

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

**“INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA LA EVACUACIÓN EN EVENTOS  
SÍSMICOS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA”**

Estudio cuasi experimental, prospectivo, realizado en estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano, Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Enjerbell Alejandro Ramos González  
Sussana Chen Qiu**

**Médico y Cirujano**

Guatemala, agosto de 2017

El infrascrito Decano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala hace constar que:

Los estudiantes:

1. Enjebell Alejandro Ramos González 199810012 1937801860101
2. Sussana Chen Qiu 201180002 P 604010616

Cumplieron con los requisitos solicitados por esta Facultad previo a optar al Título de Médico y Cirujano en el grado de Licenciatura, y habiendo presentado el trabajo de graduación titulado:

**"INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA LA EVACUACIÓN EN EVENTOS SÍSMICOS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA"**

Estudio cuasi experimental, prospectivo, realizado en estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano, Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Trabajo asesorado por el Ing. Raúl Gabriel Vargas y revisado por el Dr. Luis Fernando Torres Arreaga, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

**ORDEN DE IMPRESIÓN**

En la Ciudad de Guatemala, el dieciocho de agosto del dos mil diecisiete

  
DR. MARIO HERRERA CASTELLANOS  
DECANO



El infrascrito Coordinador de la Coordinación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hace constar que los estudiantes:

1. Enjebell Alejandro Ramos González 199810012 1937801860101
2. Sussana Chen Qiu 201180002 P 604010616

Presentaron el trabajo de graduación titulado:

**"INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA LA EVACUACIÓN EN EVENTOS SÍSMICOS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA"**

Estudio cuasi experimental, prospectivo, realizado en estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano, Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala

El cual ha sido revisado por la Dra. Aída Guadalupe Barrera Pérez y, al establecer que cumple con los requisitos exigidos por esta Coordinación, se le autoriza a continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala el dieciocho de agosto del dos mil diecisiete.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



**César O. García G.**  
Doctor en Salud Pública  
Colegiado 5,950

**César Oswaldo García García**  
Coordinador

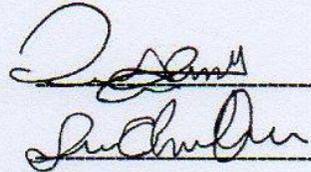
Guatemala, 18 de agosto del 2017

Doctor  
César Oswaldo García García  
Coordinación de Trabajos de Graduación  
Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Dr. García:

Le informamos que nosotros:

1. Enjerbell Alejandro Ramos González
2. Sussana Chen Qiu



Presentamos el trabajo de graduación titulado:

**"INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA LA EVACUACIÓN EN EVENTOS  
SÍSMICOS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA"**

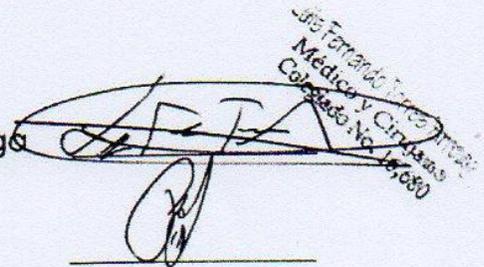
Estudio cuasi experimental, prospectivo, realizado en estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano, Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Del cual el asesor y la revisora se responsabilizan de la metodología, confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

Firmas y sellos

Revisor: Dr. Luis Fernando Torres Arreaga  
Registro de personal \_\_\_\_\_

Asesor: Ing. Raúl Gabriel Vargas



## **LOGRO QUE DEDICO:**

**A DIOS** por su infinito amor y sabiduría.

**A MI PADRE**, Alejandro Ramos por enseñarme el trabajo duro y la perseverancia es importante para lograr nuestras metas.

**A MIS HERMANOS**, por su apoyo incondicional.

**A MIS AMIGOS**, por caminar a mi lado, trabajar y reír conmigo; por los abrazos compartidos y demostrarme que aún existen buenas personas, médicos con vocación de servicio.

**A LAS FAMILIAS**, Harris, McFarland, Sher, Anderson, por mostrarme los valores de una familia unida, con los ojos puestos en Cristo.

**A MI COMPAÑERA DE TESIS**, Sussana Chen por su dedicación a este trabajo.

**A MIS PADRINOS Y REVISOR** por su ayuda en este arduo camino.

**A MI ALMA MATER**, Universidad de San Carlos de Guatemala y sus docentes por brindarnos las herramientas para desarrollarme profesionalmente buscando siempre el servicio al prójimo y la excelencia.

**A MIS PACIENTES**, por depositar su confianza en mí y permitirme aprender de ellos.

**A LOS HOSPITALES DE LA RED NACIONAL** por permitirme servir a la población y aprender de ellos.

**A TODOS** aquellos que en el día a día trabajamos juntos con el fin común de que un día tendremos un mejor país.

**ALEJANDRO RAMOS**

### **LOGRO QUE DEDICO:**

**A DIOS** por su infinito amor y guía, por todas las oportunidades que ha puesto en mi camino y permitirme cumplir esta meta.

**A MIS PADRES**, Degui Chen y Bizhen Qiu por ser mi fuente de inspiración, por creer en mí, por sus sacrificios y enseñarme que con poco se puede hacer mucho.

**A MI HERMANA**, Silvy Chen Qiu porque es la mejor hermana que Dios me pudo haber dado. Gracias por ser mi modelo a seguir, por compartir mis alegrías, secar mis lágrimas, cuidarme todos los días y animarme cuando ya no podía.

**A MIS HERMANOS**, que me han brindado soporte desde la distancia.

**A LA FAMILIA** Serech Van Haute por ser un pilar en mi familia.

**A MI AMIGA**, Lissette Carmely Torres Salazar por ver una chispa en mí, apoyarme y brindarme consejos profesionales y de vida.

**A MIS AMIGOS**, por caminar a mi lado, llorar y reír conmigo; por los abrazos compartidos y demostrarme que aún existen buenas personas, médicos con vocación de servicio.

**A MI COMPAÑERO DE TESIS**, Alejandro Ramos por los desvelos, porras y apoyo de todo corazón.

**A MIS PADRINOS Y REVISOR** por su ayuda en este arduo camino y en la tesis.

**A MI ALMA MATER**, la Universidad de San Carlos de Guatemala y sus docentes por brindarnos las herramientas para crecer profesionalmente y ser médicos diferentes.

**A MIS PACIENTES**, por depositar su confianza en mí y dejarme aprender con ellos.

**AL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS** por permitirme poner un granito de arena para ayudar a la población.

**A IFMSA y ASOCEM** por abrirme las puertas y permitir crear espacios de crecimiento para los demás.

**A TODAS** las personas que conocí en el camino a este logro, especialmente a aquella serendipia que me alegra todos los días y me hace soñar.

**SUSSANA CHEN QIU**

## AGRADECIMIENTOS GENERALES

A Dios:

El centro de mi fe y mi fuente de fortaleza.

A nuestra Universidad de San Carlos de Guatemala:

Alma Mater grande entre todas.

A los doctores:

Luis Fernando Torres, Juan Francisco Morales, Erwin Calgua, Paul Chinchilla, Aida Barrera.

A los ingenieros:

Raúl Gabriel y a CEDESVD, Murphy Olimpo Paiz, Mario Argueta, Sergio Yanes, Luis de León y coordinación del Área de Física de primer año.

Y a todas las personas que formaron parte de este trabajo de graduación desde los estudiantes hasta quienes nos brindaron apoyo con una sonrisa.

*De la responsabilidad del trabajo de graduación:*

El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y para la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad, de la Universidad y otras instancias competentes.

## RESUMEN

**OBJETIVOS:** Evaluar la evacuación de las aulas antes y después de una intervención educativa sobre eventos sísmicos en los estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano que asisten al Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala en junio a julio del 2017. **POBLACIÓN Y MÉTODOS:** Estudio cuasi-experimental, con muestreo por conglomerados, en estudiantes del área de Física. Se realizó evacuación, intervención y otra evacuación del aula tres semanas después. Se aplicó prueba de t apareada y coeficiente de correlación de Pearson para el instrumento de Gabriel y Lara. **RESULTADOS:** La media de tiempo de evacuación pre-intervención educativa fue de 68.93 seg (DE:  $\pm 19.09$ ) y post-intervención fue de 43.57 seg (DE:  $\pm 9.88$ ), lo que significó una reducción de 21.08 seg (DE:  $\pm 20.31$ ). La media del punteo pre-intervención fue de 17.04 (DE:  $\pm 3.95$ ) y post-intervención fue de 84.04 (DE:  $\pm 6.97$ ), lo cual significó un incremento de seguridad de 66.33%. Hubo una diferencia estadísticamente significativa al comparar los tiempos [ $P(T \leq t)$ : 0.006] y el puntaje [ $P(T \leq t)$ : 5.12E-7] pre y post-intervención. Se encontró que la carga ocupacional está correlacionada negativamente con el tiempo de evacuación pre-intervención ( $r = -0.70$ ) y post-intervención ( $r = -0.65$ ). **CONCLUSIONES:** La intervención educativa mejoró el tiempo y puntaje de la evacuación de aulas y la carga ocupacional está correlacionada negativamente con los tiempos de evacuación.

**Palabras clave:** intervención educativa, eventos sísmicos, carga ocupacional, tiempo de evacuación.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**UNIDAD DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

**INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA LA EVACUACIÓN EN EVENTOS SÍSMICOS EN ESTUDIANTES DE MEDICINA**

Estudio cuasi experimental, realizado en estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano que asisten al Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los meses de junio a julio del 2017

<b>NOMBRE</b>	<b>TELÉFONO</b>	<b>NO. DE CARNET Y DPI</b>	<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>
Sussana Chen Qiu	30409319	201180002 3717522640101	sussana.ch.q@gmail.com
Enjebell Alejandro Ramos González	45021215	199810012 1937801860101	alejandroramosgonz@gmail.com
Asesor			
Ing. Raúl Gabriel Vargas	44343020		raulgabrielvargas@gmail.com
Revisor			
Dr. Luis Fernando Torres Arreaga	40209963		luisferdr.fernando@gmail.com

Guatemala, 18 de agosto del 2017

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO DE REFERENCIA.....	3
2.1. Marco de antecedentes.....	3
2.2. Marco teórico.....	4
2.3. Marco conceptual.....	5
2.3.1 Vulnerabilidad.....	5
2.3.2 Situación de la vulnerabilidad sísmica de Guatemala.....	5
2.3.2.1 Placas tectónicas.....	5
2.3.2.1.1 Ubicación de las placas tectónicas en Guatemala.....	6
2.3.3 Eventos sísmicos.....	7
2.3.3.1 Terremotos.....	7
2.3.3.1.1 Tipos de terremoto.....	8
2.3.4 Medición de los terremotos.....	8
2.3.4.1 Escala de Richter.....	8
2.3.4.2 Escala de Mercalli modificada.....	9
2.3.5 Historia reciente de los terremotos más relevantes en Guatemala...	12
2.3.6 Riesgos en caso de sismo en el CUM.....	12
2.3.6.1 Infraestructura.....	12
2.3.6.2 Humanos.....	13
2.3.7 Normas.....	13
2.3.7.1 Normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público.....	13
2.3.7.2 Normas de reducción de desastres no.2 (NRD2).....	14
2.3.7.3 Carga de ocupación.....	14
2.3.8 Metodología de una evacuación efectiva durante un sismo.....	15
2.3.9 “40 Minutos y Listo por un Aula Segura, preparación ante terremotos”.....	16
2.4. Marco demográfico.....	18
2.5. Marco geográfico.....	18
2.6 Marco institucional.....	19
2.6.1 Plan nacional de respuesta.....	19
2.6.2 Medidas preventivas ante un sismo en USAC (Plan de evacuación) .....	19

2.6.3 Creación del CEDESYD.....	20
2.6.4 Centro de operaciones de emergencia.....	21
2.7 Marco legal.....	21
2.7.1 Marco internacional, nacional y en USAC de gestión en riesgos.....	21
2.7.2 Integración de CONRED.....	23
2.7.3 Manual de operaciones nacional.....	24
3. OBJETIVOS.....	25
3.1. Objetivo general.....	25
3.2. Objetivos específicos.....	25
4. HIPÓTESIS.....	27
5. POBLACION Y METODOS.....	29
5.1. Tipo y diseño de investigación.....	29
5.1.1. Tipo.....	29
5.1.2. Diseños de investigación.....	29
5.2. Unidad de análisis y de información.....	29
5.2.1. Unidad de análisis.....	29
5.2.2. Unidad de información.....	29
5.3. Población y muestra.....	29
5.3.1 Población.....	29
5.3.2 Muestra.....	30
5.3.2.1 Marco muestral.....	30
5.3.2.2 Tipo de muestra.....	30
5.3.2.2.1 Tamaño de la muestra.....	30
5.3.2.3 Técnica de muestreo.....	31
5.4. Selección de sujetos.....	32
5.4.1.1. Criterios de inclusión.....	32
5.4.1.2. Criterios de exclusión.....	33
5.5. Definición y operacionalización de variables.....	33
5.5.1. Variables.....	33
5.6. Recolección de datos.....	34
5.6.1. Técnicas.....	34
5.6.2. Procesos.....	34
5.6.3. Instrumentos.....	36
5.7. Procesamiento y análisis de datos.....	36

5.7.1	Procesamiento de los datos.....	36
5.7.2.	Análisis de datos.....	37
5.7.2.1	Estadística.....	37
5.8.	Alcances y límites de la investigación.....	38
5.8.1.	Limitaciones.....	38
5.8.2.	Alcances.....	39
5.9.	Principios éticos de la investigación.....	39
5.9.1.	Principios éticos generales.....	39
5.9.2.	Categoría de riesgo.....	39
5.9.3.	Consentimiento y asentimiento informado.....	40
5.10	Recursos.....	40
5.10.1.	Humanos.....	40
5.10.2.	Físicos.....	40
5.10.3.	Materiales.....	40
6.	RESULTADOS.....	41
7.	DISCUSIÓN.....	45
8.	CONCLUSIONES.....	49
8.	RECOMENDACIONES.....	51
9.	APORTES.....	53
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
11.	ANEXOS.....	59
11.1	Planos y señalización de rutas de evacuación actuales.....	59
11.2	Planos y rutas de evacuación adecuadas.....	63
11.3	Instrumentos.....	68
11.4	Tablas.....	70

# 1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país afectado por desastres naturales como: terremotos, derrumbes, deslaves, tormentas tropicales, erupciones volcánicas, entre otros. Debido a su localización geográfica y su ubicación entre placas tectónicas, el país se encuentra propenso a terremotos.<sup>1</sup>

La historia de terremotos en Guatemala es extensa, la capital ha sido trasladada tres veces debido a esto. En la historia más reciente, en el siglo XX, el terremoto de mayor magnitud fue aquel registrado en 1942; mientras que el de mayor intensidad sucedió en 1976 causando daños materiales y humanos extensos. Los terremotos han dejado un gran número de afectados, solo en el de 1976 hubo aproximadamente 23 mil muertos y 77 mil heridos.

No existe manera de evitar ni prevenir que sucedan, por lo que se debe educar a la población a cómo enfrentarlos.<sup>2</sup> En la actualidad algunos colegios y escuelas preparan a sus alumnos mediante realización de simulacros de evacuación en caso de terremotos pero no todos los hacen.

El gobierno creó la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), en espera de que ayuden a prevenir desastres o reduzcan el impacto de los mismos en la sociedad. La CONRED elaboró un plan institucional nacional que se aplica a las diversas instituciones a nivel general mediante las Normas para la reducción de desastres (NSRD) pero que cada entidad debe modificar para sí misma.<sup>3</sup>

La Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) mediante el Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESYD) se encuentra trabajando en un plan de respuesta basado en el NSRD, el cual dictará el protocolo institucional a seguir durante y después de un terremoto en todas las facultades y centros regionales. A su vez las acciones que han tomado se encuentran dentro de las 4 prioridades del Marco de Sendai. El personal de CEDESYD ha estado brindando charlas de evacuación efectiva y posibles riesgos para sensibilizar a la población estudiantil.<sup>2,4</sup>

Partiendo de la necesidad de desarrollar medidas de evacuación y planes de emergencia en casos de desastres naturales para preservar la vida debido a la vulnerabilidad geográfica y demográfica del país ante eventos sísmicos, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Existe un cambio en la evacuación de aulas antes y después de una intervención educativa sobre eventos sísmicos en los estudiantes de la unidad didáctica de física primer año de la carrera de Médico y Cirujano que asistieron al Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los salones del edificio B durante los meses de junio a julio del 2017? ¿En cuánto tiempo evacuan el aula en que se encuentran los estudiantes antes y después de la intervención educativa? ¿Cuál es la diferencia en el punteo obtenido en la evaluación de la evacuación antes y después de la intervención educativa? ¿Cómo afecta la carga de ocupación al tiempo de evacuación del aula en la que se encuentran los estudiantes?

Para responder a estas interrogantes, se llevó a cabo un estudio cuantitativo, longitudinal, cuasi experimental, analítico en los estudiantes de la unidad didáctica de física primer año de la carrera de Médico y Cirujano que asistieron al Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los salones del edificio B durante los meses de junio a julio del 2017 meses de junio a julio del año 2017; a través de la evaluación de evacuación de aulas antes y después de una intervención educativa.

Para comparar los grupos primero se realizó una evacuación de aulas, luego se impartió la charla “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos” y a las tres semanas se hizo una segunda evacuación. Ambas fueron evaluadas por el instrumento validado de Gabriel y Lara (ver anexo 11.3).

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Marco de antecedentes

A lo largo del tiempo se han realizado investigaciones acerca de eventos sísmicos, especialmente terremotos, pero pocas han realizado simulacros y/o intervenciones educativas tratando el tema.

En 2014, un estudio mexicano evaluó una intervención educativa en 13 residentes de medicina de urgencias, en el cual evaluaron el nivel de conocimiento acerca de protocolos de acción en casos de desastres y encontraron que todos se ubicaron de forma inicial en rangos inferiores de conocimiento. Posterior a la estrategia 23.77% de los residentes alcanzaron niveles medios. Concluyeron que el 69.33% de los participantes subieron de grado de conocimiento.<sup>5</sup>

Una tesis realizada en Ecuador en el año 2015, tuvo como objetivo evaluar los conocimientos de los estudiantes de cuarto año de enfermería sobre prevención ante desastres naturales. Era un estudio transversal, descriptivo y cuantitativo, con uso de la encuesta aplicada a una muestra de 164 estudiantes de enfermería, evidenció que el 85% tiene de los estudiantes tenía poco conocimiento acerca de los niveles de alerta ante sismos, el 73% nunca recibieron capacitaciones ante desastres naturales presentando un nivel bajo de preparación, 51% nunca participó en simulacros y el 42% sentía temor y miedo ante un evento sísmico. Cabe mencionar que en el estudio un 47% consideró necesaria la capacitación en desastres naturales.<sup>6</sup>

Existen tesis de la USAC realizadas en torno al tema prevención o conocimiento de terremotos pero ninguno de evacuación de aulas en alguna población; por ejemplo una tesis realizada en el 2005,<sup>7</sup> se enfocó en evaluar como recibieron educación en desastres y como se comparte esa información en estudiantes del octavo semestre de la Escuela de Ciencias de Comunicación.

En la Universidad Rafael Landívar (URL) una tesis en el año 2014 tuvo como objetivo determinar la incidencia del plan de contingencia escolar en la gestión de riesgos

por desastres naturales. Se concluyó que un plan de contingencia, incide de manera significativa en la mitigación de los efectos de las catástrofes, recomendando crear un plan para reducir el nivel de vulnerabilidad en dicho centro educativo.<sup>8</sup>

Este tipo de investigaciones se ha realizado en otras universidades y en distintas facultades de la USAC como son medicina veterinaria, agronomía, odontología, ingeniería, psicología, entre otros. Sin embargo en la Facultad de Ciencias Médicas han sido pocos los esfuerzos para brindar información en eventos sísmicos y su estudio.

## **2.2 Marco teórico**

Múltiples estudios se desarrollaron a partir del terremoto que en 1906 destruyó la ciudad de San Francisco, enfocados en las características de los desplazamientos de las rocas en la falla de San Andrés siendo este el epicentro del terremoto, generando teorías como la del rebote elástico por el profesor H.F. Reid en el año 1910.<sup>9</sup> Se han propuesto varias teorías a cerca de las causas de terremotos:

**Teoría del rebote elástico:** Teniendo como antecedente el terremoto de San Francisco en la falla de San Andrés en 1906, Reid describe la falla como una ruptura pre-existente, antes del desplazamiento la cual debido a fuerzas tectónicas en la zona presenta una deformación muy lenta y diferencial de la roca generando acumulación de energía elástica, cuando esta energía supera la resistencia de la roca la falla puede activarse presentando desplazamientos en los puntos más débiles acompañados de un reacomodamiento, recuperación o un rebote elástico durante la cual hay liberación de la energía acumulada durante la deformación. Actualmente esta teoría es el punto de partida para el desarrollo de diferentes modelos o teorías.<sup>9</sup>

**Teoría de desplazamiento aleatorio:** N. Haskell (1946 y 1966) desarrolló un modelo en el que el desplazamiento de la falla se representa por una onda coherente sólo en segmentos de la falla y las radiaciones desde secciones adyacentes se suponen estadísticamente independientes. Físicamente corresponde a una ruptura de inicio súbito y que se extiende con períodos de aceleración y de retardo a lo largo de la falla.

**Teoría de barrera:** Das y Aki (1977) explican que la ruptura inicia cerca de una de las barreras y va propagándose en el plano de falla hasta que se detiene o retarda en la siguiente barrera. Algunas veces las barreras se rompen sin embargo cuando no se rompen la dislocación continúa al otro lado de la barrera, en otras ocasiones cuando la barrera inicialmente no se rompe puede llegar a ceder por la ocurrencia de las réplicas, generando así la teoría de barreras.<sup>9</sup>

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad ha surgido de la experiencia humana en situaciones a la que está expuesta contando no solo aspectos físicos, esta es el factor interno de riesgo que tienen un elemento en específico que está expuesto a eventos desastrosos y la predisposición intrínseca de dicho elemento a ser afectado.<sup>10, 11</sup>

### **2.3.2 Situación de la vulnerabilidad sísmica de Guatemala**

#### **2.3.2.1 Placas tectónicas**

Las placas tectónicas son fragmentos de la litosfera, compuesta por la parte superior del manto superior y la corteza terrestre, que se presenta como una capa fuerte, relativamente fría y rígida. Las placas de la litosfera son más delgadas en los océanos, donde su grosor varía de unos cuantos kilómetros en las dorsales oceánicas hasta 100 kilómetros en las cuencas oceánicas profundas. Por el contrario, la litosfera continental usualmente tiene un grosor comprendido entre 100 y 150 kilómetros, aunque puede alcanzar los 250 kilómetros en porciones más antiguas de los continentes. Debajo de la litosfera, se encuentra una región del manto muy dúctil, conocida como astenósfera, donde la temperatura y presión son tan altas que las rocas se encuentran en estado de fusión (rocas fundidas).<sup>12, 13</sup>

Es sobre esta astenósfera que se “deslizan” las placas tectónicas. Se sostiene en la actualidad que las placas son desplazadas como resultado de un flujo convectivo

(combinado, vertical y horizontal) en el manto. Este flujo, impulsados por diferencias de temperatura (por ende de densidad del material) impulsa a las placas litosféricas, generando indirectamente la formación de las cordilleras montañosas así como la actividad volcánica (directa o indirectamente) y sísmica en todo el planeta. Se piensa que las plumas de rocas super calientes que conforman el flujo ascendente del movimiento convectivo se generan en el límite núcleo-manto (donde la temperatura es máxima y la densidad mínima por consecuencia) y ascienden lentamente a la superficie.<sup>12</sup>

La parte horizontal del flujo (flechas horizontales) es la que arrastra a las placas provocando su colisión o bien su separación y finalmente se agrega que posiblemente los bordes de placas convergentes (donde las placas frías y densas de la litosfera se subducen) coinciden con un flujo descendente en el manto.<sup>12</sup>

Las placas principales y de mayor tamaño son: la placa Norteamericana, la Sudamericana, la del Pacífico, la Africana, la Euroasiática, la Australiana y la Antártica; y las placas de tamaño mediano son: la placa Caribeña, la de Cocos, la de Nazca, la Filipina, la Arábiga, la de Scotia y la de Juan de Fuca. Centroamérica se ubican sobre la placa Caribeña o de Caribe, donde la subducción de la placa Cocos debajo de la placa de Caribe provoca la alta actividad sísmica y volcánica del país.<sup>14</sup>

#### **2.3.2.1.1 Ubicación de las placas tectónicas en Guatemala**

La república de Guatemala se encuentra ubicada en una región donde coinciden tres placas tectónicas, estas son: la de Cocos, la del Caribe y la de Norteamérica. La interacción entre estas placas libera energía periódicamente en forma de sismos, constituyendo de esa manera una constante amenaza sísmica. Las principales fuentes sísmicas que coinciden con los límites entre placas, son la zona de subducción (interacción de la placa de Cocos y del Caribe), el sistema de grandes fallas de Polochic-Motagua (asociado al límite de las placas de Norteamérica y del Caribe), y los sistemas de fallas en el interior de la Placa del Caribe: la franja del Arco Volcánico y la región de grabenes entre la Falla del Motagua y el Arco Volcánico.<sup>14</sup>

En promedio, anualmente el 65 % a 70 % de los eventos sísmicos tienen origen en la zona de subducción, el 15 % a 20 % en los sistemas de fallas del Altiplano y el 5 % a 10 % está asociada a los sistemas Chixoy-Polochic-Motagua. La Placa de Cocos se mueve al nor-noreste con respecto a la Placa del Caribe a una velocidad aproximada de 77 mm/año, y se subduce debajo de América Central en la Fosa Mesoamericana.<sup>14</sup>

### **2.3.3 Eventos sísmicos**

Los eventos sísmicos son producto de la liberación súbita de energía acumulada debido a los movimientos que se dan en la corteza terrestre, que se dan en forma de ondas que sacuden la superficie terrestre.<sup>7</sup>

Los eventos sísmicos son movimientos o vibraciones causadas por la relajación brusca de energía por deformaciones de la litosfera que se propaga en la superficie. En su mayoría son de origen tectónico debido a la fricción en las placas que crea ondas y se traduce en un sismo o terremoto.<sup>15, 16</sup>

#### **2.3.3.1 Terremotos**

Un evento sísmico cuenta con la fuente sísmica que es la zona donde se libera la energía y la sacudida sísmica que es el movimiento en la corteza terrestre donde se convergen las ondas sísmicas del foco del lugar. Dependiendo de la intensidad o magnitud que presenten pueden ser considerados terremotos.<sup>15</sup>

Para describir un terremoto se utilizan dos medidas, la magnitud e intensidad mediante dos escalas: Richter y Mercalli respectivamente. Los terremotos son fenómenos transitorios súbitos de magnitud grande. Si un evento sísmico es mayor a 4 en la escala de Richter es considerado terremoto de magnitud pequeña, mayor a 5 magnitud moderada y mayor a 6 es un terremoto de magnitud severa. En cuanto a intensidad en la escala de Mercalli, puede ser de grado I hasta grado XII, aunque usualmente en terremotos de magnitud grande han presentado grado III; esta es muy subjetiva a lo que los afectados sientan durante un evento sísmico o terremoto, por lo que varía.

### 2.3.3.2 Tipos de terremoto

●**Terremotos tectónicos:** se dan por la ruptura súbita y violenta de las rocas por efecto de la deformación tras la acumulación de energía debido al movimiento lento de las placas para luego superar la resistencia del material produciendo una dislocación; cuando las placas se relajan súbitamente la energía se disipa en forma de calor y se producen procesos en la zona de ruptura que crean ondas sísmicas. La acumulación dura años mientras que la relajación segundos. Usualmente se producen en zonas entre placas y raramente en zonas dentro de las mismas.<sup>15,16</sup>

●**Terremotos volcánicos:** se producen por actividad volcánica pudiendo ser de tipo tectónico por los cambios de densidad en la zona, tipo explosivo por la liberación de energía repentina; tremores volcánicos que aún no tienen explicación pero duran de minutos a horas y de frecuencia dominante asociados a procesos de desgasificación.<sup>15</sup>

●**Terremotos de colapso:** estos son causados por hundimientos de zonas debido a que existen cavidades o áreas de baja densidad que son sometidas a un peso excesivo. Están asociados a desplazamientos de masas de tierra, así como la caída de bloques de tierra o deslizamientos de laderas.<sup>17</sup>

●**Terremotos por impactos de meteoritos:** estos son infrecuentes pero se dan por el impacto causado a la corteza terrestre cuando el meteorito toca el suelo.<sup>17</sup>

### 2.3.4 Medición de los terremotos

#### 2.3.4.1 Escala de Richter

La magnitud mide el tamaño de los terremotos, está basada en el valor de la amplitud de ondas registradas por un sismógrafo que se coloca encima del foco donde ocurre el sismo (epicentro), por lo que está relacionada a la liberación de energía por el terremoto. En Guatemala se mide con la escala de Richter.<sup>18,19</sup>

**Tabla 2.1. Escala de Richter: Amplitud máxima de ondas**

<b>Escala de Richter</b>	<b>Amplitud máxima de las ondas (en milésimas de milímetros)</b>
3	1000 (1 milímetro)
4	10000 (1 centímetro)
5	100000 (10 centímetro)
8	100000000 (100 metros)

Fuente: INSIVUMEH <sup>14</sup>

**Tabla 2.2. Escala de Richter: Registro**

<b>Escala de Richter</b>	<b>Registro</b>
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5.4	Puede sentirse pero sólo causa daños menores.
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 - 6.9	Ocasiona daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 - 7.9	Causa graves daños.
8 o mayor	Destrucción total a comunidades cercanas

Fuente: INSIVUMEH <sup>14</sup>

#### **2.3.4.2 Escala de Mercalli modificada**

La intensidad sísmica es una medida de la sacudida sísmica basada en los efectos sobre el terreno, los daños estructurales y cómo se percibe el terremoto. La intensidad refleja el conjunto de efectos de los elementos del terremoto. En Guatemala se utiliza la escala de Mercalli Modificada. <sup>16, 20</sup>

Los grados de intensidad se representan en números romanos del I al XII, de acuerdo a los efectos observados: <sup>20</sup>

**I grado Mercalli:** aceleración menor a 0.5 Gal; detectado sólo por instrumentos, sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.

**II grado Mercalli:** aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal; sacudida sentida sólo por muy pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios.

**III grado Mercalli:** aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal; sacudida sentida claramente dentro de un edificio, especialmente en los pisos altos, muchas personas no la asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado.

**IV grado Mercalli:** aceleración entre 6.0 y 10 Gal; sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de las vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.

**V grado Mercalli:** aceleración entre 10 y 20 Gal; sacudida sentida casi por todos; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etc. se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; objetos inestables caen. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Detención de relojes de péndulo.

**VI grado Mercalli:** aceleración entre 20 y 35 Gal; sacudida sentida por todos; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio, pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.

**VII grado Mercalli:** aceleración entre 35 y 60 Gal; advertida por todos. La gente huye hacia el exterior. Daño moderado sin importancia en estructuras de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas, daños considerables en las débiles o mal planeadas; ruptura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.

**VIII grado Mercalli:** aceleración entre 60 y 100 Gal; daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel de agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor.

**IX grado Mercalli:** aceleración entre 100 y 250 Gal; daño considerable en estructuras de buen diseño; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen. Pánico general.

**X grado Mercalli:** aceleración entre 250 y 500 Gal; destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.

**XI grado Mercalli:** aceleración mayor a 500 Gal; casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.

**XII grado Mercalli:** destrucción total, ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados al aire hacia arriba. Catástrofe.<sup>14,20</sup>

### **2.3.5 Historia reciente de los terremotos más relevantes en Guatemala**

En la historia de Guatemala los terremotos han sido frecuentes. En el siglo XX y XXI, el terremoto con mayor magnitud ha sido el de 1942 con 8.3 en escala de Richter, mientras que el de mayor intensidad ha sido el que se registró en 1972.

El terremoto que más daños ha causado y ha sido catalogado como el más destructivo de la historia reciente fue el terremoto de 1976 con una magnitud de 7.5 en la escala de Richter. Dejó un saldo de 23 mil muertos y 77 mil heridos.

A este le sigue el terremoto de San Marcos de 2012, con magnitud de 7.4 en la escala de Richter, sintiéndose en San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Retalhuleu, Totonicapán, Quiché, Huehuetenango y Suchitepéquez; dejando al menos 48 muertos y 15 heridos, dañando muchas viviendas y del cual algunos departamentos como San Marcos aún no se han recuperado.<sup>21</sup>

### **2.3.6 Riesgos en caso de sismo en el CUM**

#### **2.3.6.1 Infraestructura**

El CUM se encuentra localizado en zona 11. En él se pueden observar 4 edificios de los cuales 3 pertenecen a la Facultad de Medicina. Los edificios B, C y D, de los cuales el edificio B es utilizado para impartir clases desde primero hasta tercer año.

El edificio B es un edificio donde se reciben clases del 2° hasta el 4° nivel. El 1° nivel cuenta con una biblioteca, un café internet, un centro de tecnología, dos cafeterías, una venta de crepas ambulante, una fotocopidora, dos aulas virtuales, una oficina administrativa, mesas de estudio, 4 jardineras y la sede de la Asociación de Estudiantes de Medicina (AEM).

Este cuenta dos salidas de emergencia una es la entrada y salida principal que funge como salida de emergencia que está abierta en horario hábil, y otra está dentro de la biblioteca pero se encuentra bajo llave. Hay escasa señalización que se puede

visualizar en la biblioteca, 1º y 2º nivel y las gradas. El 3º y 4º no se encuentran señalizados. (Ver anexos 11.1 al 11.2)

La biblioteca tiene una entrada principal donde se deben registrar los visitantes con un mecanismo de metal en el lado derecho del mostrador y una salida abierta. La venta de crepas ambulante se encuentra en la entrada principal tras las rejas sin embargo no entorpece la movilización diaria de los estudiantes.

Se observa que la AEM cuenta con dos entradas y salida con puertas de metal así como el café internet y cafetería tienen puertas que abren hacia afuera de madera y una reja. La fotocopidora se encuentra bajo las gradas y tiene una reja de metal que se encuentran abiertas durante su funcionamiento. Las aulas virtuales tienen puertas de madera que abren hacia adentro y una reja, se utiliza en ciertas conferencias y cursos.

Las oficinas administrativas tienen puertas de vidrio y abren hacia adentro, estas usualmente se mantienen cerradas mas no bajo llave.

Cada salón de clases cuenta con puertas de madera que abren hacia afuera, escritorios de madera y/o mesas con sillas dentro de los mismos. En los pasillos de los salones se encuentran escritorios que los estudiantes sacan para sus actividades.

### **2.3.6.2 Humanos**

Se ha observado que en los edificios los estudiantes representan un riesgo en caso de un evento sísmico ya que muchos se sientan en las gradas y entradas de los edificios representando un posible obstáculo en la evacuación efectiva del mismo.

### **2.3.7 Normas**

#### **2.3.7.1 Normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público**

Son normas que constituyen el conjunto de medidas y acciones mínima necesarias que deben cumplirse con la finalidad de evacuar los inmuebles comprendidos

en esta norma como son los edificios de uso público o por terceras personas no importando si son públicas o privadas. Para su efecto se consideran los centros educativos, públicos y privados, escuelas, universidades, centros de formación o capacitación, centros de salud, hospitales, clínicas sanatorios entre otros, con el fin de resguardar la vida.<sup>22</sup>

#### **2.3.7.2 Normas de reducción de desastres no. 2 (NRD2)**

Son las normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público, establecen los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en las rutas de evacuación y salidas de emergencia de todas aquellas edificaciones e instalaciones, nuevas y existentes, a las cuales tienen acceso terceras personas, por ejemplo: oficinas, clínicas, centros de salud, mercados, iglesias, salones municipales, alcaldías auxiliares, escuelas y centros educativos, la –NRD2- fue creada con el principal objetivo de ser un conjunto de acciones dirigidas a reducir los efectos generados por la presentación de un evento natural o provocado.<sup>22</sup>

#### **2.3.7.3 Carga de ocupación**

Es la capacidad de un área para albergar dentro de sus límites físicos una determinada cantidad de personas. Para calcular la carga de ocupación (CO) es importante contar con el área en metros cuadrados del aula a estudiar dividido el factor de carga de ocupación el cual es una constante para diferente tipo de instalaciones comprendidas en la norma NRD2, lo que para efectos de este estudio es de  $1.85\text{m}^2$ .<sup>22</sup>

A continuación, se delimitan las áreas en  $\text{m}^2$  de cada salón del segundo y tercer nivel del edificio B utilizados para la cátedra de física (ver anexo 11.1 y 11.2)

**Tabla 2.3. Áreas en metros cuadrados y carga de ocupación según norma NRD2 de salones utilizados para impartir la cátedra de física.**

SALONES DEL EDIFICIO "B" DEL CUM DONDE SE IMPARTE LA CÁTEDRA DE FÍSICA, SEGUNDO Y TERCER NIVEL				
Salón	Ancho en m	Largo en m	Área en m <sup>2</sup>	Carga de ocupación según NRD2
<b>220</b>	10.68	9.83	104.98	57
<b>218</b>	8.86	9.84	87.18	47
<b>305</b>	8.86	9.57	84.79	46
<b>320</b>	8.86	10.97	97.19	53
<b>321</b>	8.86	10-97	97.19	53

Fuente: Creación de asesor e investigadores

### **2.3.8 Metodología de una evacuación efectiva durante un sismo**

Ante un evento sísmico se deben seguir medidas universales de seguridad, así como adaptar las mismas para cuando se deben evacuar aulas. <sup>11</sup>

- Mantener la calma en todo momento y ayudar a tranquilizar a los demás.
- Dirigirse a zonas seguras que hayan sido previamente revisadas y reforzadas.
- Utilizar las rutas de evacuación una vez ocurrido el evento de ser necesario.
- Alejarse de ventanales, repisas, estantes o de cualquier artefacto que pueda caer.
- Cortar los suministros de electricidad y gas.
- Resguardarse de objetos que puedan caer.
- No utilizar fósforos.

En un aula se deben seguir los mismos pasos y agregar:

- Seguir órdenes de personal responsable
- Persona cercana abre las puertas de emergencia
- Se usan las salidas de emergencia correctamente
- Evacuar ordenadamente, fila por fila sin correr ni empujarse.
- Cubrir cuello y cabeza al evacuar.

- Evacuar caminando por lado derecho.

### **2.3.9 “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos”**

“40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos”<sup>23</sup>, es una metodología práctica y creativa, creada por el CEDESUD, aplicada a cada circunstancia particular de cada ambiente de clases universitarias y adaptada a las visiones de los alumnos de cada carrera que desarrolla el concepto de aula segura en un tiempo no mayor de 40 minutos. Esta metodología es muy valiosa para poder preparar ante eventos sísmicos a poblaciones estudiantiles en universidades, institutos y colegios considerando las características de la misma:

- Diseñada para estar mejor preparados en aulas y oficinas en caso de terremoto o sismos fuertes.
- Es totalmente práctica (no necesita cañoneras, computadoras u otros dispositivos).
- Se imparte en 40 minutos o menos (interfiere al mínimo con la docencia)
- Se puede replicar a través de voluntarios.
- Es de bajo costo.
- Está acompañada de afiches para las aulas y despleables de bolsillo

Se aprenden de forma práctica 4 pasos básicos, ellos son brindados en la charla educativa:

1. Identificar elementos peligrosos.
2. Identificar actitudes vulnerables.
3. Hacer el aula u oficina un poco más segura.
4. Practicar el durante y después de un sismo.

Esta metodología se comenzó a validar en noviembre de 2011 y primer semestre de 2012, luego de conocer su principal beneficio, que con una sola intervención se obtienen mejoras en la preparación ante sismos de la población de entre el 40 al 60%. Su aplicación se extendió a las diferentes facultades, escuelas y centros regionales. Las modalidades de preparación van desde las muy básicas, evacuación de aulas, hasta

evacuación de edificios completos, con un solo sector, por ejemplo, estudiantes, dos sectores estudiantes y administrativos y evacuaciones con los tres sectores, estudiantes, docentes y administrativos, en una sola jornada o en varias jornadas: matutina, vespertina y nocturna.<sup>2</sup>

La metodología incluye la identificación de elementos peligrosos en el ambiente de trabajo, que podrían representar un peligro para la evacuación efectiva como lo son ventanas de vidrio, ventiladores, estantes, muebles, macetas, objetos que puedan caer del techo ya que presentan un riesgo. Al reconocer estos elementos se trata de disminuir la peligrosidad y evitar la vulnerabilidad ante estos eventos.

Se explican las actitudes de vulnerabilidad que presentan las personas que son problemáticas en caso de un evento sísmico y se realiza la corrección de las mismas como tener mochilas en el piso, filas mal alineadas, aglomeraciones, escritorios en las entradas de los salones, identificar señalización de rutas de evacuación, etc.

Tras esto se les enseña cómo protegerse durante un evento sísmico, siguiendo la señalización, caminando a su derecha, en orden. Se les explica que se debe asignar a la persona que se encuentre más cerca de la salida la responsabilidad de abrir las puertas, si existen ventiladores aéreos otra persona debe apagarlos.

Se les recalca que deben tratar de hacer un conteo de personas y establecer si alguien no logró evacuar, en este punto se explica la vitalidad de contar con un silbato siempre, llamado el "silbato de la vida" ya que en caso de quedar atrapados se beneficia la persona al soplar el silbato en intervalos de 10 minutos, haciendo notar que se encuentra dentro del lugar. Esto guía a los equipos rescate.

Como último se ejemplifican algunos escenarios de cómo ayudar a personas que se hayan lastimado con un esguince, en la cual se utiliza la técnica de la silla donde dos personas se toman del antebrazo formando un cuadrado, se agachan apoyando una rodilla al suelo y la persona con esguince se sienta en la silla formada para llevarla a un punto de reunión.

## **2.4 Marco demográfico**

Los estudiantes de primer año que asisten al CUM en el ciclo lectivo del año 2017 son aquellos que se encuentran cursando de una a siete distintas cátedras del pensum de la carrera de Licenciatura en Médico y Cirujano, que son Bioestadística, Salud Pública, Propedéutica Médica, Biología, Química, Física, Psicología. El promedio de edad de ingreso es de 18 años. Existe un total de 389 estudiantes de primer ingreso quienes cursan las siete cátedras y el número de estudiantes repitentes, que se definen como estudiantes que han ingresado en años anteriores y se encuentran llevando uno o más cursos por repitencia u otras razones, varía.

Según la información brindada por secretaría de la cátedra de física los datos más recientes son de febrero de 2017, donde se encuentran inscritos en este curso 1,456 estudiantes en total. La cátedra de física es impartida por 6 profesores, 4 días a la semana (lunes a jueves) en distintos salones con distintos horarios de 8h a 10h y de 10h a 12h.

## **2.5 Marco geográfico**

La ciudad de Guatemala está situada en medio de zonas de fallas importantes la del Motagua al norte, la de Jalpatagua al sur, al este por la falla de Pinula y al oeste por la falla de Mixco. Con base a datos recolectados a partir del terremoto de 1976, posterior a la reactivación y apareamiento de nuevas fallas secundarias a la falla de Mixco se identificaron ramas en sectores bien definidos en el valle de la ciudad de Guatemala como Ciudad San Cristóbal, colonia la Florida, colonia San Francisco y teniendo como límite alineado al centro del valle que coincide con la falla El Trébol.<sup>24</sup>

El CUM se encuentra ubicado en 9A Av. 9-45, zona 11 de la ciudad capital de Guatemala, muy cerca de El Trébol. El CUM aloja dos facultades que son medicina y psicología. Cuenta con 4 edificios: A, B, C Y D; 3 son utilizados por la facultad de Medicina y cada uno cuenta con 4 niveles. Medicina se trasladó tras 26 años de estar en el campus central de la USAC por necesidades de espacio.

## **2.6 Marco institucional**

### **2.6.1 Plan nacional de respuesta**

El Plan nacional de respuesta, es el reflejo, organizativo, técnico y operativo de las actividades de todos los organismos y entidades que componen el sistema, para reaccionar adecuadamente ante emergencias o desastre haciendo que la respuesta sea un medio para la recuperación. Dicho instrumento se fundamenta sobre la base de la de la coordinación interinstitucional, respeta las competencias institucionales y promueve una acción conjunta para responder ante situaciones que demanden una respuesta colectiva.

Es importante resaltar que el Plan Institucional de Respuesta (PIR) de la SECONRED es la base para la activación del Plan nacional de respuesta, lo cual facilita el trabajo de todos sus componentes y actividades que buscan evitar o reducir el impacto de un desastre.<sup>3</sup>

### **2.6.2 Medidas preventivas ante un sismo en USAC (Plan de evacuación)**

La evaluación del Marco de Acción de Hyogo indica que hay 4 prioridades de trabajo para el decenio 2015-2025, entre ellas la cuarta indica que deben hacerse esfuerzos por mejorar las capacidades de preparación, respuesta y recuperación, por lo que las Universidades deben formar un recurso humano que en su ámbito familiar y profesional tenga la capacidad de transmitir a la sociedad los conocimientos adquiridos en su formación superior, además de ejercer el liderazgo necesario para dar viabilidad al desarrollo de planes de emergencia, planes de recuperación con estándares de seguridad necesarios para la construcción de entornos seguros.<sup>2</sup>

Las principales actividades que las universidades deben realizar son (REDULAC, 2014):

- Que la cultura de seguridad y resiliencia sea un elemento de la política universitaria y del currículo.

- Que las instituciones de educación superior se conviertan en instalaciones seguras, que garanticen la continuidad de los servicios universitarios antes, durante y después de un desastre.
- Que se incorpore el concepto de universidad segura como parte de los procesos de acreditación universitaria.
- Que la gestión de la seguridad humana contemple la seguridad territorial ante desastres y se articule en la agenda de investigación-docencia-extensión.
- El fortalecimiento de los centros científicos técnicos existentes o la creación de nuevos centros de investigación para entender de mejor manera el riesgo, los factores de exposición y la vulnerabilidad asociada a la vida, los activos sociales económicos, ambientales y sociales.

El lanzamiento de la NRD2 en la USAC, se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en el año 2011, con autoridades de la SG-CONRED, CEDESYD y autoridades de dicha Facultad, atendiendo a la inauguración de la señalización de los edificios M6 y M7, que consideraban dicha norma. <sup>2</sup>

### **2.6.3 Creación del CEDESYD**

El CEDESYD fue creado cuatro años después del Marco de Acción de Hyogo e inició sus funciones en el segundo semestre del año 2008; uno de los principales logros del CEDESYD en el año 2009 fue asumir el liderazgo en la Coordinación del Nodo de Manejo de Cuencas y Ordenamiento territorial del Programa de Desarrollo de Capacidades de Investigación para la Reducción de Desastres en América Central (DIPREDCA), el cual es financiado por la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), y administrado por la Secretaría General del Consejo Superior Universitario Centroamericano SG-CSUCA. <sup>2</sup>

Se elaboró la metodología “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos”, en el año 2011, la cual fue diseñada para aulas y oficinas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Esta metodología propone una forma de preparación y capacitación masiva. Durante 2012 y 2013, se elaboran manuales para áreas temáticas específicas como seguridad en laboratorios, primeros auxilios, el ABC en gestión de

riesgo para el estudiante en su Ejercicio Profesional Supervisado (epesista), una serie de videos y capacitación en Gestión Integral del Riesgo de Desastres, a través de cursos cortos, cursos electivos, charlas, conferencias, simposios y foros a grupos de estudiantes, docentes, administrativos, epesistas y a 24 alcaldes auxiliares de la Municipalidad de Guatemala.<sup>23</sup>

En el año 2014, se activó el Consejo Coordinador de Desarrollo Seguro y Desastres, como la instancia de coordinación entre las unidades académicas/administrativas y el CEDESYD y el capítulo Guatemala de la Red de Universitarios de América Latina y el Caribe REDULAC.<sup>2</sup>

#### **2.6.4 Centro de operaciones de emergencia**

El centro de operaciones de emergencia (COE) es el conjunto de representantes de las diferentes instituciones que tienen la responsabilidad de asistir a la comunidad afectada por un incidente, reunidos en una instalación fija previamente establecida y con el objeto de coordinar el uso eficiente de los recursos de respuesta y de retornar la situación a la normalidad. Desde el COE se ejerce el comando de las operaciones de emergencia a nivel de esa comunidad. Está respaldado por procedimientos regulados y elementos administrativos y jurídicos particulares de cada país.<sup>25</sup>

### **2.7 Marco legal**

#### **2.7.1 Marco internacional, nacional y en USAC de gestión en riesgos**

Uno de los antecedentes más importante es el Marco de Acción de Hyogo (MAH), realizado entre los años 2005 – 2015, basado en la presencia de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, este fue realizado del 18 al 22 de enero de 2005 en Kobe, Hyogo, Japón, en el cual se enumera cinco prioridades de acción que deben realizar los países durante este periodo. Una de las prioridades es referente a la educación en el tema “utilizar los conocimientos, las innovaciones y la educación para crear una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel” y el segundo objetivo está orientado a “la creación y el fortalecimiento de instituciones, mecanismos y medios a todo

nivel, en particular a nivel de la comunidad, que puedan contribuir de manera sistemática a aumentar la resiliencia ante las amenazas”.<sup>2</sup>

En seguimiento de este objetivo del Marco de Acción de Hyogo, la USAC, por medio el Consejo Superior Universitario en su sesión celebrada el 09 de abril de 2008, según consta en el Punto SEXTO, inciso 6.4 del Acta No. 08-2008, aprobó la creación del CEDESUD, siendo esta la dependencia institucional de la USAC responsable de elaborar estudios científicos y tecnológicos que sustenten las propuestas de solución de los problemas nacionales vinculados al desarrollo seguro y desastres, así como, coordinar las acciones de las diferentes dependencias universitarias que se emprendan en relación con esta problemática, y en función de estos propósitos el centro debe: a) proponer y ejecutar las políticas universitarias en desarrollo seguro y desastres; b) coordinar las acciones institucionales para la adecuada inserción, incidencia y participación en el sistema nacional de desarrollo seguro y manejo de emergencias; c) participar en los diferentes niveles de gobierno, sociedad civil, redes universitarias y otras instituciones relacionadas con el tema del desarrollo seguro y desastres, a nivel nacional e internacional, d) constituirse en una unidad gestora de recursos de cooperación para fortalecer los centros de formación, investigación y extensión de la USAC en el tema.<sup>2</sup>

El Marco Sendai para la reducción de riesgo de desastres 2015-2030, es el sucesor del Marco de Acción de Hyogo. Fue adoptado en la 3ª Conferencia mundial de las Naciones Unidas llevada a cabo en Sendai Japón, en marzo de 2015. El marco surgió a partir de consultas y negociaciones desde el 2012 a petición de la Asamblea General de las Naciones Unidas. Este está basado en elementos que garantizan la continuidad del trabajo realizado por los distintos países y partes interesadas con relación al Marco de Acción de Hyogo.<sup>4</sup>

El Marco de Sendai expresa la necesidad que se tiene de comprender mejor el riesgo de desastres en sus distintas dimensiones como exposición, vulnerabilidad y características de las amenazas; fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres; rendir cuentas en la gestión del riesgo de desastres, reconocer las partes interesadas y sus funciones; movilizar inversiones para impedir la aparición de nuevos riesgos; la resiliencia; fortalecer la cooperación internacional entre otros.<sup>26, 4</sup>

Cuenta con 4 prioridades principales que son:

- Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres
- Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo
- Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia
- Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción

La USAC se encuentra trabajando en un plan de respuesta por facultades, basándose en las 4 prioridades del Marco de Sendai.

### **2.7.2 Integración De CONRED**

Se ha descrito la situación de vulnerabilidad en Guatemala en eventos sísmicos así mismo, se presentan amenazas de tipo antropogénicas, en la relación ser humano/naturaleza y en sus actividades productivas que generan condiciones de alto riesgo. Dentro de ese contexto, surgió el Comité Nacional de Emergencias –CONE- en 1969 como instancia tenía la finalidad de dar atención a una emergencia y de asistencia a la población en caso de desastres.<sup>3,21</sup>

Posteriormente surgió la CONRED, en 1996 la cual fue creada como la entidad encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de la presencia de los desastres. Por el Decreto 109-96 del Congreso de la República. La cual dio vida a la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres SE–CONRED como instancia nacional responsable legalmente de la CONRED, tiene compromisos y responsabilidades a nivel nacional, regional y mundial, en virtud de los cuales ha tomado la decisión de adoptar acciones concretas para promover la reducción del impacto de los desastres los cuales tienen efectos claramente definidos en el desarrollo sostenible y en el incremento de la pobreza. (Reglamento de la SE-CONRED Acuerdo Gubernativo 443-2000).<sup>3</sup>

### **2.7.3 Manual de operaciones nacional**

La CONRED, según el decreto 109-96 (Congreso de la República de Guatemala, 1996). En cuanto a la gestión prospectiva del riesgo sísmico, la CONRED ha aprobado tres normas importantes: la Norma de reducción de desastres No. 1 (NRD1) o Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala, producto del esfuerzo de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural (AGIES); la NRD2 o Normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público y la NRD3 Materiales de construcción; dichas normas tienen menos de cinco años de haberse elaborado y se están difundiendo tanto en el sector público como privado para su adopción y aplicación.<sup>2</sup>

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general:**

Evaluar la evacuación de las aulas antes y después de una intervención educativa sobre eventos sísmicos en los estudiantes de primer año de la carrera de Médico y Cirujano que asisten al Centro Universitario Metropolitano -CUM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los meses de junio a julio del 2017.

### **3.2 Objetivos específicos:**

**3.2.1** Determinar el tiempo de evacuación del aula antes y después de la intervención educativa.

**3.2.2** Comparar la evaluación de la evacuación antes y después de la intervención educativa.

**3.2.3** Correlacionar la carga de ocupación con el tiempo de evacuación del aula antes y después de la intervención educativa.



## 4. HIPÓTESIS

### 4.1 Hipótesis 1

**H<sub>o</sub>:** El tiempo obtenido después de la intervención educativa es mayor al tiempo obtenido antes.

**H<sub>o</sub>:**  $\bar{x}_{tiempo\ 1} < \bar{x}_{tiempo\ 2}$ , según valor crítico de t

**H<sub>a</sub>:** El tiempo obtenido después de la intervención educativa es menor al tiempo obtenido antes.

**H<sub>a</sub>:**  $\bar{x}_{tiempo\ 1} > \bar{x}_{tiempo\ 2}$ , según valor crítico de t

### 4.2 Hipótesis 2

**H<sub>o</sub>:** El puntaje obtenido después de la intervención educativa es menor al puntaje obtenido antes.

**H<sub>o</sub>:**  $\bar{x}_{puntaje\ 1} > \bar{x}_{puntaje\ 2}$ , según valor crítico de t

**H<sub>a</sub>:** El puntaje obtenido después de la intervención educativa es mayor al puntaje obtenido antes.

**H<sub>a</sub>:**  $\bar{x}_{puntaje\ 1} < \bar{x}_{puntaje\ 2}$ , según valor crítico de t

### 4.3 Hipótesis 3

**H<sub>o</sub>:** No existe correlación moderada entre la carga ocupacional y el tiempo antes y después de la intervención educativa.

**H<sub>o</sub>:**  $r \leq 0.6$

**H<sub>a</sub>:** Existe correlación moderada entre la carga ocupacional y el tiempo antes y después de la intervención educativa.

**H<sub>a</sub>:**  $r > 0.6$



## **5. POBLACIÓN Y MÉTODOS**

### **5.1 Tipo y diseño de investigación**

#### **5.1.1 Tipo**

El tipo de la investigación es cuantitativo.

#### **5.1.2 Diseños de investigación**

Investigación cuasi-experimental.

### **5.2 Unidad de análisis y de información**

#### **5.2.1 Unidad de análisis**

Datos obtenidos del instrumento “Evaluación de Evacuación de Aulas por Sismo, sin y con preparación” de Gabriel y Lara.

#### **5.2.2 Unidad de información**

Estudiantes de primer año de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala que asistan a la cátedra de física al CUM en el edificio B.

### **5.3 Población y muestra**

#### **5.3.1 Población**

- *Población diana*: estudiantes de primer año de la Facultad de Ciencias Médicas de la USAC en el edificio B.
- *Población de estudio*: estudiantes de primer año de la Facultad de Ciencias Médicas de la USAC de la cátedra de física que asistieron

a clases al CUM en el edificio B que cumplieron con los criterios de selección y aceptaron formar parte del estudio.

- *Muestra:* conglomerados de estudiantes de la cátedra de física de primer año de la Facultad de Ciencias Médicas que asistieron a clases al CUM en el edificio B.

### 5.3.2 Muestra

#### 6.3.2.1 Marco muestral

- *Unidad primaria de muestreo:* aulas del edificio B del CUM de la USAC donde se recibe la cátedra de física.
- *Unidad secundaria de muestreo:* conglomerado de estudiantes de primer año de la clase de física de la Facultad de Ciencias Médicas de la USAC.

#### 5.3.2.2 Tipo de muestra

El muestreo fue por conglomerados tomando grupos representativos porque se evaluaron salones completos como una unidad de estudio para obtener los datos necesarios, es decir se obtuvo la muestra mono-etápica o sin submuestreo; esta se usa para calcular el tamaño aproximado de muestra cuando se necesita hacer estimaciones de medidas, de proporciones o de totales poblacionales con base en el muestreo de conglomerados.<sup>27</sup>

#### 5.3.2.2.1 Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra, se utilizó la siguiente fórmula:<sup>27</sup>

$$n = \frac{NG^2}{N\left(\frac{E^2\bar{M}}{z^2}\right) + G^2}$$

Dónde:

n= número de conglomerados a seleccionar

N= número de conglomerados en la población (20 grupos de estudiantes ubicados en los salones antes mencionados en distintos horarios a los cuales se imparte la cátedra de física, según datos proveídos por la secretaría oficial de la unidad didáctica)

M= número de elementos en la población (1,456 según datos proveídos por la secretaría oficial de la unidad didáctica de física)

e= error de muestreo (se aceptará 0.05 como error de muestreo)

z= coeficiente de confiabilidad de 1.96 (con un nivel de confianza del 95%)

s= desviación estándar de la media en los conglomerados (6.02 según estudio que midió la efectividad de una intervención educativa en distintas regiones colombianas con una prueba de porcentaje de efectividad máxima)<sup>28</sup>

$\bar{M}$ = tamaño promedio del conglomerado en la población ( $\bar{M} = \frac{M}{N}$ ) ( $\bar{M} = \frac{1456}{20} = 72.8$ )

Por lo tanto, el cálculo del tamaño de la muestra se hizo de la siguiente manera:

$$n = \frac{20 * 6.02^2}{20 \left( \frac{0.05^2 * 72.8^2}{1.96^2} \right) + 6.02^2}$$
$$n = \frac{724.808}{105.2199918}$$
$$n = 6.89 \approx 7 \text{ conglomerados}$$

El tamaño de la muestra fue de 7 conglomerados.

### 5.3.2.2.3 Técnica de muestreo

La técnica de muestreo fue aleatoria simple. La cátedra de física es impartida a 20 grupos en diferentes salones, horarios y días a lo largo de la semana. Los horarios son de 8:00h a 9:30h y de 9:30h a 11:00h, de lunes a jueves.

Se enumeró a los 20 grupos en una hoja de Microsoft Excel® 2011 para Mac y se generaron 7 números aleatorios en el mismo programa con la función de NúmAleat. Los salones seleccionados fueron:

**Tabla 5.1. Salones seleccionados**

SALÓN	DÍA	HORA
220	Lunes	8:00 – 9:30
320	Martes	9:30 – 11:00
320	Miércoles	8:00 – 9:30
218	Jueves	9:30 – 11:00
220	Jueves	9:30 – 11:00
305	Lunes	8:00 – 9:30
218	Miércoles	8:00 – 9:30

Sin embargo fue necesario reemplazar algunos salones (320 por 321 y 218 por 321) ya que al llegar no había muchos estudiantes en los grupos a evaluar y poca colaboración de algunos catedráticos. Al terminar los salones que participaron fueron los siguientes:

**Tabla 5.2. Salones evaluados**

SALÓN	DÍA	HORA
220	Miércoles	8:00 - 9:30
321	Martes	8:00 - 9:30
321	Miércoles	9:30 – 11:00
321	Jueves	8:00 – 9:30
220	Martes	9:30 - 11:00
305	Lunes	9:30 - 11:00
218	Jueves	8:00 – 9:30

#### **5.4 Selección de sujetos a estudio**

##### **5.4.1 Criterios de inclusión:**

Estudiantes de género femenino o masculino que asistieron a la cátedra de física de primer año de la Facultad de Ciencias Médicas en el CUM, de la USAC.

#### 5.4.2 Criterios de exclusión:

Estudiantes que no quisieron participar en la investigación.

### 5.5 Definición y operacionalización de variables

#### 5.5.1 Variables

##### Definición y operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Criterios de clasificación/ Unidad de medida
Evaluación de la evacuación	Forma en la que las personas salen de determinado espacio, evacuando de manera adecuada con los pasos para proteger su vida y la de los demás durante un evento sísmico	Nota obtenida en el instrumento de evaluación de Gabriel y Lara	Cuantitativa, discreta	Razón	Punteo
Tiempo de evacuación	Tiempo que dura la evacuación efectiva de los presentes en un determinado espacio durante un evento sísmico	Tiempo anotado en el instrumento de evaluación de Gabriel y Lara	Cuantitativa, discreta	Razón	Segundos
Carga ocupacional	Es la capacidad de un área para albergar dentro de sus límites físicos una determinada cantidad de personas	Carga ocupacional real anotada en el instrumento de evaluación de Gabriel y Lara	Cuantitativa, continua	Razón	Carga real

## **5.6 Recolección de datos**

### **5.6.1 Técnicas**

Observación sistemática utilizando el instrumento de evaluación de Gabriel y Lara (ver anexo 11.1).

### **6.6.2 Procesos**

**Paso 1:** los investigadores se presentaron ante el profesor y los estudiantes explicando la investigación y se solicitó consentimiento verbal para la participación en el estudio debido a que la evaluación fue por conglomerados. Se procedió a la toma de asistencia de los estudiantes, que se llevó a cabo mediante listas que los mismos debían llenar con su nombre, carné y firma.

**Paso 2:** se solicitó que realizaran una evacuación como si se encontraran en un evento sísmico, explicando que el sonido del silbato representaba el sismo. Se dio inicio al simulacro utilizando el silbato plástico genérico que portaban los investigadores y desde que el primer estudiante salió del salón se cronometró el tiempo. Se consideró terminado el simulacro cuando el último estudiante evacuó el aula, deteniendo el cronómetro y anotando los resultados. La evaluación de la evacuación se calificó mediante el instrumento, el cual fue llenado por los investigadores.

La distribución de los investigadores fue: un investigador en el salón encargado de evaluar la evacuación del área, el orden y el número de estudiantes. Otro investigador se encargó de la medición del tiempo de evacuación utilizando un cronómetro marca Casio y verificó que los estudiantes se reunieran fuera del salón simulando los puntos de reunión.

Al terminar, los estudiantes regresaron a su salón. Posteriormente los investigadores impartieron la charla de “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos” y se resolvieron dudas.

**Paso 3:** con los estudiantes en el salón los investigadores procedieron a compartir los resultados obtenidos con el instrumento de evaluación de evacuación y se hicieron recomendaciones al catedrático y a los estudiantes para tener un salón más seguro.

**Paso 4:** tres semanas después los investigadores se presentaron en los mismos salones. Se solicitó autorización de los catedráticos, se confirmó la asistencia de los alumnos verbalmente con las listas que se tomaron en la primera intervención y se solicitó a los alumnos que no eran parte del grupo evaluado o quienes no fueron llamados que abandonaran el salón hasta terminar la evacuación.

**Paso 5:** se procedió a realizar una evacuación con la misma dinámica de la primera intervención. Se dio inicio al simulacro utilizando el silbato plástico genérico que portaban los investigadores y desde que el primer estudiante salió del salón se cronometró el tiempo. Se consideró terminado el simulacro cuando el último estudiante evacuó el aula, deteniendo el cronómetro y anotando los resultados. La evaluación de la evacuación se calificó mediante el instrumento, el cual fue llenado por los investigadores.

La distribución de los investigadores fue la misma: un investigador en el salón encargado de evaluar la evacuación del área, el orden y el número de estudiantes. Otro investigador se encargó de la medición del tiempo de evacuación utilizando un cronómetro marca Casio y verificó que los estudiantes se reunieran fuera del salón simulando los puntos de reunión.

**Paso 6:** posterior a la evacuación se solicitó a los estudiantes regresar a sus escritorios dentro del salón.

**Paso 7:** con los estudiantes en el salón, los investigadores compartieron los datos obtenidos con el instrumento de evaluación de evacuación y compararon los resultados sin y con preparación.

### **5.6.3 Instrumentos**

Se utilizaron cronómetros marca Casio para la medición del tiempo de evacuación, silbatos plásticos genéricos para dar inicio al simulacro y el instrumento de evaluación de metodología de evacuación en caso de evento sísmico proveída por el CEDESUD, creada por el ingeniero Raúl Gabriel y el doctor Oscar Lara llamado “Evaluación de evacuación de aulas por sismos, sin y con preparación”. (Ver anexo 11.1)

Se realizó una prueba piloto de la charla “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos” y del llenado correcto de la ficha de evaluación de evacuación de aulas en un salón de la biblioteca central de la USAC y un salón del edificio B del CUM a conveniencia del CEDESUD.

## **5.7 Procesamiento y análisis de datos**

### **5.7.1 Procesamiento de los datos**

Luego de recolectar los datos a través del instrumento, y de llevar a cabo las evacuaciones, se realizó siguiente:

En el programa de Microsoft Office Excel® 2011 para Mac, se creó la base de datos con distintas variables.

Se transcribieron los datos de los siete conglomerados. Al finalizar la misma, se realizó el consolidado general, para posteriormente analizar la base de datos.

**Tabla no. 5.3 Codificación de variables**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
salon	Salón donde se realizó la intervención, enumerados de 1 al 7
evalevan	Punteo obtenido antes de la intervención en el instrumento de Gabriel y Lara, escala de razón, va de 0 a 100.
evalevdes	Punteo obtenido después de la intervención en el instrumento de Gabriel y Lara, escala de razón, va de 0 a 100.
tiemevan	Tiempo en segundos antes de la intervención anotado en el instrumento de Gabriel y Lara, escala de razón.
tiemevdes	Tiempo en segundos después de la intervención anotado en el instrumento de Gabriel y Lara, escala de razón.
cargocan	Carga ocupacional real (coeficiente entre el área y aforo real de estudiantes) antes de la intervención anotada en instrumento de Gabriel y Lara, que toma en cuenta el área del salón dividida entre estudiantes que asistieron a clase.
cargocdes	Carga ocupacional real (coeficiente entre el área y aforo real de estudiantes) después de la intervención anotada en esquina inferior derecha del instrumento de Gabriel y Lara, que toma en cuenta el área del salón dividida entre estudiantes que asistieron a clase.

## **5.7.2 Análisis de datos**

### **5.7.2.1 Estadística**

Para el objetivo 3.2.1 de determinar el tiempo de evacuación del aula antes y después de la intervención educativa; se calcularon la media y desviación estándar del tiempo de evacuación antes y después de la intervención educativa con las funciones MEDIA.GEOM y DESVESTA. Se calculó prueba de t apareada con la función de “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas”, parte del paquete complementario de “análisis de datos”.

Para el objetivo 3.2.2 de comparar el punteo obtenido en la evaluación de la evacuación antes y después de la intervención educativa; se calcularon la media, desviación estándar y porcentaje del punteo obtenido antes y después de la intervención educativa con las funciones MEDIA.GEOM, DESVESTA. A su vez se calculó prueba de t apareada con la función de “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas”, parte del paquete complementario de “análisis de datos”.

Para el objetivo 3.2.3 de correlacionar la carga de ocupación con el tiempo de evacuación del aula antes y después de la intervención educativa; se realizó una correlación de Pearson con la función COEF.DE.CORREL para correlacionar ambas variables antes y después de la intervención educativa. Se puede decir que existe correlación negativa grande y perfecta si  $r = -1$ , correlación negativa muy alta de  $r = -0.7$  a  $-0.89$ , correlación negativa alta cuando  $r = -0.4$  a  $-0.69$ , correlación negativa muy baja si  $r = -0.01$  a  $-0.19$ , correlación nula si  $r = 0$ .

Si  $r = 0.01$  a  $0.19$  la correlación es positiva muy baja, si  $r = 0.2$  a  $0.39$  es una correlación positiva baja, si  $r = 0.4$  a  $0.69$  la correlación es positiva moderada, si  $r = 0.7$  a  $0.89$  se puede decir que hay correlación positiva alta, si  $r = 0.9$  a  $0.99$  la correlación es positiva muy alta y si  $r = 1$  se tiene una correlación positiva grande y perfecta.

## **5.8 Alcances y límites de la investigación**

### **5.8.1 Limitaciones**

Las limitaciones identificadas en la investigación fueron:

- Poca bibliografía acerca de la metodología y bibliografías existentes desactualizadas.
- Falta de colaboración de los docentes para realizar evacuaciones.
- Salones con pocos estudiantes.
- El número de estudiantes no fue el mismo; participaron  $n=315$  estudiantes en la primera evacuación, mientras que en la segunda intervención acudieron  $n=193$  estudiantes (61% del total).
- En la primera evacuación los estudiantes no conocían los puntos de reunión.
- Catedráticos daban clase en salones con muchos estudiantes, muchos estudiantes estaban asignados a otros salones.
- Puertas en mal estado.

### **5.8.2 Alcances**

- Pintar el punto de reunión frente a las banderas.
- Ubicar un nuevo punto de reunión en el ingreso peatonal frente al edificio D.
- Mejorar la distribución de escritorios dentro de las aulas.
- Invitación por parte del Decano de la Facultad de Ciencias Médicas para realizar un video compartiendo la charla “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos” que servirá para ser difundido en redes sociales y para capacitar a estudiantes, docentes y personal.

## **5.9 Principios éticos de la investigación**

### **5.9.1 Principios éticos generales**

El presente estudio se llevó a cabo por conglomerados por lo que en ningún momento se solicitaron datos personales que comprometieron a los participantes, respetando su confidencialidad.

Se contó con los principios éticos de no maleficencia ya que no se buscó dañar a los participantes, el principio de beneficencia en donde se les brindó una charla para prepararlos en caso de un evento sísmico.

### **5.9.2 Categoría de riesgo**

Este estudio está dentro de la categoría II ya que fue cuasi experimental, se evaluó a los participantes, pero fue necesario que los estudiantes salieran de sus clases para evacuar sus salones.

La categoría II (con riesgo mínimo) comprende estudios o el registro de datos por medio de pruebas grupales con las cuales no se manipula la conducta de las personas.

### **5.9.3 Consentimiento y asentimiento informado**

Se utilizó un consentimiento informado verbal, ya que solo los estudiantes que deseaban realizar el simulacro de evacuación efectiva se quedaron dentro del salón.

### **5.10 Recursos:**

**5.10.1 Humanos:** un revisor, un tutor, un asesor, dos investigadores.

**5.10.2 Físicos:** se realizó en distintas aulas (salones 218, 220, 305 y 321) donde se imparte la cátedra de física en el edificio B del CUM

**5.10.3 Materiales:** cronómetros, silbatos, computadoras, hojas de papel, lápices y lapiceros, cañonera.

## 6. RESULTADOS

**Tabla 6.1**

Tiempo en segundos de evacuación antes y después de la intervención educativa sobre eventos sísmicos, en estudiantes de física de primer año de medicina, CUM, datos recolectados de junio a julio 2017.

Salón	Tiempo en segundos de evacuación antes de la intervención	Tiempo en segundos de evacuación después de la intervención	Reducción de tiempo en segundos de la evacuación	Reducción de tiempo de la evacuación en porcentaje
1	78	45	33	42%
2	60	51	9	15%
3	102	34	68	67%
4	89	63	26	29%
5	58	38	20	34%
6	60	38	22	37%
7	50	42	8	16%
Media	68.93	43.57	21.08	
Desviación estándar	19.09	9.88	20.31	

Se determinó el tiempo de evacuación de los siete conglomerados, la media antes de la intervención fue de 68.93 segundos con desviación estándar (DE) de  $\pm 19.09$ . Después de la intervención evacuaron con una media de 43.57 segundos y DE  $\pm 9.88$ . Se encontró una reducción en el tiempo de aproximadamente 21.08 segundos, con DE  $\pm 20.31$ . El estadístico  $t=3.46$  es mayor al valor crítico de  $t=1.94$  en una prueba unilateral, rechazando la hipótesis nula de que el tiempo de evacuación después es mayor al tiempo de evacuación antes de la

intervención, y se corrobora ya que  $P(T \leq t) = 0.006$  para una cola es menor que  $\alpha = 0.05$  por lo cual es estadísticamente significativo. (Ver anexo 11.4)

**Tabla 6.2**

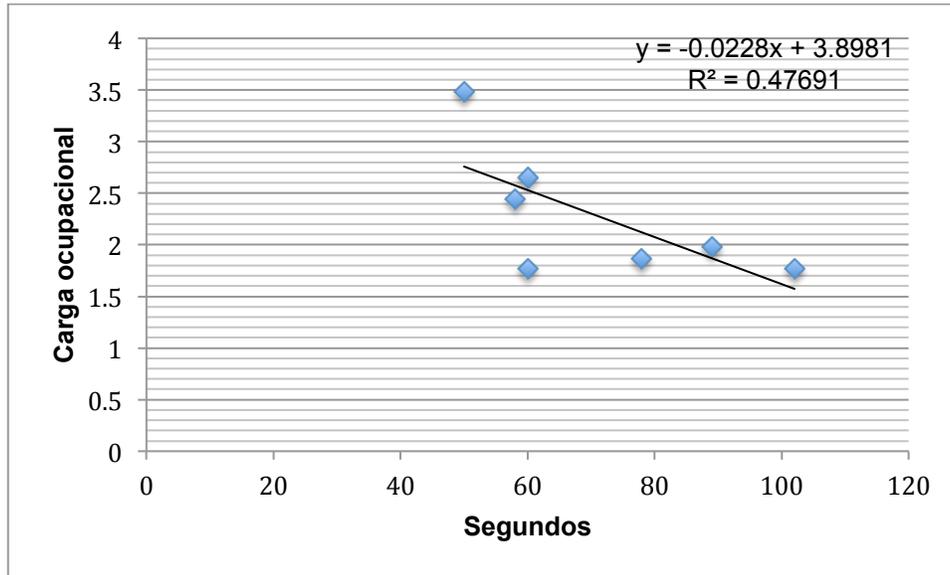
Punteos obtenidos antes y después de la intervención educativa sobre eventos sísmicos, en estudiantes de física de primer año de medicina, CUM, datos recolectados de junio a julio 2017.

Salón	Punteo antes de la intervención	Punteo después de la intervención	Incremento de seguridad al evacuar sobre 100 puntos
1	16	90	74
2	22	76	54
3	16	82	66
4	12	86	74
5	14	82	68
6	20	96	76
7	22	78	56
Media	17.04	84.04	66.33
Desviación estándar	3.95	6.97	8.86

La media del punteo de los siete conglomerados fue de  $17.04 \pm 3.95$  puntos antes de la intervención y  $84.04 \pm 6.97$  puntos después de la intervención, con un incremento de seguridad de 66.33 y desviación estándar de 8.86 puntos. Se rechaza la hipótesis nula de que el punteo obtenido después de la intervención educativa es menor al punteo obtenido antes ya que el valor crítico de  $t = 19.97$  es mayor al valor crítico de  $t = 1.94$  en una prueba unilateral, a su vez se confirma porque el valor de  $P(T \leq t) = 5.12E-07$  [0.0000000512] para una cola es menor que  $\alpha = 0.05$  por lo cual es estadísticamente significativo. (Ver anexo 11.5)

**Gráfica 6.1**

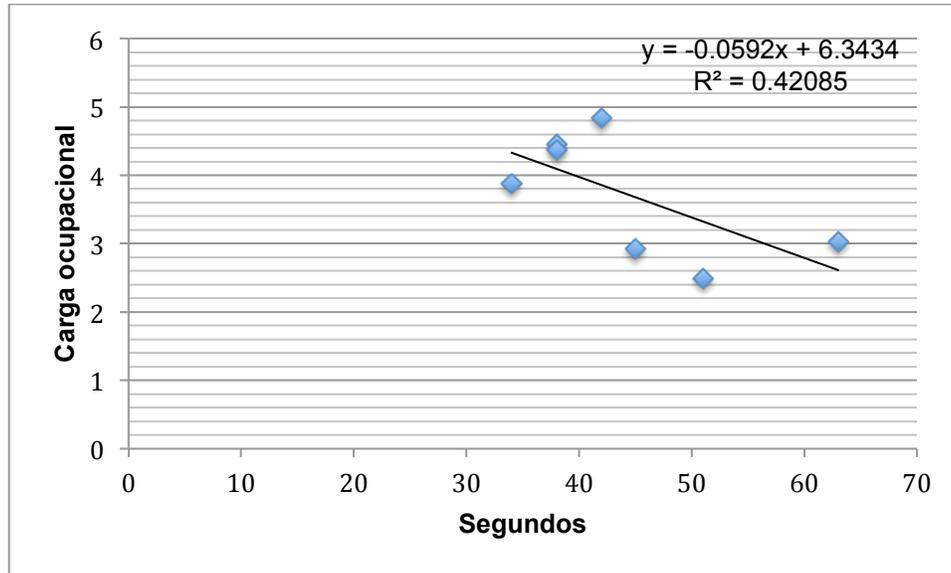
Relación entre tiempo de evacuación y carga ocupacional real antes de la intervención educativa sobre eventos sísmicos, en estudiantes de física de primer año de medicina, CUM, datos recolectados de junio a julio 2017.



**Interpretación:** En la gráfica se observan las distintas cargas ocupacionales de los siete conglomerados que se obtuvieron antes de la intervención educativa. Se rechaza la hipótesis nula de que no existe correlación entre la carga ocupacional y el tiempo antes de la intervención educativa ya que la dispersión dada por el coeficiente de correlación de Pearson que es  $r=-0.70$ , se puede inferir que existe correlación negativa alta entre la carga ocupacional y el tiempo, esto quiere decir que hay una relación entre la carga ocupacional ( $m^2$ /estudiante) y el tiempo de evacuación por los distintos factores de confusión como lo fueron las mochilas en el piso y el desorden de los escritorios.

**Gráfica 6.2**

Relación entre tiempo de evacuación y carga ocupacional real después de la intervención educativa sobre eventos sísmicos, en estudiantes de física de primer año de medicina, CUM, datos recolectados de junio a julio 2017.



**Interpretación:** En la gráfica se observan las distintas cargas ocupacionales que se obtuvieron en los siete conglomerados después de la intervención educativa. Se rechaza la hipótesis nula de que no existe correlación entre la carga ocupacional y el tiempo después de la intervención educativa ya que su coeficiente de correlación de Pearson es de  $r = -0.65$ , también se puede inferir que existe correlación negativa alta entre la carga ocupacional y el tiempo debido a factores de confusión como desorden de escritorios y mochilas, esto quiere decir que hay una relación entre la carga ocupacional ( $m^2/\text{estudiante}$ ) y el tiempo de evacuación; entre más carga ocupacional, menos tiempo de evacuación.

## 7. DISCUSIÓN

Se tomó una muestra de siete conglomerados de distintos salones del edificio B del CUM, donde se imparte la cátedra de física. Fueron aleatorizados los salones, pero en varios de ellos no se encontraron suficientes estudiantes para tener un conglomerado significativo con representación real de estudiantes por distintas razones, por lo que se tomaron otros salones con más personas.

Esto se atribuye a que algunos prefieren la docencia de otros catedráticos, otros van dos o tres veces por semana para repasar y se anotaron en un salón. Algunos alumnos no asistieron a sus clases porque no lograron llegar a zona mínima para aprobar el curso, este es un fenómeno observado en toda la facultad en todos los años.

Se realizó una evacuación antes de la intervención académica “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos” en la cual se llenó un instrumento de acuerdo a las actitudes de los estudiantes, que tenía un mínimo de 0 puntos y un máximo de 100 puntos. Se obtuvo un puntaje bajo en estas intervenciones, debido a que la mayoría de estudiantes evacuó desordenadamente mientras el silbato estaba sonando, no había un líder que los instruyera a evacuar, los estudiantes abrían una sola puerta para salir, no caminaron por su derecha sino a la izquierda, se quedaron cerca de la salida de emergencia obstruyendo la salida de sus demás compañeros, no se cubrieron cabeza y cuello y no se dirigieron a los puntos de reunión, ya que no sabían dónde se encontraban.

En la mayoría de salones evaluados las puertas eran de madera, con daño en las paletas y abrían hacia el flujo de personas, mientras que un solo salón, el 218, las puertas abren hacia adentro, pero son de metal y abren fácilmente. Había obstrucciones en el salón como las mochilas a los lados y escritorios no ordenados.

El tiempo también fue afectado debido a que se toma desde que sale el primer estudiante, la mayoría evacuó al escuchar el silbato, muy pocos se quedaron adentro apoyándose en columnas o parados sin saber qué hacer, nadie los lideraba creando confusión por lo que el tiempo de evacuación fue mayor y difirió de salón en salón.

Los escritorios ordenados en fila juegan un rol importante ya que una estudiante se cayó en una evacuación porque se encontró encerrada entre escritorios a la hora de salir; esta es de las obstrucciones más comunes en los salones y es un comportamiento que se puede modificar. Cuando se brindó la charla de “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos”, se les enseñó a los estudiantes que pueden ordenar sus escritorios en filas en menos de un minuto aproximadamente si todos colaboran; esta acción se puede realizar mientras el docente llega al salón, o cuando él coloca la cañonera, disminuyendo el riesgo de caídas y mejorando el punteo y el tiempo.

En la primera parte de la intervención, se observó que entre menos estudiantes había (menor carga ocupacional que se evidencia en mayor  $m^2$ /estudiante) el aula se evacuó en menos tiempo, siendo esto corroborado con el coeficiente de correlación de Pearson= -0.6905.

Tras esperar tres semanas de lavado al pasar listados, no se encontraba la misma cantidad de estudiantes (n=193, 61%) comparados con los que estaban primera evacuación (n=315). Al regresar, muchos de los estudiantes tenían ordenados sus escritorios y recordaron evacuar cuando terminara el sismo, en su mayoría se cubrieron cabeza y cuello, salieron en orden por filas mientras eran liderados por un compañero o compañera que los guío y solicitó que abrieran las puertas. A su vez, conocían los puntos de reunión porque pintaron uno que se había despintado con el paso del tiempo cerca de las astas de las banderas y se abrió uno nuevo en la entrada del CUM, por el edificio D.

El tiempo después de la intervención tuvo una reducción ya que se evacuó hasta que terminó el sonido del silbato y se disminuyó el tiempo de evacuación en todos los salones. La carga ocupacional fue menor con un coeficiente de correlación de Pearson= -0.648, aunque existen otros factores que pueden intervenir en este resultado, como lo pueden ser la carga de escritorios; hay salones que por necesidad de los estudiantes se ingresan escritorios de otros salones esto a su vez ocupa mas espacio reduciendo las vías de evacuación para los estudiantes, el orden de los escritorios fue importante para reducir el tiempo de evacuación, y el desorden de las mochilas encontradas entre las filas de escritorios ya que se convierten en obstáculos al momento de evacuar.

Tras obtener resultados del estudio, se rechaza la hipótesis nula de que el tiempo obtenido después de la intervención educativa es mayor al tiempo obtenido antes (hipótesis 4.1) y se rechaza la hipótesis nula de que el puntaje obtenido después de la intervención educativa es menor al puntaje obtenido antes (hipótesis 4.2).

También se rechaza la hipótesis nula de que no existe correlación entre la carga ocupacional y el tiempo antes y después de la intervención educativa (hipótesis 4.3). Existe correlación negativa muy alta y se presentaron factores de confusión como el orden de los escritorios y las mochilas que obstruyen el paso.

Al evaluar la evacuación de las aulas antes y después de una intervención educativa sobre eventos sísmicos en los estudiantes de la Facultad de Ciencias Médicas del CUM, se puede decir que la intervención es efectiva ya que el puntaje aumentó tras la charla y el tiempo de evacuación disminuyó.

Existe bibliografía poco actualizada del tema y no existen referencias bibliográficas de estudios que hayan utilizado la metodología por conglomerados y un instrumento para evaluar evacuaciones de aulas, solo guías o planes para evacuar; por lo que no se pudo realizar una comparación con otras investigaciones ya que la mayoría mide nivel de conocimiento con un test individual.<sup>5,6</sup>

Algunas de las limitaciones que se presentaron fueron la falta de colaboración de docentes, salones con pocos estudiantes, las puertas en mal estado y que algunos de los estudiantes que participaron en la primera ocasión no se encontraron para la reevaluación, se logró establecer que la intervención es efectiva, aportando a la facultad que se pintase nuevamente el punto de reunión frente a las astas de las banderas, se ubicase un nuevo punto de reunión en el ingreso peatonal frente al edificio D y se mejorará la distribución de escritorios en los salones donde se realizó la intervención.



## 8. CONCLUSIONES

- 8.1** En los estudiantes de la unidad didáctica de física de primer año de la Facultad de Ciencias Médicas de la USAC que asistieron a clases en los salones del edificio B del CUM durante los meses de junio a julio del 2017, que participaron en el estudio y fueron evaluados con el instrumento de Gabriel y Lara, se evidenció que el tiempo de evacuación fue menor después de la intervención educativa, y se redujo el tiempo de evacuación en todos los salones tras la charla.
- 8.2** La calificación obtenida por el instrumento de evaluación, demuestra que hay un aumento del punteo en los estudiantes con preparación.
- 8.3** La carga ocupacional está relacionada con el tiempo de evacuación; entre mayor carga ocupacional existe, menor es el tiempo de evacuación.
- 8.4** La evacuación de las aulas es mejor después de una intervención educativa sobre eventos sísmicos en los estudiantes de física de la Facultad de Ciencias Médicas del CUM ya que el punteo mejoró significativamente y el tiempo de evacuación se redujo.



## 9. RECOMENDACIONES

### 9.1 A la Unidad de Apoyo y Desarrollo del Estudiante (UNADE):

- Brindar una charla introductoria a los estudiantes de primer ingreso, la cual contenga la metodología “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos”.

### 9.2 A la Unidad de Gestión de Riesgo de la Dirección de Extensión:

- Capacitar a los estudiantes que ya se encuentran en el CUM acerca de los eventos sísmicos con la charla “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos”
- Realizar intervenciones educativas con evacuaciones en estudiantes.
- Señalizar salones, pasillos, escaleras y salidas de emergencia.
- Evaluar las rutas de evacuación en los edificios de CUM e impulsar alternativas de evacuación.
- Instar a los catedráticos de la facultad a ordenar escritorios en filas, con suficiente espacio entre ellos y dejar un espacio prudente entre la tarima y los escritorios antes de iniciar cada clase.
- Crear un comité de desastres que involucre a estudiantes de medicina de todos los años.

### 9.3 Al Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESVD):

- Evaluar periódicamente las instalaciones del CUM para prevenir el riesgo en caso de desastres.
- Apoyar a la Unidad de Gestión de Riesgo en crear el plan de respuesta en emergencias del CUM.



## 10. APORTES

- 10.1** Se socializó la ubicación de los puntos de reunión en situación de desastres entre los estudiantes que participaron, quienes en la primera intervención desconocían de la ubicación o significado de los mismos.
- 10.2** Se pintó el punto de reunión frente a las astas de las banderas y se colocó un punto nuevo frente al edificio D y la entrada peatonal con ayuda del CEDESUD.
- 10.3** Se realizó una presentación ante las autoridades de la facultad, con la cual se evidenció la necesidad de mejorar las condiciones de seguridad dentro de las aulas y edificios del CUM, pudieron observar la forma de evacuación de los estudiantes antes de la intervención y cómo luego de realizar la intervención realizaron una evacuación segura y controlada.
- 10.4** Filmación de un video conteniendo la metodología “40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos” para capacitar grupos y socializar la intervención a otros estudiantes por medio de la plataforma de la facultad y redes sociales.
- 10.5** Sensibilización en el tema de terremotos a los estudiantes de física de salones evaluados ya que luego de la intervención ordenan sus escritorios en filas.



## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pala GM. Adaptarse al cambio climático es prioridad. Prensa Libre [en línea]. 26 Feb 2017 [citado 1 Mar 2017]; Cambio climático [aprox. 2 pant.] [citado 18 Mar 2017]. Disponible en: <http://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/adaptarse-es-prioridad>
2. Gabriel R. Lecciones aprendidas sobre preparación ante sismos en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Boletín informativo 1. [en línea]. 2015 [citado 18 Mar 2017]; 1 (1): 1-17. Disponible en: [http://c2.usac.edu.gt/cedesyd/public\\_html/wp-content/uploads/2015/02/Bolet%C3%ADn-01-CEDESYD-Enero-2015.pdf](http://c2.usac.edu.gt/cedesyd/public_html/wp-content/uploads/2015/02/Bolet%C3%ADn-01-CEDESYD-Enero-2015.pdf)
3. Guatemala. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres [en línea]. Guatemala: CONRED; 2017 [citado 29 Mar 2017]. Disponible en: [http://www.conred.gob.gt/www/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4444&Itemid=819](http://www.conred.gob.gt/www/index.php?option=com_content&view=article&id=4444&Itemid=819)
4. Naciones Unidas. Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030 [en línea]. New York: UNISDR; 2015 [citado 19 Mar 2017] Disponible en: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)
5. Loria J. Efecto de una estrategia educativa en el desarrollo de conocimiento de residentes de medicina de urgencias acerca de protocolos de actuación en casos de desastres. Archivo Medicina Urgencias [en línea]. 2014 [citado 19 Mar 2017]; 6 (2): 41-46. Disponible en: [http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id\\_articulo=103604&id\\_seccion=5639&id\\_ejemplar=10064&id\\_revista=359](http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_articulo=103604&id_seccion=5639&id_ejemplar=10064&id_revista=359)
6. Córdova MD, Bravo JG. Conocimientos de los estudiantes de cuarto año de la Escuela de Enfermería sobre prevención ante desastres naturales (sismos-terremotos). [tesis de Licenciatura en Enfermería en línea]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Médicas y Escuela de Enfermería; 2015. [citado 22 Mar 2017]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8147/1/TESIS%20COMPLETAMENTE%20TERMINADA.pdf>
7. Florián E. La comunicación en prevención de daños por terremoto y sus efectos en los estudiantes de la Escuela de Ciencias de la Comunicación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. [tesis de Licenciatura en Comunicación en línea]. Guatemala; Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias de la Comunicación;

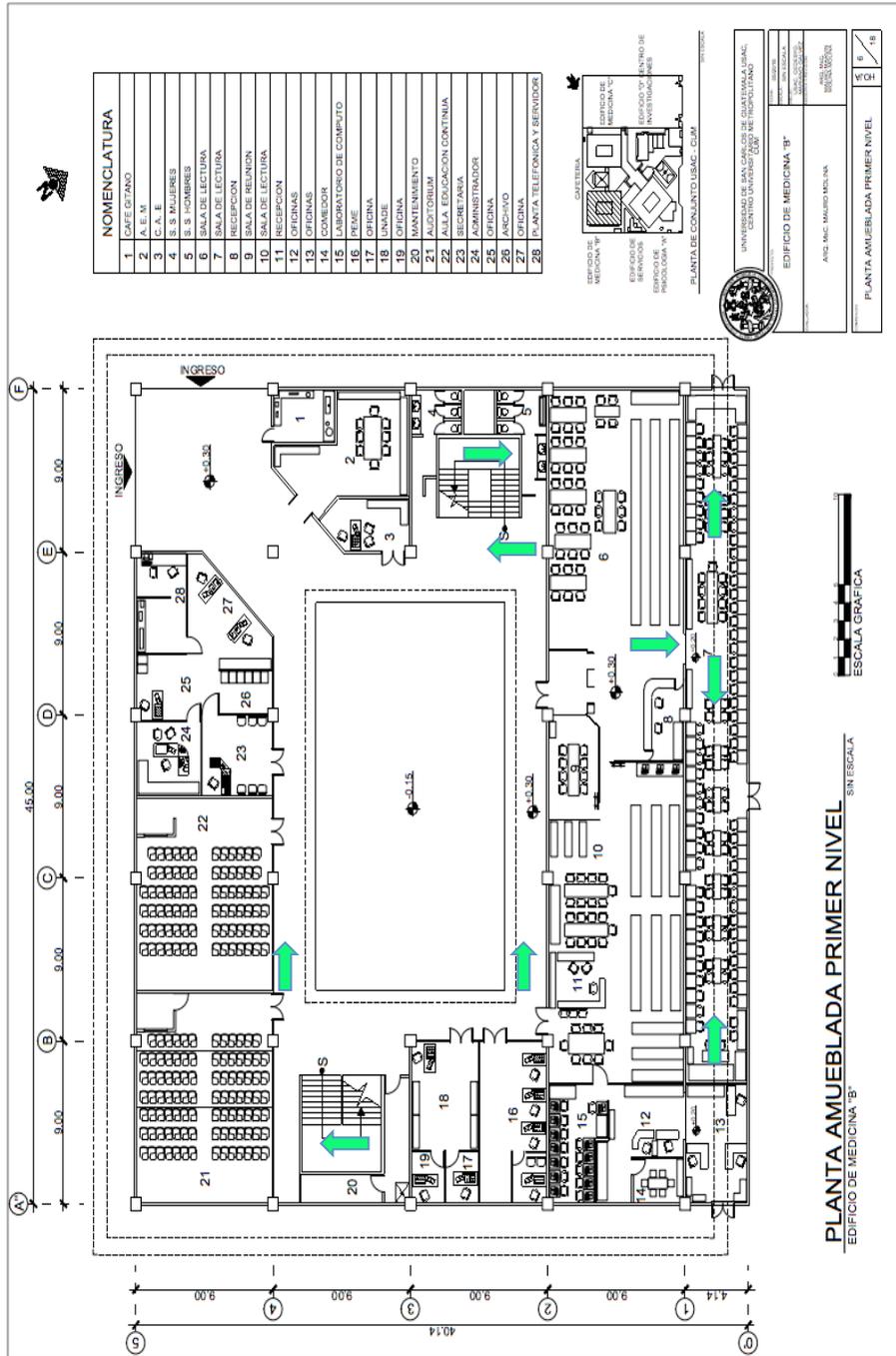
2005. [citado 22 Mar 2017]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/16/16\\_0255.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/16/16_0255.pdf)
8. Sac Simaj HL. Plan de contingencia escolar y la gestión de riesgo por desastres naturales [tesis Pedagogía en línea]. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Pedagogía; 2014 [citado 22 Mar 2017] Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2014/05/09/Sac-Henry.pdf>
  9. Bolt B. Estudio de los movimientos sísmicos fuertes del suelo. California: Editorial Reverté; 1989.
  10. Barbat AH, Pujades L. Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona. Sísmica [en línea]. 2004 [citado 3 Abr 2017]; 229–252. Disponible en: [http://www.hms.civil.uminho.pt/events/sismica2004/229-252%20Alex%20Barbat%20e%20Lluis%20Pujades%20\\_24%20p\\_.pdf](http://www.hms.civil.uminho.pt/events/sismica2004/229-252%20Alex%20Barbat%20e%20Lluis%20Pujades%20_24%20p_.pdf)
  11. Barbat A H, Carreño M L, Cardona O D, Marulanda M C. Evaluación holística del riesgo sísmico en zonas urbanas. Rev Int Mét Num Cálculo Dis Ing [en línea]. 2011 [citado 28 Mar 2017]; 27 (1): 3–27. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/77680/RR271A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  12. Tarbuck E J, Lutgens F K. Ciencias de la tierra [en línea]. 8 ed. Madrid: Pearson Prentice Hall; 2005 [citado 30 Mar 2017]. Disponible en: [http://www.academia.edu/8473234/TARBUCK\\_y\\_LUTGENS\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Tierra\\_8va\\_ed.\\_](http://www.academia.edu/8473234/TARBUCK_y_LUTGENS_Ciencias_de_la_Tierra_8va_ed._)
  13. Asociación Nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra (NESTA). La corteza de la tierra, la litosfera y la astenosfera [en línea]. Northfield: NESTA; 2012 [citado 3 Abr 2017]. Disponible en: [http://www.windows2universe.org/earth/interior/earths\\_crust.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/earth/interior/earths_crust.html&lang=sp)
  14. Guatemala.INSIVUMEH. Magnitud [en línea]. Guatemala: INSIVUMEH; 2014 [citado 10 Mar 2017]. Disponible en: [http://www.insivumeh.gob.gt/folleto/INFORME\\_TECNICO\\_FINAL\\_INSIVUMEHV2.pdf](http://www.insivumeh.gob.gt/folleto/INFORME_TECNICO_FINAL_INSIVUMEHV2.pdf)
  15. Sánchez F. Los terremotos y sus causas [en línea]. Almería: Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos; 1994. [citado 6 Mar 2017]. Disponible en: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-ETA-C1/\\$File/ETA-C1.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-ETA-C1/$File/ETA-C1.pdf)

16. Elnashai A S, Di Sarno L. Fundamentals of earthquake engineering [en línea]. 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2008 [citado 5 Mar 2017]. doi: 10.1002/9780470024867.ch1
17. Travarasrou T, Bray J, Abrahamson N. Empirical attenuation relationship for Arias intensity [en línea]. California: Universidad de Berkley; 2002 [citado 10 Abr 2017]. Disponible en: <http://peer.berkeley.edu/research/peertestbeds/Cct/Bray%2024%20May%202002%20Arias%20Intensity%20Attenuation.pdf>
18. Nava I, Ortiz L. Sismología [tesis de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica en línea]. Culhuacan, México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica; 2006 [citado 3 Mayo 2017] Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5735/ice49.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Bravo JC. Como enfrentar un terremoto [en línea]. Chile: Resalud; 2015 [citado 3 Abr 2017]; Disponible en: <http://redsalud.uc.cl/ucchristus/MS/RevistaSaludUC/Tips/como-enfrentar-un-terremoto.act>
20. Kramer S L. Geotechnical earthquake engineering. Washington D.C.: Pearson Prentice-Hall; 1996.
21. De León I, Muñoz K, Quiñónez E. Fuerte sismo en Guatemala deja al menos 48 muertos y 150 heridos. Prensa Libre [en línea]. 7 Nov 2012 [citado 4 Abr 2017]; Comunidad [aprox. 2 pant.] Disponible en: [http://www.prensalibre.com/noticias/comunitario/Sismo-sacude-territorio-nacional\\_0\\_806319519.html](http://www.prensalibre.com/noticias/comunitario/Sismo-sacude-territorio-nacional_0_806319519.html)
22. Guatemala. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). Manual de uso para la norma de reducción de desastres número dos -NRD2. 4 ed. Guatemala: CONRED; 2017.
23. Gabriel R, Lara O. 40 minutos y listo por un aula segura, preparación ante terremotos. Guatemala: Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESVD); 2011.
24. Pérez C L. Estructuras geológicas del valle de la ciudad de Guatemala interpretada mediante un modelo de cuenca por distensión. Revista Geológica América Central. 2009; 41:71-78.
25. Guatemala. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). Manual del Centro de Operaciones de Emergencia [en línea]. San José: CRID; 2017 [citado 21 Mar 2017] Disponible en: <http://preparativosyrespuesta.cridlac.org/component/content/category/64>

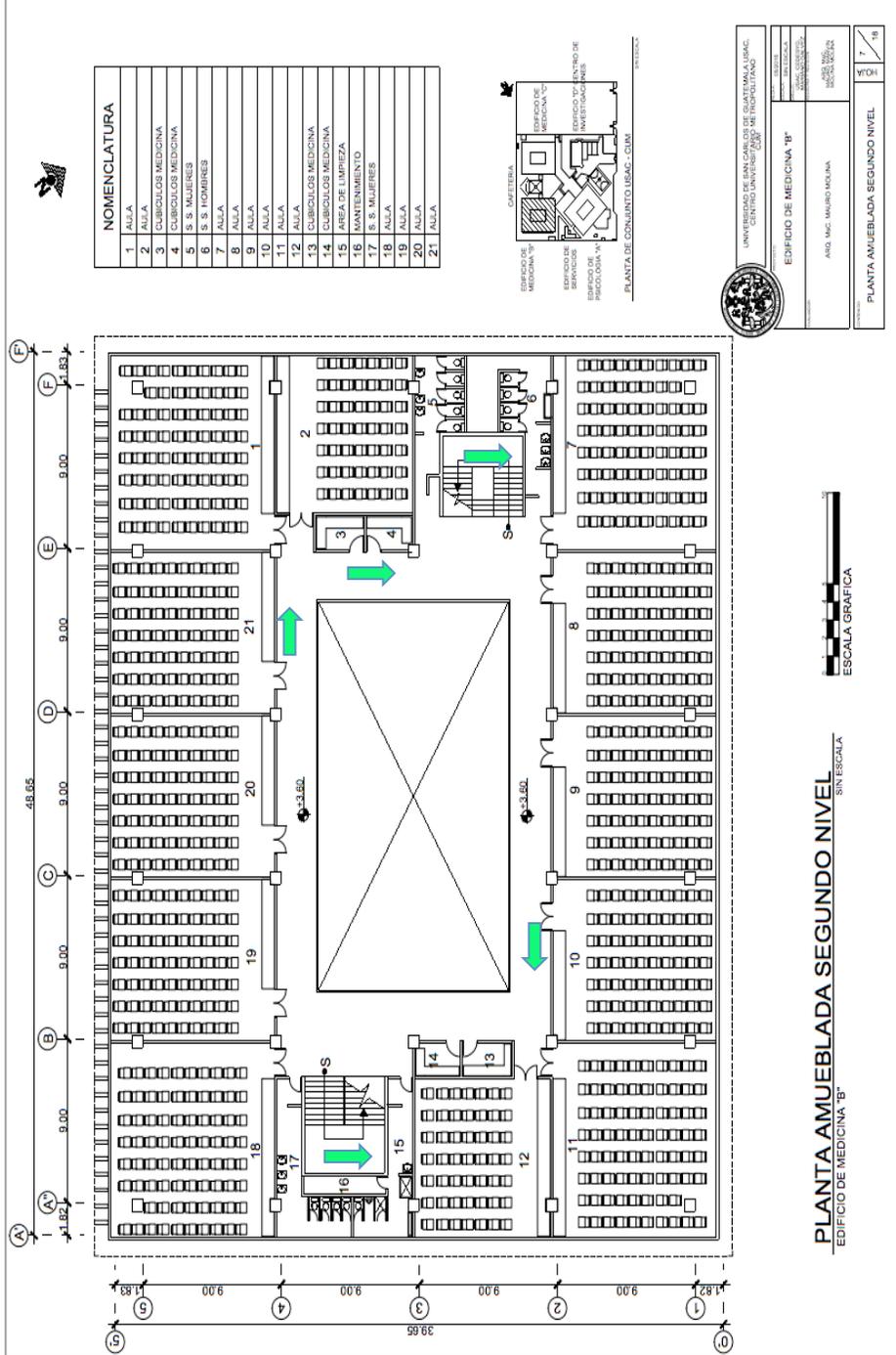
26. Guadagno L. Human mobility in the Sendai Framework for disaster risk Reduction. *Int J Disaster Risk Sci.* 2016 Mar; 7(1):30–40.
27. Orellana R. Manual de metodología estadística. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística (INE); 2011. Capítulo 23. Muestreo por conglomerados; p. 210-214.
28. Hernán C, Gabalán J, Vásquez F. La intervención académica en la construcción de una sociedad con calidad: análisis del valor agregado en el proceso formativo colombiano. *Hallazgos [en línea]*. 2011 [citado 8 Mayo 2017]; 11 (22): 359-384. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/hall/v11n22/v11n22a19.pdf>

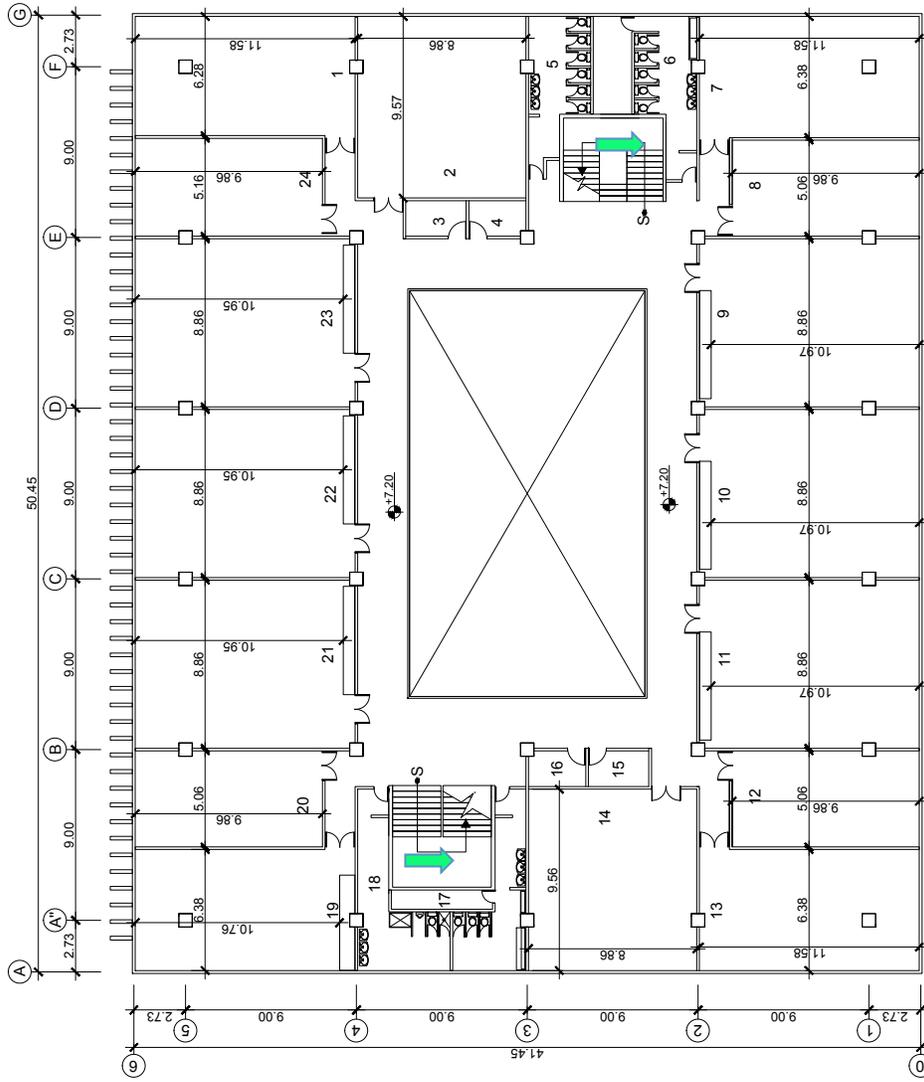
# 11. ANEXOS

## 11.1 Señalización de rutas de evacuación actual del edificio B, CUM



Fuente: CEDESUD 2017



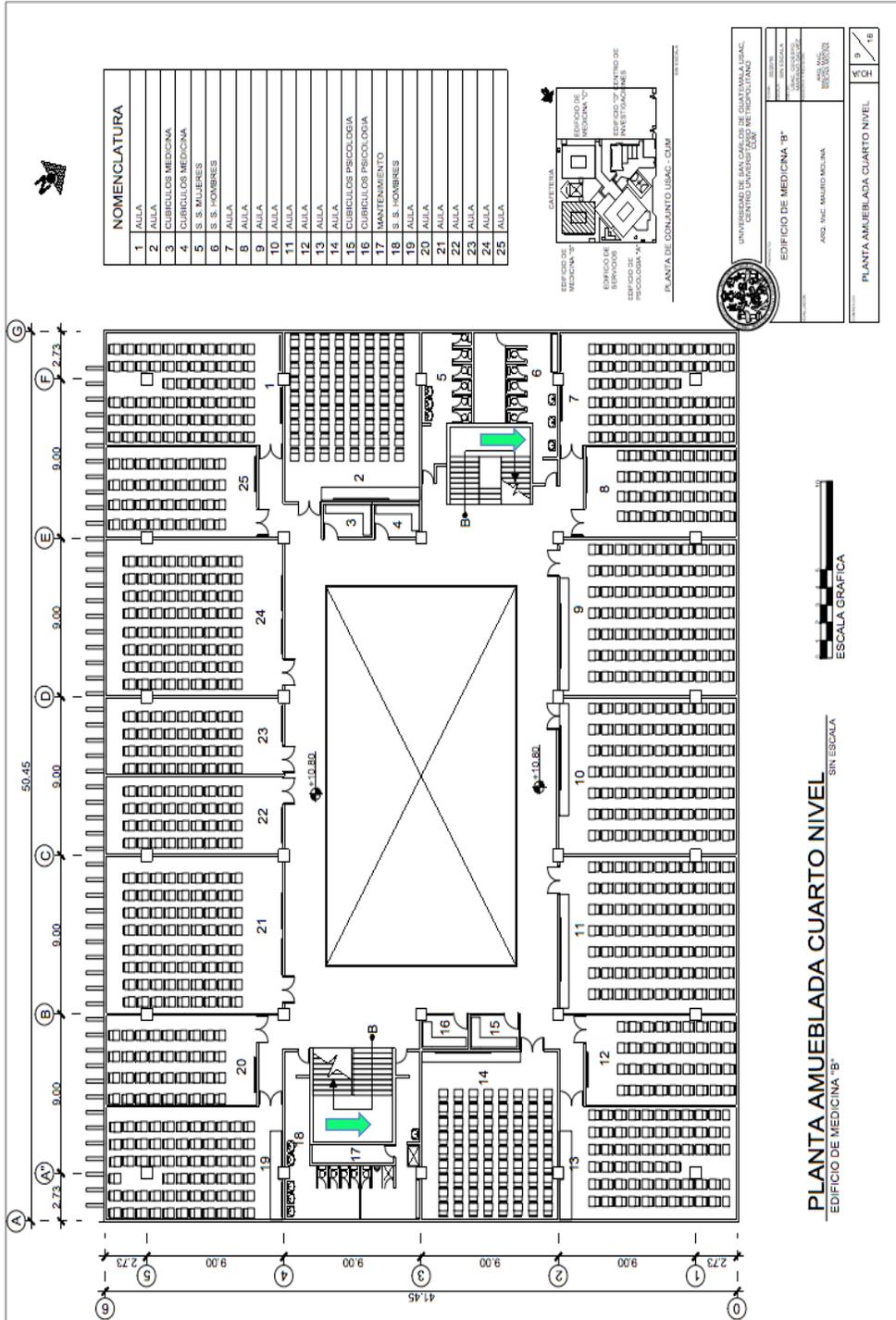


NOMENCLATURA	
1	AULA
2	AULA
3	CUBICULOS MEDICINA
4	CUBICULOS MEDICINA
5	S. S. MUJERES
6	S. S. HOMBRES
7	AULA
8	AULA
9	AULA
10	AULA
11	AULA
12	AULA
13	AULA
14	AULA
15	CUBICULOS PSICOLOGIA
16	CUBICULOS PSICOLOGIA
17	S. S. HOMBRES
18	LIMPIEZA
19	AULA
20	AULA
21	AULA
22	AULA
23	AULA
24	AULA



PLANTA AMUEBLADA TERCER NIVEL  
EDIFICIO DE MEDICINA "B"  
SIN ESCALA

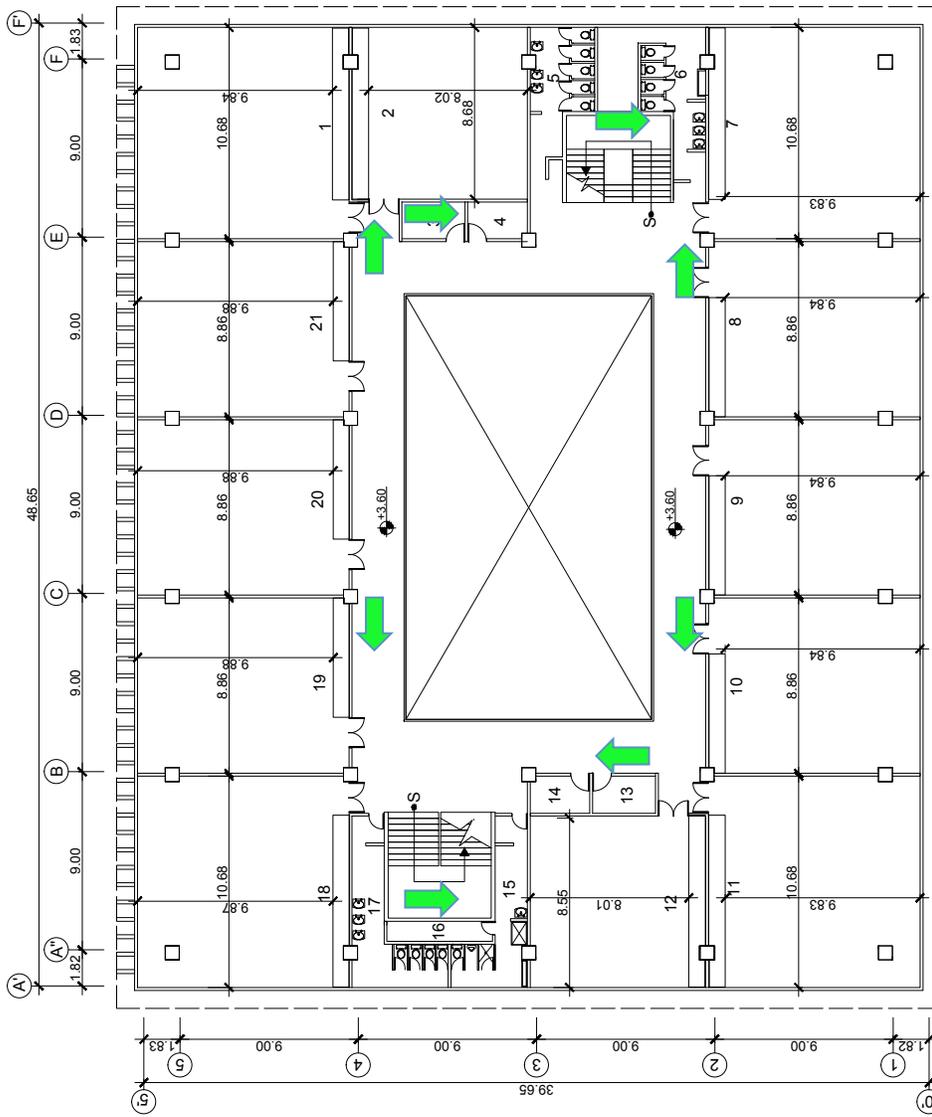
Fuente: CEDESUD 2017



Fuente: CEDESVD 2017



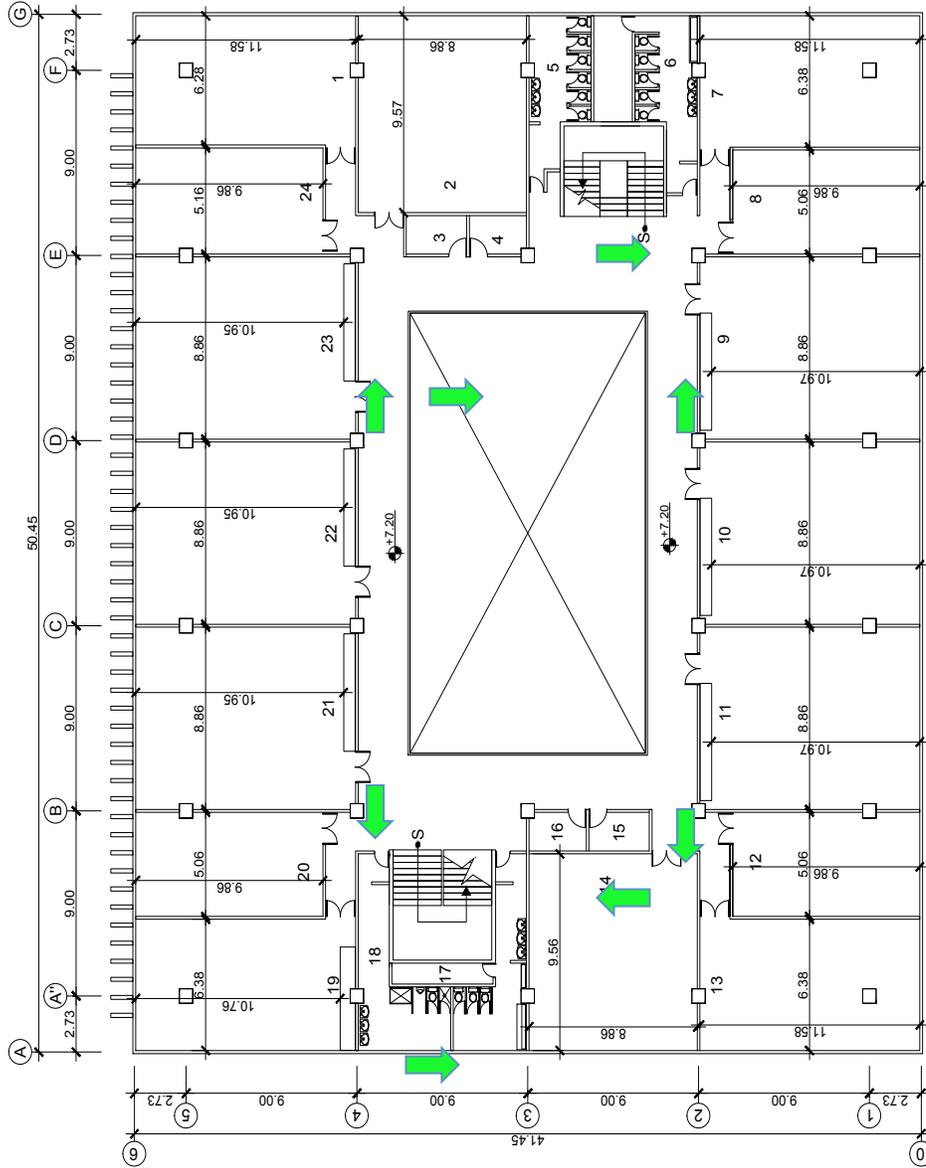
NOMENCLATURA	
1	AULA
2	AULA
3	CUBICULOS MEDICINA
4	CUBICULOS MEDICINA
5	S. S. MUJERES
6	S. S. HOMBRES
7	AULA
8	AULA
9	AULA
10	AULA
11	AULA
12	AULA
13	CUBICULOS MEDICINA
14	CUBICULOS MEDICINA
15	AREA DE LIMPIEZA
16	MANTENIMIENTO
17	S. S. MUJERES
18	AULA
19	AULA
20	AULA
21	AULA



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL  
EDIFICIO DE MEDICINA "B"  
SIN ESCALA



Fuente: CEDES YD 2017

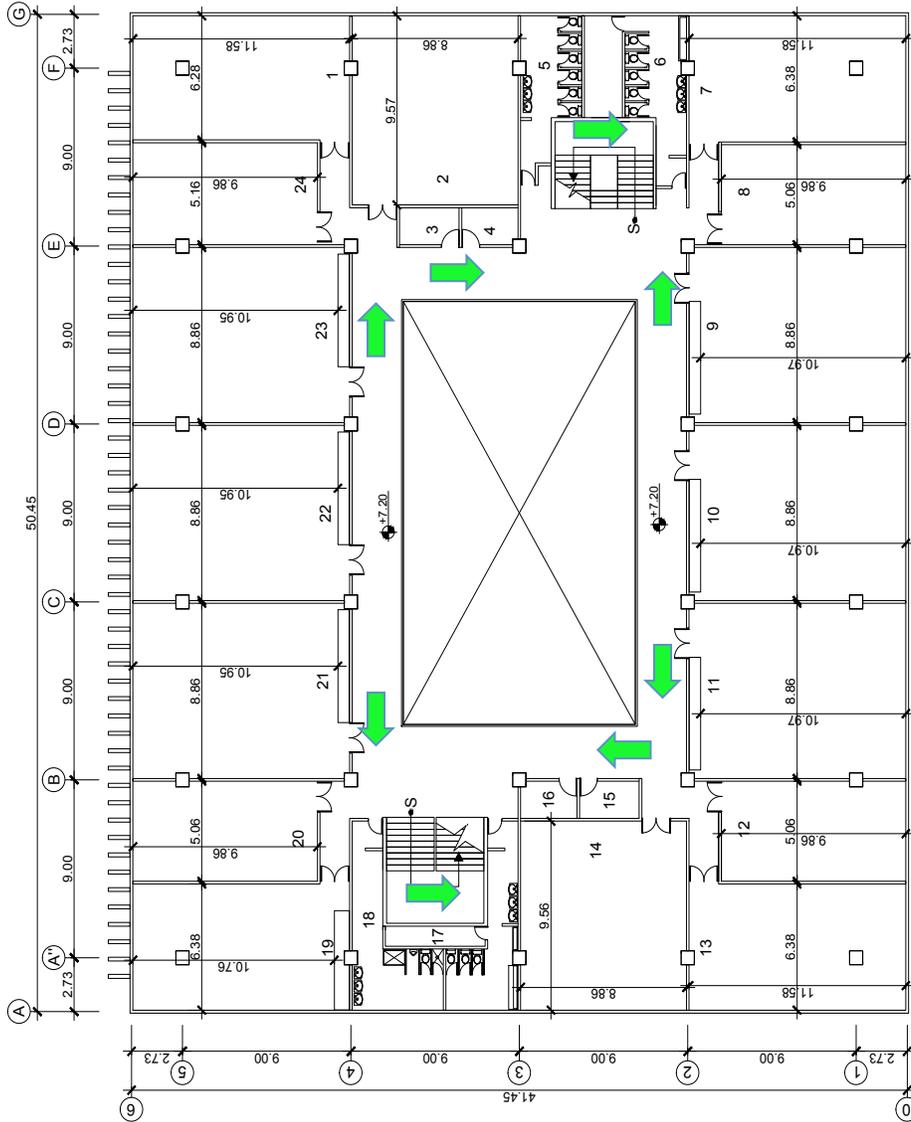


NOMENCLATURA	
1	AULA
2	AULA
3	CUBICULOS MEDICINA
4	CUBICULOS MEDICINA
5	S. S. MUJERES
6	S. S. HOMBRES
7	AULA
8	AULA
9	AULA
10	AULA
11	AULA
12	AULA
13	AULA
14	AULA
15	CUBICULOS PSICOLOGIA
16	CUBICULOS PSICOLOGIA
17	S. S. HOMBRES
18	LIMPIEZA
19	AULA
20	AULA
21	AULA
22	AULA
23	AULA
24	AULA

PLANTA AMUEBLADA TERCER NIVEL  
 SIN ESCALA  
 EDIFICIO DE MEDICINA "B"



Fuente: CEDESUD 2017

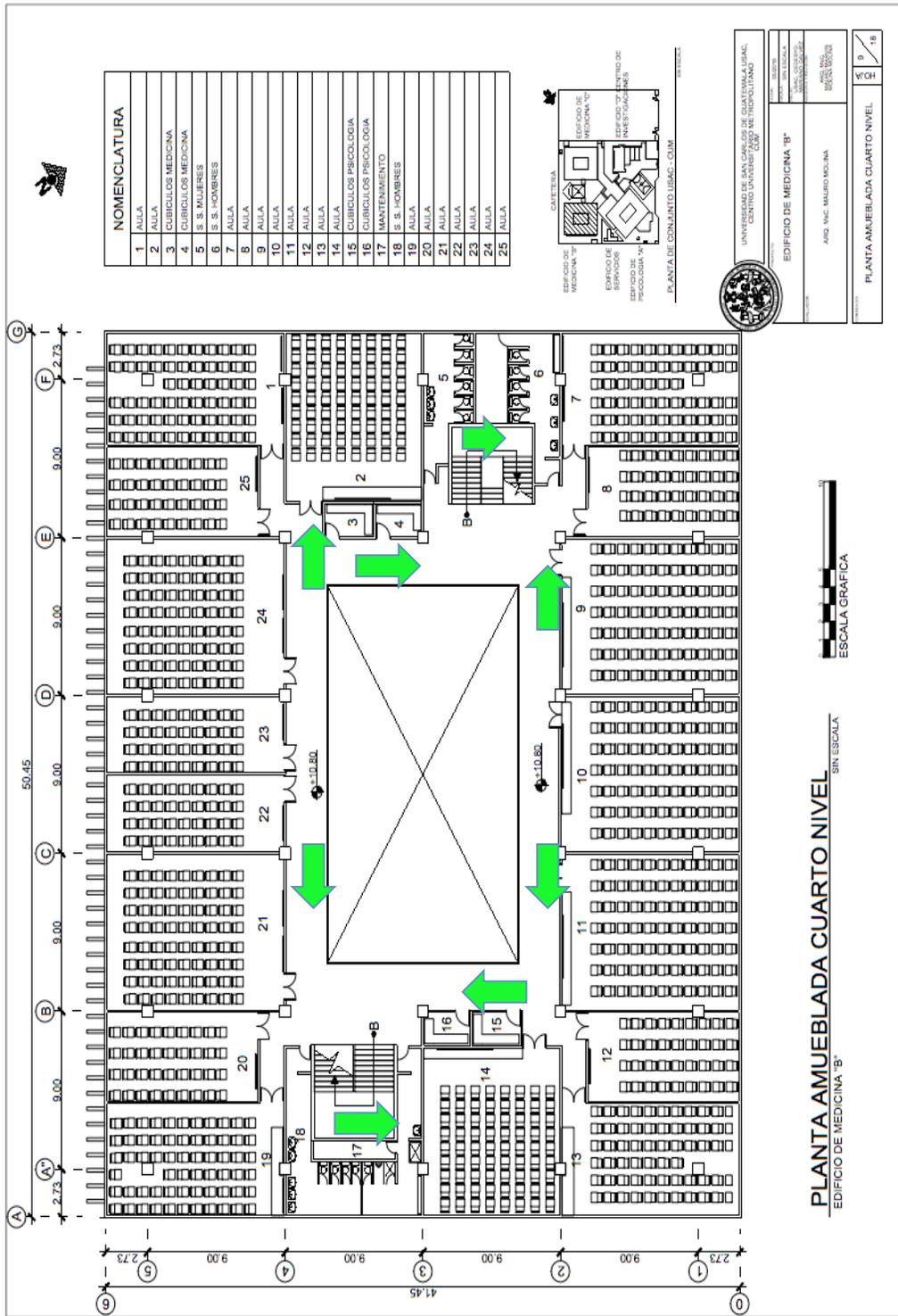


NOMENCLATURA	
1	AULA
2	AULA
3	CURRICULOS MEDICINA
4	CURRICULOS MEDICINA
5	S. S. MUJERES
6	S. S. HOMBRES
7	AULA
8	AULA
9	AULA
10	AULA
11	AULA
12	AULA
13	AULA
14	AULA
15	CURRICULOS PSICOLOGIA
16	CURRICULOS PSICOLOGIA
17	S. S. HOMBRES
18	LIMPIEZA
19	AULA
20	AULA
21	AULA
22	AULA
23	AULA
24	AULA

PLANTA AMUEBLADA TERCER NIVEL  
EDIFICIO DE MEDICINA "B"  
SIN ESCALA



Fuente: CEDESVD 2017



11.3 Instrumento de evaluación

## INSTRUMENTO

### EVALUACIÓN DE EVACUACIÓN DE AULAS POR SISMO

(40 Minutos y Listo por un Aula Segura, preparación ante terremotos)

Gabriel y Lara, 2011

Salón: \_\_\_\_\_, Área: \_\_\_\_\_, Aforo: Asientos fijos: \_\_\_\_\_

Aforo NRD2: \_\_\_\_\_estudiantes; Aforo real: \_\_\_\_\_estudiantes; Aforo Escritorio: \_\_\_\_\_

Carga NRD2: 1.85m<sup>2</sup>/estudiante, Carga real: \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>/estudiante

Carga escritorios: \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>/estudiante

Reducción de tiempo de evacuación: \_\_\_\_\_%, \_\_\_\_\_segundos

Incremento en seguridad al evacuar: \_\_\_\_\_%

Sin preparación		 0,2,4	 6,8,10	Recomendación para mejorar punteo
1	El lugar está señalizado apropiadamente, no hay obstrucciones			
2	Salidas de emergencia abaten en dirección del flujo de personas			
3	Personal responsable instruye para evacuar y dirige la evacuación			
4	Se evacuó el lugar hasta terminar el sismo (sirena)			
5	Persona cercana a salida abre puertas de emergencia			
6	Se usaron las salidas de emergencia según corresponde			
7	Se evacuó en forma ordenada (fila por fila), sin correr ni empujarse			
8	Las personas se cubren el cuello y cabeza al evacuar			
9	Evacuan caminando por su lado derecho			
10	Conocen donde están los puntos de reunión y se dirigen a ellos			
<b>SUMATORIA</b>				Tiempo: _____seg
Punteo  /100				

Con preparación: metodología 40 minutos y listo		 0,2,4	 6,8,10	Recomendación para mejorar punteo
1	El lugar está señalizado apropiadamente, no hay obstrucciones			
2	Salidas de emergencia abaten en dirección del flujo de personas			
3	Personal responsable instruye para evacuar y dirige la evacuación			
4	Se evacuó el lugar hasta terminar el sismo (sirena)			
5	Persona cercana a salida abre puertas de emergencia			
6	Se usaron las salidas de emergencia según corresponde			
7	Se evacuó en forma ordenada (fila por fila), sin correr ni empujarse			
8	Las personas se cubren el cuello y cabeza al evacuar			
9	Evacuan caminando por su lado derecho			
10	Conocen donde están los puntos de reunión y se dirigen a ellos			
SUMATORIA				Tiempo: _____seg
Punteo   /100				

#### 11.4 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas (tiempo)

**Tabla 11.1 Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas, tiempo en segundos de evacuación antes y después de la intervención educativa**

	<i>Tiempo en segundos antes</i>	<i>Tiempo en segundos después</i>
Media	71	44.4285714
Varianza	364.333333	97.6190476
Observaciones	7	7
Coefficiente de correlación de Pearson	0.13079578	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	3.46090189	
P(T<=t) una cola	0.00672623	
Valor crítico de t (una cola)	1.94318028	
P(T<=t) dos colas	0.01345245	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44691185	

#### 11.5 Prueba t para medias de dos muestras emparejadas (punteo)

**Tabla 11.2 Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas, punteo en segundos de evacuación antes y después de la intervención educativa**

	<i>Punteo evaluación antes</i>	<i>Punteo evaluación después</i>
Media	17.4285714	84.2857143
Varianza	15.6190476	48.5714286
Observaciones	7	7
Coefficiente de correlación de Pearson	0.25933089	-
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	19.9676924	
P(T<=t) una cola	5.1201E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1.94318028	
P(T<=t) dos colas	1.024E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44691185	