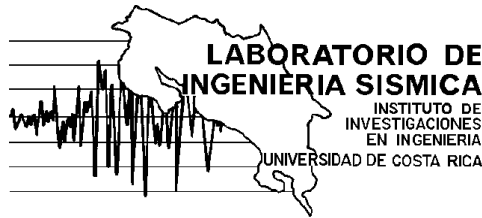


**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA
LABORATORIO DE INGENIERÍA SÍSMICA**



Proyecto:

**Disminución del riesgo sísmico no estructural y
señalización de zonas de seguridad sísmica en
cuatro edificios de la Sede Rodrigo Facio de la
Universidad de Costa Rica, No. 731-A7-217**

Segundo informe parcial

31 de julio de 2008

Segundo informe parcial del proyecto: Disminución del riesgo sísmico no estructural y señalización de zonas de seguridad sísmica en cuatro edificios de la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

Código: 731-A7-217

Vigencia: del 1 de agosto del 2007 al 31 de diciembre del 2009

Actividad: Investigación.

Subactividad: Investigación aplicada.

Adscripción: Programa de Investigación “Monitoreo de sismos fuertes y desarrollo de investigaciones orientadas a la mitigación de efectos debido a terremotos”, No.731-A2-905.

Vinculación con programa institucional: Programa Institucional de Investigación en Desastres.

Fecha de presentación del segundo informe parcial: 12 de diciembre del 2008

Costo total del proyecto: De acuerdo con el oficio VI-484-2008 para este año el presupuesto aprobado es de 395.532,00 colones con la siguiente distribución:

Partida	Descripción	Monto
2-99-01-05	Útiles y materiales de computación	c 150.000,00
6-02-02-01	Horas estudiante (8 horas x 10,5 meses)	c 245.532,00

Participantes

Investigador principal

Ana Priscilla Paniagua López
10 horas por semana (1/4 TC)
Licenciada en Ingeniería Civil
Instituto de Investigaciones en Ingeniería
Profesor interino

OBJETIVO GENERAL

Identificar los riesgos no estructurales y señalar las zonas de seguridad sísmica en cuatro edificios de la Universidad de Costa Rica para garantizar la seguridad sísmica no estructural de los ocupantes de las edificaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y METAS PARA CADA UNO

Se tienen dos objetivos específicos. Cada objetivo se aplica a cada edificio individualmente, para ello se trabaja medio año con cada uno de ellos.

Objetivo 1. Recolectar datos e información preliminar que permitan ejecutar el estudio, tales como: planta de distribución del edificio, tipo de materiales de construcción utilizados, estructura del inmueble, fotografías de las habitaciones, historial de daño no estructural en el edificio, entre otros.

Metas objetivo 1:

- Preparación de las tablas de datos que contienen la información de la estructura, distribución e historia del daño no estructural en la edificación.
- Elaboración de un plano general de la edificación que muestre los riesgos no estructurales encontrados y la ruta de evacuación actual, si existe.
- Recomendaciones preliminares básicas sobre el tipo de aseguramiento no estructural que ocupa la edificación.

Objetivo 2. Elaborar la propuesta de aseguramiento físico de los elementos no estructurales (paredes livianas, ventanas, lámparas, muebles, equipo y cielos rasos) en la edificación y la de señalización de zonas de seguridad y ruta de evacuación del edificio.

Metas objetivo 2:

- Elaboración de esquemas sobre los mecanismos de aseguramiento sísmico para los elementos no estructurales bajo análisis: paredes livianas, ventanas, lámparas, muebles, equipo y cielos rasos.
- Ubicación final de las zonas de seguridad dentro de la edificación en el caso de que se adopten las recomendaciones de seguridad dadas y en caso de que no se adopten.
- Definición de las señales de seguridad sísmica por utilizar para las zonas definidas como seguras dentro de la edificación.
- Elaboración de las propuestas sobre el material informativo requerido para la divulgación en la población usuaria del edificio de los resultados obtenidos.
- Escritura del informe final.

DIFICULTADES Y LA MANERA DE ENFRENTARLAS

Para la ejecución del primer y segundo objetivo, aplicados al primer edificio y segundo con los que se trabajó, el Instituto de Investigaciones en Salud y la Biblioteca de Ciencias de la Salud, no se tuvieron que enfrentar dificultades significativas. Queda pendiente el desarrollo de los mismos objetivos para los edificios faltantes: la Escuela de Físico – Matemática y la Escuela de Arquitectura.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dada la necesidad de establecer un equilibrio entre la seguridad y la economía para el diseño de estructuras y debido a que construir un edificio que no sufra ningún daño ante la presencia de un sismo es muy costoso, la filosofía de diseño sismorresistente establece niveles de daño tolerables según la fuerza del movimiento sísmico. De esta forma, se asegura la estabilidad del sistema y se trata de reducir el daño estructural y no estructural de éste.

Los códigos de diseño estructural buscan garantizar un adecuado comportamiento de las estructuras diseñadas de acuerdo con los criterios de sismorresistencia, para así garantizar la seguridad de los ocupantes de una edificación y de los transeúntes expuestos al riesgo de colapso de los elementos no estructurales. Por lo tanto, es importante comprender la importancia de considerar el comportamiento de estos últimos durante un evento sísmico y sus condiciones de estabilidad.

En el pasado, los sismos fuertes han mostrado las vulnerabilidades de los componentes no estructurales, como cielos suspendidos, muebles adosados a paredes, divisiones livianas, lámparas, ventanería, fachadas prefabricadas ancladas, entre otros. Éstos, al ser componentes rígidos que interactúan con una estructura flexible durante un sismo, se mueven de forma muchas veces diferente al resto del edificio y al chocar se aumenta su riesgo de colapso. Por ejemplo, se puede citar el choque que se produce entre las paredes divisorias livianas o los elementos arquitectónicos pesados y frágiles con las estructuras de soporte que tienen gran capacidad de deformación y, pueden colapsar durante un sismo fuerte afectando seriamente los espacios donde se aglomeran las personas y provocando serios daños, hasta la pérdida de vidas.

Debido a la necesidad de identificar el riesgo sísmico no estructural, en el año 2006 se realiza en la Escuela de Ingeniería Civil el proyecto de graduación Riesgo sísmico no estructural en edificios de ocupación normal (Paniagua. 2006), la cual es una investigación orientada a la formulación de un procedimiento detallado y claro que permita la identificación del riesgo sísmico no estructural. Además, dicho proyecto, dada la ausencia en el país de normativas adecuadas al contexto nacional sobre la señalización de las zonas de seguridad relativas a dicho riesgo, propone recomendaciones para el control y la evacuación de los ocupantes de una edificación.

Los edificios de la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, por ejemplo la Biblioteca de Ciencias de la Salud, el Instituto de Investigaciones en Salud, la Escuela de Física-Matemática y al Escuela de Arquitectura, son inmuebles que caen dentro de la categoría de ocupación normal dada por el Código Sísmico de Costa Rica y por lo tanto, son sitios de alta ocupación. Si ocurriera una alarma de sismo o un sismo fuerte, es de esperar que los ocupantes de dichas edificaciones salgan de ellas tan pronto como sea posible, dado que estos últimos, perciben a los edificios como inseguros. Los ocupantes permanecerán en su interior sólo si se les orienta de manera reiterada y se les educa a permanecer en ciertas zonas al interior de la edificación durante el evento y para luego desalojarla, en forma segura, que salir de ella apresuradamente.

Por lo tanto, la aplicación del procedimiento establecido por Paniagua (2006) para la identificación del riesgo sísmico de los elementos no estructurales se convierte en una necesidad, dada la amenaza sísmica de Costa Rica y la observación de los daños sufridos durante los eventos sísmicos en edificios universitarios en el pasado. De esta forma, es posible hacer recomendaciones que permitan el control y manejo de las personas durante un movimiento sísmico, con el fin de salvaguardar la vida de los ocupantes; siendo este el objetivo de diseño más importante.

Finalmente, con este proyecto se espera que los edificios mencionados, adquieran las sugerencias sobre seguridad física no estructural, señalización de zonas de seguridad y determinación de posibles rutas de evacuación en función de las condiciones de amenaza no estructural que presenten. Esto con el objetivo de garantizar la seguridad de los ocupantes durante un sismo mediante medidas enmarcadas en la prevención de desastres y en la educación sobre el qué hacer durante estos eventos.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

País: Costa Rica, Provincia: San José, Cantón: Montes de Oca, Distrito: San Pedro

IMPACTO DEL PROYECTO

Este proyecto contribuye con la mitigación de los efectos debidos a los terremotos, como lo son las pérdidas de vidas y daños a la propiedad, a través de una detallada determinación de los efectos en los sistemas no estructurales debidos a los sismos.

Además, forma parte del conjunto de medidas preventivas básicas para las zonas donde se experimentarán eventos sísmicos recurrentes. Por cada colón que se gaste en medidas de mitigación antes de que ocurra el sismo se disminuyen las pérdidas de vidas humanas, cuyo valor es incalculable, además, este representa seguridad a largo plazo, en cuanto a vidas humanas involucradas y el costo social que significa la pérdida del servicio.

Por otra lado, responde a las inquietudes de la sociedad civil sobre qué hacer en caso de la ocurrencia de un terremoto, debido a la ausencia de una normativa en este país que permita caracterizar los riesgos sísmicos de un edificio, para así establecer el adecuado plan de control y evacuación de las personas durante un sismo.

El proyecto fomenta la creación de una cultura de prevención y atención en caso de desastres, como es el caso de los terremotos; mediante la información reiterada sobre el comportamiento y procedimiento que se debe seguir en caso de una emergencia.

BENEFICIO QUE RECIBE LA UCR CON EL PROYECTO

Con los resultados que se obtengan con este estudio, cuatro edificios de alta ocupación tendrán las propuestas adecuadas para garantizar la seguridad no estructural e indicar la forma de evacuación del sitio a sus usuarios temporales y permanentes.

Lo anterior, se enmarca en la labor de enseñanza e investigación que caracteriza a la UCR, de manera tal que fortalece la imagen de la Universidad como ente promotor de la solución de problemas trascendentales para la comunidad universitaria y la población costarricense. La información obtenida será valiosa para instituciones como la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, para ingenieros y planificadores en general.

Además, la información generada con este proyecto puede ser aplicada en otros edificios que pertenezcan a la clasificación ocupación normal, como por ejemplo bancos, edificios de oficinas, entre otros; situación que servirá a la UCR para ampliar sus horizontes de conocimiento y desarrollo social e institucional.

METODOLOGÍA

Se está trabajando con cuatro edificios de la Universidad de Costa Rica, preferiblemente, la Biblioteca de Ciencias de la Salud, el Instituto de Investigaciones en Salud, la Escuela de Física-Matemática y la Escuela de Arquitectura. En caso de que no pueda concretarse el estudio en estos edificios, se buscan otros con características de uso ocupación normal, que pertenezcan a la Sede Rodrigo Facio de la UCR.

Para este informe, se presentan los resultados de lo trabajado con el edificio del Instituto de Investigaciones en Salud y el edificio de la Biblioteca de Ciencias de la Salud.

Como etapa previa al desarrollo propio del proyecto, se revisaron y actualizaron los procedimientos de identificación de zonas de seguridad sísmica, señalización y aseguramientos físicos de elementos no estructurales para ser aplicados en los edificios en estudio.

La primera etapa del desarrollo propio del proyecto, como los objetivos lo mencionan, es la recolección de datos e información preliminar que permitan ejecutar el estudio, tales como: planta de distribución del edificio, tipo de materiales de construcción utilizados, estructura del inmueble, fotografías de las habitaciones, historial de daño no estructural en el edificio, entre otros.

En esta etapa se debe visitar el edificio y coordinar entrevistas con el personal, con el objetivo de obtener la información histórica de daños por sismo en el edificio, así como, se mencionó anteriormente, las características físicas estructurales y no estructurales del inmueble.

De esta forma se procede a preparar la base de datos que contenga la información de la estructura, distribución e historia del daño no estructural en la edificación. Para luego, elaborar un plano general de la edificación que muestre los riesgos no estructurales encontrados y la ruta de evacuación actual, en caso de que esta última existiera.

Con esta información, se procede al estudio y análisis de la misma, período durante el cual se inicia el proceso de formulación de recomendaciones básicas sobre el tipo de aseguramiento no estructural que ocupa la edificación.

La siguiente etapa abarca la elaboración de la propuesta sobre aseguramiento físico de los elementos no estructurales (paredes livianas, ventanas, lámparas, muebles, equipo y cielos rasos) en la edificación y la de señalización de las zonas de seguridad y ruta de evacuación del edificio.

Según las deficiencias y problemas encontrados en los elementos no estructurales: paredes livianas, ventanas, muebles, equipo, lámparas y cielos rasos; se elaborarán esquemas de los mecanismos de aseguramiento sísmico de las sujeciones de estos componentes.

Además, se procede a ubicar finalmente las zonas de seguridad dentro de la edificación. Para ello se contemplan dos escenarios, la no adopción de las recomendaciones de seguridad no estructural planteadas y la puesta en práctica de las sugerencias. Esta ubicación, también, comprende la definición de las señales de seguridad sísmica por utilizar para las zonas definidas como seguras dentro de la edificación.

Por último, toda la información resultante con las zonas de seguridad sísmica y las normas que se deben acatar en caso de sismo, se divulgará a la comunidad usuaria de la edificación mediante material informativo. Para ello, se procede a la elaboración de propuestas de este material de acuerdo con los resultados obtenidos.

RESULTADOS OBTENIDOS

Para cada problema (riesgo no estructural) encontrado se presenta una justificación sobre por qué el elemento es considerado un riesgo y la estrategias para llevar a cabo la disminución.

ASPECTOS NO ESTRUCTURALES EN GENERAL

Esta evaluación del riesgo considera los siguientes elementos no estructurales: cielorrasos, paredes livianas, muebles y equipo, lámparas y ventanas.

- Cielorrasos

Los cielorrasos son elementos sensibles tanto a la deformación como a la aceleración producida por sismos. En general, la deformación de la estructura principal puede provocar que el cielorraso pierda su soporte y caiga. Si la estructura de aluminio del sistema de cielorraso se deforma lo suficiente, puede provocar la caída masiva de los paneles, lo que constituye una amenaza de posibles lesiones a los ocupantes y puede provocar daños en equipos y bloquear rutas de circulación.

En particular, los cielos suspendidos poseen mayor riesgo de inestabilidad durante un sismo, debido a que los perfiles principales se colocan simplemente apoyados sobre los perfiles laterales que se empotran a las paredes o entrepisos, pero producto de un movimiento tipo péndulo provocado por el sismo y también, dado que los cables no pueden resistir compresión, es posible que los perfiles se desacoplen en sus conexiones y su deformación permita la caída de estos y de las láminas que sostienen.

- Paredes livianas

Las paredes o particiones livianas son sensibles tanto a la aceleración como a la deformación que el sismo le impone al sistema donde se ubiquen. En el caso de que las particiones estén ancladas de piso a piso sufrirán agrietamiento por cortante y deformación debido al desplazamiento lateral entre pisos. En el plano perpendicular a la pared, las altas aceleraciones pueden causar agrietamiento por flexión y si el anclaje superior o inferior falla, se produce el colapso del sistema. Si las particiones son aisladas de la estructura de soporte o tienen un apoyo libre, se convierten en elementos sensibles a la aceleración.

El anclaje de las paredes livianas tanto en su nivel superior como inferior lo obligan a trabajar como un sistema doblemente empotrado que al sufrir un desplazamiento en sus extremos, por la acción del sismo, ve sometido sus apoyos y su estructura interna a esfuerzos considerables que son causantes de su daño posterior.

Además, otro problema relacionado se puede dar en la dirección perpendicular, donde si el sistema de paredes livianas encuentra una restricción lateral al desplazamiento, dado que las láminas, en ocasiones, pueden no estar aisladas de la pared; las láminas pueden agrietarse diagonalmente producto de los esfuerzos de tensión y compresión que se generan en su plano.

- Ventanas

En el caso de las ventanas, se tienen dos casos en los que estas pueden sufrir daño. El primero de ellos es cuando las ventanas se componen de marcos metálicos anclados a la estructura o a los muros no estructurales que al ser sometidos a grandes deformaciones pueden sufrir torsión y pandeo, provocando que el vidrio se salga del marco o que se quiebre. Esto puede deberse ya sea porque el vidrio ha sido cortado muy pequeño respecto a la abertura, o que el vidrio ha sido cortado muy grande respecto a la abertura, dejando por lo tanto poco o ningún margen para su adecuación a las deformaciones del marco, o que el vidrio no está bien ajustado al marco, de forma que se presenta movimiento independiente del marco, provocando ruptura o caída.

Debido a lo anterior, y a que la estructura no se encuentra debidamente rigidizada para restringir las deformaciones laterales ni la distorsión angular de los vanos en los cuales se encuentran las ventanas, es de esperarse que en caso de un sismo moderado o intenso se rompa un número importante de vidrios, debido al daño o deformación de los marcos de las ventanas. Las grietas que se produce son diferentes por ser el vidrio un elemento frágil que presenta un comportamiento de falla explosiva.

El segundo caso de daño en ventanas es la caída de las celosías donde la experiencia en sismos pasados ha demostrado que ya sea que el marco se deforme o que los vidrios se desacoplen por un mal ajuste, estos últimos pueden caer y se convierten en elementos cortantes y peligrosos para los ocupantes de un sitio en particular.

- Muebles y equipo

Los elementos analizados abarcan los muebles pequeños, armarios, archivos, estantes simplemente apoyados en el piso y los anclados en la pared, escritorios, y, los objetos colocados sobre ellos, como por ejemplo: computadoras, libros, entre otros.

Estos elementos son sensibles a la aceleración que el sismo le imprime y por tal razón, durante un evento sísmico, pueden volcarse o deslizarse lanzando al suelo los objetos que ellos contengan e impactar a las personas o imposibilitar su evacuación. Además, un riesgo que existe principalmente en sitios donde se almacenan sustancias peligrosas (como los laboratorios), es el derrame de líquidos y sustancias tóxicas que en algunos casos son almacenadas en estantes.

Los muebles son sensiblemente inestables, si se encuentran simplemente apoyados al suelo y trabajan a fricción, debido a que por ser elementos más altos que anchos, al experimentar el movimiento sísmico tienden a mantener su estado de reposo (inercia del cuerpo) y no ajustarse al movimiento del terreno en ese momento.

- Lámparas

El principal problema que se puede presentar durante un sismo es la deformación del marco de hierro interior y con ello el deslizamiento de las láminas que soportan, las cuales al ser elementos flexibles se deforman reduciendo con ello su área de apoyo, para posteriormente caer al suelo. Además, si la lámpara forma parte del cielo raso y no cuenta con un sistema de soporte independiente, puede desplomarse al producirse la caída masiva de los paneles del cielo e interrumpir con ello su funcionamiento, lo que dificultará la labor de evacuación.

Es importante desatacar que las recomendaciones para un mejoramiento del desempeño sísmico de los sistemas estructurales y no estructurales bajo análisis se verán reflejadas en una reducción del número de muertes, heridos, pérdidas económicas e interrupción del servicio que se brinda en el INISA. Todo esto si se toman en consideración las medidas preventivas que se plantean.

Resultados específicos para el Instituto de Investigaciones en Salud

La primera etapa de este proyecto consistió en el análisis del riesgo sísmico no estructural y la señalización de zonas de seguridad del edificio del Instituto de Investigaciones en Salud (INISA), ubicado en Finca 2 en Sabanilla de Montes de Oca.

El INISA está distribuido en dos edificios independientes, a distinto nivel en el terreno y con un pasillo común que los comunica. Cada uno de estos edificios presenta una estructura de una planta compuesta de marcos de acero, con paredes internas de mampostería reforzada y dos muros de retención de un metro de altura en la dirección más larga (este - oeste).

La forma de cada edificio es rectangular (dimensiones de 37 x 10,3 metros), con una estructura regular tanto en planta como en altura, lo que evita diferencias o cambios abruptos en la resistencia y rigidez lateral de la estructura, que podría causar daño en caso de sismo.

Además, no hay presencia de edificios en la colindancia lo que disminuye el riesgo de choque entre estructuras adyacentes por el efecto de las diferencias en los modos de vibración de estos.

Además, la presencia del muro de contención exterior, el cual funciona como jardinera, le imprime una mayor rigidez a la estructura en general.

RIESGOS NO ESTRUCTURALES ENCONTRADOS EN EL INISA

Con respecto al inventario de riesgos no estructurales en los edificios del INISA se identificaron los aspectos relacionados con los elementos que pueden causar daño en caso de sismo, el tipo de aseguramiento que estos tienen, su ubicación con respecto a las personas y con respecto a la ruta de evacuación del edificio.

Se analizaron los dos módulos que conforman la infraestructura del INISA, uno de ellos dedicado a oficinas y el otro dedicado a laboratorios.

Módulo I: Laboratorios

El módulo uno, dedicado a laboratorios, tiene aproximadamente diez laboratorios, entre ellos: bacteriología, células, virología, genética, microbiología de alimentos y aguas, y, radiación. Además, en este edificio se ubican dos oficinas de investigadores, una bodega de reactivos, la sala de lavado y reparación, la sala de incubadoras y un cuarto de microscopios.

La distribución de los elementos no estructurales dentro del edificio se muestra a continuación en la Figura 1 seguida de una vista lateral del inmueble (Figura 2 y Figura3) donde es posible identificar la ubicación de las ventanas y puertas de ingreso/egreso. Se debe resaltar que las divisiones con color rojo corresponden a paredes livianas y por lo tanto el resto, son paredes de concreto.



Figura 1. Ubicación de elementos no estructurales en Módulo 1: Laboratorios.

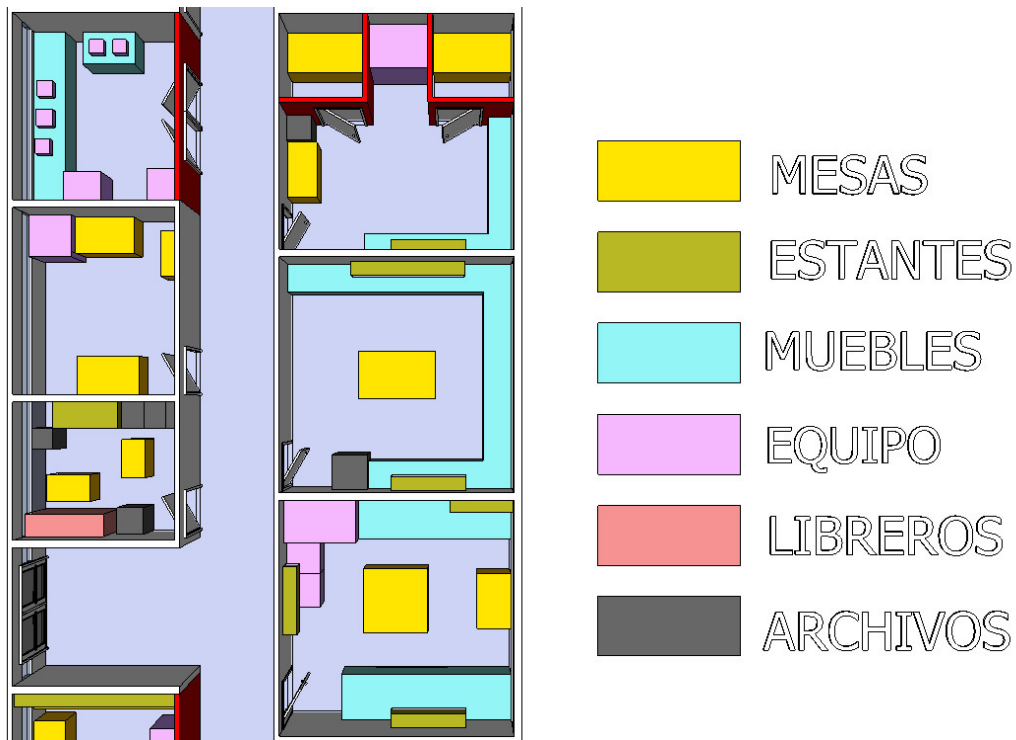


Figura 1. Ubicación de elementos no estructurales en Módulo 1: Laboratorios (continuación).

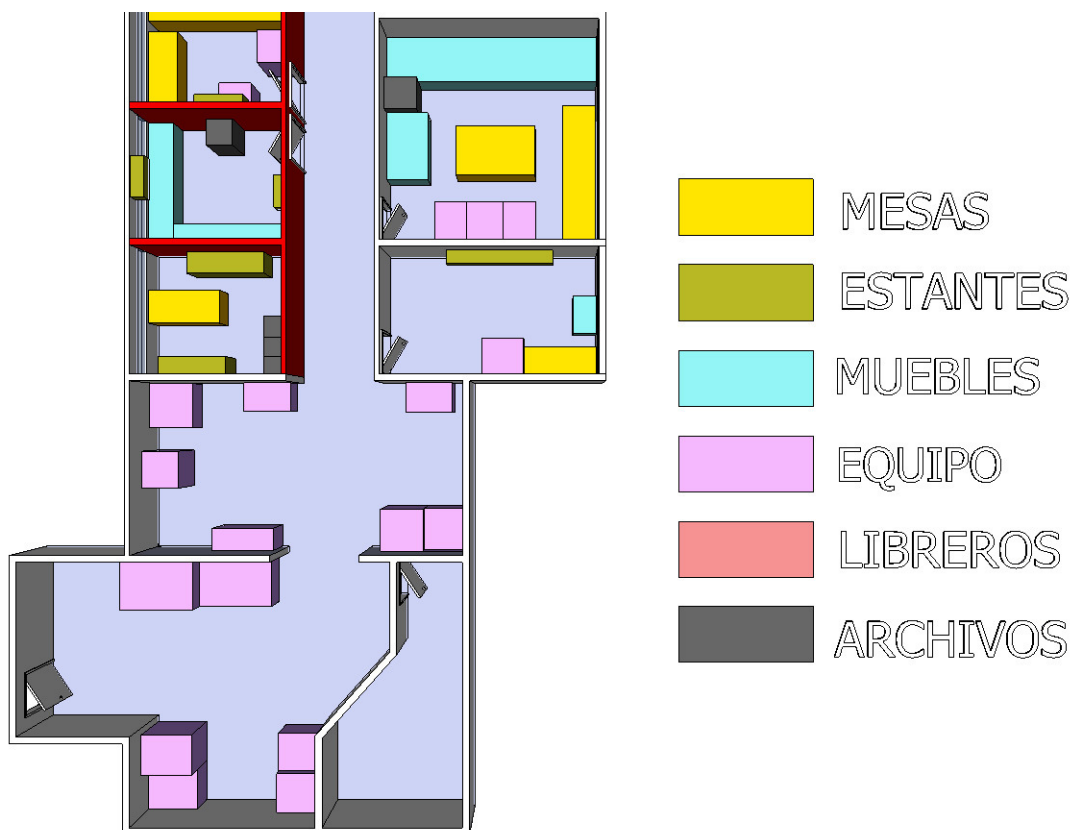


Figura 1. Ubicación de elementos no estructurales en Módulo 1: Laboratorios (continuación).

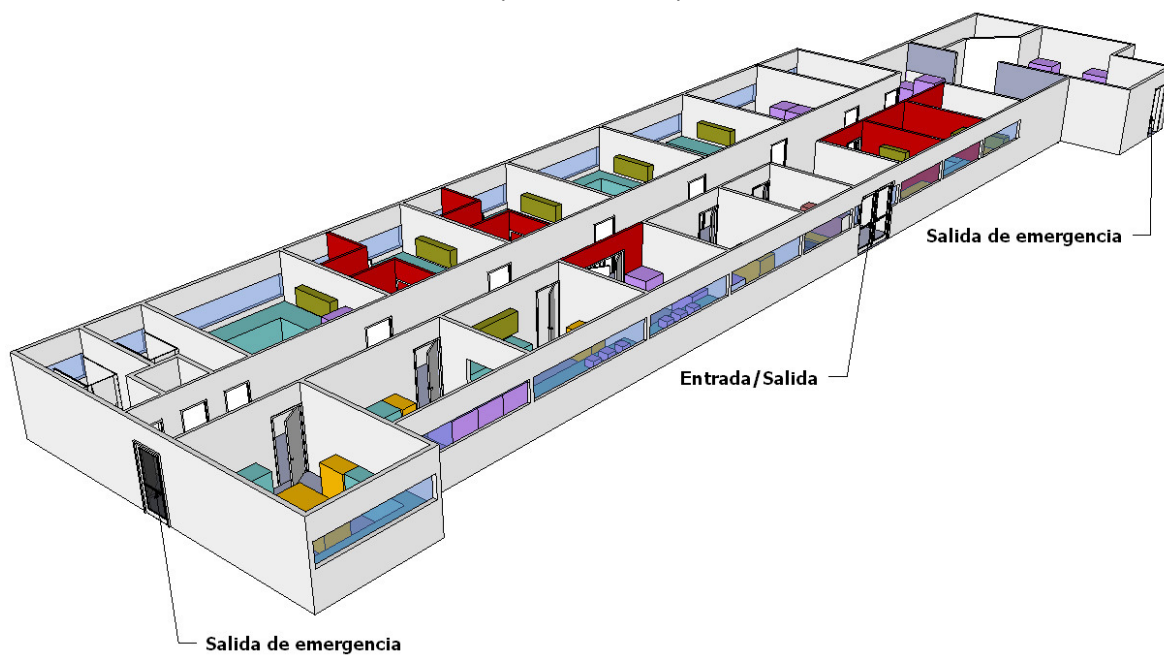


Figura 2. Vista lateral derecha de Módulo 1: Laboratorios del INISA.

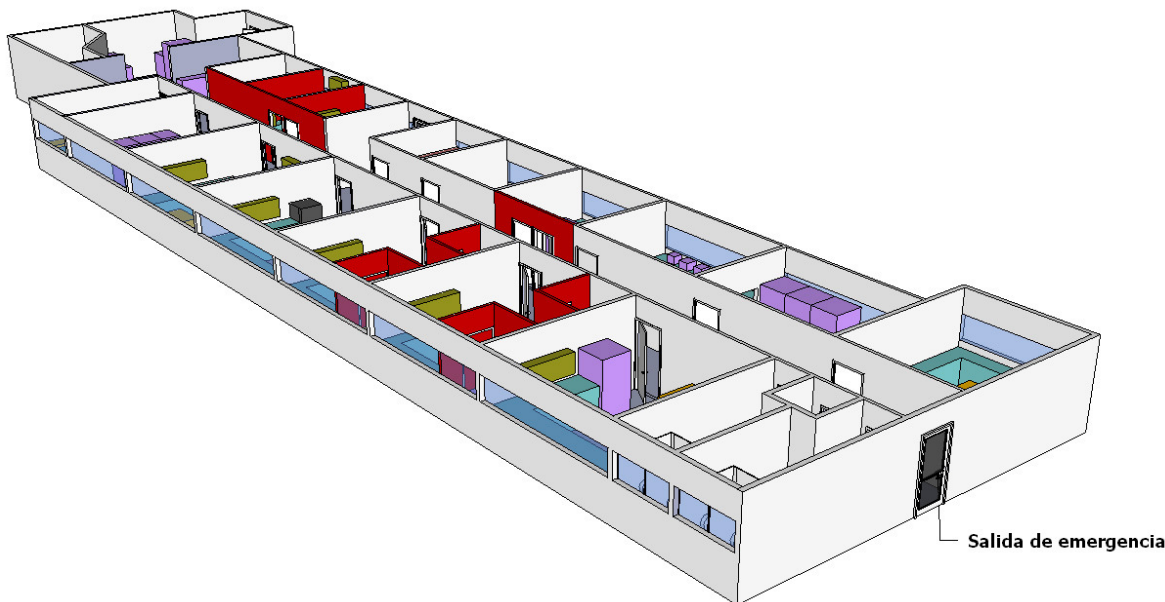


Figura 3. Vista lateral izquierda de Módulo 1: Laboratorios del INISA.

A partir de este inventario, se determinó que el 88% del cielorraso utilizado en el edificio es del tipo cielo suspendido (ver Gráfico 1) que, como se comentó anteriormente, es un elemento riesgoso en caso de sismo por la posibilidad de caída de las láminas que lo componen. Además, esta estructura no posee cables diagonales de refuerzo o elementos que disminuyen el movimiento de hamaca que puede inducirle un sismo.

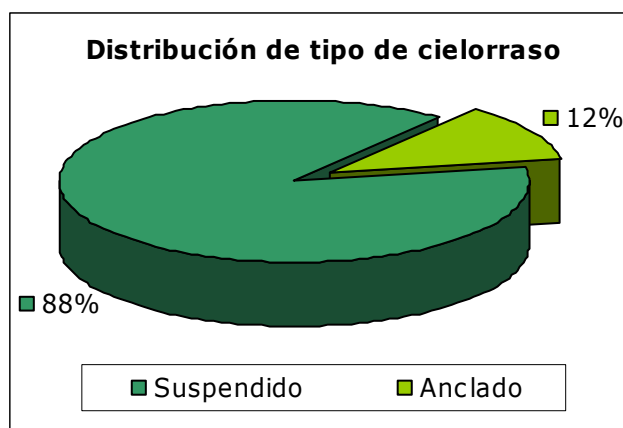


Gráfico 1. Distribución del tipo de cielorraso: Módulo 1.

En cuanto a las divisiones livianas, se identificó el 84% de las paredes del edificio son de concreto, específicamente de mampostería y el 16% restante son paredes livianas con cubiertas de madera contrachapada (ver Gráfico 2). El problema es que las paredes livianas que se extienden hasta la altura del techo están ancladas tanto en su parte

inferior como en su parte superior que hacen que el sistema trabaje doblemente empotrado lo que puede provocar los daños antes mencionados.

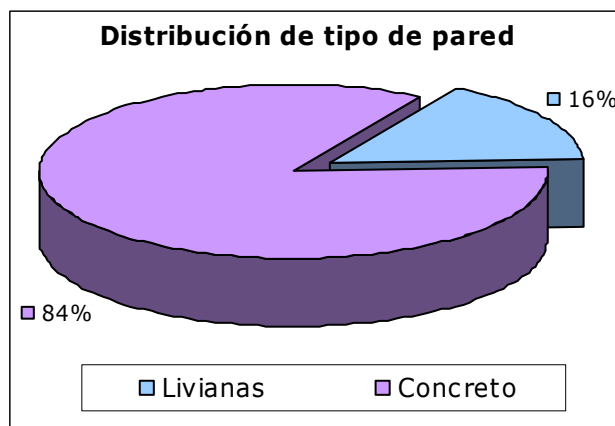


Gráfico 2. Distribución del tipo de pared: Módulo 1.

Por otra parte, en este módulo, las ventanas se encuentran distribuidas a lo largo de la mayor longitud del inmueble, a una altura aproximada de 1,20 metros desde el suelo. El 80% de las ventanas son lisas (ver Gráfico 3), es decir, están compuestas por una sola pieza de vidrio cuyas dimensiones máximas son 0,95 metros x 1,10 metros, aproximadamente. El 20% restante corresponde a ventanas con celosías. A pesar de ello, el riesgo de estos elementos es menor debido a que la parte superior de la pared donde se inscriben está construida con un material liviano que no le imprime mayor carga ni la obliga a trabajar como un elemento sensible a la deformación del marco, es decir, se encuentran simplemente apoyadas sobre la pared inferior. En el caso de las celosías, como más adelante se recomendará, es mejor evitar esta solución para la ventilación controlada, en especial si las celosías se ubican sobre sectores cercanos a salidas de emergencia, como sucede en este caso.

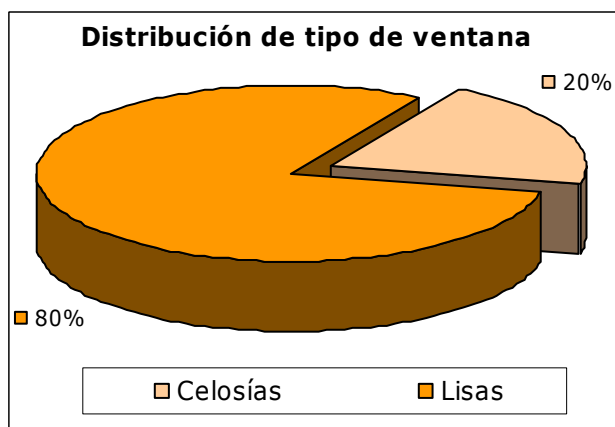


Gráfico 3. Distribución del tipo de ventana: Módulo 1.

Con respecto a los muebles y el equipo, estos elementos no estructurales son los que, potencialmente, según lo observado durante las inspecciones del sitio, pueden causar un mayor daño a la integridad de las personas e interrumpir su libre tránsito durante un proceso de evacuación.

La distribución porcentual de los muebles y el equipo inventariado se muestra en el Gráfico 4, donde se realizó una clasificación general de los diferentes elementos que abarca esta categoría. De esta clasificación se desprende que el 28% de los muebles son mesas de trabajo, las cuales en su mayoría mantienen sobre ellas gran cantidad de objetos específicos para cada área los cuales no están asegurados a su superficie de apoyo; en algunos casos estos equipos tienen un apoyo con ventosas que les permite adherirse a la superficie inferior. El 26% corresponde a equipo de laboratorio como por ejemplo refrigeradores, incubadoras, campanas de extracción de gases, hornos y equipo de menor volumen (microscopios, materiales frágiles), entre otros; los cuales no están sujetos entre ellos ni asegurados para interrumpir su movimiento en caso de sismo, además esto se conjuga con la inadecuada ubicación que mantienen, cercano a las salidas de los laboratorios.

Los estantes suspendidos de paredes, los simplemente apoyados al piso y los archivos representan un 19%, 9% y 9%, respectivamente, de los muebles y equipo inventariados. Para los dos tipos de estantes la observación común es la ausencia de retenedores de la gran cantidad de objetos que almacenan, lo que aumenta el riesgo de que estos objetos se deslicen, caigan e interrumpan la salida de las habitaciones. En ocasiones, estos objetos son materiales frágiles o reactivos utilizados en las investigaciones lo que agrava más la situación. Además, para el caso de los archivos, a pesar que tienen cerradura, esta no se utiliza lo que puede provocar que las gavetas salgan de su posición. Un aspecto positivo de resaltar es que algunos de los estantes están fijados a la pared lo que evita su deslizamiento, siempre y cuando, estén adosados a paredes estructurales y no divisiones livianas. Por último, debido a la distribución del espacio, es común observar mucho de este tipo de muebles cercanos a las puertas de salida de forma tal que en caso de sismo pueden deslizarse y bloquear las rutas de evacuación.

Por último, como este módulo es un área de laboratorios, el equipo de cómputo representa un 8% de los muebles y equipos identificados, pero este equipo es de importante valor y el aseguramiento de las pantallas, teclados, impresoras y unidades de procesamiento siempre es necesario.

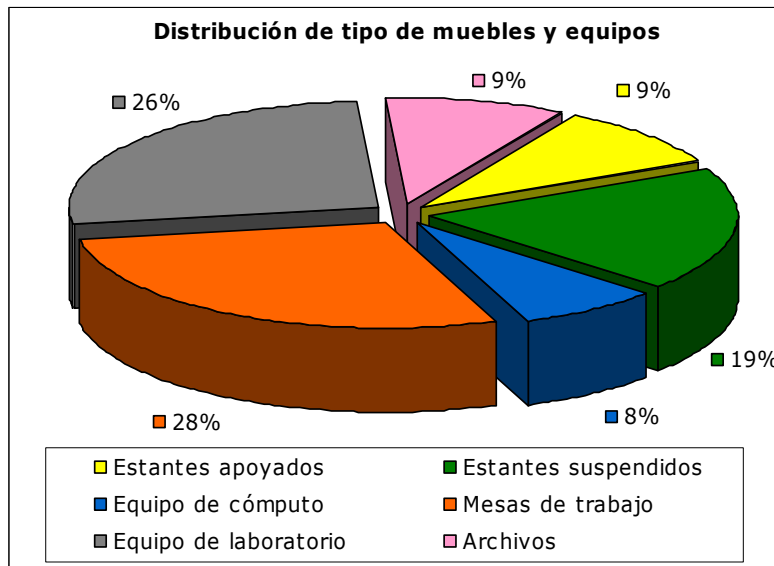


Gráfico 4. Distribución del tipo de muebles y equipos: Módulo 1.

En cuanto a los difusores de las lámparas, se identificó que el 94% (Gráfico 5) de ellas tienen difusores que en caso de sismo tienen el riesgo de desacoplarse y caer sobre los ocupantes de las habitaciones o las rutas de evacuación.

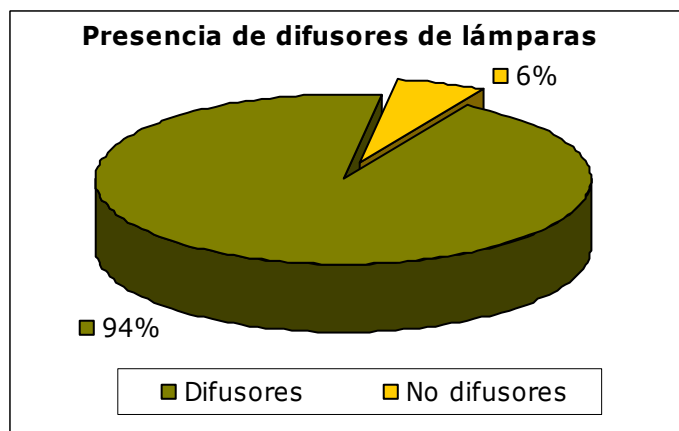


Gráfico 5. Presencia de difusores de lámparas: Módulo 1.

La Tabla 1 muestra con fotografías algunos ejemplos de los aspectos no estructurales positivos encontrados en el Módulo 1 del edificio del Instituto de Investigaciones en Salud.

Tabla 1. Fotografías de aspectos no estructurales encontrados en Módulo 1 (INISA).

ASPECTOS POSITIVOS	
	La señalización de las salidas de emergencia, al final del pasillo principal que comunica los laboratorios. Este aspecto debe resaltarse debido a que la ruta de escape está libre de objetos que la puedan obstruir. Además, nótese el extintor que es de fácil acceso. La puerta de salida es “antipática”, lo que facilitará la evacuación en caso de emergencia.
	La presencia de extintores en el pasillo, debidamente demarcados según su función. Los extintores son de fácil acceso para los funcionarios en caso de emergencia
	Otra salida de emergencia debidamente demarcada, con la puerta de otro color, cerradura de fácil abertura. Nótese la presencia de equipo el cual debe estar anclado para evitar que se deslice y obstruya el paso.

En general, entre los aspectos positivos encontrados en este módulo vale la pena resaltar los esfuerzos realizados por el Comité de Seguridad y Salud del INISA, que se ha preocupado por la señalización de las duchas, extintores, salidas de emergencia, material peligroso, tipo de laboratorio que se ubica en cada habitación, entre otros. Además, la ubicación del botiquín siempre con la llave en la cerradura, la separación de químicos dentro de la bodega que los alberga y, en algunos laboratorios, la presencia de elementos de retención de los estantes que albergan químicos de uso diario en sus ensayos e investigaciones. En la Figura 4 se muestran ejemplos de lo anteriormente comentado.

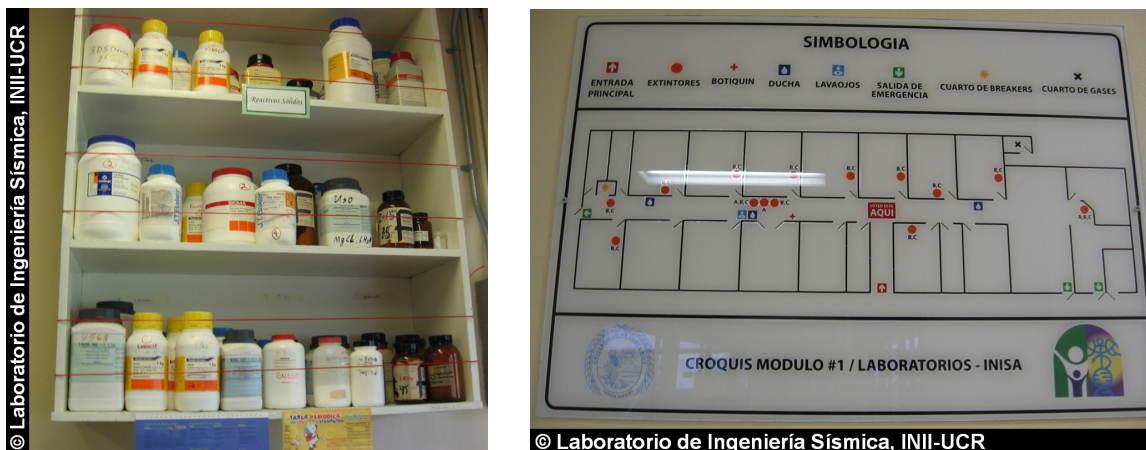


Figura 4. Elementos de retención de químicos y distribución de señalamiento actual.

Por otra parte, los aspectos negativos no estructurales que se identificaron durante la inspección del Módulo 1 del INISA se ejemplifican con fotografías en la Tabla 2. De estos, se debe dar importancia a la necesidad de anclar el equipo de laboratorio de mayor volumen que en caso de sismo puedan deslizar o volcarse y con ello golpear a alguna persona u obstruir la salida. Las vías que conducen a estas últimas deben estar libres de equipo y de riesgos adicionales, como la alcantarilla que se encuentra en una de ellas (mostrada en la Figura 5), que puedan atentar contra el libre flujo de personas durante la evacuación producto de un evento sísmico.



Figura 5. Riesgos adicionales encontrados en el Módulo 1: INISA.

Tabla 2. Fotografías de aspectos no estructurales encontrados en Módulo 1 (INISA).

ASPECTOS NEGATIVOS	
 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR	En varios sitios, como el mostrado, el equipo de laboratorio de mayor volumen se encuentra sobre las mesas de trabajo sin ningún tipo de sujeción o elemento que evite su caída al suelo durante un sismo. Nótese que los mismos se ubican en la ruta de salida de la habitación.
 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR	Los materiales frágiles se ubican sobre muebles sin elementos que eviten su caída en caso de sismo. En especial si, como en este caso, son tubos de ensayos con muestras almacenadas. Se debe hacer notar que la cercanía de estos elementos con la puerta de salida.
 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR	La ubicación de equipo de laboratorio pesado y otros elementos como escritorios, con posibilidades de deslizarse durante un sismo, dado que no tiene sujetadores, pueden bloquear la salida.

ASPECTOS NEGATIVOS	
	Los estantes para almacenar libros se encuentran sobrecargados y sin retenedores de su contenido lo que aumenta las posibilidades de caída de objetos en caso de sismo. En este caso, el estante se encuentra anclado a una pared liviana y sobre el sitio de trabajo de las personas.

Módulo II: Oficinas

El módulo dos alberga las oficinas de los investigadores y el personal administrativo del INISA. Tiene 21 oficinas entre ellas un consultorio, un cuarto de fotografía en desuso, una sala de reuniones, un comedor y el resto son pequeñas oficinas de trabajo para los investigadores.

La distribución de los elementos no estructurales dentro del edificio se muestra a continuación en la Figura 6 seguida de una vista lateral del inmueble (Figura 7 y Figura 8) donde es posible identificar la ubicación de las ventanas y puertas de ingreso/egreso. Se debe resaltar que las divisiones con color rojo corresponden a paredes livianas y por lo tanto el resto, son paredes de concreto.

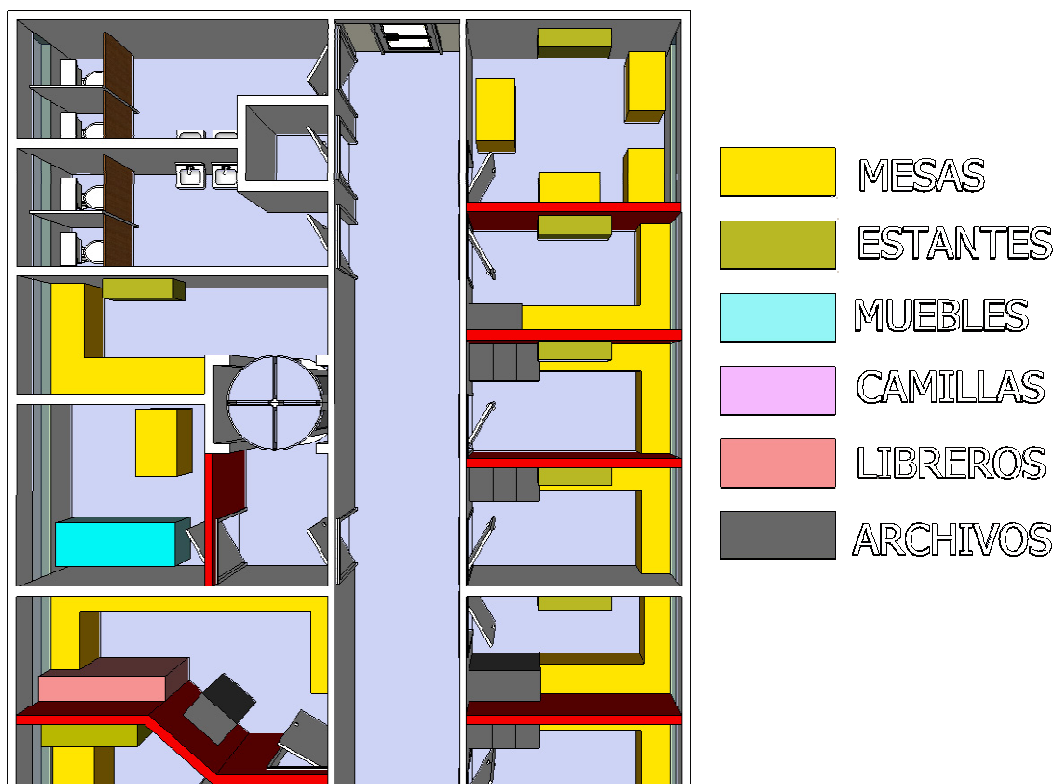


Figura 6. Ubicación de elementos no estructurales en Módulo 2: Oficinas.

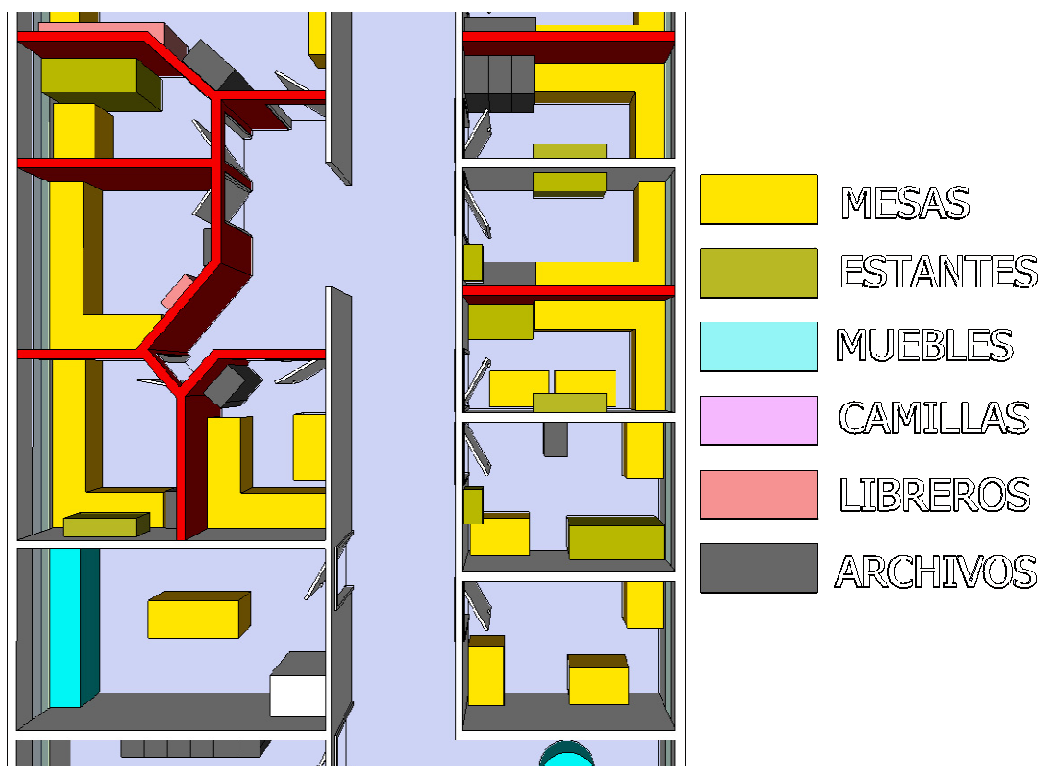


Figura 6. Ubicación de elementos no estructurales en Módulo 2: Oficinas (continuación).

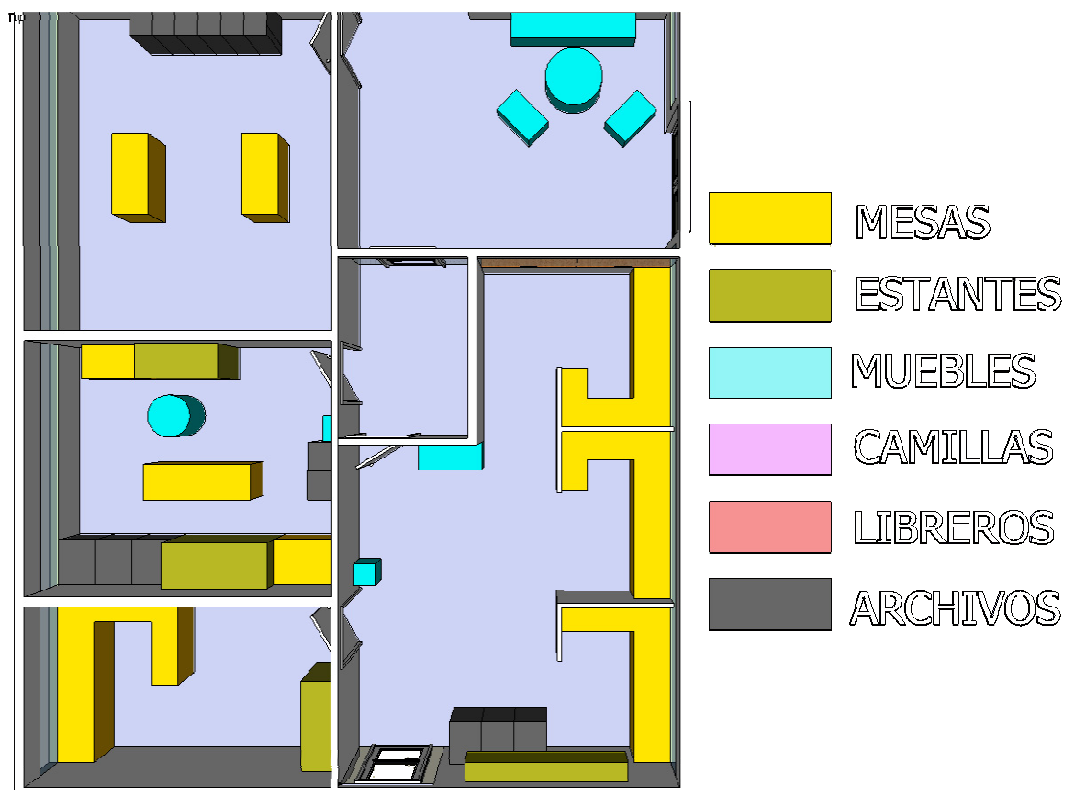


Figura 6. Ubicación de elementos no estructurales en Módulo 2: Oficinas (continuación).

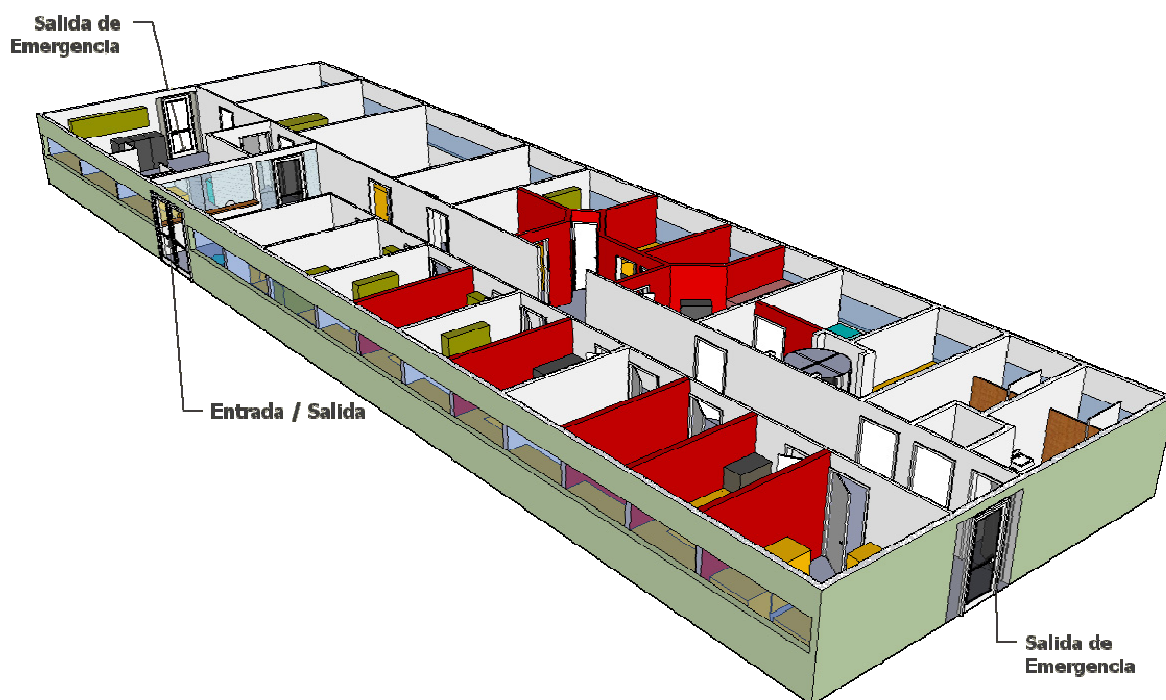


Figura 7. Vista lateral izquierda Módulo 2: Oficinas del INISA.

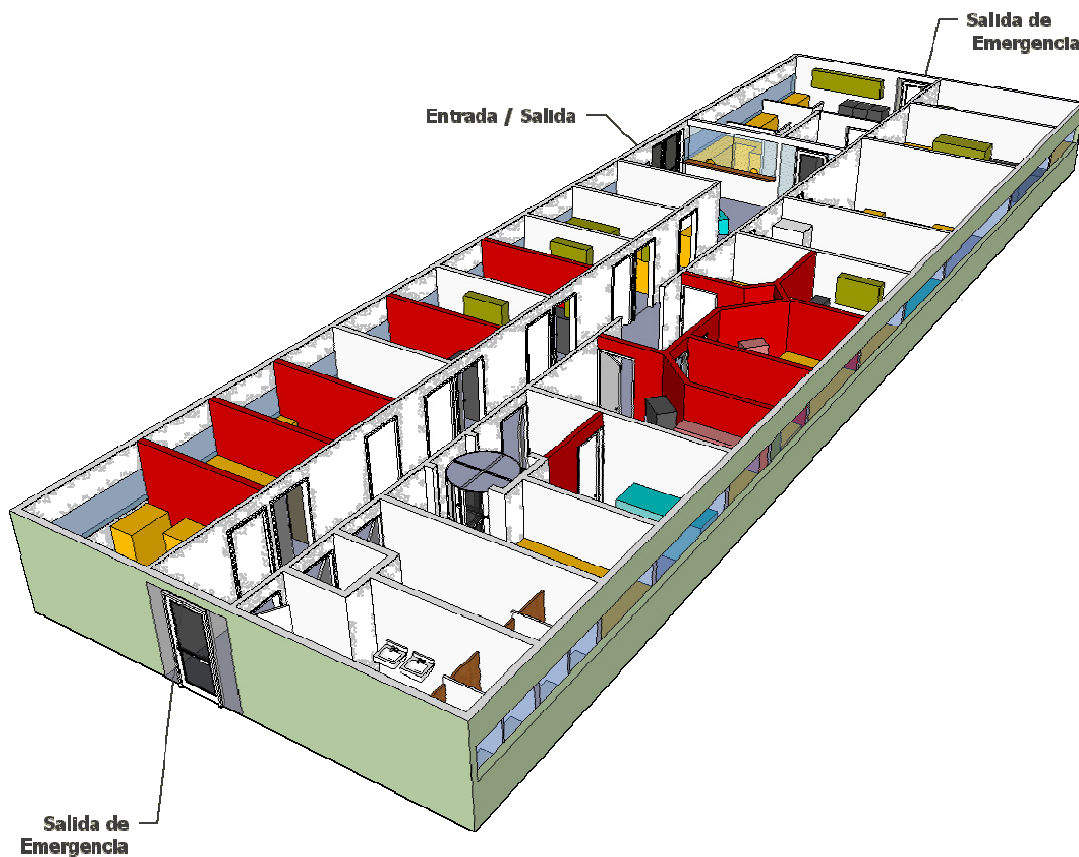


Figura 8. Vista lateral derecha de Módulo 2: Oficinas del INISA.

A partir de este inventario, se determinó que el cielorraso utilizado en el edificio es del tipo cielo suspendido. Como se ha comentado anteriormente, este tipo de estructuras presentan mayores posibilidades de que las láminas caigan durante un sismo, en especial debido a la ausencia de cables diagonales de refuerzo o elementos que disminuyan el movimiento de hamaca que puede inducirle un sismo.

Con respecto a las divisiones livianas, el 56% de las paredes del edificio son de concreto, específicamente de mampostería, y el 44% restante son paredes livianas con cubiertas de madera contrachapada (ver Gráfico 6). Como en el caso del módulo de laboratorios, las paredes livianas que se extienden hasta la altura del techo están ancladas tanto en su parte inferior como en su parte superior, provocando que el sistema trabaje doblemente empotrado lo que puede provocar los daños antes mencionados. Además, esto se ve agrava con el hecho de que en la mayoría de las oficinas donde existen paredes livianas, estas últimas no están aisladas de la estructura a la que pertenecen.

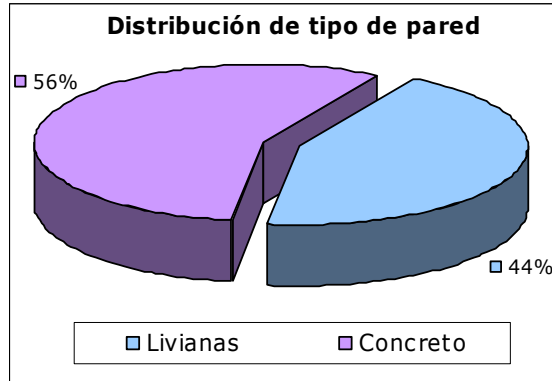


Gráfico 6. Distribución del tipo de pared: Módulo 2.

Por otra parte, en este módulo, las ventanas se encuentran distribuidas a lo largo de la mayor longitud del inmueble, a una altura aproximada de 1,20 metros desde el suelo. El 50% de las ventanas son lisas (ver Gráfico 7), es decir, están compuestas por una sola pieza de vidrio cuyas dimensiones máximas son 0,95 metros x 1,10 metros, aproximadamente. El otro 50% corresponde a ventanas con celosías. A pesar de ello, el riesgo de estos elementos es menor debido a la gran longitud de ventanas, la parte superior de la pared donde se inscriben está construida con un material liviano que no le imprime mayor carga ni la obliga a trabajar como un elemento sensible a la deformación del marco, es decir, se encuentran simplemente apoyadas sobre la pared inferior. En el caso de las celosías, como más adelante se recomendará, es mejor evitar esta solución para la ventilación controlada, en especial si las celosías se ubican sobre sectores cercanos a salidas de emergencia, como sucede en este caso.

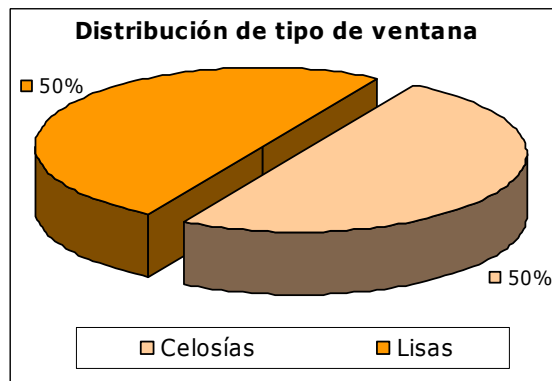


Gráfico 7. Distribución del tipo de ventana: Módulo 2.

Con respecto a los muebles y el equipo, al igual que en el Módulo 1, este tipo de elementos no estructurales tiene mayores posibilidades de afectar la integridad de las personas que están dentro del edificio durante un sismo, según lo inspeccionado.

La distribución porcentual de los muebles y el equipo inventariado se muestra en el Gráfico 8, clasificados en cinco tipos: estantes apoyados, estantes suspendidos, equipo de cómputo, escritorios y archivos. De esta manera, el 30% de los muebles son escritorios

donde se ubica equipo de cómputo y material de oficina sin asegurar. Un 25% corresponde a archivos de tres gavetas cuyas cerraduras no se utilizan la mayor parte del tiempo y además, estos se encuentran apoyados unos contra otros sin ningún sistema de aseguramiento mutuo o arriostre. Lo anterior se conjuga con la inadecuada ubicación que mantienen, cercano a las salidas de las oficinas.

El equipo de cómputo, los estantes suspendidos de paredes y los simplemente apoyados al piso representan un 19%, 14% y 12%, respectivamente, de los muebles y equipo inventariados. Para los dos tipos de estantes la observación común es la ausencia de retenedores de la gran cantidad de objetos que almacenan, lo que aumenta el riesgo de que estos objetos se deslicen, caigan e interrumpen la salida de las habitaciones. Con respecto al equipo de cómputo, este es de importante valor y el aseguramiento de las pantallas, teclados, impresoras y unidades de procesamiento siempre es necesario.

Por último, debido a la distribución del espacio, es común observar mucho de este tipo de muebles cercanos a las puertas de salida de forma tal que en caso de sismo pueden deslizarse y bloquear las rutas de evacuación.

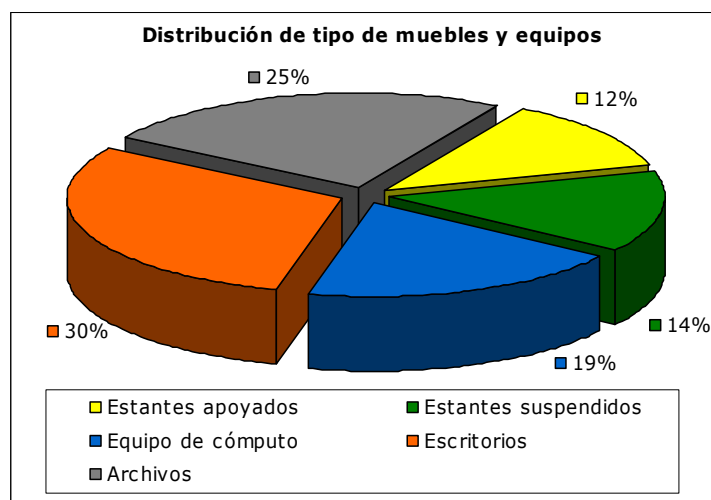


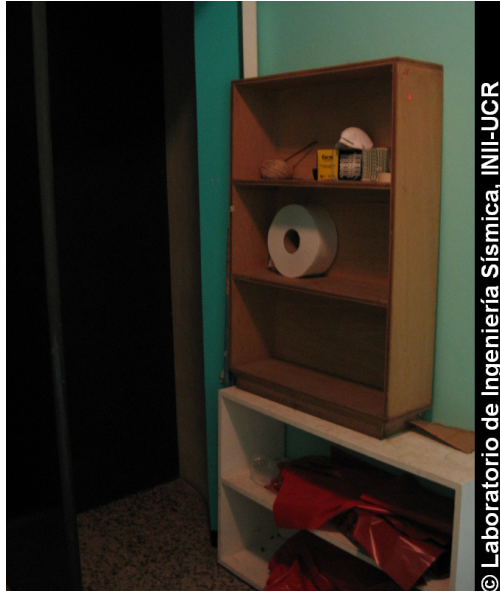
Gráfico 8. Distribución del tipo de muebles y equipos: Módulo 2.

En cuanto a los difusores de las lámparas, se identificó que todas ellas tienen difusores que en caso de sismo tienen el riesgo de desacoplarse y caer sobre los ocupantes de las habitaciones o las rutas de evacuación.

La Tabla 2 muestra con fotografías algunos ejemplos de los aspectos no estructurales encontrados en el Módulo 2 del edificio del Instituto de Investigaciones en Salud. A diferencia del Módulo 1, no se encontraron aspectos positivos en cuanto a seguridad no estructural pero se debe resaltar que los errores observados son sencillos de corregir, lo que facilita la labor de aseguramiento físico de dichos elementos.

Tabla 2. Fotografías de aspectos no estructurales encontrados en Módulo 2 (INISA).

 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR	Todas las lámparas de techo tienen difusores de luz sin aseguramiento adecuado. El riesgo aumenta cuando estos difusores se encuentran sobre las rutas de evacuación del edificio.
© Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR 	Los estantes suspendidos se encuentran adosados a paredes livianas y los objetos que ellas sostienen no poseen ningún sujetador o elemento que impida su caída durante un sismo.
 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR	Otro ejemplo de estantes adosados a paredes livianas con carga en exceso y sin elementos que impidan la caída de los objetos durante un sismo.



© Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR

Estos estantes simplemente apoyados sobre el piso y la pared, sin sujetadores, que al moverse el edificio, pueden volcarse y bloquear la salida del cuarto oscuro.



© Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR

Este mueble esbelto sin sujetar se encuentra cercano sobre el pasillo que conduce a la salida del edificio y en caso de sismo puede volcarse.



© Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR

Los archivos se encuentran sin sujetar y colocados uno junto al otro, el riesgo se ve aumentado por los objetos sobre el estante adosado a la pared. Su comportamiento durante el sismo puede llegar a afectar la salida de emergencia de ese sitio.



Las oficinas de los investigadores son cubículos pequeños con gran cantidad de material y equipo de cómputo sin asegurar.

RECOMENDACIONES PRELIMINARES SOBRE EL TIPO DE ASEGURAMIENTO NO ESTRUCTURAL

A partir de las inspecciones realizadas, se determinó que los muebles y el equipo sin sujeción y protección son los elementos que más riesgo representan a la seguridad de los usuarios del INISA durante un sismo. De esta forma, su aseguramiento adecuado es vital para aumentar la seguridad sísmica no estructural dentro de los inmuebles estudiados.

Por otra parte, es necesario asegurar los difusores de las lámparas y más recomendable sería eliminarlos cuando se encuentren sobre las rutas de evacuación. Siguiendo este idea, las celosías no son los elementos más recomendables para proveer de ventilación controlada una habitación, debido a que una deformación del marco donde se ubican puede ocasionar que estas se deslicen y caigan, por ello lo más recomendable es que las rejillas se encuentren dentro de la habitación lo cual puede impedir su caída hacia el interior de la misma.

Además, el cielo suspendido del Módulo 2 debe ser asegurado sísmicamente, en especial porque este sistema se utiliza dentro de todo el inmueble, tanto en oficinas como en pasillos que en caso de sismo deben proveer seguridad para la evacuación del edificio.

Por último, a pesar de que las paredes livianas no están estructuradas sísmicamente como debe ser, representan un menor riesgo para las personas dado que su cantidad es poca con relación a las paredes de mampostería y se encuentran ubicadas en sitios muy estratégicos donde el comportamiento dinámico general del inmueble no las puede afectar, pero si se debe tomar en cuenta que estos elementos pueden verse afectados por el comportamiento de los estantes adosados a su estructura y que están en su máxima capacidad de almacenamiento.

Resultados específicos para la Biblioteca de Ciencias de la Salud

La siguiente etapa de este proyecto se basó en el análisis del riesgo sísmico no estructural y la señalización de zonas de seguridad del edificio de la Biblioteca de Ciencias de la Salud (Biblioteca de Salud) ubicada en Finca 1 en San Pedro de Montes de Oca.

La BCS está distribuida en un edificio de cinco plantas, donde el ingreso principal se realiza en la segunda planta por lo que esta es conocida como el “primer piso” y por ello el nivel inferior es llamado “planta baja”. La distribución del edificio es la siguiente:

- La planta baja agrupa la unidad de Coordinación y Secretaría, Audiovisuales, Servicio de Bibliotecas Accesibles para Todos y Todas (CASED), y, el Auditorio.
- En el primer piso están ubicadas la unidad de Referencia y Acceso al catálogo en línea, bases de datos e Internet; la colección de material bibliográfico de referencia; una sala de estudio individual y la estación de control de salida.
- En el segundo piso se encuentra la unidad de préstamo y devolución de material bibliográfico, la colección de material bibliográfico de reserva y la colección de publicaciones periódicas.
- En el tercer piso están ubicadas la colección general y una sala de estudio individual.
- En el cuarto piso se ubica la sala de estudio grupal y el comedor de empleados.

El sistema estructural del edificio es de marcos de vigas y columnas de concreto con la fachada Norte y Sur en paneles de vidrio, y dos núcleos (muros de concreto) donde se ubican la escalera y el ascensor en las esquinas Este y Oeste del mismo. El techo es de lámina galvanizada (sin azotea). El diseño siguió las especificaciones del Código Sísmico de Costa Rica 1986.

La forma del edificio es rectangular (dimensiones de 32 x 12,5 metros), con una estructura regular tanto en planta como en altura (aproximadamente 14,5 metros), lo que evita diferencias o cambios abruptos en la resistencia y rigidez lateral de la estructura, que podría causar daño en caso de sismo.

Un punto que debe captar la atención es la presencia de edificios en la colindancia, específicamente la Facultad de Odontología y la Facultad de Medicina, donde se espera que la separación mínima de 3,60 metros, sea lo suficiente para el desplazamiento lateral del edificio en caso de sismo y por lo tanto, no exista riesgo de choque entre estructuras adyacentes por el efecto de las diferencias en los modos de vibración de estos.

Además, la ubicación de la colección de reserva y la colección general de libros, en el segundo y tercer nivel, pueden ampliar las fuerzas de sismo en especial por el peso extra que le adicionan a la estructura lejos de su base, lo que puede aumentar el momento inducido por un sismo.

RIESGOS NO ESTRUCTURALES ENCONTRADOS EN LA BIBLIOTECA DE SALUD

Con respecto al inventario de riesgos no estructurales en el edificio en estudio, se identificaron los aspectos relacionados con los elementos que pueden causar daño en caso de sismo, el tipo de aseguramiento que estos tienen, su ubicación con respecto a las personas y con respecto a la ruta de evacuación del edificio.

Se analizaron los cinco niveles que componen el edificio de la Biblioteca de Salud donde una distribución típica consiste en paredes livianas divisorias de los diversos recintos del nivel y la estructura principal del edificio. Estas habitaciones están dedicadas a oficinas y salas de estudio, básicamente. A continuación se muestran dos vistas externas del inmueble analizado.

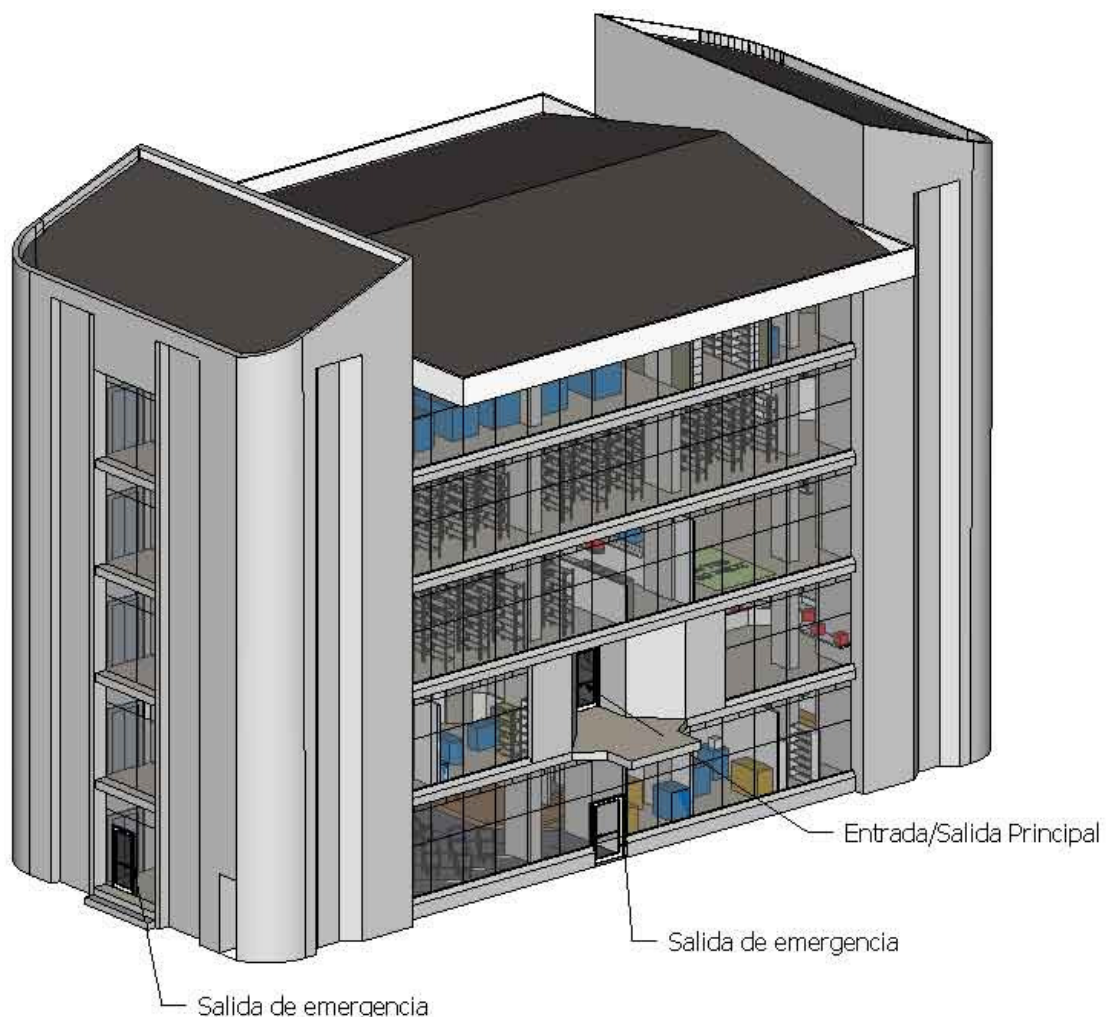


Figura 9. Vista noreste de la Biblioteca de Ciencias de la Salud.



Figura 10. Vista noroeste de la Biblioteca de Ciencias de la Salud.

La distribución de los elementos no estructurales dentro del edificio se muestra a continuación en las Figuras 11, 12, 13, 14 y 15 especificadas según el nivel inspeccionado correspondiente. En cada uno, es posible identificar la ubicación de las ventanas, escaleras, ascensores, puertas de ingreso/egreso. Se debe resaltar que las divisiones con color rojo o negro más intenso corresponden a paredes livianas y por lo tanto el resto, son paredes de concreto o fachadas de vidrio.

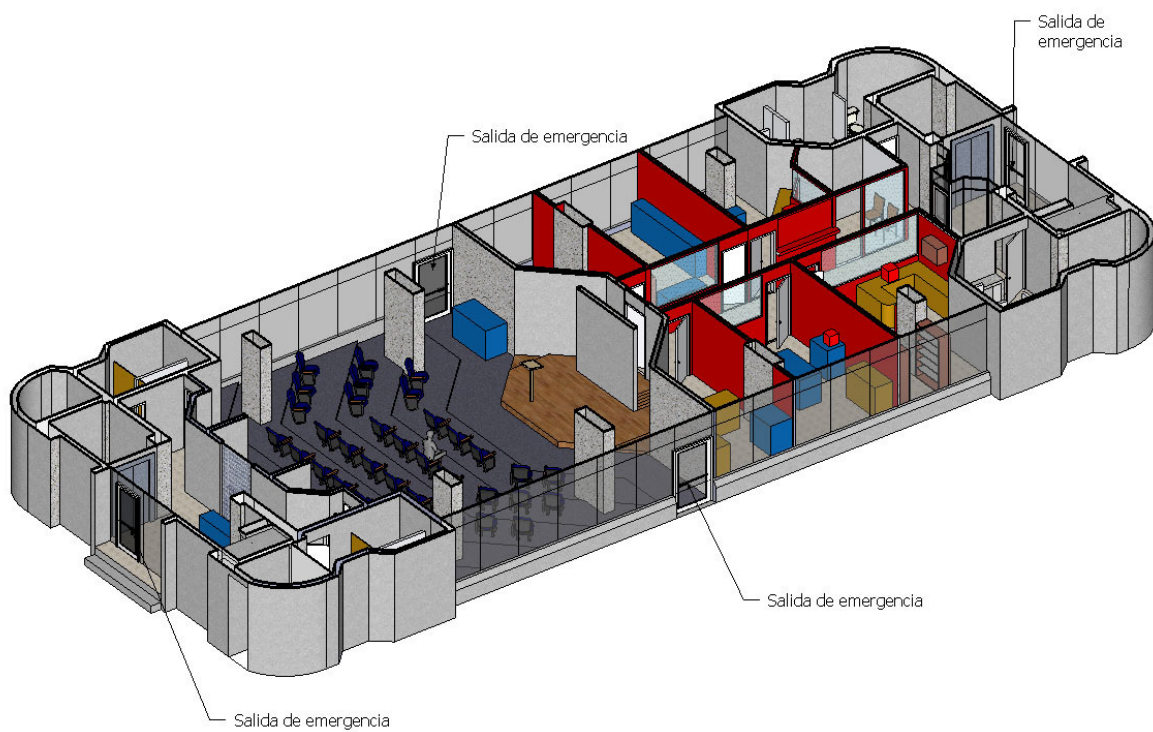
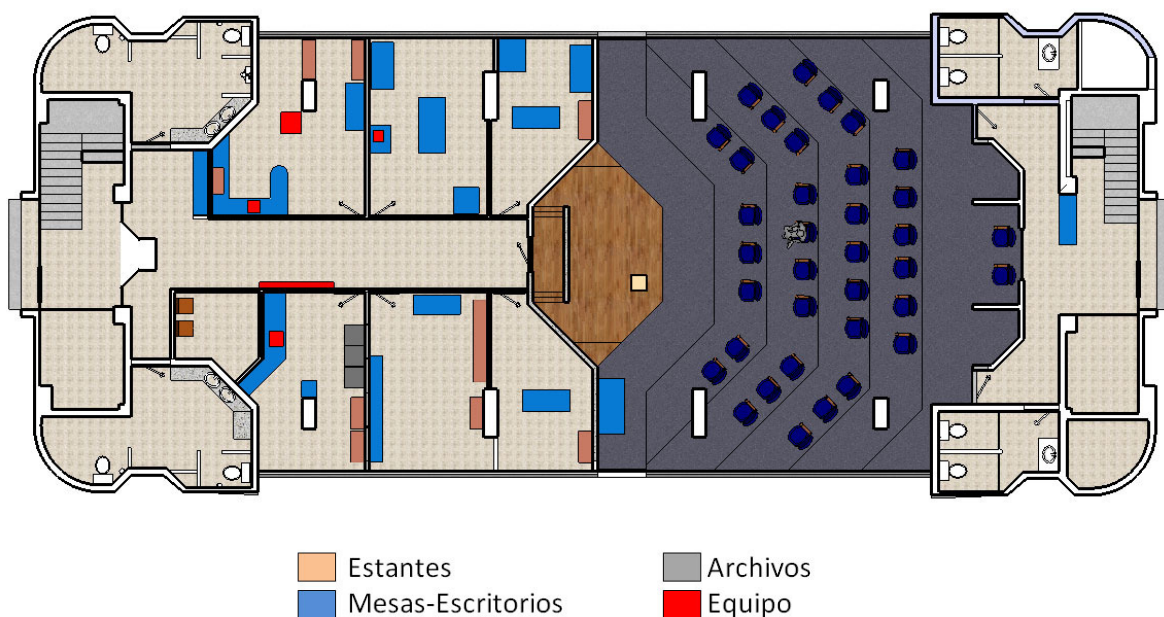


Figura 11. Ubicación de elementos no estructurales en la Biblioteca de Salud: Planta baja.

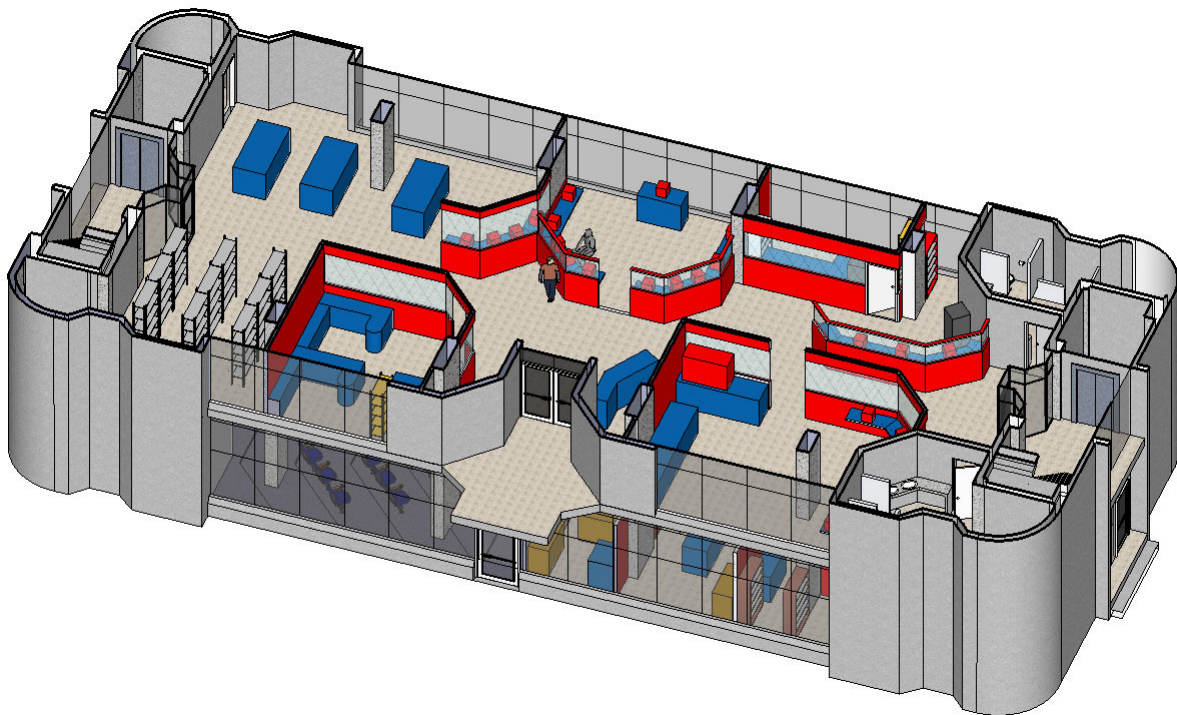
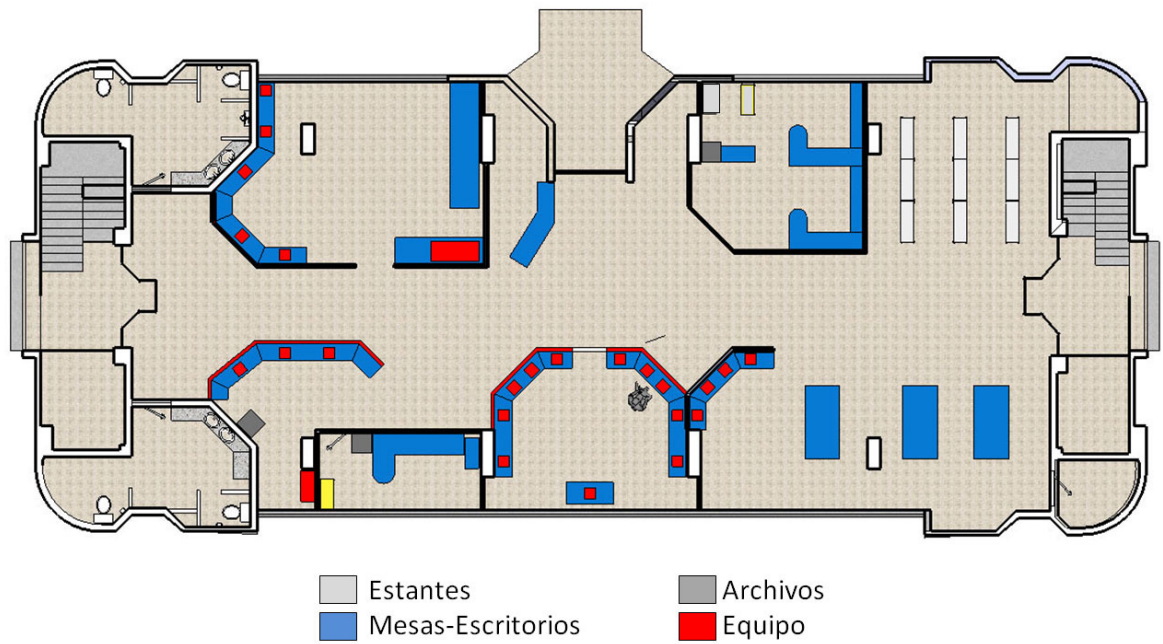


Figura 12. Ubicación de elementos no estructurales en la Biblioteca de Salud: Piso uno.

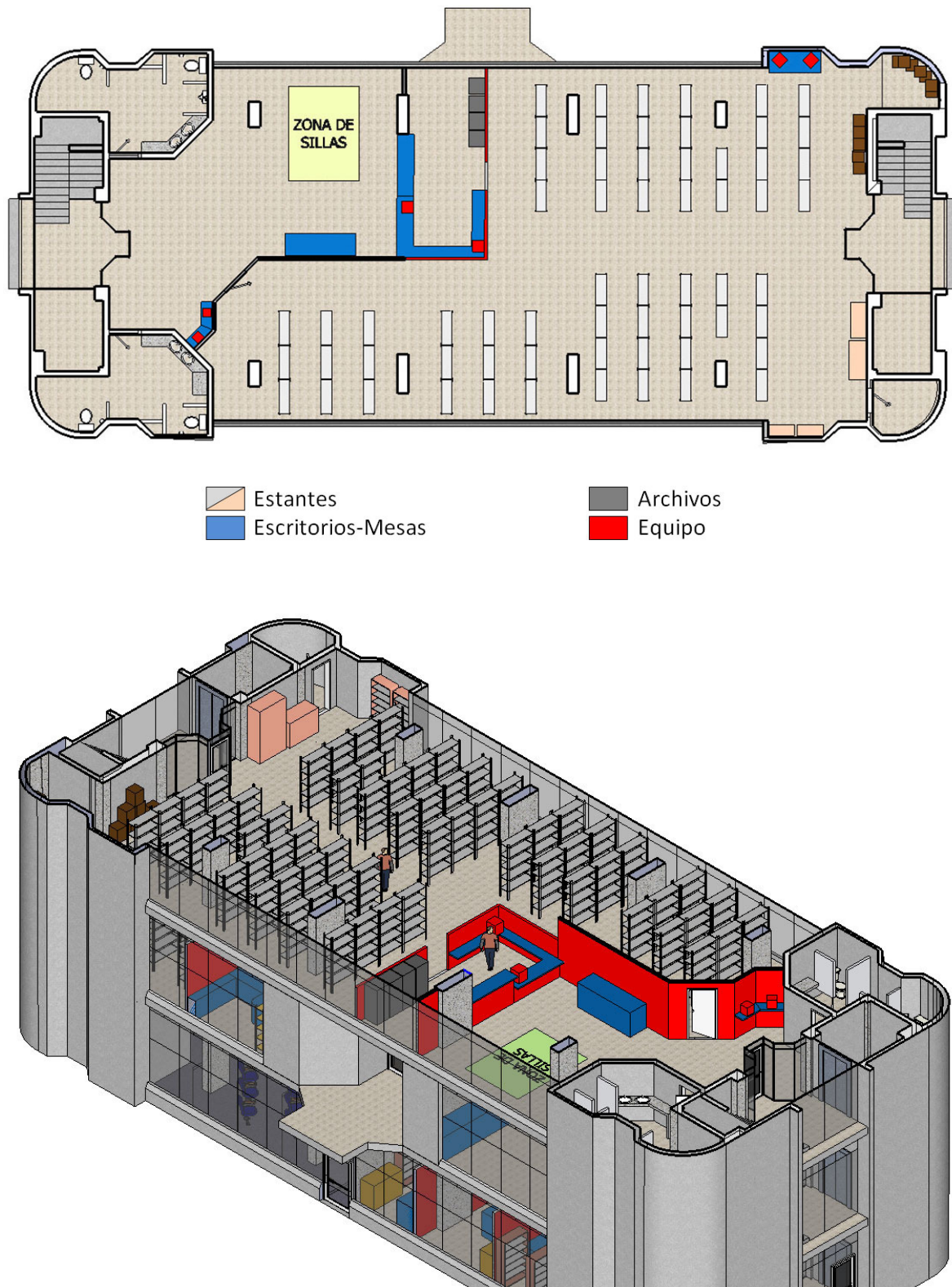


Figura 13. Ubicación de elementos no estructurales en la Biblioteca de Salud: Piso dos.

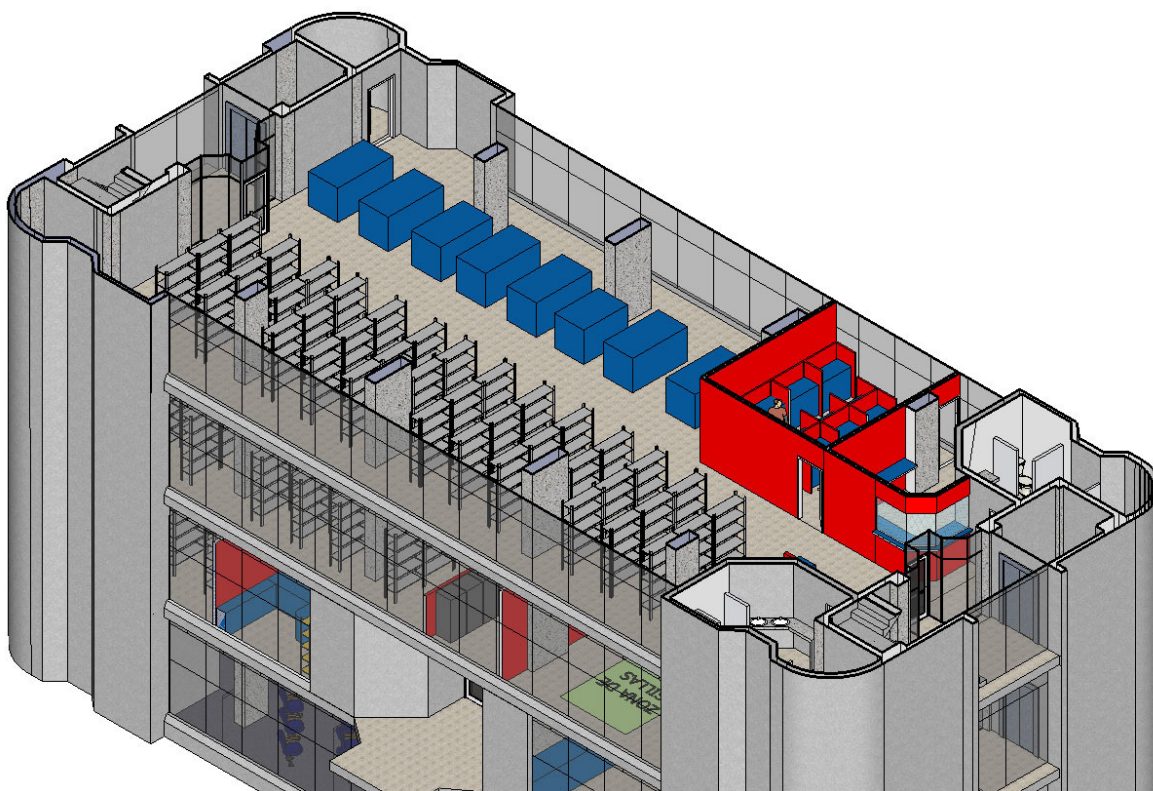
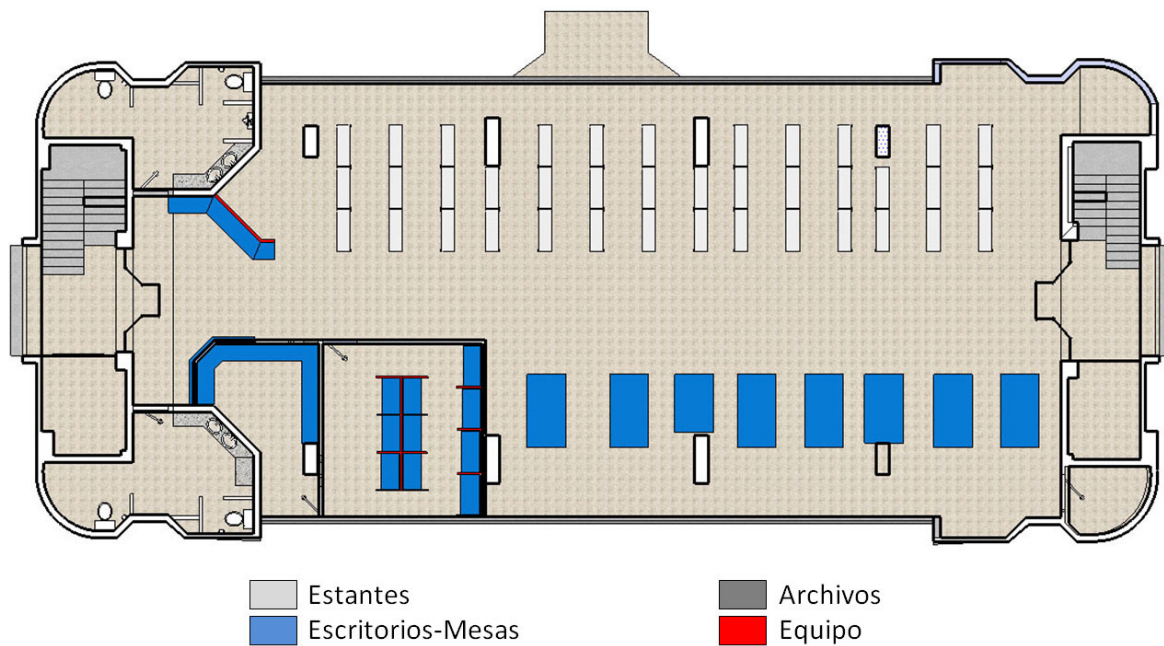


Figura 14. Ubicación de elementos no estructurales en la Biblioteca de Salud: Piso tres.

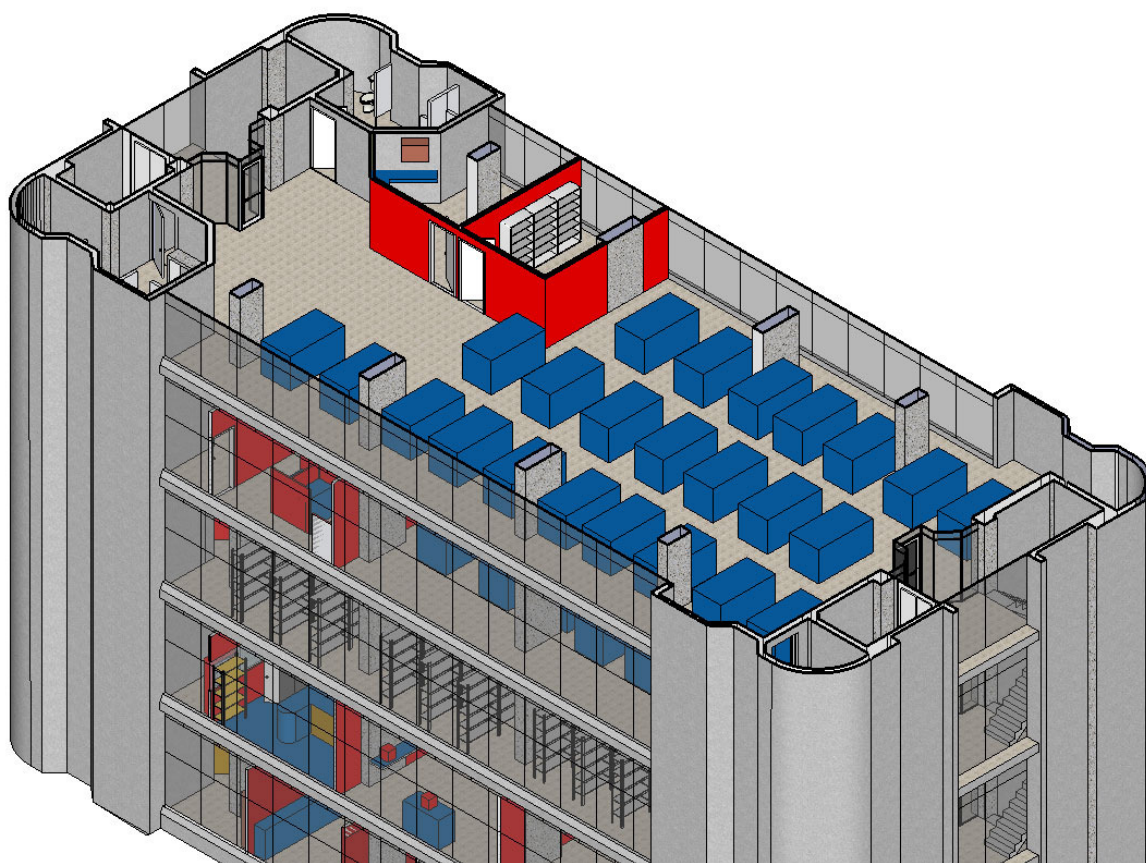
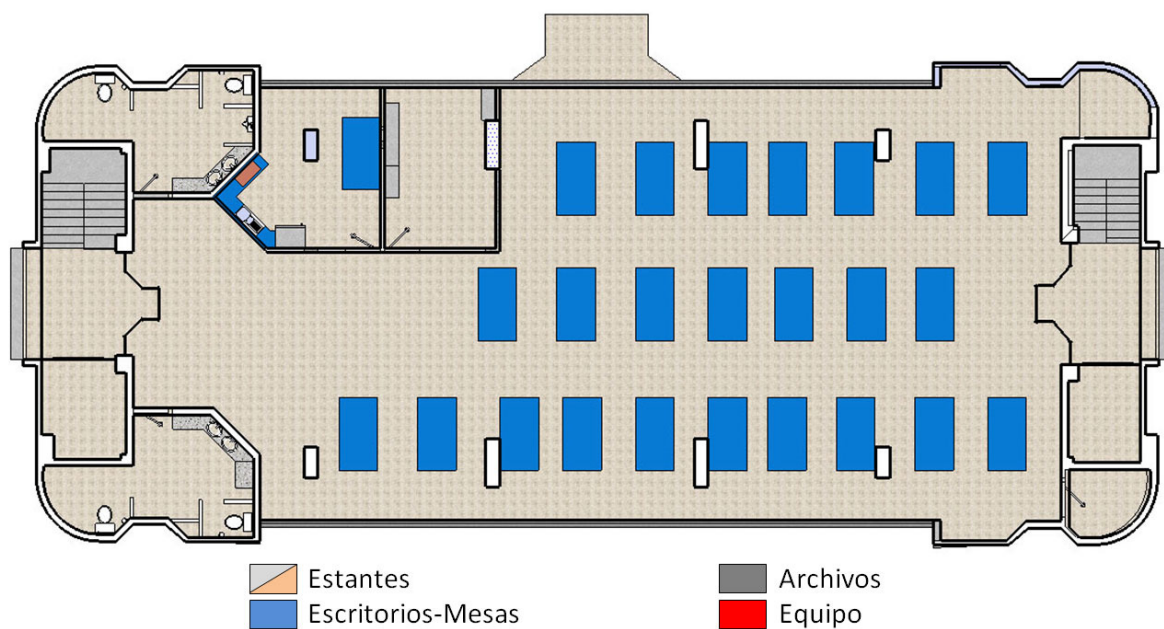


Figura 15. Ubicación de elementos no estructurales en la Biblioteca de Salud: Piso cuatro.

A partir de este inventario, se determinó que el 97% del cielorraso utilizado en el edificio es del tipo cielo suspendido (ver Gráfico 6) cuyos problemas se han comentado anteriormente. A pesar de ello, se constató que debido a que en los extremos la estructura del cielo posee una adecuada configuración (está alejada de la viga), el riesgo de caída durante el sismo se ve disminuido.

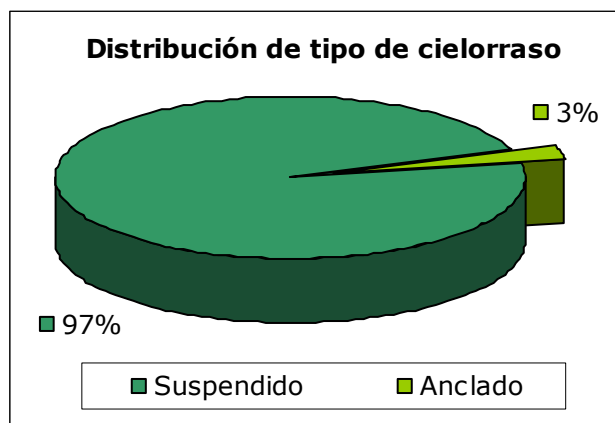


Gráfico 6. Distribución del tipo de cielorraso.

En cuanto a las divisiones livianas, se identificó que el 67% de las paredes del edificio son livianas (tomando en cuenta las fachadas de vidrio, que son frágiles) y el 33% son paredes de mampostería que componen los núcleos rígidos del este y oeste del edificio y forman parte de un muro que abarca todos los niveles.

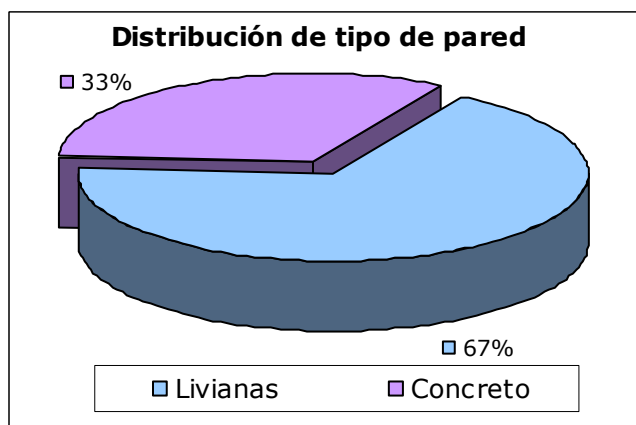


Gráfico 7. Distribución del tipo de pared.

Por otra parte, las ventanas (fachadas de vidrio) se encuentran en la fachada Norte y Sur del edificio, cubren la altura de piso a piso y están distribuidas a lo largo de la mayor longitud del inmueble. El 75% de las ventanas son lisas (ver Gráfico 8), es decir, están compuestas por una sola pieza de vidrio. El 25% restante corresponde a ventanas con celosías ubicadas principalmente en el baño y con pendiente hacia el exterior del edificio.

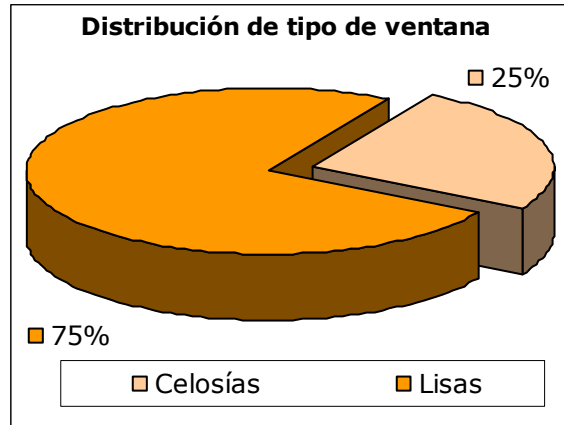


Gráfico 8. Distribución del tipo de ventana.

Con respecto a los muebles y el equipo, en particular los estantes sin asegurar donde se almacenan los libros potencialmente, pueden causar un mayor daño a la integridad de las personas e interrumpir su libre tránsito durante un proceso de evacuación. A pesar de ello, según el Gráfico 9, donde se realizó una clasificación general de los diferentes elementos que abarca esta categoría, se nota que las mesas y escritorios son mayoría (41%), lo que ayuda al establecimiento de las zonas de seguridad como se verá más adelante.

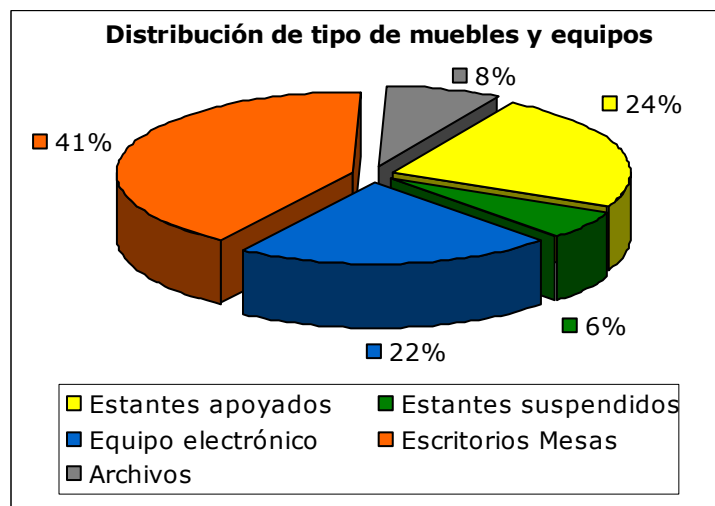


Gráfico 9. Distribución del tipo de muebles y equipos.

En cuanto a los difusores de las lámparas, se identificó que el 74% (Gráfico 10) de ellas tienen difusores que, como se dijo anteriormente, en caso de sismo tienen el riesgo de desacoplarse y caer sobre los ocupantes de las habitaciones o las rutas de evacuación.

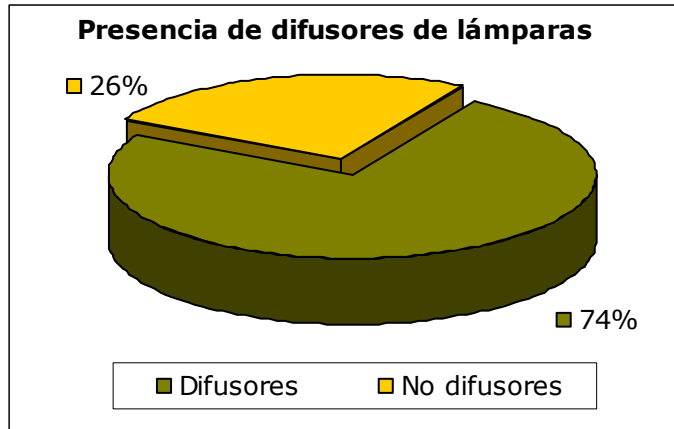


Gráfico 10. Presencia de difusores de lámparas: Módulo 1.

La Tabla 3 muestra con fotografías algunos ejemplos de los aspectos no estructurales positivos encontrados en la Biblioteca de Ciencias de la Salud.

Tabla 3. Fotografías de aspectos no estructurales encontrados en la Biblioteca de Salud.

ASPECTOS POSITIVOS	
	La señalización de las salidas de emergencia y el uso de puertas adecuadas para tal fin. Se puede mejorar cambiando el color del rótulo con el objetivo de atraer más fácilmente la atención de los ocupantes.
	Las escaleras poseen sus pasamanos debidamente demarcados con color amarillo lo que facilitaría su ubicación en caso de por alguna emergencia se suspendiera la electricidad.
	Las divisiones de vidrio se encuentran marcadas con una banda central color amarillo y negro para evitar que los ocupantes tengan la posibilidad de chocar contra estas.

ASPECTOS POSITIVOS	
	Ciertos estantes que almacenan la colección general de libros se encuentran sujetos unos con otros en su parte superior con el objetivo de disminuirle su razón de esbeltez y posibilidad de vuelco durante un sismo.
	La ubicación de mesas de trabajo grandes, en especial en las salas de mayor ocupación de estudiantes, aumentan las zonas de refugio en caso de sismo, como más adelante se comenta.

Por otra parte, los aspectos negativos no estructurales que se identificaron durante la inspección de la Biblioteca de Salud se ejemplifican con fotografías en la Tabla 4. De estos, se debe dar importancia a la necesidad de modificar las señales de seguridad con colores y texto que atraigan fácilmente la atención de los ocupantes; asegurar los estantes que albergan las colecciones de libros de la biblioteca y que en caso de sismo puedan deslizarse o volcarse y con ello golpear a alguna persona u obstruir la salida, así como también el contenido que estas almacenan. Además, las rutas hacia las salidas de emergencias deben estar libres de equipo y de riesgos adicionales (por ejemplo difusores de lámparas sin asegurar), que puedan atentar contra el libre flujo de personas durante la evacuación producto de un evento sísmico.

Tabla 4. Fotografías de aspectos no estructurales encontrados en la Biblioteca de Salud.

ASPECTOS NEGATIVOS	
	Las paredes livianas en ocasiones se encuentran “rellenas” con paneles de vidrio los cuales al ser de un material frágil y en caso de que se deforme el marco pueden quebrarse producto del movimiento relativo entre pisos al estar el marco anclado inferior y superiormente.
	Presencia de estantes esbeltos sobrecargados y con elementos pesados en sus niveles más altos, sin ningún tipo de sujeción ni mecanismos de retención de su contenido, por ello, en caso de sismo pueden volcar, bloquear el paso o lastimar a alguna persona.
	Se encontraron mesas u otros objetos cerca de las salidas de emergencia las cuales pueden deslizarse y bloquear el paso durante el proceso de evacuación del sitio.

ASPECTOS NEGATIVOS	
 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR.	Se muestra el sector Este hacia donde desemboca la salida de emergencia de la planta baja, el espacio es pequeño, no apto para discapacitados y se encuentra rodeado de edificios altos que le imprimen riesgos adicionales a lo que debe ser una zona de seguridad.
 © Laboratorio de Ingeniería Sísmica, INII-UCR.	La mayor parte de los estantes no están sujetos al piso ni entre ellos y no poseen un sistema de retención del contenido que almacenan, además por sus dimensiones, esbeltez y ubicación en el edificio pueden sufrir vuelco durante un sismo.

RECOMENDACIONES PRELIMINARES SOBRE EL TIPO DE ASEGURAMIENTO NO ESTRUCTURAL

Según las inspecciones realizadas, se concluye que los estantes sin sujeción y protección son los elementos que más riesgo representan a la seguridad de los usuarios de la Biblioteca de Salud durante un sismo. De esta forma, su aseguramiento adecuado es vital para aumentar la seguridad sísmica no estructural dentro del inmueble estudiado.

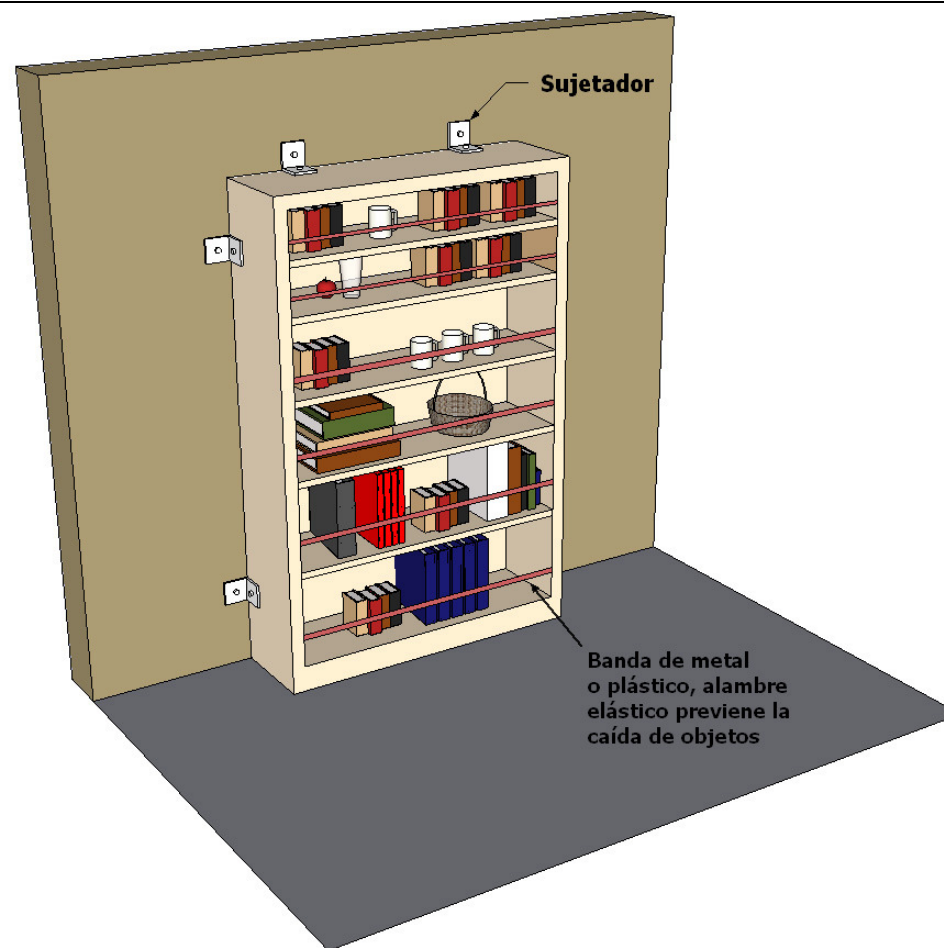
Por otra parte, es necesario asegurar los difusores de las lámparas y más recomendable sería eliminarlos cuando se encuentren sobre las rutas de evacuación, a pesar de que el cielo suspendido no presenta riesgo en caso de sismo dada la configuración estructural del mismo. Además, se debe impulsar una campaña de señalización para que estas sean más atractivas, directas y claras en la información que deben difundir sobre zonas de seguridad y ruta de evacuación.

Por último, pese a que las paredes livianas y en especial las fachadas de vidrio son gran parte de los elementos no estructurales inventariados en el edificio, los mismos fueron diseñados sísmicamente y por lo tanto representan un menor riesgo para las personas, pero sí se debe tomar en cuenta que estos elementos pueden verse afectados por el comportamiento de los estantes adosados a su estructura o apoyados sobre ellos y que están en su máxima capacidad de almacenamiento.

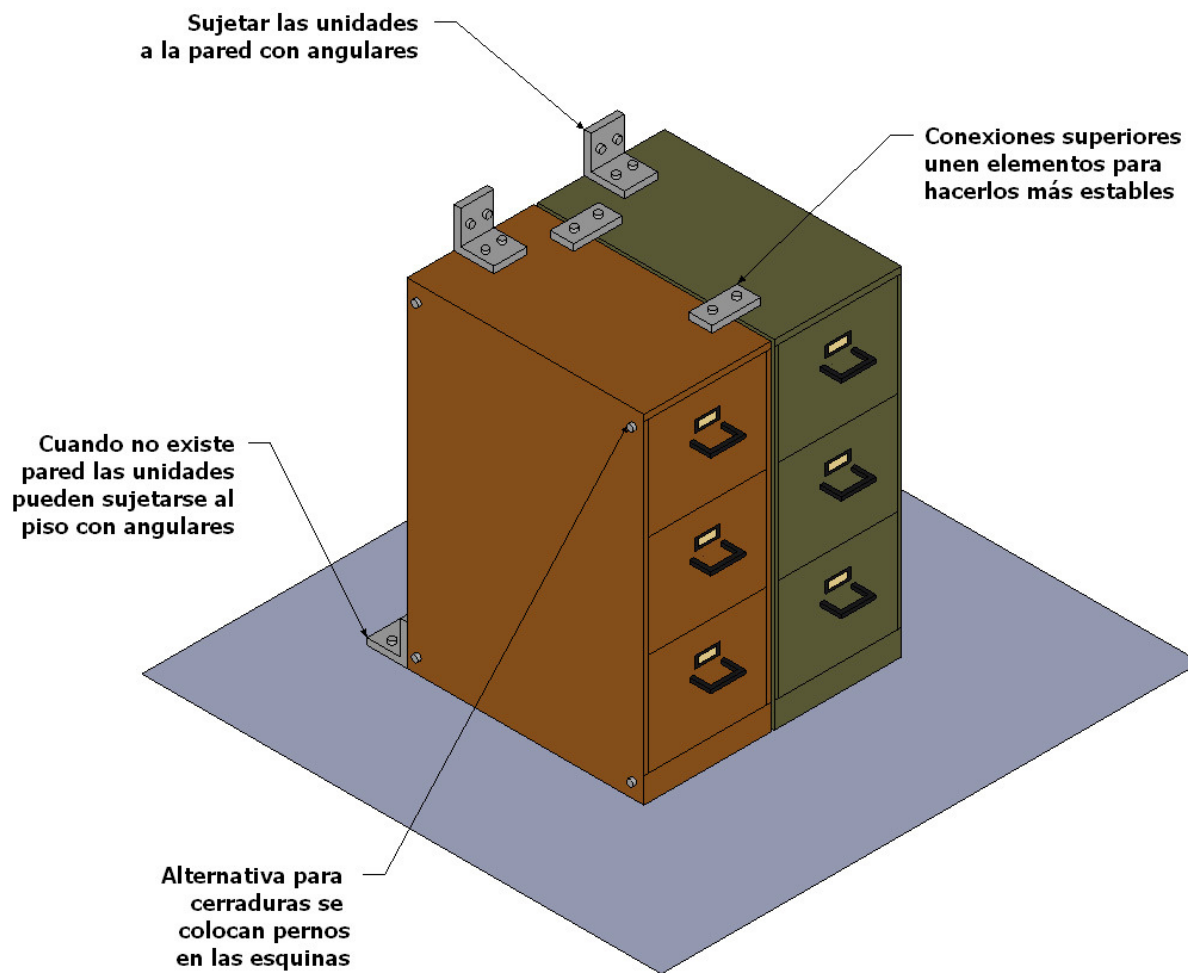
Esquemas sobre aseguramiento sísmico de elementos no estructurales

A continuación se presentan esquemas para el aseguramiento físico de los elementos no estructurales inspeccionados tanto en el INISA como en la Biblioteca de Salud.

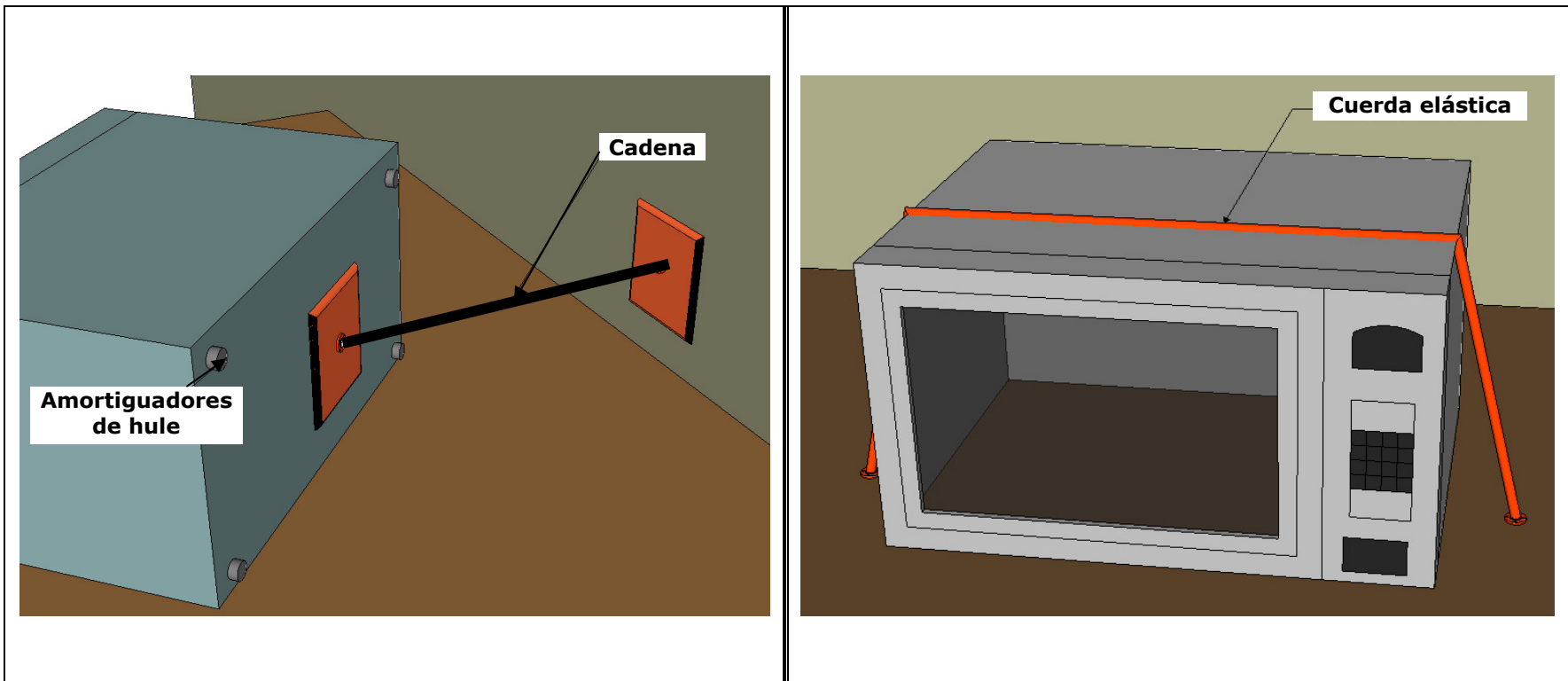
Tabla 5. Esquemas de aseguramiento de elementos no estructurales en el INISA.



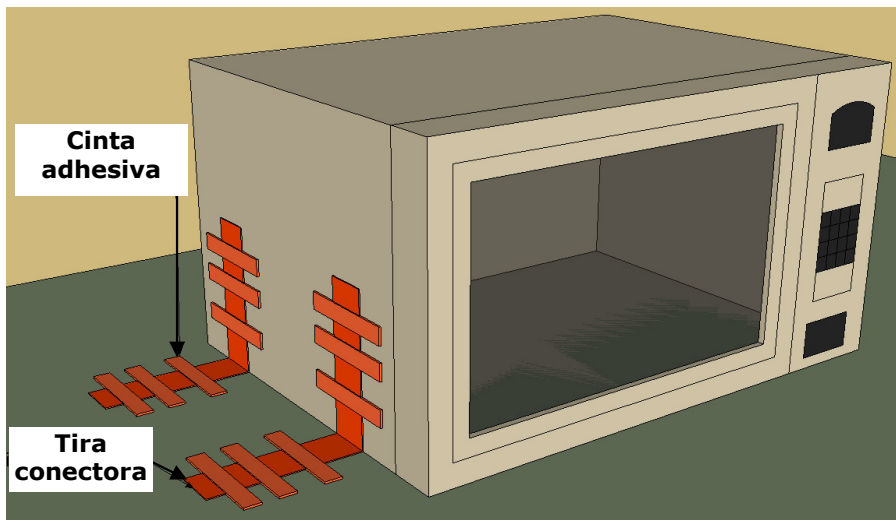
Los muebles y estantes deben sujetarse a paredes estructurales para lo cual pueden utilizarse angulares. Además, se sugiere colocar una banda de metal o plástico (cuerda de nylon) puede evitar la caída de los objetos que se almacenan en los mismos.



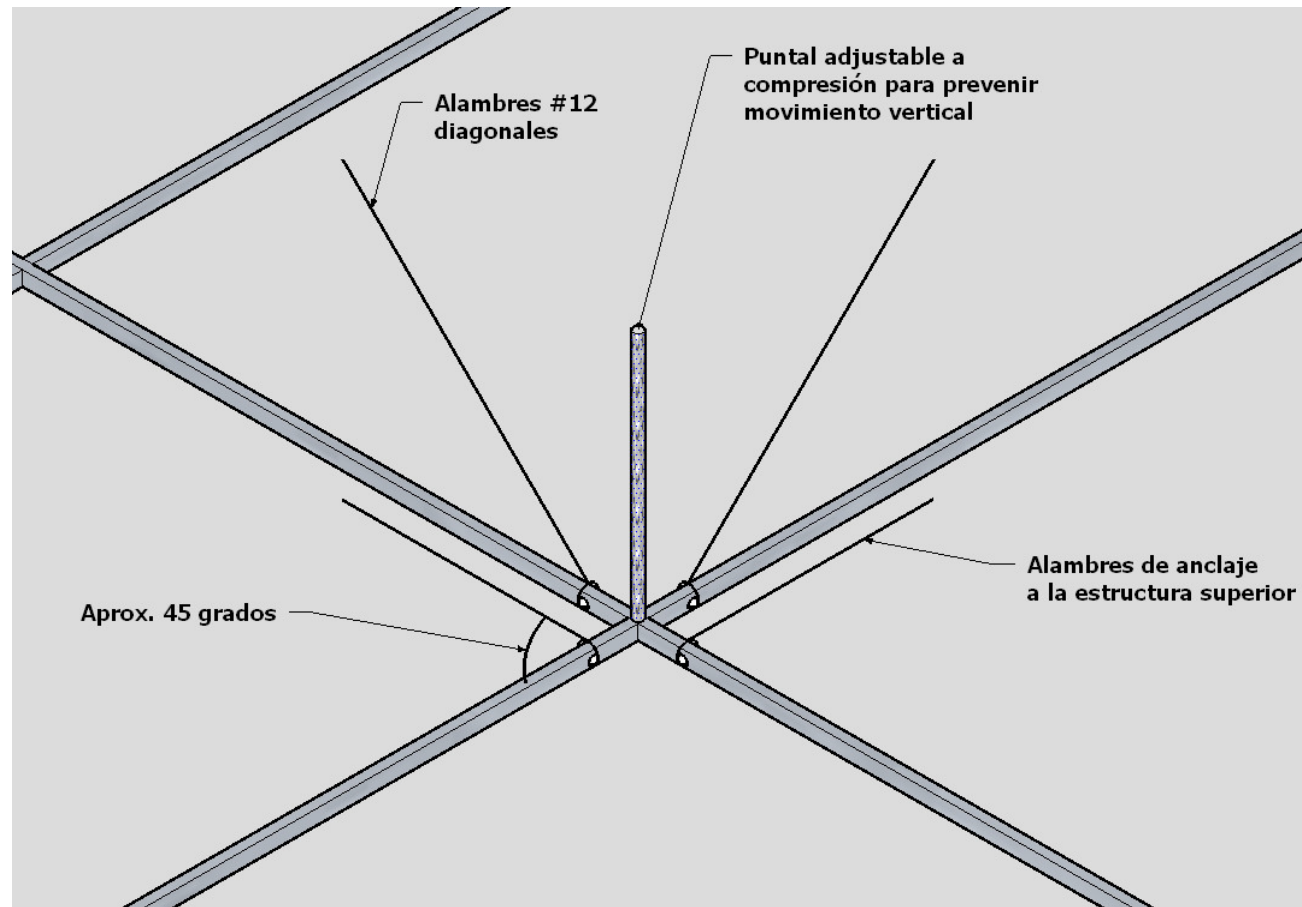
Los archivos deben sujetarse entre sí utilizando angulares para crear un elemento más estable al movimiento, además, deben sujetarse ya sea a la pared o al suelo.



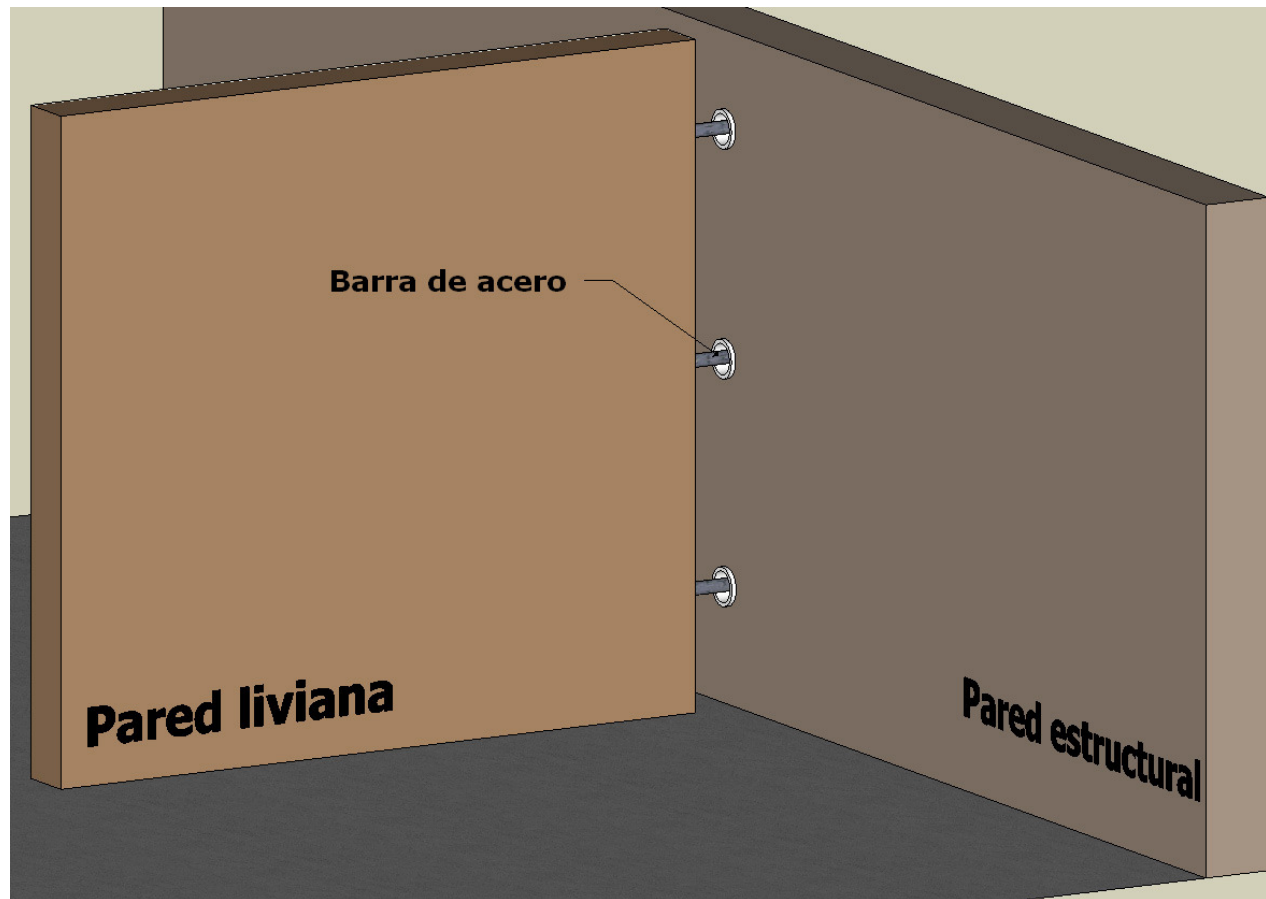
El equipo que se coloca sobre los estantes se puede asegurar como su muestra en las figuras, ya sea utilizando una cuerda elástica que lo rodee y sujete al escritorio o mesa, o, una cadena en su parte posterior que lo sujete a la pared. Para amortiguar posibles golpes, se recomienda colocarles a los equipos trozos de hule en su parte posterior.



Otra forma de aseguramiento del equipo que permanece sobre los escritorios y estantes es colocar cinta adhesiva a una tira que conecte el equipo y el mueble, o, utilizar parches de velcro en la parte inferior del elemento a asegurar. Ambos mecanismos tienen como objetivo mantener el elemento en su sitio en caso de un movimiento sísmico.



En caso de que el cielo suspendido no sea sustituido por uno del tipo anclado, se debe sujetar la estructura del mismo mediante alambres diagonales que le disminuyan el movimiento oscilatorio que puede experimentar durante un sismo. Además, el puntal vertical ajustable es importante para prevenir que verticalmente la estructura del cielo se desplace lo que podría ocasionar su colapso.



Esta solución es recomendable para aislar el sistema de paredes livianas de la estructura sismorresistente principal, además, para evitar que la pared liviana este anclada tanto en su parte superior como inferior, lo cual podría introducirle esfuerzos superiores que no han sido contemplados para su condición de uso común.

UBICACIÓN FINAL DE SITIOS DE REUNIÓN

En el caso de que no se adopten las medidas recomendadas de aseguramiento físico de los elementos no estructurales en estudio, se recomienda que el sitio donde las personas pueden ubicarse en caso de sismo sea debajo de las mesas y escritorios en buen estado que se encuentren tanto en las oficinas, laboratorios o salas de estudio.

Por otra parte, si las medidas propuestas son puestas en práctica el rango de sitios seguros se amplía. De esta manera se proponen los sitios de reunión y las rutas de evacuación respectivas para cada edificio en estudio. (Ver Tabla 6 y 7 para el INISA; y Tabla 8 para la Biblioteca de Salud).

La posición de seguridad que debe adoptarse durante un evento sísmico es en forma fetal contra el suelo, buscando proteger los órganos vitales, como muestra la Figura 16.



Figura 16. Posición de seguridad durante evento sísmico.

En las Tablas 6, 7 y 8, las zonas sombreadas son las áreas que se asignan para cada ruta de evacuación, es decir, si una persona se encuentra en esa zona sombreada debe ubicarse en el sitio de reunión asignado y seguir la ruta de evacuación respectiva.

Tabla 6. INISA: Sitios de reunión y rutas de evacuación Módulo 1: Laboratorios.



Tabla 7. INISA: Sitios de reunión y rutas de evacuación Módulo 2: Oficinas.

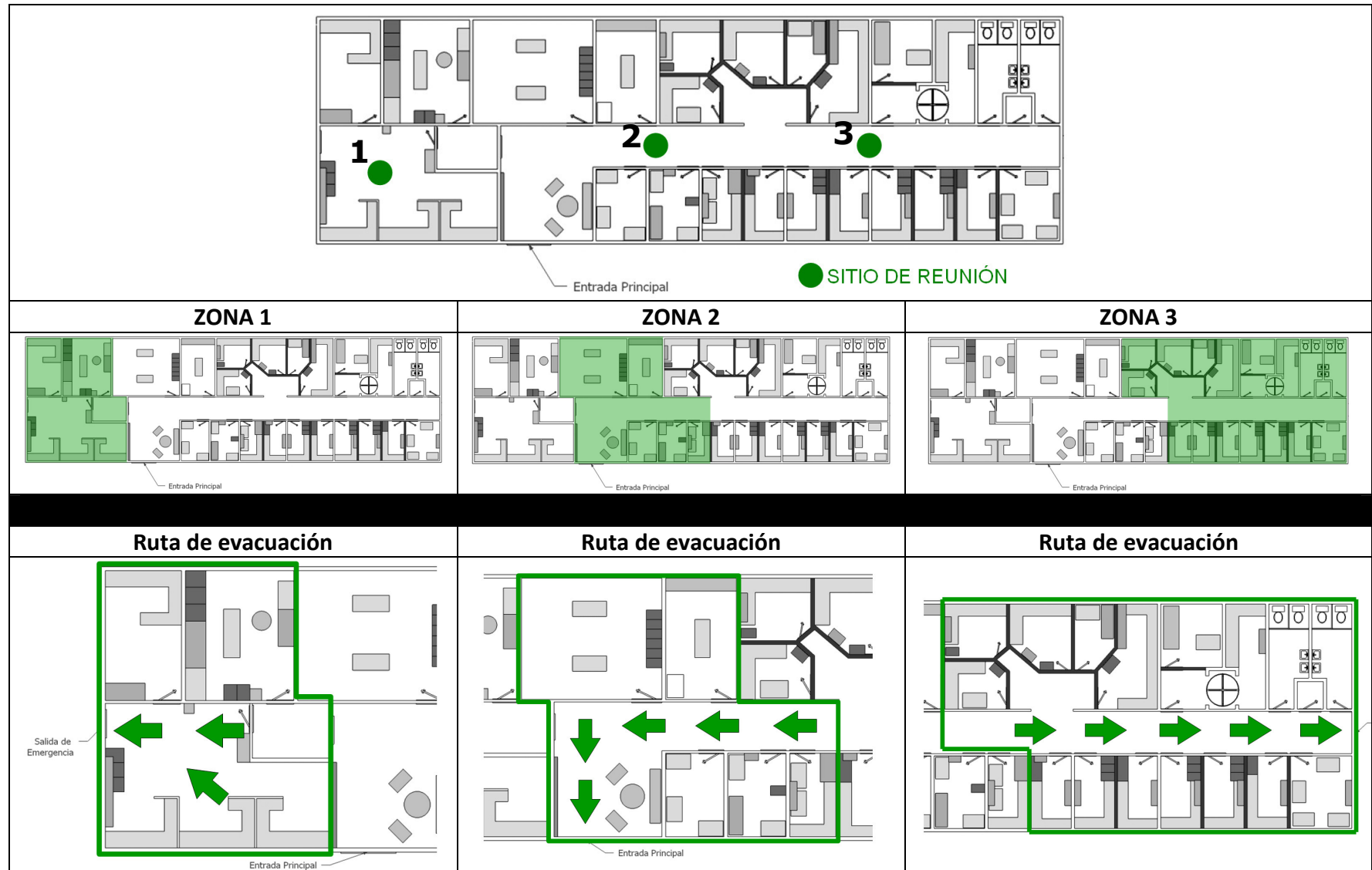


Tabla 8. BIBLIOTECA DE SALUD: Sitios de reunión y rutas de evacuación.

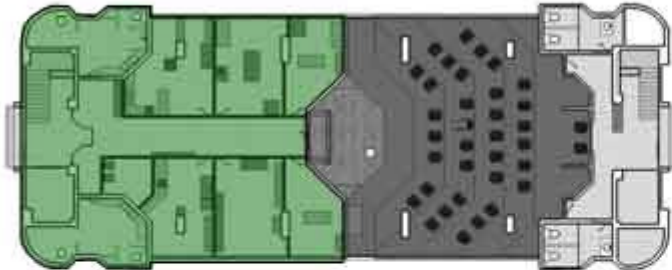
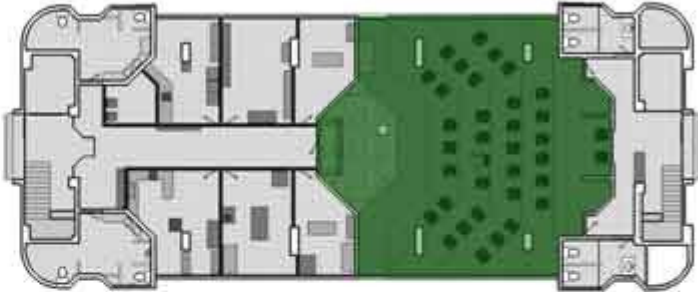
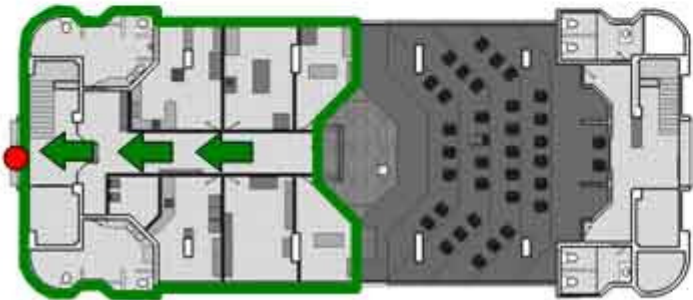
NIVEL DE SÓTANO	
ZONA 1	ZONA 2
	
Ruta de Evacuación	Ruta de Evacuación
	
Utilizar salida de emergencia del nivel de sótano	Utilizar salida de emergencia del nivel de sótano

Tabla 8. BIBLIOTECA DE SALUD: Sitios de reunión y rutas de evacuación (continuación).

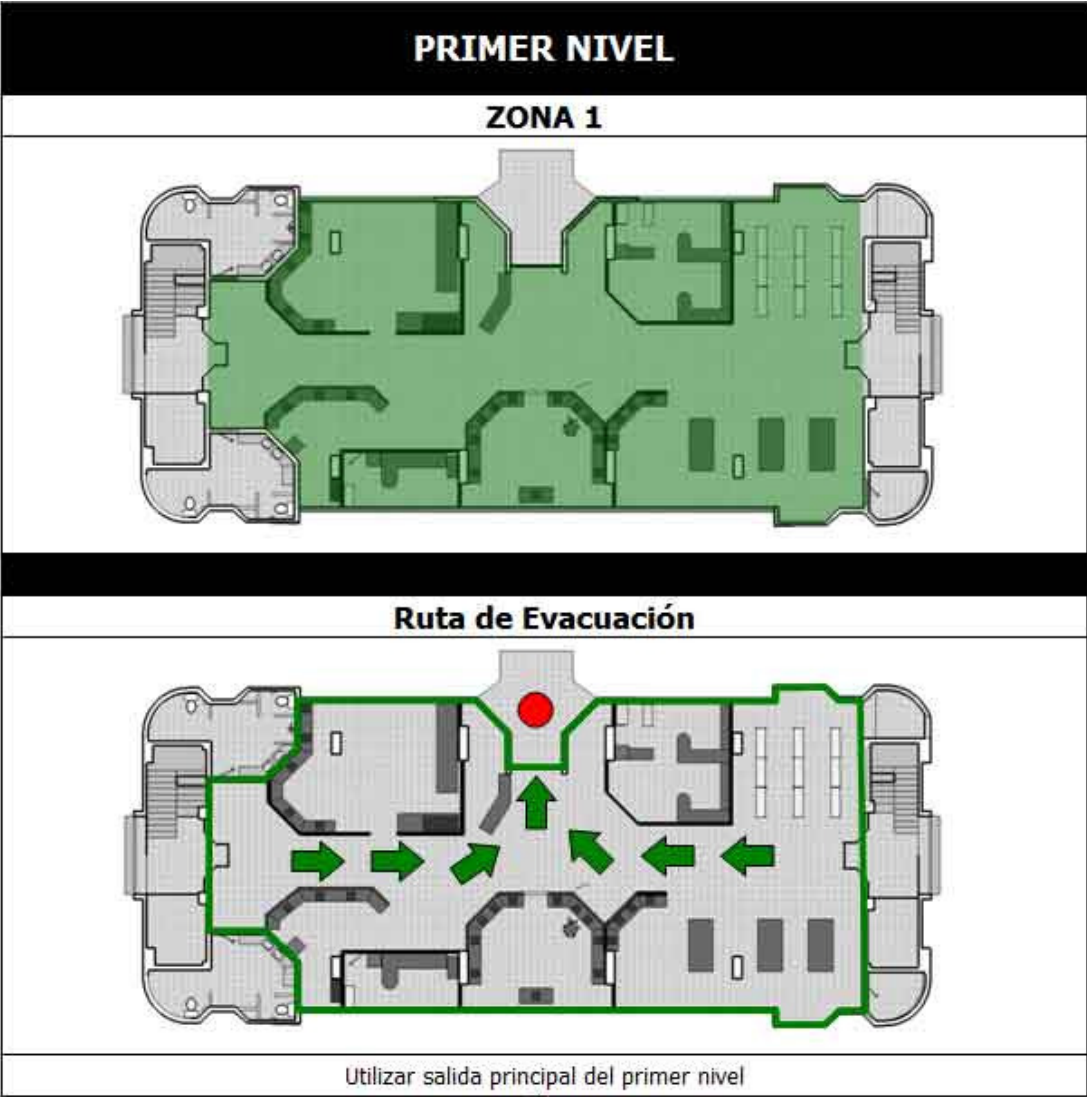


Tabla 8. BIBLIOTECA DE SALUD: Sitios de reunión y rutas de evacuación (continuación).

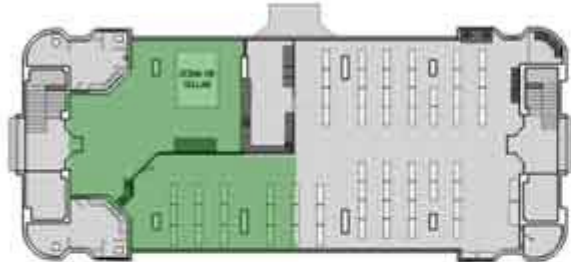
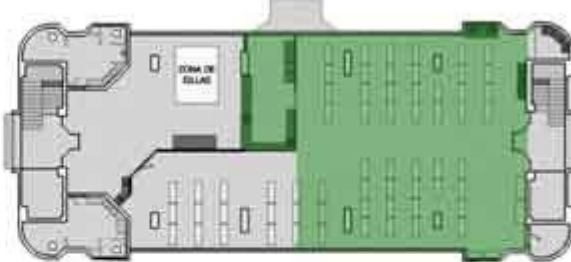
SEGUNDO NIVEL	
ZONA 1	ZONA 2
	
Ruta de Evacuación	Ruta de Evacuación
	
Utilizar salida de emergencia del nivel de sótano	Utilizar salida principal del primer nivel

Tabla 8. BIBLIOTECA DE SALUD: Sitios de reunión y rutas de evacuación (continuación).

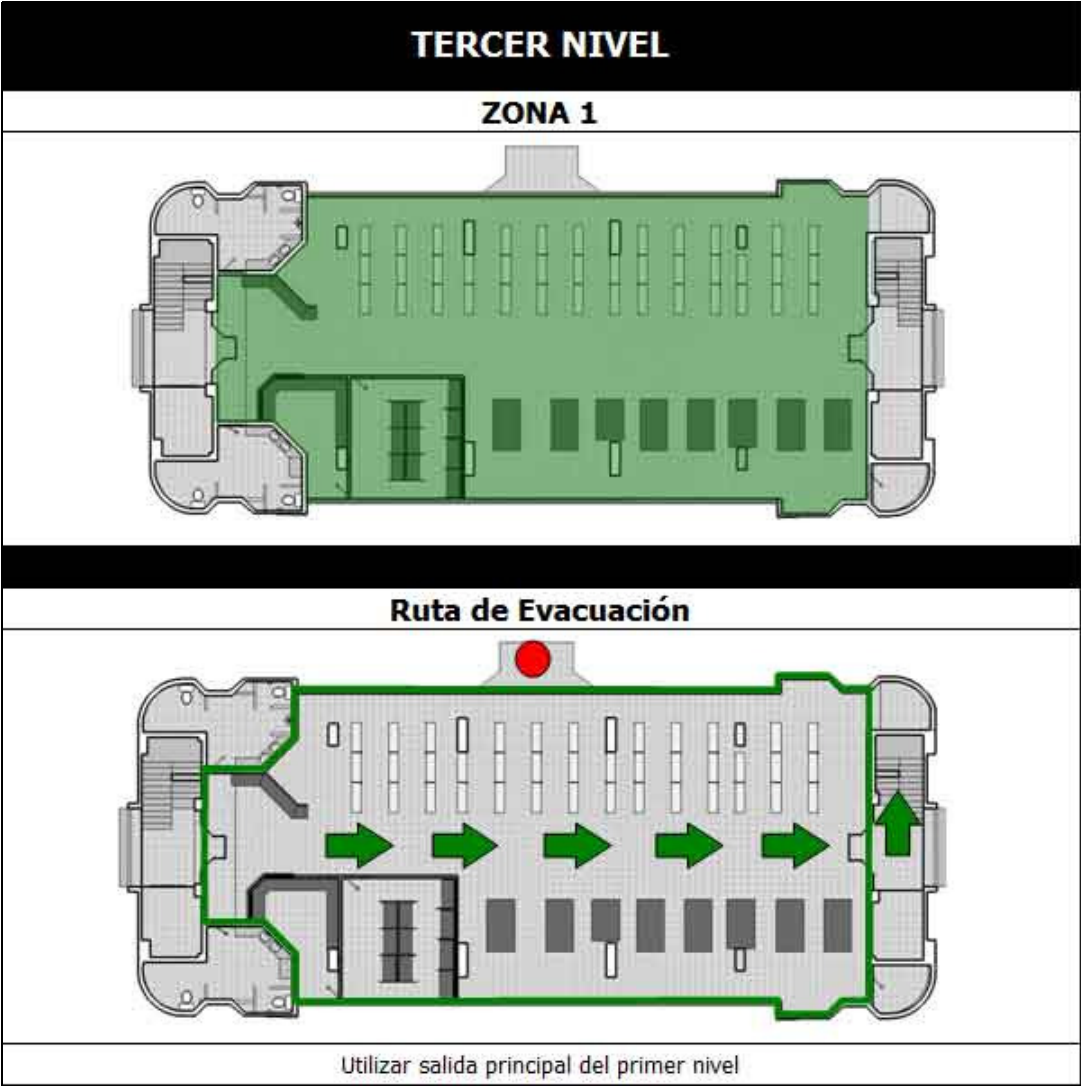
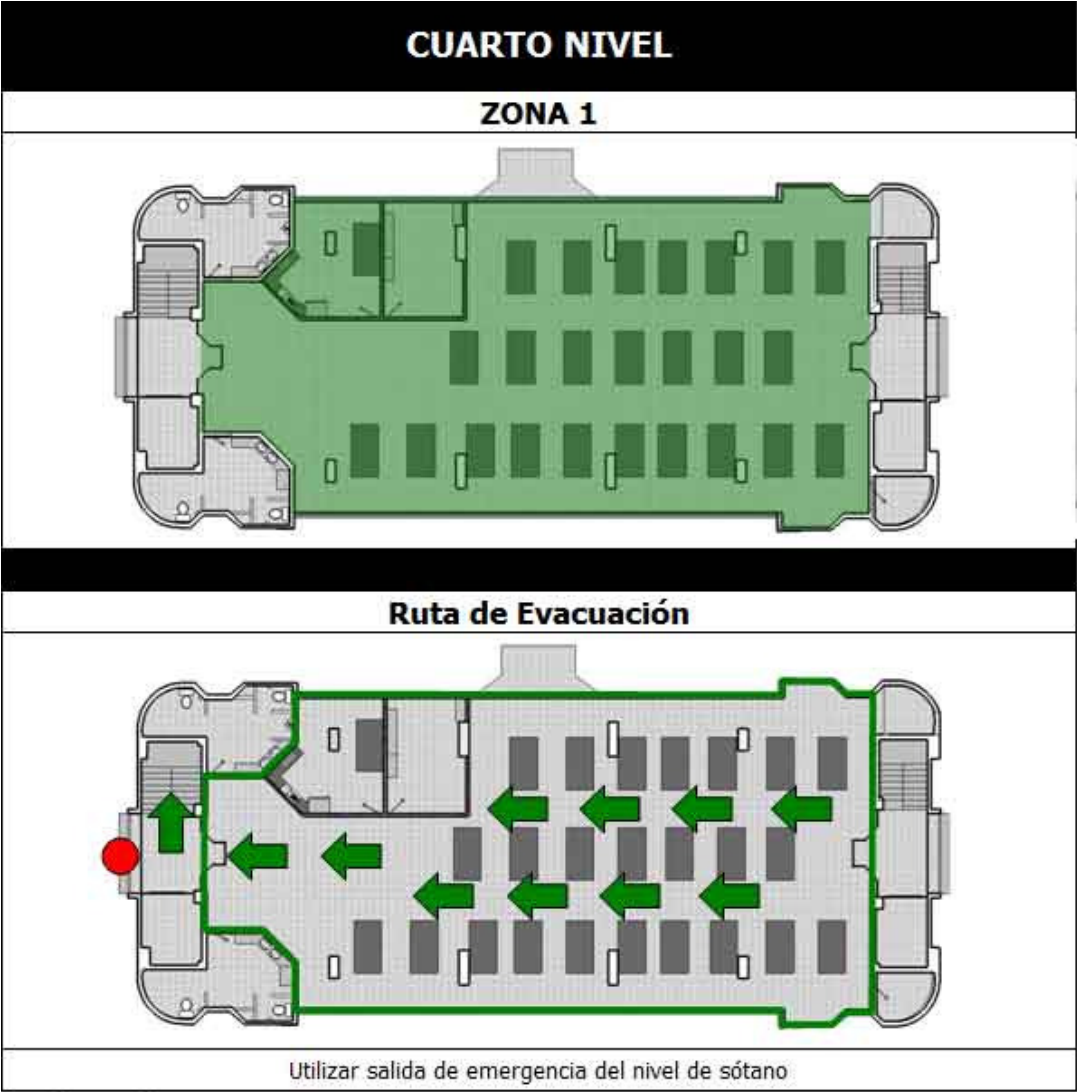


Tabla 8. BIBLIOTECA DE SALUD: Sitios de reunión y rutas de evacuación (continuación).



PROPUESTAS DE MATERIAL INFORMATIVO Y SEÑALIZACIÓN

Para que la información que brinda la señalización de seguridad dentro de una edificación sea asimilada eficazmente por el público esta cumplir con diversos aspectos entre los que se encuentran:

- La capacidad de atracción de la atención de los destinatarios.
- La claridad en la presentación de la información (sólo una interpretación).
- La configuración clara en cuanto forma, color, dibujo, luminosidad, texto, contraste.

De esta forma, una recomendación general para la instalación de las señales tiene que ver con la altura y la posición con respecto al ángulo visual. Según la norma INTE 03-01-05-02, las señalizaciones visuales ubicadas en las paredes, deben estar a alturas comprendidas entre 1.40 m y 1,70 m.

Además, se recomienda que los rótulos de información y direccionales se fabriquen en láminas de plástico acrílico recortados con las medidas indicadas. La adherencia a la pared puede realizarse con cintas adhesivas o tornillos con *spander*. Las señales en general deben tener forma rectangular, aproximadamente de 25cm x 50cm, según convenga a la ubicación del símbolo de seguridad o el texto. El símbolo de seguridad debe ser blanco. El color del fondo debe ser verde y cubrir como mínimo, el 50 % del área de la señal.

Es importante recordar que el señalamiento sobre seguridad sísmica debe cumplir con las normativas emitidas por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, entre las cuales se pueden mencionar la INTE 21-02-02-96 Seguridad contra incendios, señalización de seguridad y vías de evacuación.

En la Figura 17, a continuación, se presentan algunos ejemplos de señales que se pueden utilizar.



Figura 17. Ejemplos de señales de seguridad.
(Fuente: Manual de Señalización Institucional. CCSS)

La norma INTE 21-02-02-96 hace recomendaciones en cuanto a tamaño y tipo de señales por utilizar. Esta misma norma establece que la señalización de salidas habituales y salidas de emergencia puede realizarse por medio de la Figura 18 o la Figura 19, con colores verde en el fondo y las letras o trazos color blanco, respetando los tamaños dependientes de las distancias de observación.

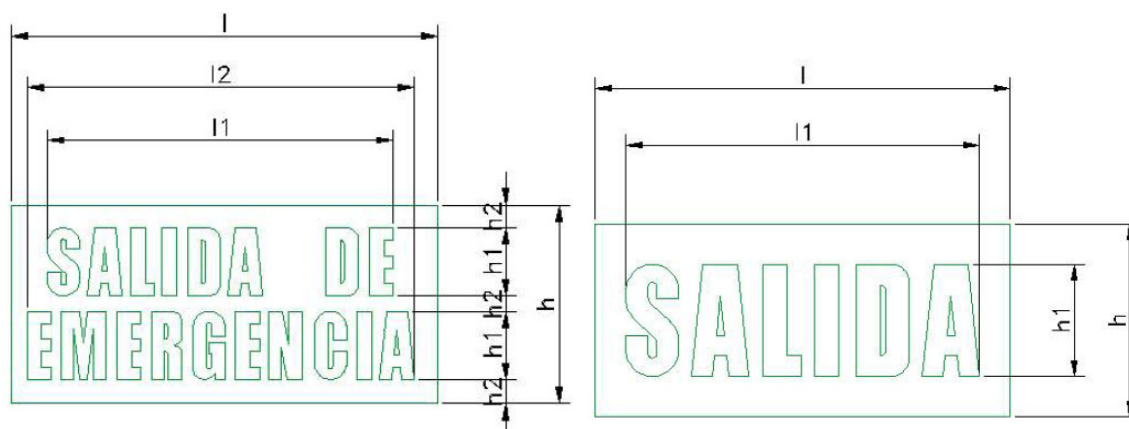
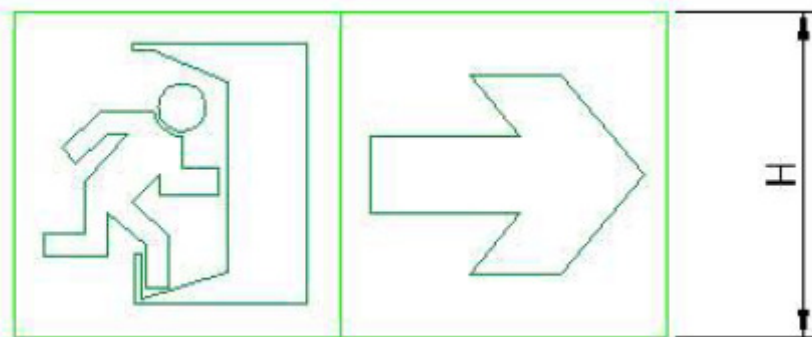


TABLA SEÑALIZACION SALIDAS DE EMERGENCIA					
SEÑALES LITERALES	FORMA	DIMENSIONES (mm)			
		SEGUN LA DISTANCIA MAXIMA DE OBSERVACION D(m)			
SL1 	RECTANGULAR		LA1 D≤10	LA2 10<D≤20	LA3 20<D≤30
		l	297	420	594
		h	105	148	210
		l1	240	340	480
		h1	60	85	120
SL2 	RECTANGULAR		LB1 D≤10	LB2 10<D≤20	LB3 20<D≤30
		l	297	420	594
		h	148	210	297
		l1	247	350	495
		l2	271	382	540
		h1	50	70	100
		h2	18	24	34
		h3	16	22	29

Figura 18. Recomendaciones sobre señalización de salidas de emergencia.
(Fuente: Norma INTE 21-02-02-96)



PICTOGRAMAS P24	FORMA	DIMENSIONES (mm) SEGUN LA DISTANCIA MAXIMA DE OBSERVACION D(m)			
			A1 $D \leq 10$	A2 $10 \leq D \leq 20$	A3 $20 \leq D \leq 30$
A.  B. 	CUADRADO	H	224	447	670
C.  D. 		H	224	447	670
E.  F. 	CUADRADO	H	224	447	670
G.  H. 		H	224	447	670

Figura 19. Recomendaciones sobre señalización de salidas de emergencia.
(Fuente: Norma INTE 21-02-02-96)

ANEXOS: TABLAS DE DATOS RECOLECTADOS

EDIFICIO	Instituto de Investigaciones en Salud			
MÓDULO	Módulo 1			
SISTEMA ESTRUCTURAL	Número de plantas	1		Observaciones
	Forma	Regular	Dimensiones	37 x 10,3 metros
	Elevación	Regular	Dimensiones	3,20 metros
	Conlindancias	No hay edificios en colindancia		
	Resistencia lateral	No hay cambios abruptos		
	Rigidez lateral	No hay cambios abruptos		

Marcos de acero, con paredes internas de mampostería reforzada, dos muros de retención de un metro de altura en la dirección más larga (este - oeste).

INVENTARIO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES													
Oficina	Cielo		Paredes		Ventanas		Muebles						
	Suspendido	Anclado	Livianas	Concreto	Celosías	Lisas	Estantes apoyados	Estantes suspendidos	Equipo de cómputo	Mesas de trabajo	Equipo de laboratorio	Archivos	Difusores
1		x		x	x	x					x		
2	x			x		x		x	x	x	x		x
3	x			x		x	x			x		x	x
4	x			x		x	x	x		x	x		x
5	x		x			x		x		x	x	x	x
6	x		x	x		x		x		x	x		x
7	x			x		x		x		x	x		x
8	x			x		x		x	x	x	x	x	x
9	x			x	x	x	x	x		x		x	x
10	x			x	x	x				x	x		x
11	x			x		x	x	x	x	x	x	x	x
12	x		x	x		x				x	x		x
13	x			x		x				x	x		x
14	x			x		x		x		x	x		x
15	x			x		x		x	x	x	x		x
16		x		x		x	x			x	x		x
Baños	x			x	x								x

EDIFICIO	Instituto de Investigaciones en Salud				
MÓDULO	Módulo 2				
SISTEMA ESTRUCTURAL	Número de plantas	1			Observaciones Marcos de acero, con paredes internas de mampostería reforzada, dos muros de retención de un metro de altura en la dirección más larga (este - oeste).
	Forma	Regular	Dimensiones	37 x 10,3 metros	
	Elevación	Regular	Dimensiones	3,20 metros	
	Conlindancias	No hay edificios en colindancia			
	Resistencia lateral	No hay cambios abruptos			
	Rigidez lateral	No hav cambios abruptos			

INVENTARIO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES												
	Cielo		Paredes		Ventanas		Muebles					
Oficina	Suspendido	Anclado	Livianas	Concreto	Celosías	Lisas	Estantes apoyados	Estantes suspendidos	Equipo de cómputo	Escritorios	Archivos	Lámparas
1	x		x	x	x	x		x	x	x		x
Baños	x			x	x							x
2	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x
3	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	x		x		x	x	x		x	x		x
5	x		x		x	x	x		x	x	x	x
6	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x
7	x		x	x	x	x			x	x	x	x
8	x			x						x	x	x
9	x		x		x	x		x	x	x	x	x
10	x		x		x	x		x	x	x	x	x
11	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x
12	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
13	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
14	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15	x			x	x	x	x		x	x		x
16	x		x	x	x	x		x		x	x	x
17	x			x	x	x				x		x
18	x			x	x	x				x	x	x
19	x		x	x	x	x		x		x	x	x
20	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x
21	x			x	x	x	x			x		x

EDIFICIO	Biblioteca de Ciencias de la Salud											
SISTEMA ESTRUCTURAL	Número de plantas	5				Observaciones						
	Forma	Regular	Dimensiones	32,0 x 12,5 metros								
	Elevación	Regular	Dimensiones	14,5 metros aprox.								
	Conlindancias	Facultad de Odontología y Facultad de Medicina										
	Resistencia lateral	No hay cambios abruptos										
	Rigidez lateral	No hay cambios abruptos										
Marcos de vigas y columnas de concreto con fachada norte y sur de vidrio, núcleos (muro de concreto) de escaleras y ascensor en puntos este y oeste, techo de hierro galvanizado, diseñado según Código Sísmico de Costa Rica 1986.												

INVENTARIO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES												
Zona	Cielo		Paredes		Ventanas		Muebles					Lámparas
	Suspendido	Anclado	Livianas	Concreto	Celosías	Lisas	Estantes apoyados	Estantes suspendidos	Equipo electrónico	Escritorios Mesas	Archivos	Difusores
S	1		x			x						x
	2	x		x	x							x
	3	x		x	x							x
	4	x	x			x						x
	5	x	x			x	x	x	x	x		x
	6	x	x			x	x			x	x	x
	7	x	x			x	x		x	x		x
	8	x	x			x			x	x		x
	9	x	x	x		x	x		x	x		x
	10	x	x	x		x	x		x	x		x
	11		x	x		x			x	x		
	12	x		x		x						x
	13	x		x	x							x
	14		x			x						
I	1		x			x						
	2	x		x	x							x
	3	x		x	x							x
	4	x	x			x			x	x		x
	5	x	x			x	x	x	x	x	x	
	6	x	x			x			x	x		x
	7	x	x			x	x			x	x	x
	8	x					x			x		
	9		x			x						
II	1		x			x						
	2	x		x	x							x
	3	x		x	x							x
	4	x	x			x				x		x
	5	x	x			x			x	x	x	x
	6	x	x			x	x					x
	7	x	x			x	x		x	x		x
	8		x			x						
III	1		x			x				x		
	2	x		x	x							x
	3	x		x	x							x
	4	x	x			x				x		x
	5	x	x			x				x		x
	6	x	x			x	x			x		x
	7		x			x						
IV	1		x			x				x		
	2	x		x	x							x
	3	x		x	x							x
	4	x	x			x		x	x	x		x
	5	x	x			x	x					x
	6	x	x			x				x		x
	7		x			x						