrico de gabinete	1	Riesgo latente de volcamiento	- Desplazamiento - Golpes de objetos externos		Equipo colocado sobre mesa metálica sin anclaje	-Equipo no tiene chasis y posee fugas -Se observó un evidente peligro de volcamiento ya que la mesa es inestable
Esterilizador a Vapor	1	Daño en tuberías de suministro de vapor	Desplazamiento	Pérdida de función del equipo	Base de cemento, equipo soportado sobre armadura de acero.	
		Desnivelación en compuerta de autoclave	Desplazamiento			
Lavadora de guantes	1	Riesgo latente de ruptura de tuberías	Desplazamiento		Equipo colocado sobre el piso	
Ultrasonografo	1	Riesgo latente de daño en monitor	Desplazamiento		Equipo posee rodos con freno	
Equipo de Rayos X	1	Rejilla desalineada	-Mantenimiento de la rejilla -Vibración producida por sismos	-Incremento de dosis al paciente -Disminución del contraste en la película	Equipo con estructura de anclaje al piso	
Procesadora de película	1	Riesgo latente de ruptura de conexiones rígidas			Equipo empotrado a la pared, con tuberías de conexión rígidas y flexibles	

Continuación de tabla 6.1

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Ventilador para infantes	1	Riesgo latente de daños en componentes	Volcamiento	-Duda en estado de calibración del equipo -Pérdida de función del equipo por unos días mientras era inspeccionado el equipo	Pedestal sin soporte	
Incubadora de transporte para Nonatos	1	Cámara de acrílico quebrada	-Desplome de cilindro de oxígeno sobre cámara -Cilindro de oxígeno sin soporte de seguridad	-Pérdida de funcionamiento de equipo único de uso frecuente -Pérdida de funcionamiento de equipo por 5 meses -Pérdida económica	Equipo con rodos con frenos	<ul style="list-style-type: none"> El equipo fue dañado por un cilindro de gases sin soporte
Refrigeradora para medicamentos	1	Desprendimiento de puerta de refrigerador	-Volcamiento -Refrigerador sin anclaje	-Pérdida de función	Sin anclaje	
Cilindros de O ₂	6	Manómetros dañados	- Volcamiento de cilindros	Pérdida de función	Equipos sin soporte	- Manómetros ya fueron sustituidos

6.2.2 Resultados de la evaluación del Hospital Nacional de Zacatecoluca

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación realizada al Hospital Nacional Zacatecoluca, en donde se muestran los daños o fallas en el equipo médico así como también, sus incidentes causales y consecuencias provocados por los terremotos del año 2001.

Tabla 6.2: Daños o fallas, incidentes causales y consecuencias de los terremotos identificados en el Hospital Nacional de Zacatecoluca

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Lámpara Quirúrgica	4	Desprendimiento de filtros de calor	Soporte de filtro flojo	Radiación excesiva de calor *	Empernado al techo del quirófano	<ul style="list-style-type: none"> No poseía filtro antes del terremoto En lámpara se han adaptado focos por los bombillos <p>*La radiación excesiva de calor puede causar incomodidad o secar tejidos en el sitio de intervención quirúrgica [19].</p>
		Bombillos sustituidos por focos	Mantenimiento inadecuado	Radiación excesiva de calor *		
		Falla de sistema de respaldo eléctrico	-Falla en planta de emergencia -No existe sistema de continuidad absoluta	Perdida de función		
		Perdida de asepsia	-Entorno no es clean room	Contaminación del equipo y área de quirófano		
		Una con desnivelación de soporte en cielo	-Pernos flojos -Deterioro por falta de mantenimiento	-Peligro de pérdida de soporte -Gran peligro de causar lesión a personal o pacientes		
Aspirador	1	Daño en componentes	-Desplazamiento -Volcamiento-	- Perdida de función	Equipo no posee anclaje.	
Desfibrilador	1	Riesgo latente de volcamiento			Mesa sin borde con rodos sin frenos, sobre suelo de superficie inclinada	

Continuación de tabla 6.2

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Electrocardiógrafo	1	Descalibrado	-Mantenimiento inadecuado	-Diagnósticos inadecuados	Colocado dentro de mueble con gaveta. Mueble con rodos sin frenos	
		Batería descargada	Mantenimiento inadecuado	-Pérdida de función bajo ausencia de energía eléctrica		
Máquina de Anestesia	1	Desconexión de sistema de gases	Volcamiento de cilindros de gases	Pérdida de funciones del equipo	Rodos con freno y cilindros soportados con cadenas	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de los terremotos los cilindros de gases no tenían soporte
		Falla en Sistema de gases de respaldo	Falta de cilindro de emergencia			
		Daño en regulador de presión de cilindro	Volcamiento de cilindro			
		Pérdida de ventilación automática	Falta de gas motriz (aire comprimido)			
		Riesgo latente de descalibración de vaporizadores	Desplazamiento			
		Descalibración de vaporizador de Halotane	- Mantenimiento inadecuado - Vibración de sismo			
Nebulizador	1	Riesgo latente de daño en componentes	Desplazamiento		Rodos con frenos	
Esterilizador a vapor	1	Control de termostato dañado	Deterioro por tiempo de vida	Temperatura de esterilización no puede ser regulada	Sin anclaje sobre mesa con superficie de formica a 78 cm del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo donado con termostato dañado
		Compuerta de autoclave desnivelada	Deterioro por falta de mantenimiento	Fuga de vapor		

Continuación de tabla 6.2

EQUIPO	CANT	DAÑO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Contador de células	1	Perdida de calibración	Mantenimiento inadecuado	Perdida de precisión	Equipo sin anclaje sobre mesa	• Equipo en comodato
		Falla en software para la base de datos		Perdida de función de registro de pruebas realizadas		
Analizador de Na, K, Cl	1	Riesgo latente de volcamiento	Soporte inadecuado	Desplazamiento	Sin anclaje sobre mesa de superficie de formica, nivelado con una regla	
Centrifuga	1	Riesgo latente de volcamiento	Desplazamiento		Patas de goma	
Equipo automatizado de química sanguínea	1	Riesgo latente de volcamiento	Desplazamiento		Sin anclaje sobre mesa de superficie lisa	• Equipo en comodato
Incubadora bacteriológica	1	Riesgo latente de volcamiento			Equipo sin anclaje sobre fregadero de acero inoxidable	
Microscopio	1	Visualización inadecuada	Polvo sobre oculares	Perdida de buena visibilidad	Equipo sin anclaje	
Refrigerador para banco de sangre	1	Daño en hermetismo de puerta	- Desnivelación de puerta	Temperatura no es la adecuada para la conservación de la sangre	Equipo con rodos, sin soporte	
		Riesgo latente de impacto con objetos externos	-Desplazamiento			

Continuación de tabla 6.2

EQUIPO	CANT	DANO O FALLA REAL O POTENCIAL	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Equipo de Rayos X fijo	1	Rejilla desalineada o con funcionamiento inadecuado.	-Falta de mantenimiento de la rejilla -Vibración producida por el terremoto	-Incremento de dosis al paciente -Disminución del contraste en la película [19]	Anclaje al cielo	
Negatoscopio	1	Ninguna			Anclado en pared	
Procesadora de Película	1	Ninguna			- Anclado con pernos sobre piso - Tuberías flexibles de conexión de agua y drenaje.	
Incubadora para Neonatos	1	Cámara de acrílico quebrada.	-Impacto de loseta sobre cámara -Loseta con soporte inadecuado	-Pérdida de funcionamiento de equipo -Pérdida económica	Equipo posee rodos con frenos	

6.2.3 Resultados de la evaluación del Hospital de Niños Benjamín Bloom

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación realizada al Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom, en donde se muestran los daños o fallas en el equipo médico así como también, sus incidentes causales y consecuencias provocados por los terremotos del año 2001.

Tabla 6.3: Daños o fallas, incidentes causales y consecuencias de los terremotos identificados en el Hospital de Niños Benjamín Bloom.

EQUIPO	CANT	FALLA	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Aspirador	1	Riesgo latente de impacto con objetos externos	Desplazamiento		Mesa metálica con rodos sin frenos	
Electrocardiógrafo	1	Ninguna			Guardado en maletín sobre repisa con borde con pestaña	
	1	Ninguna			Guardado en maletín en estante a nivel de suelo	
Desfibrilador	1	Riesgo latente de impacto con objetos externos	Desplazamiento		Mesa metálica con rodos sin frenos	Equipo situado en máxima urgencia (Nivel 3)
Negatoscopio	3	Ninguna			Anclado con anclas hilti sobre pared	
Monitor de signos vitales	1	Módulo amplificador de señales dañado	- Volcamiento - Desconexión de componentes electrónicos	-Pérdida de función	Colocado sin anclaje sobre repisa a 1.50 m	
	1	Riesgo latente de pérdida de función por volcamiento			Colocado sin anclaje sobre repisa de madera de 41 cm. De profundidad	
	1	Ninguna			Anclado con 4 anclas hilti de 1 pulgada	

Continuación de tabla 6.3

EQUIPO	CANT	FALLA	INCIDENTES CAUSALES	CONSECUENCIA	TIPO DE SOPORTE	OBSERVACIONES
Bomba de Infusión	6	Riesgo latente de volcamiento			Montado en atriles con frenos en sus rodos.	
Lámpara de examen	6	Ninguna			Anclado con pernos hilti	
Esterilizador a vapor	1	Ninguna			Anclado en estructura sobre suelo	
Equipo de Rayos X fijo	1	Rejilla desalineada o con funcionamiento inadecuado	-Falta de mantenimiento de la rejilla -Vibración producida por sismos	-Incremento de dosis al paciente -Disminución del contraste en la película [19]	Anclaje con pernos al piso ya a la pared	
Procesadora de película	1	Producción de velo en las películas	- La luz de seguridad parece no ser la adecuada	-Contraste de imagen radiográfica inadecuada	Anclaje con pernos al piso	
Cilindros de oxígeno móviles	5	Reguladores de presión dañados	-Volcamiento	-Pérdida de 5 reguladores de presión -Pérdida de función de cilindros de oxígeno mientras los reguladores eran sustituidos	-Sin soporte de seguridad	

6.3 DETERMINACION DEL COSTO ECONOMICO QUE REPRESENTAN LOS DAÑOS O FALLAS IDENTIFICADOS

Para determinar el costo económico de los daños o fallas identificados se partirá de los datos recopilados en las tablas Daños o fallas, incidentes causales y consecuencias de los terremotos 6.1, 6.2 y 6.3 correspondientes al Hospital Nacional San Rafael, Hospital Nacional de Zacatecoluca y Hospital de Niños Benjamín Bloom. Los daños o fallas serán trasladados a las tablas de identificación de medidas correctivas (tablas 6.4, 6.5 y 6.6) en equipo médico para cada hospital, en donde como su nombre lo dice para cada daño o falla se identificarán las medidas correctivas teniendo en cuenta las causas y efectos. Finalmente una vez se han enumerado todas las medidas correctivas se investigaran y estimaran el costo de dichas medidas, costos que son calculados en las mismas tablas y ascienden aproximadamente para el Hospital Nacional San Rafael a \$ 59,810, para el Hospital Nacional de Zacatecoluca a \$53,655 y para el Hospital de Niños Benjamín Bloom a \$17,850.

Los costos de las medidas correctivas son aproximados, estos se han obtenido por medio de consultas a empresas y expertos. Los costos de los anclajes, apoyos o sujeciones se estimaron basándose en costos de detalles similares a los requeridos, proporcionados bibliografía. Los costos estimados pueden utilizarse como una guía preliminar para propósitos de planificación o elaboración de presupuesto. Los valores se han estimado para cubrir costos de materiales y mano de obra.

Tabla 6.4: Identificación de medidas correctivas y sus costos para equipos con daños o fallas en el Hospital Nacional San Rafael

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por ítem	Subtotal
1	Aspirador	Daño en regulador de presión	Cambio de regulador de presión	1		100	100
			Lijar y pintar base de equipo	1		25	25
			Colocar 2 rodos con freno y freno de presión	1		75	75
						SUBTOTAL	\$ 200

RC: Requerimiento de cálculo

Continuación de Tabla 6.4

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por Item	Subtotal
2	Lámpara quirúrgica	Eje de satélite flojo	Dar mantenimiento, apretar tornillos	1		5	5
		Bombillo quemado	Sustituir bombillos	1		600	600
		Falla de sistema de respaldo eléctrico	Colocar UPS a lámparas	5		800	4,000
3	Máquina de anestesia	Desconexión de sistema de gases	Asegurar tres cilindros por Máquina	5		150	750
		Falla en sistema de gases de respaldo	Instalar tres cilindros tipo D en cada máquina	5		750	3,750
		Daño en reguladores de presión	Cambiar 3 reguladores de presión por máquina	5		600	3,000
		Falta de sistema eléctrico de continuidad absoluta	Colocar UPS	2		400	800
		Rodos con frenos dañados	Colocar dos rodos con frenos y freno de presión sobre piso	3		100	300
4	Bomba de infusión	Fallo de respaldo de energía	Exigir a compañía que da en comodato el equipo a mantenerlo con baterías buenas	6		0.00	0.00
		Equipo inoperable por volcamiento	Sustituir equipo	1		4,000	4,000
			Colocar brazo de soporte a atriles de bombas	6		75	450
5	Monitor de signos vitales	Fallo de respaldo de energía	Colocar baterías nuevas	2		200	400
		No posee soporte	Colocar soportes	2		50	100
SUBTOTAL							\$ 18,155

RC: Requerimiento de cálculo

Continuación de Tabla 6.4

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por Item	Subtotal
6	Unidad de electrocirugía	Descalibración de potencia de corte y coagulación	Calibrar	1		400	400
		Rodos sin frenos	Colocar dos rodos con frenos y freno de presión sobre piso	1		100	100
7	Lámpara para examen	Bombillo quebrado	Sustituir bombillo	1		10	10
			Colocar brazo de soporte a atriles de bombas y rodos con frenos	1		100	100
8	Gasómetro	Perdida de calibración	Calibrar equipo	1		200	200
		Volcamiento de cilindro de calibración	Colocar soporte a equipo y cilindro	1		100	100
9	Refrigerador de banco de sangre	Derrame de sustancias en el interior del equipo	Limpieza	1		5	5
			Anclar banco de sangre	3	X	200	600
		Falla en respaldo de energía	Colocar UPS	3		600	1,800
10	Centrifuga	Derrame de sustancia en interior del equipo	Limpiar interior del equipo	1		5	5
			Colocar soporte	1		50	50
11	Equipo automatizado de química sanguínea[*]	Daño en sistema de control del equipo	Sustituir equipo	1		30,000	30,000
			Colocar anclaje	1		50	50
12	Incubadora bacteriológica	Derrame de sustancia en interior del equipo	Limpiar interior del equipo	1		5	5
			Colocar soporte	1		50	50
13	Microscopio	Perdida total del equipo	Sustituir equipo	1		4,000	4,000
			Colocar soporte	1		50	50
SUBTOTAL							\$ 37,525

RC: Requerimiento de cálculo

[*] Equipo bajo comodato.

Continuación de Tabla 6.4

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por Item	Subtotal
14	Esterilizador eléctrico de gabinete	Sin anclaje en mesa inestable	Anclar el equipo sobre mesa estable	1		200	200
		Equipo con fugas	Reemplazar camisa por tubería flexible	1		100	100
15	Esterilizador a vapor	Daño en tuberías de suministro de vapor	Reemplazar tuberías, incluyendo juntas flexibles	1		200	200
			Anclar equipo	1	X	250	250
		Desnivelación en compuerta de autoclave	Nivelar compuerta	1		250	250
16	Equipo de Rayos X	Rejilla desalineada o con mal funcionamiento	Alinear rejilla o reparar su mecanismo	1		100	100
17	Ventilador para infantes con pedestal	Volcamiento	Colocarlo a brazo de soporte	1		75	75
18	Incubadora de transporte para Neonatos	Cámara de acrílico quebrada	Sustituir cámara de acrílico	1		1,500	1,500
			Reubicar objetos pesados cercanos	1		5	5
19	Refrigeradora para medicamentos	Desprendimiento de puerta de refrigerador	Colocar puerta	1		50	50
20	Cilindros de O ₂	Manómetros dañados	Sustituir manómetros	6		200	1,200
						SUBTOTAL	\$ 3,930
						TOTAL	\$ 59,810

RC: Requerimiento de cálculo

Tabla 6.5: Identificación de medidas correctivas y sus costos para equipos con daños o fallas en el Hospital Nacional de Zacatecoluca

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por ítem	Subtotal
1	Lámpara Quirúrgica	Desprendimiento de filtros de calor	Sustituir lámparas que posean sistema de autonomía para al menos 30 minutos. Soporte deberá poseer cálculos	4	X	10,000	40,000
		Bombillos sustituidos por focos					
		Falla de sistema de respaldo eléctrico					
		Una con desnivelación de soporte en cielo					
2	Aspirador	Daño en componentes	Sustituir equipo	1		1000	1,000
			Colocar anclaje al equipo	2		50	100
3	Electrocardiógrafo	Descalibrado	Calibrar equipo	1		400	400
		Batería descargada	Sustituir batería	1		200	200
4	Máquina de Anestesia	Desconexión de sistema de gases	Anclar cilindros (3 por máquina)	5		150	750
		Falla en sistema de gases de respaldo	Colocar 3 cilindros tipo D por máquina	5		750	3,750
		Perdida de ventilación automática					
		Daño en reguladores de presión de cilindros	Sustituir 3 reguladores por máquina	4		600	2,400
		Descalibración de vaporizador de halotane	Calibrar vaporizador de halotane	1		1,200	1,200
			Colocar frenos de presión en máquina	4		50	200
SUBTOTAL							\$ 50,000

RC: Requerimiento de cálculo

Continuación de Tabla 6.5

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por Item	Subtotal
5	Esterilizador a vapor	Control de presostato dañado	Sustituir control	1		150	150
		Compuerta de autoclave desnivelada	Nivelar compuerta y colocar empaque nuevo	1		350	350
			Anclar equipo sobre estructura adecuada	1	X	250	250
6	Contador de células	Perdida de calibración	Exigir la calibración o sustitución del equipo a la compañía responsable	1		200	200
		Falla en software para la base de datos					
			Anclar equipo	1		50	50
7	Microscopio	Polvo en oculares	Limpiar oculares	1		5	5
			Anclar microscopio	1		50	50
8	Refrigerador para banco de sangre	Daño en hermetismo de puerta	Nivelar compuerta y cambiar empaque	1		250	250
		Desplazamiento	Anclar equipo	2	X	200	400
9	Equipo de Rayos X fijo	Rejilla desalineada o con funcionamiento inadecuado.	Alinear rejilla o reparar mecanismo.	1		200	200
10	Incubadora para Neonatos	Cámara de acrílico quebrada	Sustituir cámara de acrílico	1		1,500	1,500
			Asegurar losetas sobre incubadora	1		200	200
						SUBTOTAL	\$ 3,655
						TOTAL	\$ 53,655

RC: Requerimiento de cálculo

Tabla 6.6: Identificación de medidas correctivas y sus costos para equipos con daños o fallas en el Hospital de Niños Benjamín Bloom

Item	Equipo	Daño o falla	Medida correctiva	Cant.	RC	Costo estimado	
						Por Item	Subtotal
1	Monitor de signos vitales	Módulo amplificador de señales dañado por volcamiento	Sustituir equipo	1		15,000	15,000
			Anclar monitores	3		50	150
2	Equipo de Rayos X fijo	Rejilla desalineada o con funcionamiento inadecuado	Alinear rejilla o reparar mecanismo	1		200	200
3	Procesadora de película	La luz de seguridad parece no ser la adecuada	- Hacer prueba de velo sin luz de seguridad. - Si velo persiste sustituir lámparas de seguridad	2		125	250
4	Cilindros de oxígeno móviles	Reguladores de presión dañados	Sustituir reguladores	5		150	750
5	Cilindros de oxígeno	Reguladores de presión dañados	Sustituir reguladores	10		150	1,500
TOTAL							\$ 17,850

RC: Requerimiento de cálculo

6.4 INDICADORES DEL IMPACTO POST-TERREMOTOS EN LOS SERVICIOS HOSPITALARIOS DEBIDO A DEFICIENCIAS EN LA FUNCIONALIDAD DE LOS EQUIPOS MEDICOS

Para medir el impacto post-terremoto en los Servicios Hospitalarios en la presente investigación se han considerado como relevantes los siguientes indicadores:

- a) Costo.
- b) Servicios interrumpidos por daños o fallas en el equipo médico.

6.4.1 El costo como indicador de impacto post-terremoto.

Una manera de medir en términos monetarios los daños o fallas en el equipo médico, es a través de los costos de reparación y medidas de mitigación para los mismos, tal y como se determinaron en el apartado 6.3 de este capítulo, en donde se mencionó que dichos costos son aproximados y que son valores para cubrir los gastos de materiales y mano de obra.

El impacto como se puede ver en las tablas 6.4, 6.5 y 6.6 en términos monetarios asciende aproximadamente para el Hospital Nacional San Rafael a \$ 59,810 (tomando en cuenta que \$30,000, representan un equipo automatizado de Química. Sanguínea bajo comodato que se daño por completo); para el Hospital Nacional de Zacatecoluca la cantidad de \$ 53,655 y para el Hospital de Niños Benjamín Bloom la cantidad de \$ 17,850.

Al comparar los costos con el nivel de daños o fallas recopiladas en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 podemos observar que el costo es proporcional con el nivel de incidencias detectados para cada hospital. De esta forma podemos afirmar que el indicador de costo señala efectivamente al Hospital San Rafael como el más impactado y el Hospital de Niños Benjamín Bloom como el menos afectado por daños o fallas en el equipo médico hospitalario.

6.4.2 Servicios interrumpidos por daños o fallas en el equipo médico como indicador post-terremoto.

En los hospitales existen varios servicios cuya función esta estrechamente vinculada con los equipos médicos, por lo que el daño o interrupción del funcionamiento de los mismos, especialmente del equipo crítico pueden llegar a ser causa suficiente del colapso total o parcial de dichos servicios.

Basado en los resultados presentados en las tablas anteriores (6.1, 6.2 y 6.3) podemos afirmar que el daño sufrido en las líneas vitales y en el equipo médico sin tomar en cuenta los daños sufridos en sus estructuras, hubiera sido motivo suficiente para interrumpir la funcionabilidad en los siguientes servicios críticos por Hospital como se detalla a continuación:

Hospital Nacional San Rafael:

Servicio de la Central de Esterilización y equipos.

Servicio de Imagenología.

Servicio de laboratorio Clínico.

Servicio de Quirófanos.

Hospital Nacional de Zacatecoluca:

Servicio de la Central de Esterilización y equipos.

Servicio de Quirófanos.

Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom.

Ninguno.

En la tabla 6.7 se resumen los indicadores del impacto post-terremoto en los diferentes Hospitales evaluados, así como también sus costos y la cantidad de servicios interrumpidos en cada uno de ellos.

Tabla 6.7: indicadores del impacto post-terremotos en los servicios hospitalarios debido daños o fallas en los equipos médicos.

HOSPITAL	COSTO DE LOS DAÑOS	SERVICIOS INTERRUMPIDOS
San Rafael	\$ 59,810*	4
Zacatecoluca	\$ 53,655	2
Benjamín Bloom	\$ 17,850	0

(*): \$30,000 corresponden a un equipo automatizado de química sanguínea en calidad de comodato.

6.5 VULNERABILIDAD DETERMINADA BASÁNDOSE EN LOS DAÑOS

Basándose en los daños o fallas ocasionadas en los tres hospitales considerados en este estudio se ha detectado la vulnerabilidad del equipo médico hospitalario (ver tabla 6.8) ante un sismo de intensidad 7.6 o menor en la escala de Richter.

Tabla 6.8: Vulnerabilidad detectada en el equipo médico

EQUIPOS PRIORITARIOS	VULNERABILIDAD DETECTADA
Aspirador de secreciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla de respaldo de energía
Bomba de Infusión	<ul style="list-style-type: none"> ● Volcamiento de atriles de soporte
Centrífuga	<ul style="list-style-type: none"> ● Volcamiento ● Falla de respaldo de energía ● Mantenimiento inadecuado
Coagulómetro	<ul style="list-style-type: none"> ● Volcamiento
Contador de células sanguíneas	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● Volcamiento
Desfibrilador	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla de respaldo de baterías.
Electrocardiógrafo	<ul style="list-style-type: none"> ● Volcamiento ● Impacto con objetos externos ● Falla de respaldo de batería
Equipo automatizado de química sanguínea	<ul style="list-style-type: none"> ● Volcamiento ● Falla de respaldo de energía
Equipo de Rayos X fijo	<ul style="list-style-type: none"> ● Posible desalineación de rejilla por vibración sísmica
Equipo de Rayos X móvil	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla de respaldo de batería
Espectrofotómetro	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● No posee anclaje ● Falla de respaldo de energía
Esterilizador a vapor	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla en líneas vitales ● Fallas en sistema rígido de tuberías.
Esterilizador eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● Falla de respaldo de energía

Continuación de tabla 6.8

EQUIPOS PRIORITARIOS	VULNERABILIDAD DETECTADA
Gasómetro	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● No posee anclaje ● Falla de respaldo de energía
Incubadora bacteriológica	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● No posee anclaje ● Falla en respaldo de energía
Lámpara para examen	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● Falta de respaldo de energía
Lámpara Quirúrgica	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● Falla de respaldo de energía
Lavadora secadora de guantes	<ul style="list-style-type: none"> ● Anclaje inadecuado
Máquina de anestesia	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla en sistemas de gases de respaldo ● Falla en sistema de respaldo de energía ● Anclaje inadecuado de cilindros
Mesa de Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Mantenimiento inadecuado ● Pérdida de aepsia
Microscopio	<ul style="list-style-type: none"> ● No posee anclaje ● Soporte inadecuado ● Falla en respaldo de energía
Monitor de Signos Vitales	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● No posee anclaje ● Falla en respaldo de baterías
Nebulizador	<ul style="list-style-type: none"> ● Soporte inadecuado ● No posee anclaje ● Falla en respaldo de energía
Negatoscopio	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla de respaldo de energía
Procesadora de película	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla de respaldo de energía

Continuación de tabla 6.8

EQUIPOS PRIORITARIOS	VULNERABILIDAD DETECTADA
Refrigerador para Banco de Sangre	<ul style="list-style-type: none">• Soporte inadecuado• No posee anclaje• Falla en respaldo de energía
Tensiómetro de columna de mercurio	<ul style="list-style-type: none">• Soporte inadecuado• No posee anclaje
Ultrasonógrafo	<ul style="list-style-type: none">• Falla en respaldo de energía
Unidad de Electrocirugía	<ul style="list-style-type: none">• Soporte inadecuado• No posee anclaje• Fallo en respaldo de energía
Ventilador	<ul style="list-style-type: none">• Soporte inadecuado• No posee anclaje• Fallo en respaldo de energía y gases

6.6 ESTUDIO COMPARATIVO

Para hacer el estudio comparativo entre los hospitales evaluados primero se presenta un cuadro comparativo (ver tabla 6.9) en donde se presentan una serie de indicadores para luego hacer un análisis comparativo.

Tabla 6.9: Cuadro comparativo entre los hospitales evaluados.

ITEM	INDICADOR	HOSPITAL SAN RAFAEL	HOSPITAL DE ZACATECOLUCA	HOSPITAL B. BLOOM
1.	Índice de intensidad	7.6 Richter	7.6 Richter	7.6 Richter
2.	Magnitud del vector aceleración resultante ¹	0.71 g	0.48 g	0.44 g
3.	Ubicación	Nva. San Salvador	Zacatecoluca	San Salvador
4.	Nivel de atención	2	2	1
5.	Número de camas	215	220	250 ²
6.	Presupuesto de mantenimiento	Desconocido	Desconocido	\$ 1,600,000
7.	Cantidad de personal en Dpto. de Biomédica	2	3	8
8.	Cantidad de personal en Dpto. de Mantenimiento	12	11	41
9.	Ejecución de Mantenimiento preventivo	Inadecuada	Regular	Adecuada
10.	Costo por daños o fallas en el equipo	\$ 58,310 ³	\$ 52,155	\$ 17,850
11.	Costo por daños o fallas debido a terremoto	\$ 57,058	\$ 9,505	\$17,600
12.	Costo por daño o falla debido a mantenimiento inadecuado	\$1,305	\$ 2,650	\$ 0
13.	Costo por requerimiento de sustitución de equipos inadecuados	\$ 0	\$ 40,000 ⁴	\$ 250
14.	Daños o fallas causantes de paro funcional de servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Falla de respaldo eléctrico • Falla de respaldo de gases en Máquinas de anestesia • Falla de suministro de vapor y agua en C.E.Y.E 	<ul style="list-style-type: none"> • Falla de respaldo de gases en máquinas de anestesia 	
15.	Implementación de medidas de mitigación	Insuficientes	Mínimas	Aceptables

¹ Índice de intensidad y magnitudes de aceleración corresponden a los del terremoto del 13.01.2001

² Número de camas en base a diseño

³ \$ 30,000 corresponde a un equipo de química sanguínea en calidad de comodato al H. San Rafael

⁴ Costo por requerimiento de sustitución de 4 lámparas quirúrgicas en estado inadecuado

Análisis comparativo

El índice de intensidad por si solo no se puede relacionar con los daños en el equipo, ya que en los tres hospitales se registro la misma intensidad pero los daños fueron de diferente magnitud, el parámetro que sí refleja una proporción con los daños o fallas es la aceleración, ya que en el Hospital San Rafael fue en donde los costos por daños debido a los terremotos fue mayor y según los registros de los acelerógrafos de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas en este hospital hubo una mayor aceleración y por lo tanto las fuerzas laterales sobre los equipos fueron mayores, aumentando la posibilidad de sacar a los equipos de su punto de equilibrio estático. Comparando los costos por daños debido a sismos del Hospital de Zacatecoluca y Hospital de Nacional de Niños Benjamín Bloom (HNNBB) se puede observar que a pesar de que las aceleraciones en ambos lugares fueron cercanas el costo por daños debido a terremotos fue mayor en el HNNBB, esto se puede deber a que el equipamiento del HNNBB es al menos el doble que el equipamiento del Hospital de Zacatecoluca.

A nivel organizativo se pudo visualizar las siguientes relaciones con los daños en equipo médico hospitalario:

- En los hospitales de San Rafael y Zacatecoluca hubo a nivel general volcamiento de cilindros de gases por ausencia de medidas de mitigación mientras los que se volcaron en el Hospital Bloom fue por falta de sostenimiento de la mitigación en el aspecto humano de concientización del personal pues para los cilindros volcados existían cadenas removidas por el personal al utilizarlos.
- El único monitor dañado en el Hospital Bloom era de los pocos que estaban sin anclaje.

- En las mesas de trabajo de laboratorio clínico de los hospitales San Rafael y de Zacatecoluca se observó la falta de bisel y estreches de estas, lo que aumenta el riesgo de caída de equipos por el desplazamiento de estos hacia el borde de las mesas. Observándose inclusive equipos que son de profundidad igual o similar a estas, lo cual implica peligro de volcamiento al suelo ante un desplazamiento mínimo. Algunas de las mesas de trabajo del Hospital Bloom si poseen bisel.
- En los hospitales San Rafael y de Zacatecoluca se verificó la colocación de cilindros sin protección en lugares que la caída de estos ante un terremoto pudiera obstaculizar la circulación por volcamiento de estos.
- Los departamentos de mantenimiento de los hospitales que resultan con daño estructural (Hospital San Rafael y Hospital de Zacatecoluca) son susceptibles en su organización, puesto que en el Hospital San Rafael se verificó la no existencia de condiciones mínimas para llevar un adecuado programa de mantenimiento, condiciones caracterizadas por la carencia de talleres adecuados, perdidas de herramienta y pérdida de documentación técnica y en el Hospital de Zacatecoluca se verificó una disminución en la ejecución del Mantenimiento Preventivo Programado.

Al comparar el impacto de los terremotos en los hospitales bajo estudio se puede observar que las causas de daños o fallas están estrechamente vinculadas a los siguientes factores:

1. Fallas en líneas vitales, fallas que fueron encontradas en los Hospitales San Rafael de forma considerable y en el de Zacatecoluca de forma moderada.
2. Mantenimiento preventivo inadecuado, considerando que el mantenimiento preventivo adecuado esta vinculado con la cantidad de personal, asignación

de presupuesto, equipamiento de talleres de mantenimiento y capacitación del personal.

3. Administración del mantenimiento, si se hace una relación de los daños y fallas del equipo médico con la administración de los Departamentos de Mantenimiento, podemos observar que en el Hospital San Rafael y Hospital de Zacatecoluca, en donde la política administrativa no facilita una adecuada gestión de los recursos, el impacto de los terremotos en el equipo médico es mucho mayor en estos hospitales que el que existió en el HNNBB, en donde se observa una buena organización, un sistema de mantenimiento preventivo del equipo médico, la cual se ve reflejada en una mayor asignación presupuestaria, disponibilidad de stock de repuestos, equipos y herramientas, cantidad de personal técnico adecuado y calificado y una ejecución oportuna del mantenimiento preventivo. Una forma de fortalecer la administración de mantenimiento es permitir un mayor control en el seguimiento del gasto del presupuesto del Departamento de Mantenimiento. De esta forma, aunque el presupuesto sea limitado se puede agilizar con una priorización en la adquisición de repuestos para una oportuna intervención y conservación de los equipos.

4. Implementación de medidas de mitigación. El único hospital que previamente a los terremotos del 2001 había implementado medidas de mitigación sobre el equipamiento y sobre las líneas vitales fue el HNNBB, lo cual es una causa de que dicho hospital hubiera tenido consecuencias de menor grado que las consecuencias en los hospitales San Rafael y de Zacatecoluca en donde hubo fallas que pueden ser causantes de colapso funcional de servicios, entre las que podemos mencionar las siguientes:
 - Pérdida de funcionamiento de los esterilizadores de vapor por falla en suministro de vapor y en el sistema eléctrico de emergencia en los hospitales San Rafael y de Zacatecoluca.

- Pérdida de funcionamiento de las Máquinas de Anestesia, Lámparas quirúrgicas, succionadores y unidades de electrocirugía por falta de un sistema ininterrumpido de energía eléctrica, en los hospitales San Rafael y de Zacatecoluca.
- Pérdida de funcionamiento de las Máquinas de Anestesia por daño de reguladores de presión de cilindros de gases y falta de cilindros de emergencia tipo D para las mismas en los hospitales San Rafael y de Zacatecoluca.
- Pérdida de funcionamiento del equipo de Rayos X por falta de conexión a la red eléctrica de emergencia en el Hospital San Rafael.
- Pérdida de funcionamiento en el equipo de laboratorio clínico por falla prolongada en sistema eléctrico de emergencia en el Hospital San Rafael.

CAPITULO VII: GUIA PARA EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MITIGACION

7.1 INTRODUCCION

En este capítulo se desarrollará el programa de mitigación, el cual comprende en una primera instancia la selección de los consultores encargados del desarrollo del proyecto de mitigación la cual dependerá de la naturaleza y complejidad de una medida de mitigación en particular. Una vez seleccionados los consultores, el siguiente paso es desarrollar las estrategias para la implementación de un programa para la reducción de la vulnerabilidad del equipo médico hospitalario, que podría realizarse mediante la integración de programas de mantenimiento, remodelación del los Servicios, compras de accesorios para equipos, entre otros, con el fin de aumentar la protección de los mismos.

También se incluye los detalles de anclajes y soportes para el equipo medico, y una gama de accesorios que deben ser utilizados para implementar los mismos.

7.2 PERSONAL REQUERIDO

La implementación de un programa de mitigación puede ser llevada a cabo por el personal de mantenimiento del hospital o por ingenieros consultores. La implementación de un programa por el personal de mantenimiento del hospital puede ser adecuada en donde el riesgo potencial es pequeño, cuando el conocimiento sobre mitigación por parte del jefe de mantenimiento es mayor que el promedio o para darle sostenibilidad a un programa de mitigación ya implementado. Para una mayor implementación, se puede recurrir a ingenieros consultores para identificar la vulnerabilidad y el diseño de detalles de mayor complejidad. En algunos casos, después de que un experto ha hecho una identificación inicial y preparado un reporte, el resto de la implementación puede ser manejada por el personal de mantenimiento sin asistencia externa.

Uno de los procedimientos típicos seguidos por el U.S. Department of Veterans Affairs para sus hospitales, ha sido contratar a expertos consultores para asesorar sobre el riesgo sísmico en el hospital, para identificar la lista de elementos no estructurales que son vulnerables a futuros terremotos, y para proporcionar los costos aproximados y el grupo de elementos prioritarios [21].

Como se ha mencionado anteriormente, hay límites para el diagnóstico por parte del departamento de mantenimiento y determinación de la medida de mitigación; especialmente cuando se trate de equipos complejos y pesados como los equipos de Rayos X, Refrigeradores de banco de sangre, esterilizadores, tomógrafos computarizados, equipo de resonancia magnética entre otros, para los cuales se requiere de cálculos de soportes.

Los tipos de consultores necesarios para la implementación del programa pueden ser de diferentes especialidad debido a la pericia de cada uno. La selección de un consultor en particular dependerá de la naturaleza y complejidad de una medida en particular.

Los tipos de consultores requeridos pueden ser los siguientes:

- a) **Ingeniero especialista.** Este termino lo utilizaremos para nuestro caso para identificar a un ingeniero consultor con experiencia en equipo médico, en el análisis de su vulnerabilidad y en el diseño de medidas de mitigación.

- b) **Ingeniero estructural.** Un ingeniero estructural es un ingeniero civil quien ha obtenida una experiencia y especialización específicamente en temas relacionados con la ingeniería estructural. Algunos ingenieros estructurales han tenido una gran experiencia en el diseño de anclajes no estructurales y medidas de protección.

- c) **Ingeniero mecánico e Ingeniero electricista.** La vulnerabilidad del equipo médico esta estrechamente relacionada con la vulnerabilidad de las líneas vitales por lo que algunos ingenieros mecánicos y electricistas ejercen aspectos de sus disciplinas completamente relacionadas con las líneas vitales de un hospital (tales como el diseño de plantas de emergencia, red de vapor y agua, red eléctrica de emergencia). Ellos están familiarizados en los requerimientos de diseño para estos sistemas pero generalmente requieren de un ingeniero estructural para el diseño de soportes sísmicos de las líneas vitales.

- d) **Arquitecto.** Para construcciones nuevas, el ingeniero usualmente trabaja como un subconsultor para el arquitecto, más que directamente para el propietario. Arquitectos, no ingenieros, son generalmente los responsables del diseño de muchos elementos no estructurales a los cuales estará anclado o vinculado el equipo médico. De aquí la importancia que estos tengan un Ingeniero especialista como subconsultor quien los debe guiar en los elementos a tomar en cuenta para incluir en el plan arquitectónico del hospital todo lo necesario para el anclaje, soporte adecuado del equipo médico y especificaciones técnicas de los equipos y sus accesorios para mitigar la vulnerabilidad de estos.

7.3 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION

Existen varias opciones a considerar en la implementación de un programa para la reducción de la vulnerabilidad del equipo médico hospitalario. Algunas de estas se detallan a continuación.

7.3.1 Integración con Programas de Mantenimiento

Una de las formas más fáciles de implementación gradual de protección sísmica en un hospital existente es adiestrar al personal de mantenimiento para identificar y corregir apropiadamente los riesgos no estructurales en el equipo médico que ellos puedan descubrir así como a corregir los problemas identificados por un ingeniero consultor externo. La desventaja de este procedimiento es que la protección es incrementada solo gradualmente y los ahorros del costo potencial de hacer varios proyectos relacionados a la vez pueden ser perdidos. Un programa de mantenimiento también puede ser utilizado para conservar las medidas de protección.

7.3.2 Remodelación

Si existen otras razones para la remodelación, puede ser la oportunidad para incrementar la protección de varios equipos a la vez, especialmente losa de cielo falso, instalación de juntas flexibles en la red de tuberías relacionadas con las áreas críticas, revisión y readecuación (en caso de ser necesario) de los soportes de los equipos de rayos X y de los de las lámparas quirúrgicas. Una frase de precaución: en algunos casos, los esfuerzos de remodelación han reducido más que incrementado el nivel de protección sísmica a través de modificaciones accidentales de servicios que originalmente recibieron alguna protección sísmica como resultado de un programa de mitigación, tal caso se podría dar en el traslado o ampliación de un servicio, en donde los diseñadores podrían no considerar los requerimientos de los equipos que ya poseían sus respectivos soporte o anclajes. O podría darse el querer instalar un equipo pesado, como por ejemplo un equipo de litotripsia en un nivel del edificio que no está diseñado para soportar dicha carga, debilitando la resistencia

sísmica del edificio. Si un arquitecto o un contratista esta llevando acabo una remodelación, debe discutirse la posibilidad de incorporar protección sísmica adicional para los equipos del servicio o ambientes, y un ingeniero especialista debe ser contratado para coordinar dichas incorporaciones.

7.3.3 Especificaciones de adquisición de equipos.

Debe crearse una lista de equipos indicando en ésta las consideraciones especiales de adquisición [21]. Al mismo tiempo se deben adquirir equipos con requerimientos antisísmicos. Por ejemplo algunos equipos ya vienen con orificios previamente taladrados para poder ser anclados al piso, o ajustarse a la superficie en donde sean colocados.

Una consideración especial de compra podría ser por ejemplo, el especificar que una máquina de anestesia debe estar provista con yugos de emergencia con sus respectivos cilindros tipo D, si los quirófanos no cuentan con un sistema suministro eléctrico con continuidad absoluta (UPS para el servicio) deberá especificarse requerimiento de máquinas de anestesia con autonomía eléctrica de por lo menos 30 minutos (Batería interna o provista de UPS).

7.3.4 Incremento de la protección

En algunos casos, puede ser posible incrementar la protección del equipo en diferentes áreas dentro del mismo hospital en tiempos diferentes o seleccionar uno o más tipos de equipos a través del hospital y protegerlos al mismo tiempo. Algunos proyectos pueden ser completados en fines de semana, haciendo lo posible para proteger los equipos sin interferir en la atención normal de los pacientes, teniendo en cuenta que la mayor carga de trabajo en los hospitales es de lunes a viernes. Los hospitales durante sus períodos de planificación anual pueden actualizar los elementos más prioritarios a mitigar durante el próximo año. Los trabajos que interrumpen el uso de un espacio, tales como la colocación de soportes adecuados para el equipo de laboratorio clínico, debe de ser restringido a áreas limitadas en un servicio en un tiempo dado, minimizando la interrupción total.

Un proceso de implementación total a la vez, similar al usado en una construcción nueva, puede ser utilizado en hospitales existentes ya sea cuando la extensión de los trabajos requeridos es poca o cuando el trabajo es extensivo pero la interrupción resultante es tolerable. Una ocasión favorable para esta propuesta sería durante los fines de semana.

7.3.5 Construcción nueva

Para hospitales de construcción nueva es posible anclar, soportar, o restringir todo el equipamiento crítico a la vez, acorde a un diseño unificado. Es más eficiente y menos costoso instalar detalles de anclaje durante una construcción que instalarlos en un edificio existente.

7.3.6 Sostenimiento de la protección

Algunos dispositivos de protección tales como anclajes, pueden deteriorarse con el tiempo si no están protegidos del polvo. Extraordinariamente, sujeciones de equipos y restrictores u otros dispositivos pueden ser removidos por la gente al mover equipos y no reinstalar los dispositivos de protección. Cadenas utilizadas para restringir cilindros de gas o cordones de choque elástico son efectivos solo cuando ellos están en uso.

El personal de mantenimiento debe de ser el personal más responsable para inspecciones periódicas para verificar si las medidas de mitigación están efectivamente protegiendo el equipo médico hospitalario. Estas inspecciones pueden ser incorporadas en los planes de Mantenimiento Preventivo Planificados (MPP) a través de las rutinas anuales de mantenimiento. Medidas que deben ser incorporadas junto a la mitigación y sostenimiento de líneas vitales ya que la vulnerabilidad del equipo médico hospitalario esta estrechamente vinculada con la vulnerabilidad de estas.

A veces es más problemático mantener los aspectos humanos que los dispositivos de protección de los equipos. Como se ha señalado anteriormente los proyectos de remodelación pueden a veces resultar en la eliminación de dispositivos de protección si no hay una guía de mitigación. Las capacitaciones y entrenamientos son requeridos para crear conciencia en el personal administrativo y mantener las medidas de mitigación tales como aseguramiento de cilindros de gases, equipo médico, almacenamiento apropiado de químicos, recurrir al ingeniero de mantenimiento o consultores para mantener las políticas de mitigación al comprar nuevo equipo o al efectuar remodelaciones.

Para que un programa de mitigación sea más efectivo debe estar incorporado dentro de la naturaleza de la organización. En el caso de la Universidad de California, Santa Barbara, la implementación y mantenimiento del programa de mitigación de riesgos no estructurales fue iniciada por un memorando de política del Director. Cada departamento se hizo responsable de la implementación de la política, y la Oficina de Salud Medio Ambiental y Seguridad estuvo dando la asesoría a los departamentos para la implementación, haciendo inspecciones, y evaluando la efectividad del programa [22, 23].

7.4 DETALLE DE ANCLAJES Y SOPORTES PARA EQUIPO MEDICO HOSPITALARIO

En esta sección se menciona una serie de requerimientos para la protección sísmica de los equipos médico hospitalarios así como una serie de diagramas con detalles de protección sugerida que pueden ser utilizados para reducir la vulnerabilidad sísmica de los equipos, estos detalles han sido recopilados del los libros "Earthquake Protection of Essential Building Equipment: Design, Engineering, Installation" y "Earthquake Hazard Reduction for Life Support Equipment in Hospitals" [24, 25]. Algunos de estos son simples, son detalles genéricos que no requieren ser calculados y pueden ser instalados por técnicos. Otros son detalles esquemáticos que necesitan ser calculados por un ingeniero para una situación particular y en algunos casos requerirán ser instalados por un contratista especializado.

7.4.1 Detalles de Protección

Los diagramas de detalles que se presentarán en esta sección para la protección de equipos del daño por terremotos son de dos tipos como se describe a continuación:

- a) ***Sin requerimiento de cálculo.*** Estos son detalles genéricos que pueden servir para varios equipos. Se proporciona la información suficiente para que puedan ser instalados por un técnico, utilizando herramientas comunes. En la siguiente sección hay una guía para el apropiado uso e instalación de estos detalles.
- b) ***Requerimiento de cálculo.*** Estos son detalles esquemáticos mostrando soluciones comunes para los equipos en cuestión. Estos bosquejos no contienen la suficiente información para instalación; estos son proporcionados principalmente como una ilustración del trabajo requerido. La designación *Requerimiento de cálculo* es utilizado en los anclajes o soportes para equipos pesados mayores de 400 libras, los cuales según el 1997 Uniform Building Code deben ser calculados considerando las fuerzas laterales debido a sismos.

La recomendación de esta guía es que ingenieros especialistas sean contratados para evaluar la vulnerabilidad de estos equipos y diseñar los detalles apropiados de anclajes o soportes.

7.4.2 Instrucciones para el uso e instalación de detalles *Sin requerimiento de cálculo*

Muchos de los dispositivos mostrados en los detalles de protección pueden ser comprados en cualquier ferretería, pero es importante seleccionar las partes apropiadas para cada instalación. A continuación se proporciona una guía general para la selección de partes e instalación de los detalles *Sin requerimiento de cálculo* mostrado en este capítulo.

7.4.2.1 Conexiones de acción directa

El objetivo de los detalles de anclaje o restricción de equipos es procurar que los ingenieros los refieran como una conexión de acción directa entre el equipo y un punto de anclaje duro, tal como una pared sólida, divisiones arriostradas, piso de concreto, o mesa de trabajo. Las conexiones de acción directa generalmente consisten de alguna combinación de tornillos, pernos, cables, cadenas, platinas, ángulos de acero, y otros elementos de acero. Las conexiones de acción directa no están relacionadas con la resistencia friccional producida por los efectos de la gravedad. Ni la resistencia friccional entre la base de un objeto y el piso u otro soporte ni conexiones mecánicas semejantes como abrazaderas C o prensas de tornillos pueden ser consideradas como conexiones de acción directa.

Las instrucciones para los procedimientos de anclaje de los equipos a paredes o pisos han sido tomadas del libro "Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage", Federal Emergency Management Agency, Septiembre 1994 [21].

Los detalles más comunes de conexión no estructural son para fijaciones a pared, fijaciones a cielo o piso, fijaciones a mesas de trabajo para equipos pequeños.

7.4.2.2 Detalles típicos de fijación a pared

Muchos tipos de equipos pueden ser anclados, arriostrado, o atado a una pared adyacente para proveer estabilidad en un terremoto. Antes de instalar cualquier detalle de anclaje, uno debe determinar si la pared tiene capacidad estructural adecuada para soportar a equipos. El elemento en este caso, la pared, debe consistir de concreto, mampostería, o parte de armadura estructural anclado a la armadura estructural en el pie y el remate de la misma.

7.4.3 ANCLAJES A PAREDES DIVISORIAS DE ENTRAMADO DE METAL O MADERA

Cualquier tipo de elemento de anclaje o arrostramiento debe ser anclado directamente a un entramado estructural, no al tablero de yeso o a la cubierta de repello de la pared. Los tableros de yeso y la mayoría de otras cubiertas de paredes interiores tienen poca capacidad para resistir una carga fuera del plano, es decir, cargas perpendiculares a la pared.

Las paredes típicas de entramado de metal y madera son construidas con entramados verticales localizados a 16 o 24 pulgadas sobre los centros. Muchas divisiones interiores solamente extendidas a la línea de encielado no deben ser utilizadas para anclar equipos pesados a menos que el remate de la división este arriostrado a la estructura de arriba. El anclaje de equipo pesado a las divisiones no arriostradas puede ocasionar que las divisiones caigan con ellos si fallan durante un terremoto. Las divisiones arriostradas deben consistir de elementos diagonales de material y tamaño similar que el de los entramados verticales, espaciada a pocos pies, conectando el remate de la división a la estructura superior.

Los entramados estructurales deben ser localizados al comienzo de un proyecto para ver que ellos estén dentro del alcance de los equipos a ser anclados. En situaciones en donde muchos equipos deben ser anclados a un entramado estructural, resulta ventajoso instalar primero una tira de armadura para tener que evitar relocalizar equipos a sitios con entramados. A veces referido como una moldura sísmica, una

tira de armadura en un elemento horizontal montado a la pared y anclado a cada entramado. La tira debe estar localizada en o cerca de la parte superior de los equipos ha ser anclados. Una tira de armadura puede ser construida de una madera grado estructural 2x4 o 2x6 o un ángulo o canal de acero continuo.

Elementos recomendados

- Fijar ángulo de acero directamente a entramados de madera utilizando un tornillo de un diámetro mínimo de ¼ de pulgada y 3 pulgadas de largo. Empotrar el tornillo por lo menos 2 pulgadas dentro del entramado de madera.
- Fijar ángulo de acero a entramados de metal utilizando tornillos para hoja de metal #12 de largo suficiente para penetrar el material de la viga. Utilizar dos tornillos por conexión, colocados verticalmente con separación de 3 pulgadas entre sí.
- Para moldura sísmica, utilizar tornillos #14 de cabeza dura para madera con cabeza avellanada, que tengan la capacidad de introducirse al menos 2 pulgadas dentro del entramado de madera atrás de la pared cobertora. Colocar los tornillos a lo largo de la línea central de la armadura de 2x4 o 2x6, y anclar la tabla a cada entramado con espaciamiento máximo de 24 pulgadas sobre los centros. Para anclajes a la tira de moldura, no atornillar o empernar nada dentro de 1 pulgada de cada borde de un elemento de madera.
- Ganchos de seguridad pequeños de desenganche rápido y cordones de nylon o correas se encuentran a menudo en tiendas de accesorios deportivos que poseen equipo de montañismo. Estos dispositivos pueden ser completamente utilizados para soportar equipo médico liviano.

7.4.4 ANCLAJE A PAREDES DE CONCRETO O MAMPOSTERIA

Las conexiones a paredes de concreto o mampostería deben ser hechas con pernos de anclaje para concreto. Existen muchos tipos de anclas en el mercado, incluyendo anclas de expansión, anclas de casquillo, y anclas epóxicas. Desde que los procedimientos de instalación y las capacidades para estos anclajes varían ampliamente, es importante chequear el código de construcción local o literatura del

vendedor por la *capacidad de carga límite* e instalar los anclajes de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los orificios dentro de las paredes de concreto o mampostería deben ser perforados con cuidado para evitar cortar cualquier reforzamiento de acero. Un dispositivo magnético puede ser usado para localizar el acero antes de taladrar. Si el reforzamiento de acero es encontrado mientras se está taladrando, se debe parar, y reubicar la posición del orificio, nunca se debe atravesar el reforzamiento de acero.

La capacidad de un perno de anclaje en el concreto está regido por la dureza del mismo, el diámetro del perno, la profundidad a la que este se encuentra dentro del concreto, el espacio entre los pernos adyacentes, y la distancia a la orilla del mismo. Para desarrollar la capacidad de un anclaje en concreto, el espacio debe ser de al menos 12 veces el diámetro del perno y un mínimo de 6 veces hacia el borde de la estructura de concreto. La longitud mínima de recubrimiento típicamente es de 8 veces el diámetro del perno.

La capacidad del perno se reducirá grandemente si este se encuentra muy cerca del borde u otro perno, o si este tiene muy poca profundidad dentro del concreto.

Los pernos de anclaje más comunes son los pernos de cuña, donde parte de la espiga se expande para ejercer presión a los lados del agujero tanto como la tuerca sea apretada. Otro tipo de anclajes utilizados son los de casquillo o los epoxicos.

Los anclajes de casquillo consisten de un manguito con rosca instalado directamente dentro del concreto, al nivel de la superficie del mismo, y un perno atornillado a él. Los anclajes de manguito pueden ser ventajosos en situaciones donde los equipos son movidos frecuentemente. El perno puede ser removido, dejando el manguito en la pared (o en el piso), pero sin el perno.

Se requiere de sumo cuidado para asegurarse que los componentes epóxicos sean mezclados en la proporciones adecuadas dentro del orificio.

Procedimientos y recomendaciones.

- No cortar el reforzamiento de acero o los conductos eléctricos en las paredes de concreto o mampostería. Localice dicho reforzamiento o conductos eléctricos con un dispositivo magnético antes de taladrar.
- Seguir las recomendaciones del fabricante para la instalación. Se debe remover el polvo del orificio antes de insertar el perno de anclaje.
- Para anclajes de paredes de concreto reforzadas, las anclas de expansión son las más comúnmente usadas y fáciles de instalar. Las medidas típicas para anclajes de paredes de partes no estructurales pueden ser pernos A307 de 3/8" de diámetro y deben estar atornillados un mínimo de 3 pulgadas (cargas sísmicas permisibles de 1450 libras de esquiileo y 650 libras de tensión) o un perno A307 de 1/2 pulgada de diámetro con un mínimo de 4 pulgadas de inserción dentro de la pared, a 5 pulgadas de distancia del borde de la pared, y 6 pulgadas de espacio (cargas permisibles de 2000 libras de esquiileo y 1850 libras de tensión).
- Se deben utilizar pernos galvanizados o de acero inoxidable en lugares en donde se mantienen condiciones de humedad altas.

7.4.5 ANCLAJE A MARCOS DE MADERA.

Debido a que el piso de madera típicamente no tiene la fuerza adecuada para resistir una gran concentración de fuerzas, el anclaje al piso o el techo debe ser asegurado directamente al piso o a las vigas del techo.

7.4.6 ANCLAJE A MARCOS DE ACERO

Se debe tener precaución en el anclaje de componentes no estructurales a los marcos de acero. Se podría necesitar de ingenieros expertos para determinar si los agujeros pueden ser taladrados a través de la estructura de acero sin comprometer la integridad de los miembros estructurales.

7.4.7 ANCLAJE A PISOS DE CONCRETO O AZOTEAS

Las anclas de expansión para concreto son las más usadas para anclajes de componentes no estructurales de este tipo. Para cargas pesadas o losas de concreto de menos de 4 pulgadas de espesor, será preferible utilizar pernos a través de ellas, que deben ser asegurados por medio de tuercas en sus extremos.

Procedimientos y recomendaciones.

- Para anclajes a fundaciones de concreto, losetas anguladas o pisos suspendidos, se debe verificar primero el espesor de los mismos. Mientras que los pernos de expansión pequeños resultan adecuados para prevenir que equipos pequeños se desplacen, se necesitan pernos más grandes para prevenir la combinación de desplazamientos y fuerzas de volteo para componentes de mayor tamaño.
- Si los equipos se encuentran descansando sobre pernos de nivelación, se necesitara de conexiones de ranura verticales para permitir el ajuste entre las mismas.

7.4.8 DETALLES SOBRE LAS MESAS DE TRABAJO

- Las mesas que no poseen anclaje pueden sufrir desplazamiento y halar los cordones eléctricos de los equipos si estos se encuentran anclados a la misma. Los cordones eléctricos deben tener la holgura necesaria para permitir el movimiento en caso de un sismo.
- Estantes de madera que descansan sobre paredes montadas sobre corchetes o polines, pueden ser asegurados a dichos polines con tornillos de ½ pulgada de longitud.
- Para componentes ligeros sobre estantes o mesas de trabajo, será adecuado instalar un labio de 1 a 2 pulgadas para prevenir posibles caídas, en este caso, los equipos no necesitan ser anclados.

7.4.9 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Para sótanos y otras locaciones exteriores, es importante proveer protecciones adecuadas en contra del clima y la humedad. Las protecciones exteriores debe dárseles Mantenimiento para prevenir el deterioro de los mismos.

Existen varios tipos de pinturas disponibles en el mercado que ayudan a retardar el proceso de corrosión de los materiales.

7.4.10 MEDIDAS DE MITIGACION COMPLEMENTARIAS.

- Los servicios de Quirófano, UCI y Emergencia son considerados de soporte de vida, por lo que deben contar con un servicio ininterrumpido de líneas vitales como agua, energía eléctrica y gases médicos, ya que la falta de alguno de ellos afectaría el funcionamiento de dichos servicios.

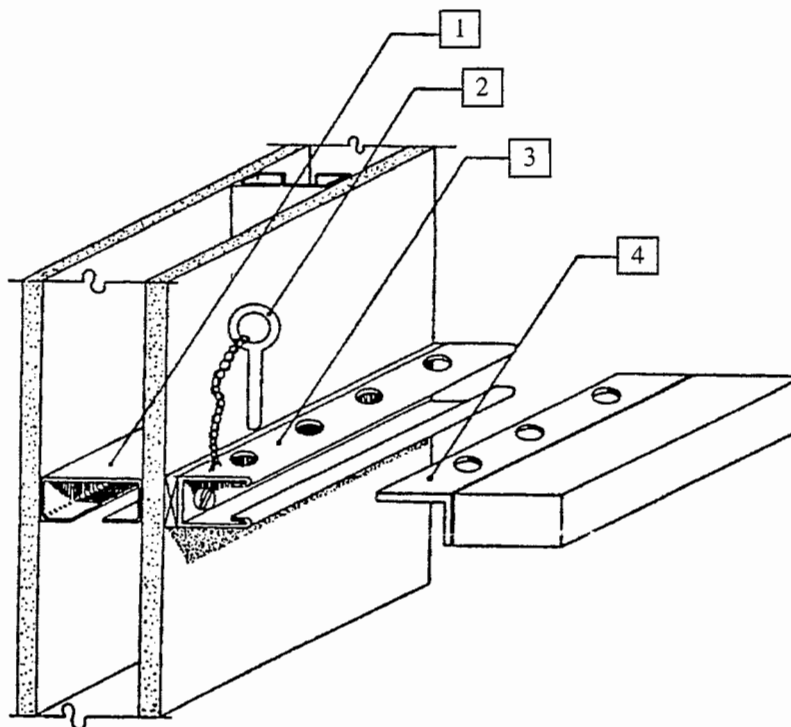
- Al menos los equipos más críticos de soporte de vida tienen que poseer un sistema ininterrumpido de energía eléctrica, ya sea a través de baterías propias de cada equipo, UPS individuales o centralizados.
- Los ventiladores y las máquinas de anestesia deben tener como respaldo cilindros de emergencia tipo D.
- En el caso de los servicios de Laboratorio clínico, se debe garantizar que equipos de almacenamiento como el banco de sangre este conectado a un sistema de energía ininterrumpida.
- Los sistemas de tuberías que transportan vapor hacia los equipos de esterilización deben llevar uniones flexibles para evitar que la rigidez a la hora de un sismo provoque rupturas en las mismas y por consiguiente dejar fuera de funcionamiento al ser vicio.

7.5 DETALLES DE INSTALACIÓN SUGERIDOS PARA EL EQUIPO MÉDICO SELECCIONADO EN BASE A CRITERIOS.

La tabla que sigue a continuación indica los detalles de instalación sugeridos para los equipos que han sido seleccionados en base a los criterios descritos en el capítulo III.

EQUIPOS SELECCIONADOS EN BASE A CRITERIOS	DETALLES
Aspirador de secreciones	1, 2, 3, 9
Bomba de Infusión	4, 5
Centrífuga	6, 7, 8, 9, 23
Coagulometro	3
Contador de células sanguíneas	6, 7, 8, 9
Desfibrilador	1, 2, 3, 9
Electrocardiógrafo	6, 7, 8
Equipo automatizado de química sanguínea	6, 7, 8, 9
Equipo de Rayos X fijo	10
Equipo de Rayos X móvil	1
Espectrofotómetro	7B, 7C, 8 A, 8B, 9
Esterilizador a vapor	11
Esterilizador ETO (óxido etileno)	12, 13
Esterilizador eléctrico	11, 12, 13
Gasómetro	7B, 7C, 8 A, 8B, 9
Incubadora bacteriológica	6 A, 7B, 7C, 8 A, 8B
Lámpara para examen	14
Lámpara Quirúrgica	15
Lavadora secadora de guantes	20
Máquina de anestesia	1, 2B
Mesa de Operaciones	2B
Microscopio	7B, 9
Monitor de Signos Vitales	16, 17, 18
Nebulizador	1, 2, 3, 9
Negatoscopio	19
Procesadora de película	20
Refrigerador para Banco de Sangre	21, 22
Tensiómetro de columna de mercurio	4
Ultrasonografo	1, 2B
Unidad de Electrocirugía	1, 2, 3
Ventilador	2, 3

DETALLE 1.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

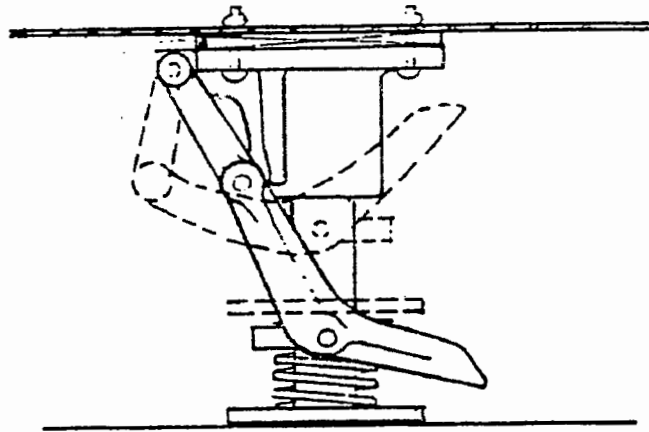
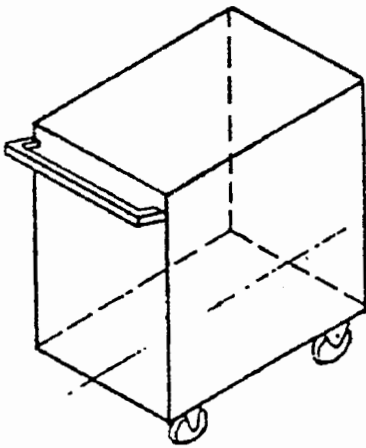
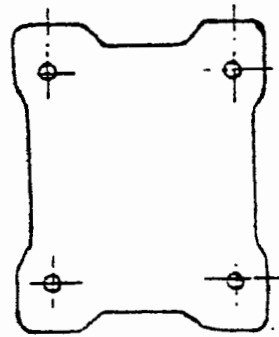
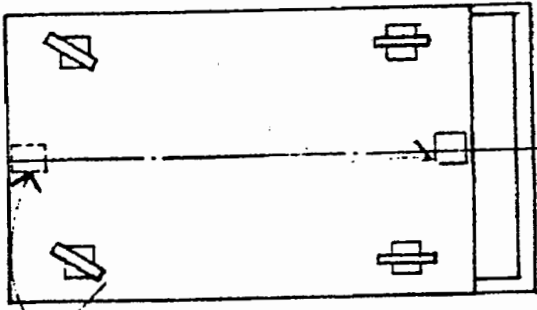
Requerimiento de cálculo

COMPONENTES:

- Este sistema de anclaje sirve para asegurar muchos tipos de equipos móviles mientras se encuentran sin uso.
- El clip hembra (3) esta empotrado a la división por medio de un tornillo sujetado a un polín (1) que se encuentra en la parte interior de la división.
- El clip macho (4) deberá ser instalado en el equipo.
- El acople entre los clips (3) y (4) se asegura por medio de un pin de enclavamiento, el cual evita que el clip macho se deslice a través del clip hembra.

DETALLE 1: Retenedor de equipos médico hospitalarios portátiles.

DETALLE 2.



A

B

Fuente: "Earthquake Hazard Reduction for Life Support Equipment in Hospitals", McCavin, Gary L. Riverside, California, Estados Unidos de Norteamérica, Julio 1986.

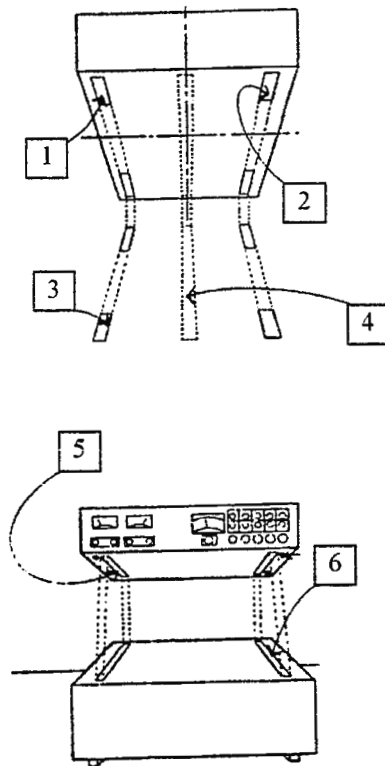
Sin requerimiento de cálculo

COMPONENTE:

- Figura A: Plano superior del carro de transporte.
- Figura B: Detalle del mecanismo de freno del carro de transporte.

DETALLE 2: Sistema de frenos de bloqueo del carro de transporte.

DETALLE 3



Fuente: "Earthquake Hazard Reduction for Life Support Equipment in Hospitals", McCavin, Gary L. Riverside, California, Estados Unidos de Norteamérica, Julio 1986.

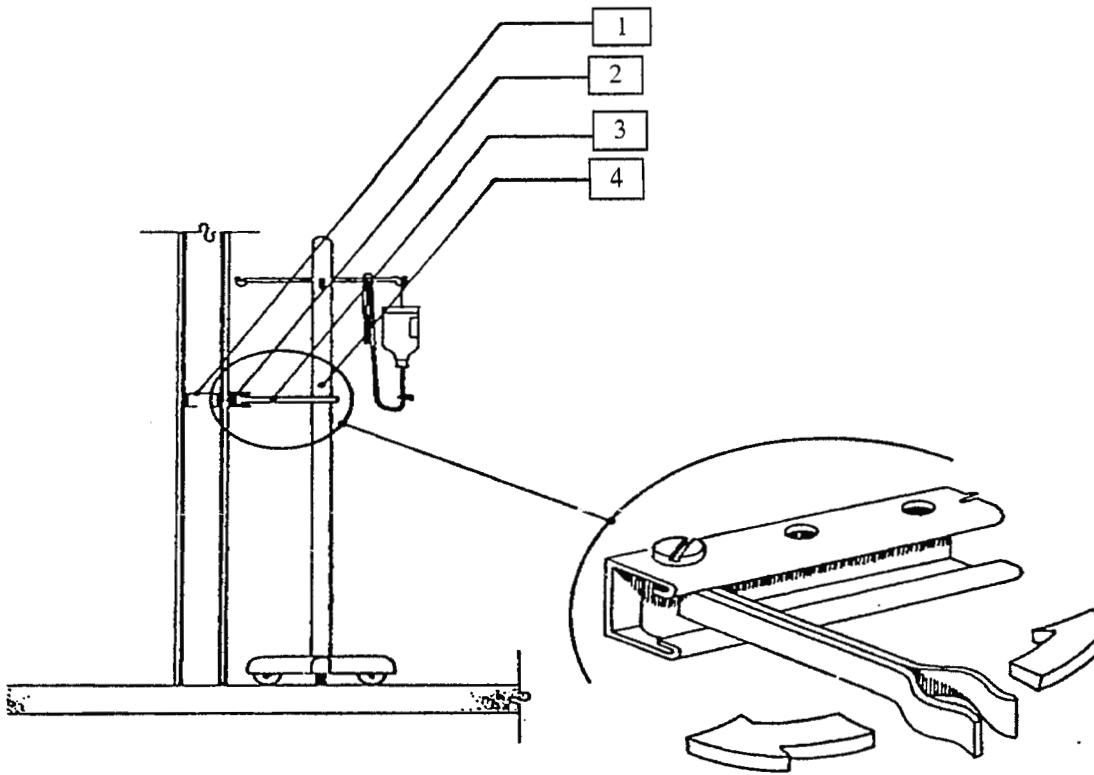
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Material adhesivo 8" de contacto (1) y (3).
- El material adhesivo se coloca en las 4 esquinas del equipo (2), y además se coloca material adicional en la parte central para proveer la mayor fijación del equipo contra la superficie de la mesa de trabajo.
- Al equipo también puede colocársele líneas de material adhesivo para fijarlo a su base (5) y (6).
- Para equipos de 10 libras, la longitud de la tira o material adhesivo debe ser de aproximadamente 6".
- Para equipos de 11 a 30 libras, la longitud de la tira o material adhesivo debe ser de aproximadamente 18".
- Para equipos de 30 a 50 libras, la longitud de la tira o material adhesivo debe ser de aproximadamente 30".

DETALLE 3: Sistema de sujeción de equipos por medio de materiales adhesivos.

DETALLE 4.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

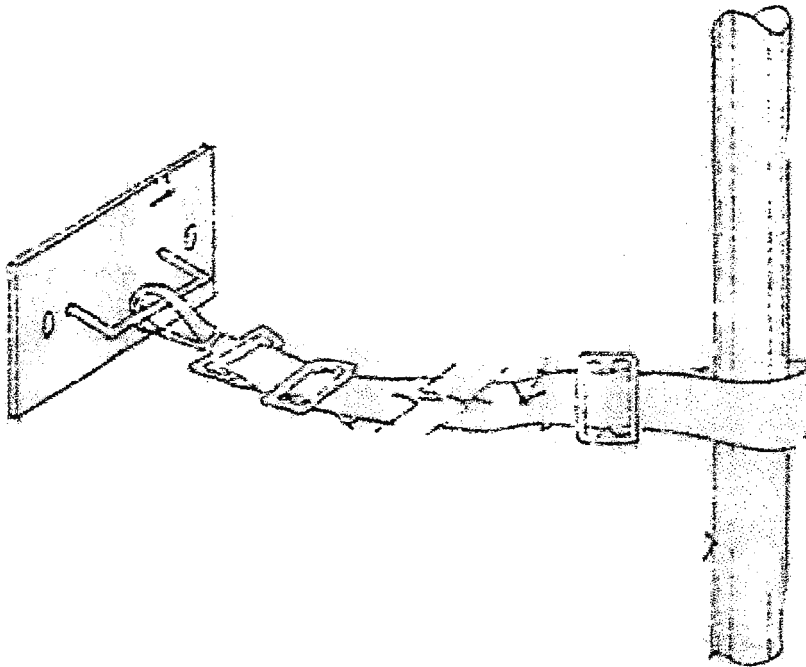
Sin requerimiento de cálculo

COMPONENTES:

- entramado (1) instalado dentro de la división.
- Anclaje (2) de la abrazadera oscilante.
- Abrazadera oscilante, que permite movimientos hacia los lados del atril en donde se encuentra instalado el equipo.
- Atril en donde se encuentra colocado el equipo portátil (4).

DETALLE 4: Anclaje Para equipo portátil vertical.

DETALLE 5.



Fuente: "Earthquake Hazard Reduction for Life Support Equipment in Hospitals", McCavin, Gary L. Riverside, California, Estados Unidos de Norteamérica, Julio 1986.

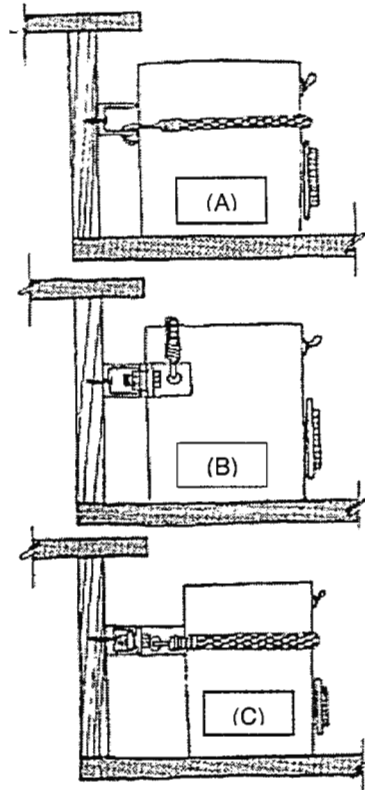
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Para realizar este tipo de anclaje se necesita una correa de 10 pulgadas, dos cinchas elásticas, un broche de presión y una grapa de presión para anclar al equipo desde su superficie.

DETALLE 5: Correa Simple.

DETALLE 6.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

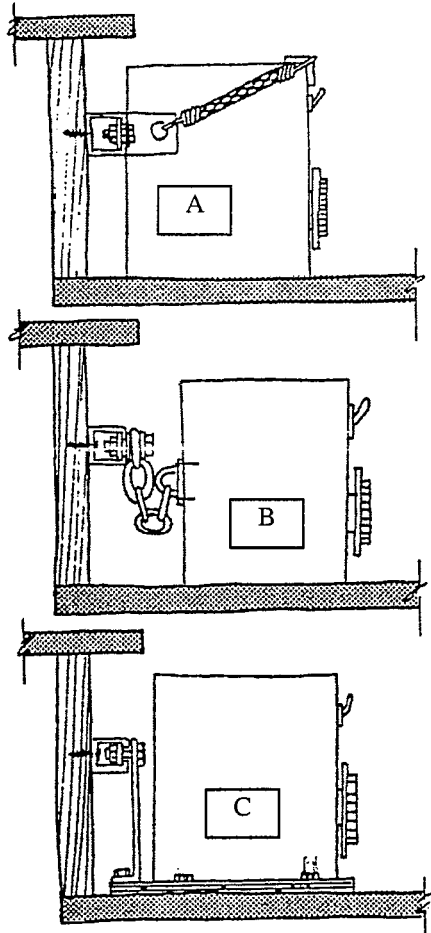
Sin requerimiento de cálculo

COMPONENTES:

- Figura (A): equipo fijado a través de un cordón elástico colocado en la parte frontal del equipo. El cordón está enganchado a sujetadores o platinas de apoyo fabricadas de acero que se encuentran empotradas en la pared.
- Figura (B): equipo fijado a través de un cordón elástico colocado en la parte superior del equipo. El cordón está enganchado a sujetadores o platinas de apoyo fabricadas de acero que se encuentran empotradas en la pared.
- Figura (C): equipo fijado a través de un cordón elástico colocado en la parte frontal del equipo. El cordón está enganchado a sujetadores o platinas de apoyo fabricadas de acero que se encuentran empotradas en la pared. La diferencia estriba en que con este tipo de sujetadores el equipo puede estar más cerca del borde de la mesa o repisa sin que corra peligro de caerse, al producirse un sismo.

DETALLE 6: Tipos de anclaje utilizando cordones elásticos.

DETALLE 7



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

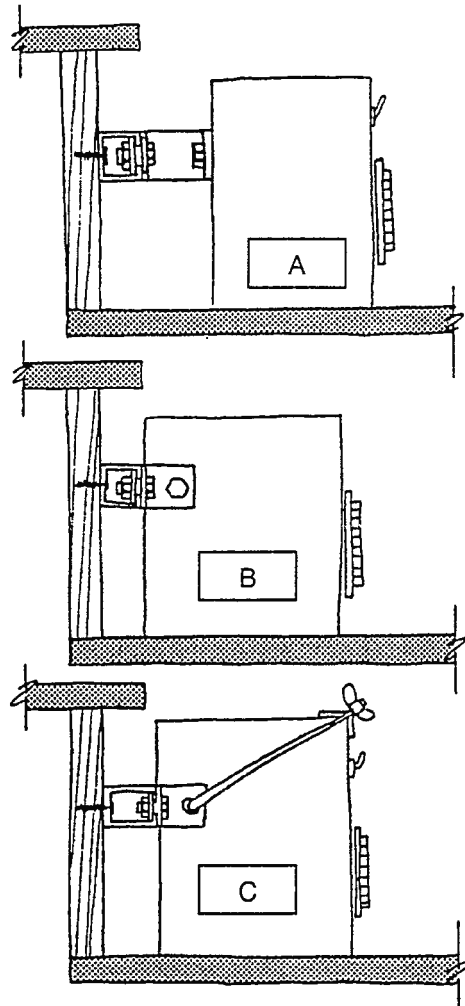
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Figura A: Cordón elástico a ángulo en el borde delantero del equipo.
- Figura B: Conexión flexible hecha con cadena.
- Figura C: Conexión rígida base del plywood.

DETALLE 7: Tipos de conexiones flexibles del equipo a la mesa de trabajo.

DETALLE 8.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

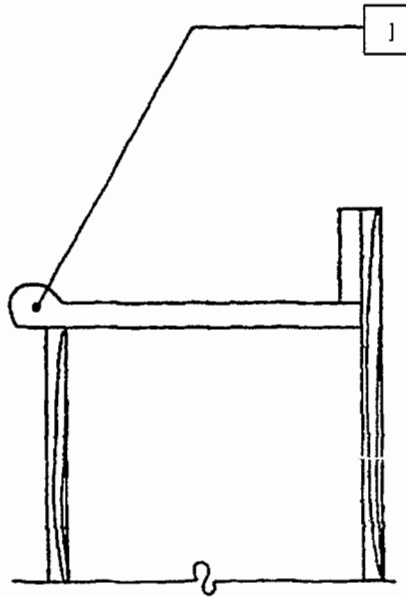
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Figura (A): Conexión rígida en la parte posterior del equipo.
- Figura (B): Conexión rígida al lado del equipo.
- Figura (C): Conexión rígida ajustada desde la parte frontal del equipo.

DETALLE 8: Tipos de conexiones rígidas del equipo a la mesa de trabajo.

DETALLE 9 .



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

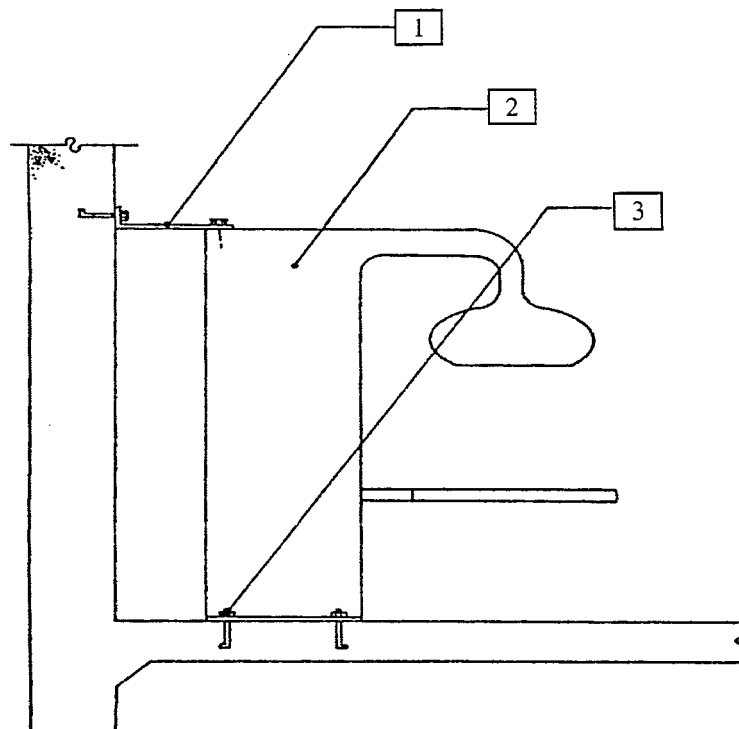
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Esta mesa esta diseñada con una especie de labio en la parte delantera (1), para prevenir que equipos que están colocados sobre ella y que no poseen anclaje no sufran caídas por el desplazamiento originado por un sismo. Esta mesa puede ser de gran utilidad para los equipos de laboratorio clínico.

DETALLE 9: Mesa con labio o borde en la parte delantera.

DETALLE 10.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

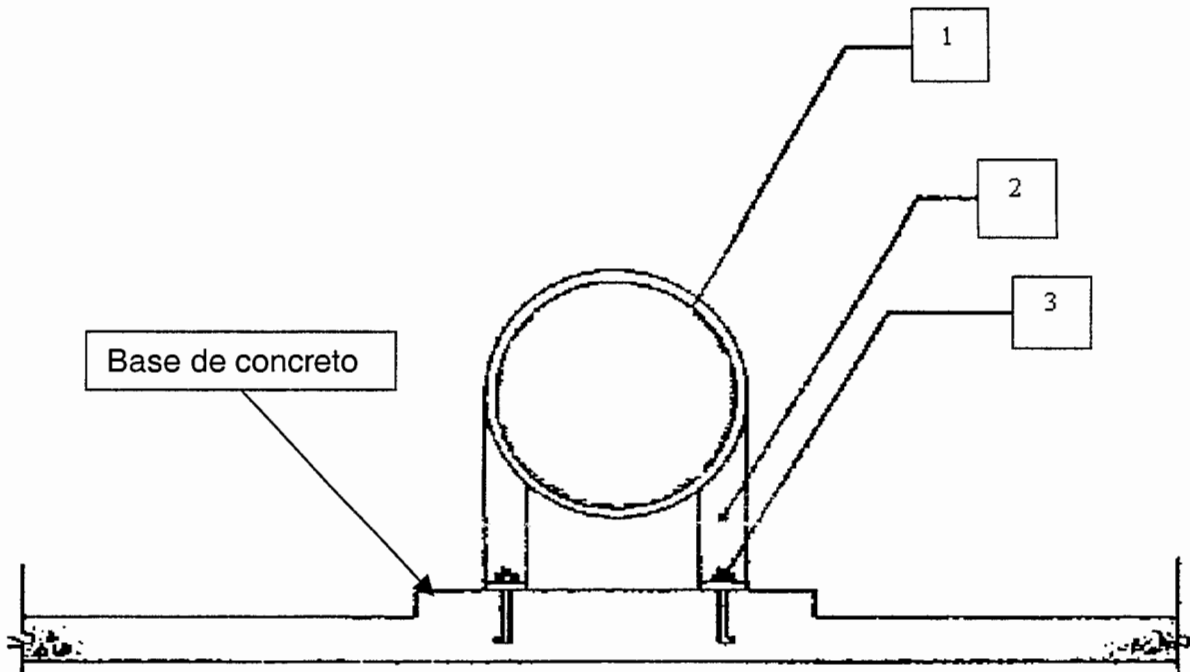
Requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Anclaje superior estructural a la pared (1), hecha con pernos de sujeción o para fundación de concreto.
- Equipo de rayos X (2).
- Anclaje a la base del equipo hecha con pernos de sujeción o para fundación de concreto.

DETALLE 10: Sistema de Anclaje para el equipo de rayos X fijo.

DETALLE 11.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

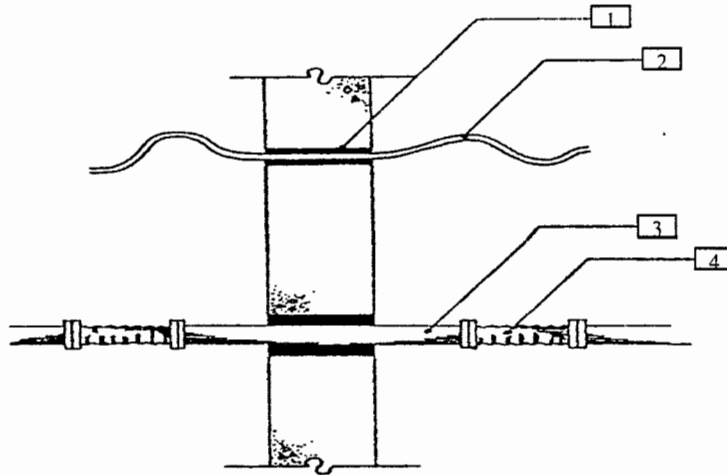
Requiere de cálculo.

COMPONENTES:

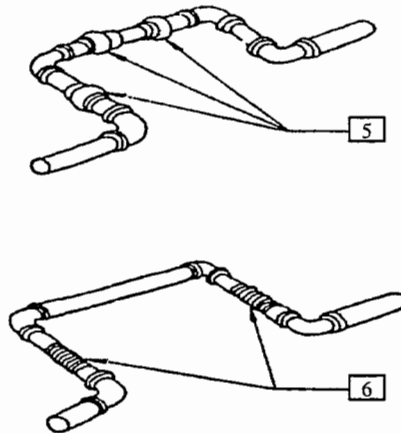
- Base de concreto de al menos 6 pulgadas, para soportar peso del equipo (1) y con altura de 2 a 4 pulgadas sobre nivel del suelo para evitar corrosión en el soporte del mismo.
- Pernos de anclaje (3) para fundación de concreto, o pernos de expansión.
- Equipo provisto de apoyo fijo (2) con orificio para sujeción con pernos.

DETALLE 11: Anclaje fijo a estructura de concreto para esterilizador.

DETALLE 12



DETALLE 13



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

Requerimiento de calculo.

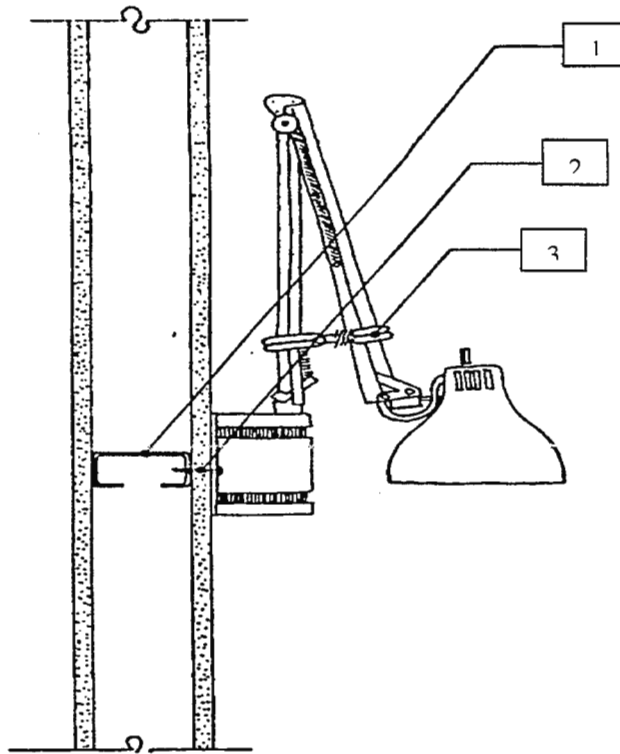
COMPONENTES:

- Acolchonamiento (1)
- Tubería flexible (2)
- Tubería rígida (3)
- Junta flexible (4)
- Junta de rótula (5)
- Conexión Flexible (6)

Los tipos de conexión flexible 5 y 6 permiten el movimiento espacial en cualquier dirección sin que haya daño en las tuberías.

DETALLE 12 Y 13: Acoples Flexibles para tuberías.

DETALLE 14



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

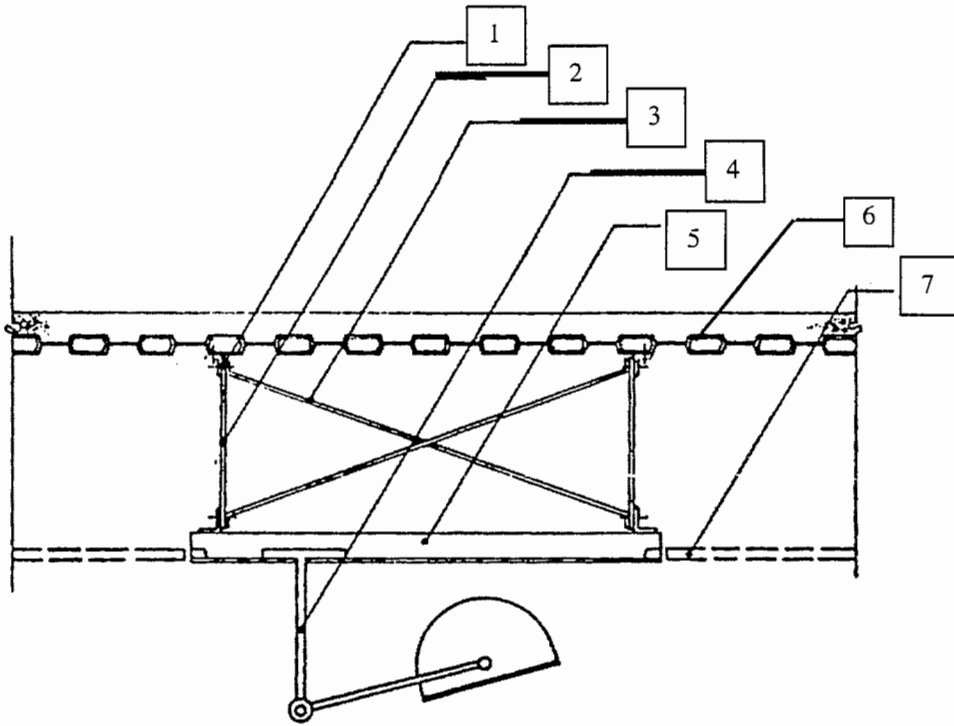
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- La base de la lámpara se encuentra empotrada a la pared, la cual internamente posee un entramado (1), el cual ayuda a que la lámpara obtenga una mayor fijación.
- Las anclas(2) utilizadas para este tipo de instalación pueden ser plásticas o de metal, dependiendo del tipo y peso de la lámpara.
- Cuando la lámpara no está en uso puede colocarse un cordón elástico doble (3) para mantener firme y juntas las articulaciones de la misma.

DETALLE 14: anclaje fijo para la lámpara de examen.

DETALLE:15



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

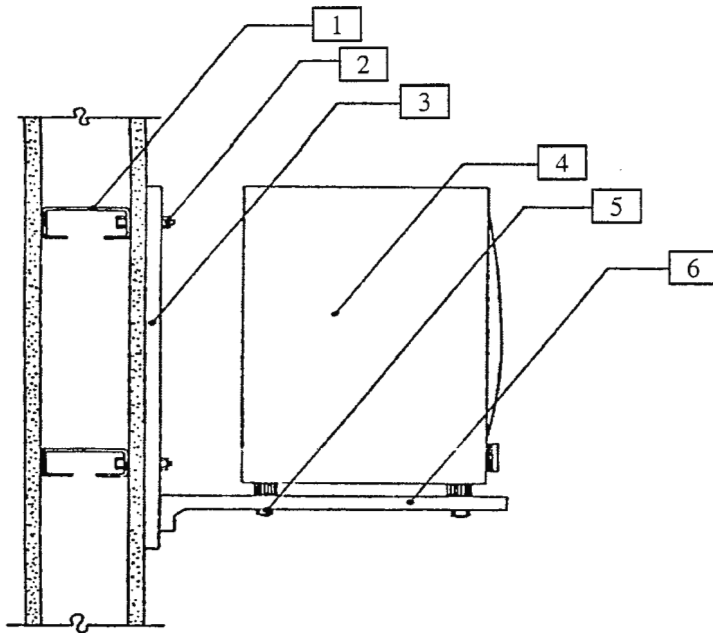
Requerimiento de cálculo

COMPONENTES:

- Anclaje a polín estructural del plafón(1).
- Suspensión vertical del soporte (2).
- Apoyo diagonal en las direcciones longitudinal y transversal (3).
- Brazo y eslabones giratorios de la lámpara (4).
- Base ligera (5).
- Polín estructural (6)
- Cielo falso (7)

DETALLE 15: Anclaje para la Lámpara Quirúrgica o Equipo de rayos X.

DETALLE 16.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

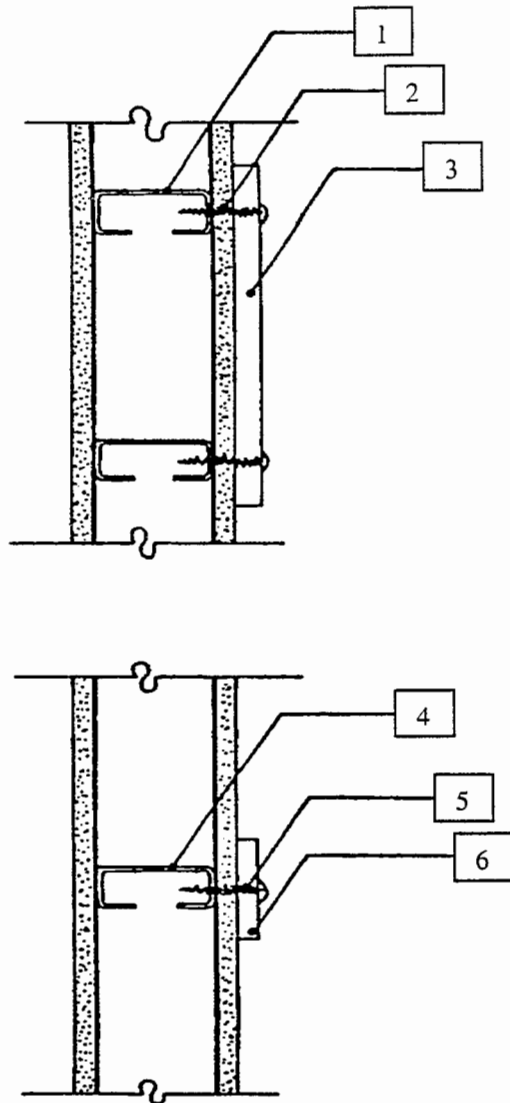
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Polín de entramado(1) estructural de la división.
- Anclaje del corchete o sujetador (2).
- Corchete o sujetador (3).
- Monitor (4).
- Anclaje a la base del monitor (5) hecha con tornillos de sujeción.
- Escuadra de metal con cordones de soldadura (6).

DETALLE 16: Sistema de anclaje para el monitor de signos vitales.

DETALLE 17.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

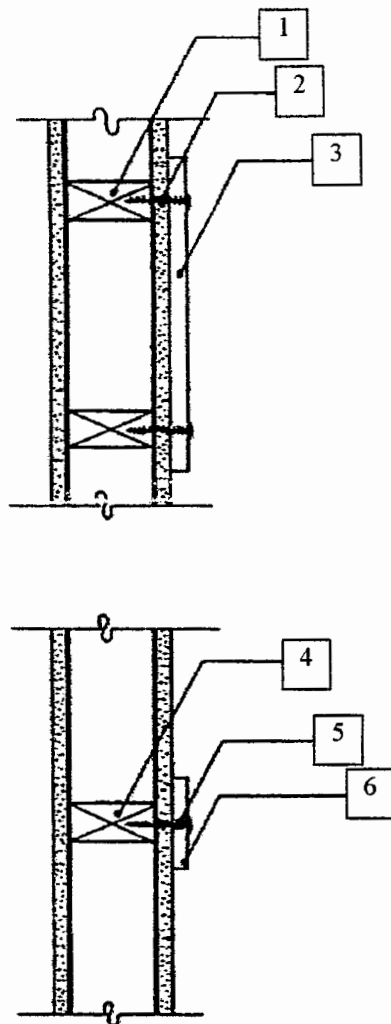
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Polín (1) Y (4).
- Anclaje (2) Y (5) por medio de tornillos de sujeción.
- Base anclada del equipo (3) Y (6).
-

DETALLE 17: Vista de plano y sección mostrando el anclaje del equipo.

DETALLE 18.



Fuente: " Earthquake Protection of essential Building Equipment". McCavin, Gary L. Riverside, California, Estados Unidos de Norteamérica, 1981.

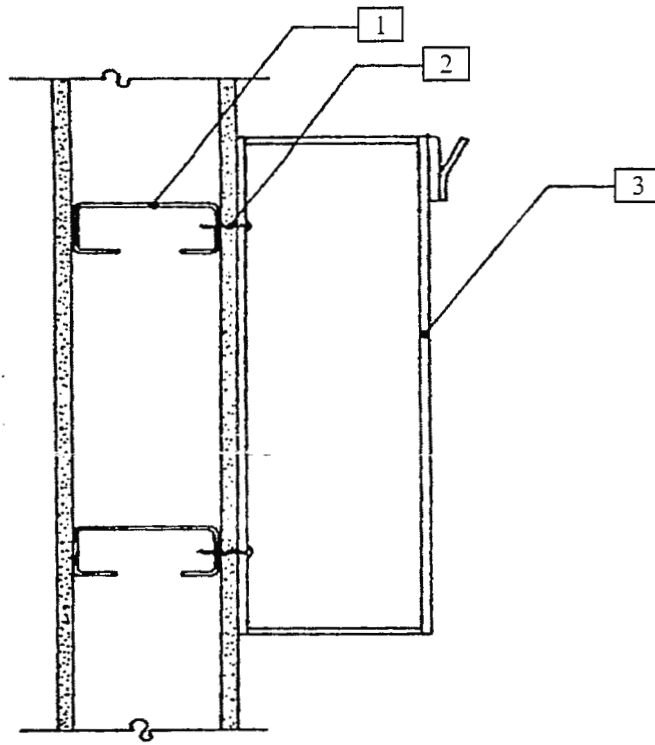
Sin Requerimiento de cálculo

COMPONENTES:

- Poste de madera (1) Y (4)
- Anclaje (2) Y (5) por medio de tornillos de sujeción.
- Base anclada del equipo (3) Y (6)
-

DETALLE 18: Vista de plano y sección mostrando el anclaje del equipo.

DETALLE 19.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

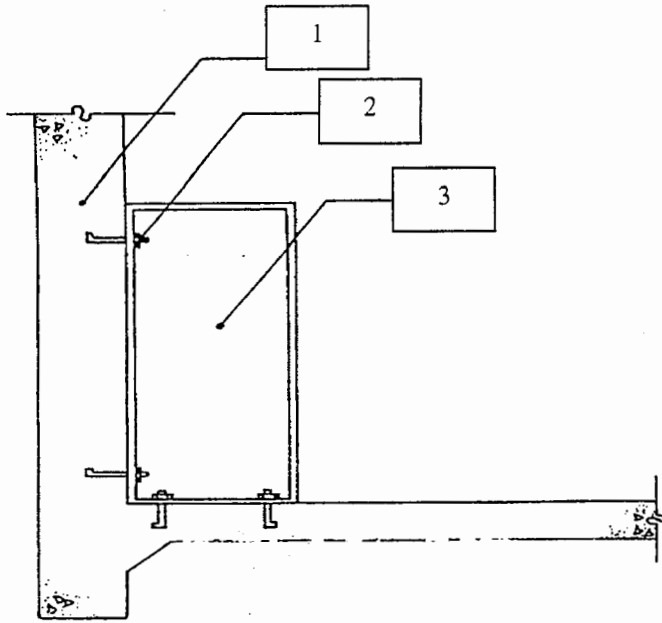
Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Polín (1) estructural de la división.
- Anclaje a la pared (2), por medio de anclas y tornillos de sujeción.
- Panel de visión del negatoscopio (3).

DETALLE 19: Sistema de Anclaje para el negatoscopio.

DETALLE 20.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

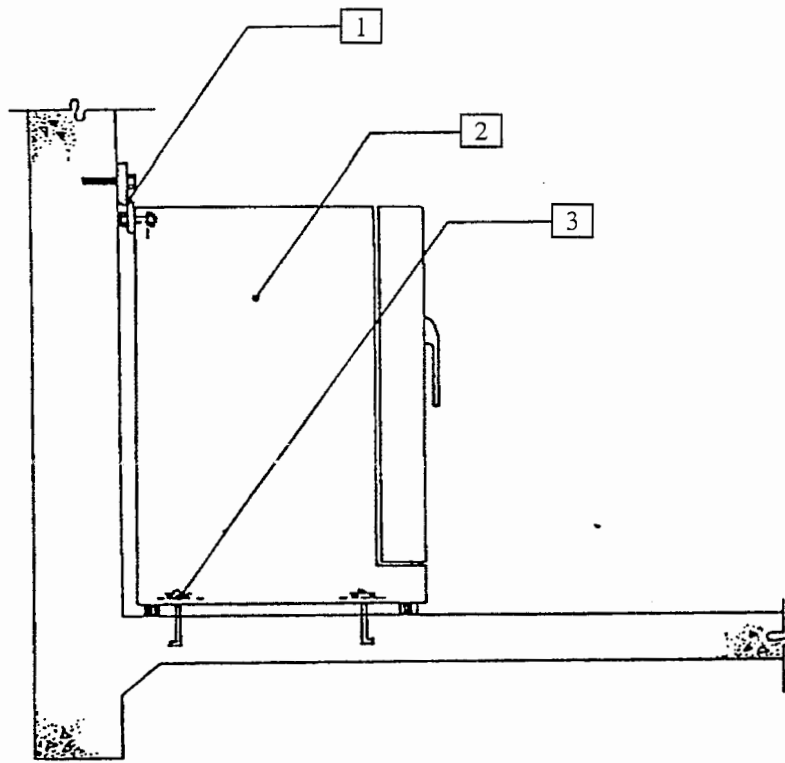
Requiere de cálculo

COMPONENTES:

- Pernos de anclaje (2) para fundación de concreto, o pernos de expansión.
- El equipo (3) está anclado a la base del chasis, tanto en la pared(1) como el piso.

DETALLE 20: anclaje fijo para la procesadora de películas radiográficas.

DETALLE 21.



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

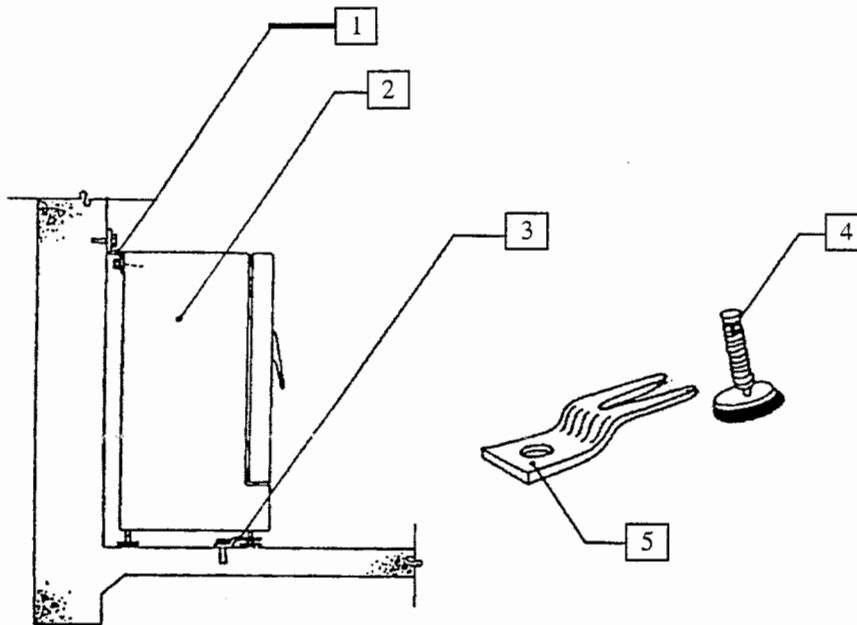
Requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- El banco de sangre (2) se encuentra empotrado con Pernos de anclaje (3) para fundación de concreto (piso) y a la pared (1).
- Equipo provisto de apoyo fijo (2) con orificio para sujeción con pernos.

DETALLE 21: Sistema de anclaje para el Banco de Sangre.

DETALLE 22



Fuente: Earth Protection of Essential Building Equipment. Design, Engineering and Installation, Gary L. Mc Gavin, Riverside California, 1981.

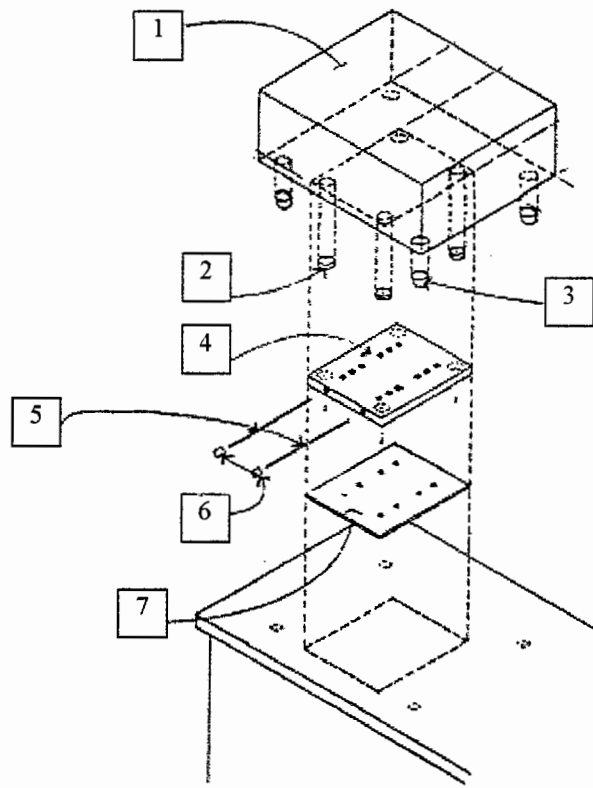
Requerimiento de cálculo

COMPONENTES:

- El anclaje a la pared(1) y al banco de sangre (2), se realiza por medio de clips tipo "Z"
- El anclaje al piso (3) también se realiza por medio de clips tipo "Z".
- Soporte (4) en donde se encuentra montado el banco de sangre.
- Clip tipo "Z" con perforación para fijar al banco de sangre por medio de pernos de sujeción.

DETALLE 22: Tipos de Anclaje para banco de sangre.

DETALLE 23



Fuente: "Earthquake Hazard Reduction for Life Support Equipment in Hospitals", McCavin, Gary L. Riverside, California, Estados Unidos de Norteamérica, Julio 1986.

Sin requerimiento de cálculo.

COMPONENTES:

- Equipo (1)
- Adaptadores de goma (2)
- Extensiones de goma (3)
- Seguro del bastidor (4)
- Pines de acero (5)
- Balonas (6)
- Material adhesivo (metal) para asegurarlos a la superficie.(7)

DETALLE 23: Sistema de anclaje para equipo médico hospitalario

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- El grado de pérdida de equipos en un hospital esta relacionado con la intensidad de la aceleración sísmica provocada por un terremoto en el lugar, ya que a mayor aceleración habrá un mayor daño en aquellos equipos que no posean soporte alguno, lo cual es comprobable si comparamos los costos de reparación y aceleración del Hospital San Rafael que son de \$57,058 y .70 g frente a los menores costos de reparación y aceleraciones de los Hospitales de Zacatecoluca y HNNBB (ver tabla 6.8 en página 195).
- Los cilindros de gases son altamente susceptibles a los sismos si estos no poseen un sistema de soporte adecuado, siendo un riesgo potencial por la presión a la que se encuentran los gases dentro de estos pueden ocasionar una explosión al impactar con un objeto externo, por su peso al volcarse podría ocasionar lesión a una persona y además al voltearse podría obstaculizar la circulación del personal y pacientes, sobre todo durante la emergencia.
- En los equipos de rayos X es posible la desalineación de la rejilla debido a la vibración sísmica.
- Si el sistema de tuberías de un esterilizador es rígida, estas tienden a doblarse o desconectarse, o dañarse en sus uniones.
- El soporte inadecuado de las lámparas quirúrgicas es causa de su desnivelación después de un terremoto, quedando en una situación de mayor vulnerabilidad ante las replicas que se dan post terremoto.

- La ausencia de cilindros de emergencia tipo D en las máquinas de anestesia es causal de pérdida de función de la máquina si se llegara a dar el corte del suministro normal de gases.
- La mayoría de equipos de laboratorio posee el riesgo potencial de volcarse al encontrarse en mesas de trabajo estrechas y sin bisel,
- Los soportes para los monitores de signos vitales son efectivos, en cuanto en el HNNBB el único monitor que se dañó era de los pocos que carecían de soporte.
- Las compuertas de equipos grandes como esterilizadores y refrigeradores para banco de sangre son susceptibles a desnivelación de sus compuertas.
- Los refrigeradores para banco de sangre que carecen de protección sísmica son altamente susceptibles al desplazamiento al poseer rodos.
- La seguridad eléctrica de los equipos médicos no es susceptible a los terremotos, ya que todos los equipos a los que se les hizo la prueba de seguridad eléctrica durante la evaluación pasaron dicha prueba.
- La vulnerabilidad del equipo médico está estrechamente vinculada a los siguientes factores: fallas en líneas vitales, mantenimiento preventivo, administración del departamento de mantenimiento e implementación de medidas de mitigación.
- Las mayores causas de vulnerabilidad en el equipo médico, son el desplazamiento, volcamiento, falla de líneas vitales, golpes por objetos externos y derrame de sustancias.

- La pérdida de funcionamiento de algunos equipos o componentes considerados como críticos y con prioridad alta pueden ocasionar el colapso funcional del servicio. Como fue el caso del volteo de los cilindros de suministro de gases para las máquinas de anestesia en los hospitales San Rafael y Zacatecoluca, los cuales al voltearse ocasionaron el daño de los reguladores de presión de estos y consecuentemente el paro de suministro de gases a las máquinas de anestesia, las cuales por carecer de cilindros de emergencia tipo D quedaron inutilizables hasta que los reguladores de presión fueran sustituidos. La falta de máquina de anestesia es causa suficiente para interrumpir el servicio de cirugía.
- El mayor índice de daño o falla en el equipo médico se da en hospitales con un sistema de mantenimiento inadecuado, tal es el caso del Hospital San Rafael en donde no hay un Mantenimiento Preventivo y en el Hospital de Zacatecoluca, en donde si bien hay un programa de mantenimiento el grado de empirismo es alto.
- La mitigación del equipo médico debe ser complementada con la mitigación de las líneas vitales. No es suficiente anclar los equipos o asegurar un buen mantenimiento en ellos, sino también habrá que asegurar la continuidad de función de los diferentes flujos que apoyan su funcionamiento.
- La menor atención administrativa para las áreas de mantenimiento y proyectos de mejoras en las Instituciones Hospitalarias de segundo nivel es una causa indirecta del grado de vulnerabilidad de los mismos.
- En los hospitales nacionales no existen protocolos para la evaluación de la vulnerabilidad en el equipo médico, lo que dificulta la evaluación rápida post-terremoto de los equipos médicos hospitalarios.

- Un formato para evaluación de daños debe poseer un encabezado para incluir los datos de identificación del equipo, un espacio para la descripción del soporte del equipo, una sección de registro de daños, causas y consecuencias de los daños o fallas.
- La tendencia general en los Hospitales Nacionales es la no existencia de un plan de mitigación de riesgos en el equipo médico debido a sismos.
- El tiempo requerido para hacer una evaluación de daños en un hospital es de aproximadamente 200 horas hombre.
- Para hacer una evaluación de daños se requieren de los siguientes recursos: formatos, equipo de medición, recursos humanos incluyendo técnicos, apoyo logístico, cámara fotográfica y registros técnicos.
- Los detalles de instalación de uso común para el aseguramiento del equipo médico hospitalario garantizan la integridad de los equipos cuyo peso no supera las 400 libras y estos pueden ser implementados por el personal de mantenimiento de la Institución Hospitalaria.
- Los equipos cuyo peso sea mayor de 400 libras pueden ser protegidos utilizando detalles genéricos completados por el diseño de un equipo de ingenieros.
- La falla en las líneas de vapor, agua y electricidad en el Hospital San Rafael ocasionaron el paro de funcionamiento de los esterilizadores lo que causo una pérdida de producción de material estéril, teniendo que recurrirse a material estéril descartable.

- En el Hospital de Zacatecoluca el servicio de Esterilización se interrumpió debido a los daños no estructurales del ambiente, que motivaron la suspensión del servicio.
- La falta de un respaldo adecuado del generador eléctrico y daño en la red de agua provocó en el Hospital San Rafael la interrupción del funcionamiento normal de los equipos de rayos x, procesadoras automáticas de revelado, equipo de ultrasonido y de equipos de laboratorio clínico, equipos de los cuales dependen los servicios de imaginología y laboratorio clínico. Este mismo problema causó riesgo de pérdida de las reservas de sangre en los refrigeradores de banco de sangre por carecer de respaldo eléctrico propio.
- En los hospitales que carecen de red de gases médicos el volteo de los cilindros de gases es motivo suficiente para el colapso del servicio de cirugía ya que el funcionamiento de las máquinas de anestesia depende de estos.

8.2 RECOMENDACIONES

- Debido a los antecedentes del impacto de los terremotos en las instituciones de salud de América Latina en las décadas pasadas y en las instituciones hospitalarias del país en el 2001, es necesario que en los hospitales se declare como prioridad sanitaria, social, económica y política, la adopción de medidas concretas para mitigar el efecto del impacto de los fenómenos naturales sobre las plantas físicas, líneas vitales y equipamiento.
- En los programas de diseño Hospitalario deben considerarse todos los equipos a requerir en los diferentes Servicios para garantizar la adecuada distribución espacial de los equipos e incluir sus elementos de anclaje, apoyo y sujeción.
- A fin de optimizar recursos al mitigar la vulnerabilidad del equipo médico, se deben priorizar los equipos utilizando criterios de: riesgo para la vida, riesgo de pérdida funcional y riesgo por tipo de montaje y altura del equipo.
- Para asegurar una adecuada evaluación a la vez de documentarlos daños y efectos de los sismos sobre los equipos médicos, es recomendable utilizar protocolos de evaluación como herramienta.
- Los protocolos de evaluación de daños post terremoto deben ser aprovechados para documentar el estado de los equipos dentro de los servicios y de esta manera identificar de una manera integral los daños y fallas en el funcionamiento de los equipos médico hospitalarios.
- Las evaluaciones post terremotos deben utilizarse para aprender o determinar las vulnerabilidades de los equipos médicos y a partir de estas identificar las medidas de mitigación para evitar en un futuro sufrir las consecuencias de los daños y fallas en el equipo médico.

- Para diseñar estructuras de soporte o anclajes efectivos para equipo mayor de 400 libras se debe investigar las posibles aceleraciones que se pueden llegar a dar en el lugar de las instituciones hospitalarias y de esta manera proteger a los equipos pesados de las fuerzas laterales máximas debido a terremotos que pudieran llegar a sentir los equipos.
- Una mitigación integral de los riesgos sísmicos sobre el equipo médico hospitalario debe empezar por una política organizacional de mitigación que considere los siguientes aspectos: capacitación de todo el personal, presupuesto de mantenimiento adecuado, personal de mantenimiento idóneo, ejecución de mantenimiento preventivo, mitigación del equipo médico y mitigación en líneas vitales.
- Los cilindro de gases deben ser uno de los equipos prioritarios en la mitigación por su alta vulnerabilidad.
- Las mesas de trabajo de los laboratorios clínicos deben poseer bisel en sus bordes para evitar que los equipos sobre estas, al desplazarse sobre las mesas lleguen a caer al suelo.
- Se recomienda hacer un estudio sobre la vulnerabilidad organizacional de los departamentos de mantenimiento para implementar medidas de mitigación organizativas que eviten la desorganización de estos luego de un terremoto.
- La forma más recomendable para la implementación de un plan de mitigación en un hospital en operación, es contratar en un primer momento a ingenieros especialistas para la evaluación de la vulnerabilidad, estimación de costos e identificación de prioridades para que posteriormente la implementación sea manejada por el personal de mantenimiento sin asistencia externa excepto para el diseño de anclajes en equipos mayores a 400 libras.

- Para equipos cuyo peso sea mayor a 400 libras debe existir un diseño de soporte considerando fuerzas laterales provocadas por los terremotos.
- La mitigación en los equipos médicos debe implementarse a través de un programa para la reducción de la vulnerabilidad considerando varias opciones de implementación tales como: implementación gradual de protección sísmica a través del programa de mantenimiento preventivo, aprovechar las remodelaciones para incrementar el nivel de protección sísmica y vigilar estas para evitar una disminución en la protección, incluir especificaciones técnicas especiales para la compra de equipos y solitarlos con restricciones sísmicas consideradas por el fabricante, considerar el concepto de mitigación desde la construcción del hospital, sostenimiento de la protección a través de inspecciones incorporadas en el MPP e incorporar el programa de mitigación dentro de la naturaleza de la organización de la institución hospitalaria.
- Se recomienda el utilizar esta guía para la implementación de detalles genéricos sin requerimientos de cálculos teniendo en cuenta la estructura a la cual se anclaran los equipos, siguiendo las recomendaciones específicas según la estructura a la cual se anclará el equipo.
- La mitigación del equipo médico hospitalario no debe estar conformada únicamente por un buen anclaje, sino que esta debe estar acompañada por medidas complementarias recomendadas en la guía de mitigación o por ingenieros especialistas.
- Se recomienda hacer en un futuro un estudio de vulnerabilidad y mitigación de las líneas vitales en los hospitales.
- Se recomienda que los Departamentos de Mantenimiento elaboren planes de contingencia para disminuir la vulnerabilidad organizativa y asegurar la continuidad del servicio, luego de un desastre.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] OPS. "Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud". Serie mitigación de desastres. Washington. 1999.
- [2] OPS. "Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud". Recomendaciones. 1996.
- [3] OPS. " Mitigación de Desastres en las Instalaciones de la Salud ". Volumen I. Aspectos Generales. 1996.
- [4] Dr. García Manzano, Norberto y otros. " Planes Hospitalarios para casos de desastres ". Conferencia Interamericana de Seguridad Social. México.
- [5] OPS. "Mitigación de Desastres en las Instalaciones de la Salud", Volumen II. Aspectos Administrativos.1996.
- [6] OPS. "Conferencia Internacional Sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud ". México. 1996.
- [7] OPS. "Mitigación de Desastres en las Instalaciones de la Salud". Volumen 1: Resumen Administrativo. 1996.
- [8] OPS. "Conferencia Internacional Sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud ". Políticas generales para incorporación de las amenazas naturales en proyectos de inversión en infraestructura de la Salud. México 1996.
- [9] OPS. "Mitigación de Desastres en las Instalaciones de la Salud". Capitulo IV: Características que los hacen vulnerables. México. 1996.
- [11] Mesarina Escobar, Pedro y otros. "Proyecto de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú", Comunidad Económica Europea – Ministerio de Salud de Perú, 1997.
- [12] Yáñez, E., "Hospitales de Seguridad Social", Editorial Limusa, México, D.F., 1986.

- [13] GTZ - MSPAS. "Catálogo del equipamiento estándar de unidades de salud y Hospitales nacionales de 100 y 200 camas", Volumen III. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario. El Salvador, 1997.
- [14] López, E. "Normativas para el Diseño de Areas Críticas Hospitalarias", Universidad Don Bosco, El Salvador, Marzo 2000.
- [15] Secretaria de Salud. "Norma oficial mexicana NOM 156-SSA1-1996, requisitos técnicos para las instalaciones en establecimientos de diagnóstico médico con rayos x ". México. 1997.
- [16] ECRI. "Health Product Comparison System", 1996.
- [17] Eastman Kodak Company. "Elementos de Radiografía". Eastman Kodak Company, 1980.
- [18] OPS. <http://www.ops.org.sv/terremoto>
- [19] RMI. "RMI Grid Alignment Test Tool Instructions, Model 144", Estados Unidos de Norteamérica".
- [20] ECRI. "Health Product Coparison System, Surgical Lamps", Diciembre 1996.
- [21] Freeman, Sigmund A. "Reducing the Risks of Nonstructural Eartquake Damage", Federal Emergency Management Agency, Septiembre 1994.
- [22] Huttenbach, Robert A. "Policy on Seismic Hazard Reduction". University of California, Santa Barbara, California, 1980.

[23] Steinmetz, William H. "How a Campus Handles an Earthquake Disaster".
University of Michigan, Estados Unidos de Norteamérica, 1979.

[24] McCavin, Gary L. " Earthquake Protection of essential Building Equipment"
Riverside, California, Estados Unidos de Norteamérica, 1981.

[25] McCavin, Gary L. " Earthquake Hazard Reduction for Life Support Equipment
in Hospitals" Riverside, California, Estados Unidos de
Norteamérica, Julio 1986.

ANEXO 1

PROTOCOLOS PARA EVALUACION DE DAÑOS DEBIDO A SISMOS EN EQUIPO MEDICO

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Aspirador</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		
N° INV. TECNICO		AMBIENTE:

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Fascos recolectores quebrados o con fisuras					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Componentes internos desconectados					<input type="checkbox"/> Impacto de objetos externos
Daños en componentes electrónicos					<input type="checkbox"/> Fluctuaciones de la red eléctrica
Perdida de asepsia					<input type="checkbox"/> Frasco recolector quebrado o con fisura
Chasis desajustado (vibración excesiva)					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Funcionamiento del equipo					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Bomba de Infusión</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y montaje del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Desconexión de la bomba y/o componentes					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Descalibración de la bomba					<input type="checkbox"/> Impacto con objetos externos
Daño en el restrictor y/o sensor de flujo					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Falla de sistema de respaldo de energía					<input type="checkbox"/> No funcionamiento de planta de emergencia
Equipo inoperable					<input type="checkbox"/> Baterías descargadas
					<input type="checkbox"/> Desconexión de la bomba
					<input type="checkbox"/> Falla de sistema de respaldo de energía

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Centrifuga</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Golpes de Objetos externos <input type="checkbox"/> Derrame de Fluidos <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños en tapadera de acrilico					
Daño en rotor					
Daño en carrusel de muestras					
Soporte inadecuado					
Funcionamiento					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Coagulómetro</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Pérdida de calibración					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Daño en bombillo halógeno.					<input type="checkbox"/> Cortocircuitos
Pérdida total del equipo:					<input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos.
Desperfectos eléctricos:					<input type="checkbox"/> Soporte inadecuado
Cable de alimentación dañado.					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños en componentes electrónicos					
Funcionamiento del equipo					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Contador de células</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		
N° INV. TECNICO		AMBIENTE:

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daños en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Daños mecánicos en el equipo					<input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos
Daños físicos o eléctricos en componentes internos					<input type="checkbox"/> Cortocircuitos
Soporte inadecuado					<input type="checkbox"/> Anclaje Defectuoso.
Perdida de calibración					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Funcionamiento del equipo					
Contaminación interna					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Desfibrilador</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad):
_____ (cm)

Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo al borde de la mesa:
_____ (cm)

Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y montaje del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Paddles abollados					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Impacto con objetos externos <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Derrame de fluidos <input type="checkbox"/> Daño en cable de alimentación <input type="checkbox"/> Abolladura en paddles <input type="checkbox"/> Falla de planta de emergencia <input type="checkbox"/> Batería descargada <input type="checkbox"/> Mantenimiento deficiente <input type="checkbox"/> Daño en capacitor de carga
Descalibración					
Daño en componentes electrónicos					
Daño en controles					
Daño en monitor					
Pérdida de seguridad eléctrica					
Falla de respaldo de energía eléctrica:					
Peligro de corrosión					
Perdida de función					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Electrocardiógrafo</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Impacto de objetos externos <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía. <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Funcionamiento del equipo					
Daños en controles e interruptores					
Daños físicos o eléctricos en componentes internos					
Daños en aguja de inscripción o estilete					
Daños en electrodos y cables de paciente.					
Daños por impacto de objetos externos.					
Soporte o anclaje inadecuado					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Equipo automatizado de química sanguínea</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Derrame de fluidos <input type="checkbox"/> Anclaje inadecuado <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía
Soporte inadecuado					
Contaminación del equipo					
Daño en sistema de control del equipo					
Funcionamiento					
Pérdida total del equipo					
Sistema de Despliegue de información dañado (impresora, monitor)					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Equipo de Rayos X fijo</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y montaje del equipo:

<i>Tipo de daño o falla</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>	<i>N/A</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Incidentes causales</i>
Desprendimiento del tubo de rayos X					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Desalineación del tubo de rayos X					<input type="checkbox"/> Soporte inadecuado
Pérdida de movimientos de la mesa					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Rotura en base de la mesa					<input type="checkbox"/> Deterioro por falta de mantenimiento
Vibración excesiva de la mesa					<input type="checkbox"/> Anclaje inadecuado
Rejilla desalineada					<input type="checkbox"/> Desprendimiento de tubo
Desconexión de componentes internos del generador					<input type="checkbox"/> Desprendimiento de elemento de soporte del tubo
Descalibración de KV, mA o tiempo					

Continúa en siguiente página...

...Continuación de protocolo par Equipo de Rayos X fijo

<i>Tipo de daño o falla</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>N/A</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Incidentes causales</i>
Daño del chasis del tubo de rayos X					<input type="checkbox"/> Elementos de anclaje flojos
Sistema de soporte de tubo de rayos x defectuoso					<input type="checkbox"/> Vibración excesiva de lmesa
Equipo inoperable					<input type="checkbox"/> Desconexión de componentes internos
					<input type="checkbox"/> Ausencia de energía eléctrica
					<input type="checkbox"/> Desplazamiento del transformador de alta tensión
Observaciones:					
Nombre:				Sello del servicio:	
Cargo:					
Firma:					
Tiempo de Ejecución:					

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Espectrofotometro</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía <input type="checkbox"/> Anclaje inadecuado <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños en controles e interruptores					
Soporte inadecuado					
Lámpara excitadora quemada					
Daños físicos o eléctricos en componentes internos					
Equipo potencialmente inoperable.					
Funcionamiento del equipo					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Esterilizador a vapor</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos
Funcionamiento del equipo					
Daño en sistema de tuberías de suministro de vapor.					
Daños en componentes electromecánicos					
Daños en los sistemas de control					
Daños en compuerta de autoclave (desnivel, fugas, etc.)					
Tipo de soporte o anclaje defectuoso					
Pérdida total del equipo.					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Esterilizador ETO</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		
N° INV. TECNICO		AMBIENTE:

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Funcionamiento del equipo					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Equipo potencialmente inoperable					<input type="checkbox"/> Cortocircuitos
Daño en sistema de tuberías de suministro de gas					<input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos
Daños en componentes electromecánicos (válvulas)					<input type="checkbox"/> Fugas de gas EtO
Daños en los sistemas de control					
Contaminación del ambiente de trabajo					
Tipo de soporte o anclaje defectuoso					
Pérdida total del equipo.					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Esterilizador eléctrico de gabinete</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo.					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos
Funcionamiento del equipo					
Equipo potencialmente inoperable					
Daños en componentes electromecánicos (válvulas)					
Daños en los sistemas de control					
Pérdida total del equipo.					
Tipo de soporte o anclaje defectuoso					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Gasómetro</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos <input type="checkbox"/> Derrame de fluidos
Pérdida de calibración					
Soporte inadecuado					
Contaminación del equipo					
Daño en panel de control del equipo					
Abolladuras en el equipo					
Pérdida total del equipo					
Funcionamiento					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Incubadora bacteriológica</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daños en cable de alimentación del equipo.					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Anclaje inadecuado <input type="checkbox"/> Golpes de objetos externos <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Derrame de fluidos
Daños mecánicos en el equipo					
Daños físicos o eléctricos en componentes internos					
Soporte defectuoso					
Daño en circuito de control de temperatura					
Contaminación interna					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Lámpara de examen</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo.					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Impacto de objetos externos <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños por impacto de objetos externos.					
Daño en bombillo.					
Soporte inadecuado.					
Funcionamiento					
Daños en componentes eléctricos.					
Perdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Lámpara Quirúrgica</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Peso de montajes adicionales de las lámparas: _____ (lbs) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y montaje del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Desprendimiento de componentes					<input type="checkbox"/> Tornillos flojos <input type="checkbox"/> Deterioro por falta de mantto.
Aflojamiento de brazo de satélite					<input type="checkbox"/> Soporte de filtro flojo <input type="checkbox"/> Brazo flojo
Filtro de calor quebrado o con fisura					<input type="checkbox"/> Desplazamiento de brazo <input type="checkbox"/> Desprendimiento de lámpara
Falla de sistema de respaldo eléctrico					<input type="checkbox"/> Falla en planta de emergencia
Desconexión de tarjeta electrónica al interior de la lámpara					
Bombillos quemados					<input type="checkbox"/> No hay sistema de continuidad absoluta
					<input type="checkbox"/> Desplazamiento de componentes

Continúa en siguiente página...

...Continuación de protocolo para lámpara quirúrgica

<i>Tipo de daño o falla</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>N/A</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Incidentes causales</i>
Perdida de asepsia					<input type="checkbox"/> Falta de estabilizador de voltaje <input type="checkbox"/> Entorno no es clean room <input type="checkbox"/> Montaje inadecuado
Desnivelación y/o perdida parcial de soporte en cielo					
Observaciones:					
Nombre:				Sello del servicio:	
Cargo:					
Firma:					
Tiempo de Ejecución:					

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Lavadora de guantes</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y soporte del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Golpes o abolladuras en parte exterior de equipo.					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía. <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Cable de alimentación dañado.					
Sistema de control del equipo dañado.					
Funcionamiento del equipo.					
Pérdida total del equipo.					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Máquina de Anestesia</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y montaje del equipo:

<i>Tipo de daño o falla</i>	Si	No	N/A	Comentarios	<i>Incidentes causales</i>
Descalibración de vaporizadores y/o célula de oxígeno					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Desconexión de gases y/o eléctrica					<input type="checkbox"/> Impacto con objeto externo
Falta de gases					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daño en reguladores de presión de cilindros de emergencia					<input type="checkbox"/> Frenos de rodos deteriorados
Desconexión de componentes electrónicos o mecánicos					<input type="checkbox"/> Corte de suministro de central de gases
Perdida de funciones de monitoreo y alarmas del paciente y del sistema					<input type="checkbox"/> Reguladores de presión dañados
Desconexión del circuito de paciente					<input type="checkbox"/> Cilindros de emergencia vacíos

<i>Tipo de daño o falla</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>N/A</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Incidentes causales</i>
Perdida de evacuación pasiva de gases anestésicos					<input type="checkbox"/> Falta de suministro eléctrico
Perdida de ventilación automática					<input type="checkbox"/> Desconexión de componentes electrónicos
Perdida de función de vaporizador o ventilador					<input type="checkbox"/> Volcamiento de equipo sobre circuito de paciente
Perdida de función					<input type="checkbox"/> Sistema de extracción de aire sin funcionamiento
Peligro de corrosión					<input type="checkbox"/> Ausencia de gas motriz (aire comprimido)
					<input type="checkbox"/> Desplazamiento de la máquina de Anestesia
					<input type="checkbox"/> Desplazamiento de la mesa de operaciones
					<input type="checkbox"/> Perdida de funcionamiento de vaporizador
					<input type="checkbox"/> Perdida de funcionamiento de ventilador
					<input type="checkbox"/> Derrame de líquidos
Observaciones:					
Nombre:				Sello del servicio:	
Cargo:					
Firma:					
Tiempo de Ejecución:					

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Mesa de Operaciones</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y montaje del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en sistema de frenos					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Perdida de fijación					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Perdida de movimientos mecánicos					<input type="checkbox"/> Daño en sistema de frenos
Perdida de asepsia					<input type="checkbox"/> Mantenimiento inadecuado
					<input type="checkbox"/> Impacto de objeto externo
					<input type="checkbox"/> Daño en control externo
					<input type="checkbox"/> Carencia de entorno clean room

Observaciones: _____

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Microscopio</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en oculares					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Impacto de objetos externos <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía. <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Derrame de flúidos. <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daño en prisma					
Daño en sistema óptico (ralladuras en lentes)					
Funcionamiento					
Perdida total del equipo					
Soporte inadecuado					
Daños en cable del equipo					
Componentes eléctricos dañados					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Monitor de Signos Vitales</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad):
_____ (cm)

Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo al borde de la mesa:
_____ (cm)

Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y montaje del equipo:

<i>Tipo de daño o falla</i>	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de electrodos					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Pantalla de monitor quebrada					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Desconexión de componentes electrónicos					<input type="checkbox"/> Impacto con objetos externos
No visualización de imagen en monitor					<input type="checkbox"/> Perdida de soporte
Perdida de soporte					<input type="checkbox"/> Soporte inadecuado
Perdida de señales de alarma					<input type="checkbox"/> Desconexión de componente
Descalibración					<input type="checkbox"/> Daño de componente

<i>Tipo de daño o falla</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>N/A</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Incidentes causales</i>
Perdida de seguridad eléctrica					<input type="checkbox"/> Derrame de líquidos
Desconexión eléctrica					<input type="checkbox"/> Monitor quebrado
Peligro de corrosión en equipo					<input type="checkbox"/> No visualización de imágenes
Equipo inoperable					<input type="checkbox"/> Descalibración
					<input type="checkbox"/> Pérdida de seguridad eléctrica
					<input type="checkbox"/> Daño considerable en chasis

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Nebulizador</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Funcionamiento del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños por impactos de objetos externos					
Daños por impactos debido al volteo de cilindros					
Pérdida total del equipo					
Soporte inadecuado					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Negatoscopio</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y soporte del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en cable de alimentación del equipo					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Impacto de objetos externos <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Fluctuaciones de energía. <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños por impacto de objetos externos					
Soporte inadecuado					
Daño en tubos de iluminación					
Funcionamiento del equipo					
Pérdida total del equipo					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Procesadora de Pelicula</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		
N° INV. TECNICO		AMBIENTE:

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo al borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y montaje del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Desconexión o ruptura en líneas de suministro y/o drenaje					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> No funciona A/C- o ventilación <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Entrada de luz a cuarto oscuro <input type="checkbox"/> Desconexión de bomba <input type="checkbox"/> Soporte o anclaje inadecuado <input type="checkbox"/> Deterioro por falta de mantto. <input type="checkbox"/> Desconexión o ruptura de tubería <input type="checkbox"/> Falla en el sistema reabastecedor <input type="checkbox"/> Desconexión de componentes electrónicos
Producción de velo en las películas					
Falla en el sistema reabastecedor					
Falla en el sistema de recirculación					
Desconexión de componente electrónico					
Perdida de anclaje					
Equipo inoperable					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Refrigerador para banco de sangre</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Derrame de sustancias en el interior de la cámara					<input type="checkbox"/> Volcamiento <input type="checkbox"/> Desplazamiento <input type="checkbox"/> Derrame de fluidos <input type="checkbox"/> Cortocircuitos <input type="checkbox"/> Anclaje inadecuado
Contaminación					
Daños físicos o eléctricos en componentes					
Funcionamiento					
Pérdida del equipo					
Abolladuras					
Soporte inadecuado					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Tensiómetro de mercurio</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)
 Distancia del equipo a borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y soporte de la mesa:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Soporte inadecuado.					<input type="checkbox"/> Volcamiento. <input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daños por impacto de objetos externos.					
Derrame de mercurio					
Funcionamiento del equipo.					
Perdida total del equipo.					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<u>Ultrasonógrafo</u>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad):
_____ (cm)

Peso: _____ (lbs)

Descripción del material y montaje del equipo:

<i>Tipo de daño o falla</i>	Sí	No	N/A	Comentarios	<i>Incidentes causales</i>
Daño en los cristales piezoeléctricos					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Desconexión de componentes electrónicos					<input type="checkbox"/> Impacto con objetos externos
Descalibración					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Daño en monitor					<input type="checkbox"/> Anclaje o soporte inadecuado
Peligro de corrosión en equipo					<input type="checkbox"/> Desconexión de componentes internos
Pérdida de seguridad eléctrica					<input type="checkbox"/> Derrame de líquidos
Pérdida de seguridad eléctrica del equipo					<input type="checkbox"/> Daño en cristales piezoeléctricos

<i>Tipo de daño o falla</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>	<i>N/A</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Incidentes causales</i>
Desconexión eléctrica					<input type="checkbox"/> Monitor dañado <input type="checkbox"/> Descalibración <input type="checkbox"/> Pérdida de seguridad eléctrica
Peligro de corrosión en equipo					
Equipo inoperable					

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	

PROTOCOLO PARA EVALUACION DE DAÑOS

Hospital _____

EQUIPO	<i>Unidad de Electrocirugía</i>	SERVICIO:
MARCA		
MODELO		
SERIE		AMBIENTE:
N° INV. TECNICO		

Dimensiones (alto x ancho x profundidad): _____ (cm) Peso: _____ (lbs)

Distancia del equipo al borde de la mesa: _____ (cm) Ancho de la mesa: _____ (cm)

Descripción del material y montaje del equipo:

Tipo de daño o falla	Si	No	N/A	Comentarios	Incidentes causales
Daño en electrodo de dispersión					<input type="checkbox"/> Volcamiento
Cables o electrodos de mano rajados, con abolladura o con daño en aislamiento					<input type="checkbox"/> Desplazamiento
Peligro de corrosión o cortocircuito					<input type="checkbox"/> Desconexión
Perdida de seguridad eléctrica					<input type="checkbox"/> Volcamiento de partes
Descalibración					<input type="checkbox"/> Derrame de líquidos
Equipo inoperable					<input type="checkbox"/> Impacto con objetos externos
					<input type="checkbox"/> Abolladura de electrodos
					<input type="checkbox"/> Descalibración
					<input type="checkbox"/> Perdida de seguridad eléctrica

Observaciones:

Nombre:	Sello del servicio:
Cargo:	
Firma:	
Tiempo de Ejecución:	