

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

**“SISTEMA DE APOYO A LAS DECISIONES CLÍNICAS (SADC) PARA
EL DISEÑO DE UN PLAN DE CONTINGENCIA HOSPITALARIO PARA
DAR RESPUESTA A EMERGENCIA POR SISMOS BASADO EN
SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS (SED)”**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR

Ing. Angel Arturo Hernández Sánchez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre

CO – DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos Francisco Vázquez Rodríguez



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO

DICIEMBRE, 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **21/noviembre/2025**
Dependencia: **División de Estudios de**
Posgrado e Investigación
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: **I**

C. HERNANDEZ SANCHEZ ANGEL ARTURO
Candidato(a) a Grado de Maestro(a) en:
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRESENTE

De acuerdo con el reglamento de Titulación vigente de los Centros e Institutos Tecnológicos Federales del Tecnológico Nacional de México, de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"SISTEMA DE APOYO A LAS DECISIONES CLINICAS (SADC) PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE CONTINGENCIA HOSPITALARIO PARA DAR RESPUESTA A EMERGENCIA POR SISMOS BASADO EN SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS (SED)"

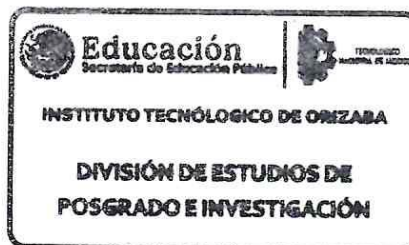
Comunico a usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

OFELIA LAMBETA ESCAMILLA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OLE/jarh



OG-13-F06



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





Orizaba Veracruz, 6/noviembre/2025

Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.:

HERNANDEZ SANCHEZ ANGEL ARTURO

La cual lleva el título de:

SISTEMA DE APOYO A LAS DECISIONES CLINICAS (SADC) PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE
CONTINGENCIA HOSPITALARIO PARA DAR RESPUESTA A EMERGENCIA POR SISMOS BASADO EN
SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS (SED)

y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. ALBERTO ALFONSO AGUILAR LASSERRE

SECRETARIO: DR. CARLOS FRANCISCO VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

VOCAL: M.I.I. CONSTANTINO GERARDO MORAS SANCHEZ

VOCAL SUP.: DR. RAMIRO MEZA PALACIOS

FIRMA

FIRMA

FIRMA

FIRMA

TA-09-F18



2025
Año de
La Mujer
Indígena



Agradecimientos

Tras finalizar este trabajo de tesis, deseo expresar mi gratitud a las personas que me apoyaron en la realización del proyecto.

Deseo agradecer al Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre, director de la tesis, por su apoyo y orientación; por sus consejos y palabras de ánimo, así mismo por darme la exhortación que necesite en algunos momentos de este trayecto. Gracias por las observaciones tanto en el trabajo escrito como en el proyecto, por su paciencia y su apoyo al cumplimiento de mis planes personales.

Gracias al Dr. Carlos Francisco Vázquez Rodríguez, co-director de esta tesis, por su disposición y atención durante todo el proyecto; por contestar todas mis preguntas, por apoyarme en la recolección de datos aun con todas sus ocupaciones y por llevarme con las personas que podían sumar al proyecto. Gracias por brindarme la información necesaria sin la que esta tesis no hubiera sido posible.

Gracias al Maestro Constantino Gerardo Moras Sánchez por su instrucción en materia de simulación, por enseñarme a usar el software requerido para esta tesis, y ayudarme a resolver las dudas y retos presentes durante el desarrollo del modelo de simulación. Gracias por su disposición y por las palabras de ánimo brindadas.

Gracias al Ingeniero Eufrates Hamurabi Serrano Molgado, por la documentación y consejos en materia de protección civil, aportados a este trabajo de tesis, por responder mis dudas y ayudarme a comprender el sistema actual.

Igualmente deseo agradecer a todo el personal docente de la maestría en ingeniería industrial por compartir su conocimiento y experiencia con cada uno de sus alumnos. Gracias por responder mis preguntas en clase y por ayudar a entender cada tema, gracias por su compromiso y esfuerzo.

Finalmente deseo agradecer la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico brindado durante todo el posgrado. Esta beca recibida permitió el pago de colegiaturas, documentación impresiones de tesis y trabajos, publicaciones y tramites que fueron requeridos para concluir mis estudios.

Gracias por todo a cada uno de ustedes.

Dedicatorias

Quiero dedicar este trabajo de tesis a toda mi familia, las personas más importantes de mi vida. Dedico este trabajo a mi madre Cecilia Sánchez Villalba, y a mi padre Eligio Arturo Hernández Cruz, quienes han estado ahí en cada momento de mi formación como persona. Gracias por haberme criado, educado, corregido y protegido durante toda mi vida, por darme estudios y financiar mis gastos. Gracias por todo el sacrificio y esfuerzo inhumanos que han hecho como padres por mi bienestar, gracias por ser pacientes conmigo y reconfortarme en mis momentos de mayor debilidad.

Dedico este trabajo a mi hermano el Maestro Uriel Alejandro Hernández Sánchez, por apoyarme y aconsejarme a lo largo no solo de este posgrado, sino de toda mi vida, gracias por ser un buen ejemplo para mí, y motivarme a ser mejor cada día.

También deseo dedicar este trabajo a mi prometida Judith Flores, quien ha estado a mi lado en los momentos de mayor desanimo, así como en los de mayor alegría; por creer en mí aún cuando yo mismo no creí. Gracias por darme ánimos, por motivarme y por ser ese apoyo y complemento para mi vida.

Finalmente, y más importante que todos, deseo dedicar este trabajo a Dios, quien ha hecho posible la culminación de mis estudios. Por llevarme mucho más allá de lo que mis capacidades me hubieran permitido; por sostener mi carrera, estudios y mi vida entera; por poner todo a mi favor aún cuando me hallé en problemas. Aún sin saber lo que me depara el futuro, deseo dar lo mejor de mí para él.

Contenido

.....	1
1. Antecedentes.....	12
1.1 Introducción	12
Planteamiento del problema	13
Objetivos	15
Hipótesis.....	15
Justificación.....	16
Metodología	18
1.2 IMSS Hospital General Regional Orizaba.....	20
1.2.1 Misión	20
1.2.2 Visión.....	20
1.2.3 Estructura Orgánica	20
1.3 Estado del arte.....	22
1.4 Marco teórico	30
1.4.1 Plan de contingencia hospitalario	30
1.4.2 Logística hospitalaria	30
1.4.3 Objetivos de la logística hospitalaria	30
1.4.4 Garantizar que todos tengan acceso a la atención médica.	30
1.4.5 Economizar recursos.....	30
1.4.6 Reducir el desperdicio.....	31
1.4.7 Asegurar que los bienes y servicios sean de alta calidad y seguridad.	31
1.4.8 La cadena de aprovisionamiento de una entidad hospitalaria.....	31
1.4.9 La administración de riesgos	31
1.4.10 Consideraciones para la Administración de Riesgos.	31
1.4.11 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	35
1.4.11.2 NOM-002-STPS-2010	35
1.4.11.4 NOM-008-SEGOB-2015	36
1.4.11.5 NOM-017-STPS-2008.....	36
1.4.12 Plan de Emergencia.....	36
1.4.13 Evaluación de riesgos	36

Sísmicos.....	37
Sismos.....	37
Clasificación de los deslizamientos según el movimiento	38
1.4.14 Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica	39
1.4.14.1 Tipos de Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica (CDSS	40
Simulación de Eventos Discretos	40
1.5 Conclusión	43
2. Desarrollo de la tesis.....	44
2.1 Introducción	44
2.2 Normas mexicanas para un plan de contingencia hospitalaria	44
2.3 Descripción del sistema en estudio	45
2.4 Desarrollo de modelo de simulación inicial.....	45
2.4.1 Análisis inicial	46
2.4.2 Simulación inicial	46
2.4.3 Diseño del modelo conceptual	47
2.5 Evaluación del modelo.....	67
2.5.1 Verificación.....	67
2.5.2 Validación	68
2.6 Conclusiones	69
3. Resultados.....	70
3.1 Introducción	70
3.2 Resultados del modelo actual.....	70
3.3 Resultados de la propuesta de mejora	74
3.4 Conclusiones	77
4. Conclusiones Generales.....	79
5. Referencias	81
6. Anexo A: Velocidades de desplazamiento por escaleras en el modelo actual	86
6.1 Velocidad de desplazamiento por las escaleras externas de la izquierda	86
6.2 Velocidades por la escalera principal	90
6.3 Velocidad de desplazamiento por escaleras externas de la derecha	93
7. Anexo B: Velocidad de desplazamiento por las escaleras en el modelo propuesto	97
7.1 Velocidad de desplazamiento por las escaleras externas de la izquierda	97

7.2	Velocidad de desplazamiento por las escaleras centrales	101
7.3	Velocidad de desplazamiento por las escaleras externas de la derecha.....	105
8.	Anexo C: Plan de Contingencia Hospitalario para dar Respuesta a Emergencia por Sismos, desarrollado para el Hospital General Regional del IMSS en Orizaba.....	109

Índice de tablas

Tabla 1A.	Resumen del estado del arte (Simulación y Algoritmos genéticos).....	26
Tabla 2.	Resumen del estado del arte (Programación lineal y Aprendizaje automático)	28
Tabla 3.	Resumen del estado del arte (Lógica difusa)	28
Tabla 4.	Resumen del estado del arte (NOM's).....	29
Tabla 5.	Escala de Richter.....	38
Tabla 6.	Modelo de Triage del IMSS/DDG (Jiménez et al.,2004)	49
Tabla 7.	Disposición del departamento de emergencias del IMSS HGR Orizaba.....	53
Tabla 8.	Disposición inicial de los pisos del hospital IMSS HGR Orizaba considerados.	55
Tabla 9.	Distribuciones de probabilidad para el tiempo de atención de los pacientes de cada departamento: "modelo emergencias".	56
Tabla 10.	Distribuciones de probabilidad para el tiempo de atención de los pacientes de cada departamento: "Modelo edificio".....	57
Tabla 11.	<i>Salidas del sistema real y del modelo de simulación.</i>	68
Tabla 12.	<i>Resultados de la prueba t-pareada.</i>	69
Tabla 13.	Velocidades en escaleras de evacuación.....	71
Tabla 14.	Concentración de grupos de evacuación en cada piso.	72
Tabla 15.	Tiempos de evacuación de cada piso con el plan actual.	73
Tabla 16.	Afluencia de cada escalera por piso.....	73
Tabla 17.	Velocidades en escaleras de evacuación con plan propuesto.	76
Tabla 18.	Tiempos de evacuación de cada piso con plan propuesto.....	76
Tabla 19.	Afluencia en cada escalera por piso con la propuesta de mejora.....	77

Índice de figuras

Figura 1.	Localización geográfica del IMSS HGR Orizaba.	21
Figura 2.	Procesos clave o misionales de la gestión de riesgo de desastre. Fuente (Jácome, 2015)	34
Figura 3.	Componentes y áreas de la gestión de riesgos. Fuente: (Jácome, 2015).....	35
Figura 4.	Vista general del IMSS HGR Orizaba.	48
Figura 5.	Vista del modelo actual del hospital en SIMIO.	48
Figura 6.	Diagrama de flujo de posibles pathways de pacientes que ingresan a Emergencias ...	50
Figura 7.	Diagrama de flujo de posibles pathways de pacientes que ingresan directamente al edificio.	51
Figura 8.	Plano del departamento de emergencias. El color gris representa los patios.	52

Figura 9. Vista general del edificio, mostrando los cuatro pisos considerados en el estudio. El punto rojo indica el acceso y salida principal.	54
Figura 10. Vista del plano de la parte frontal del edificio en SIMIO.	58
Figura 11. Vista de la sala de espera en SIMIO.....	59
Figura 12. Vista del área de triage en SIMIO.	60
Figura 13. Vista del área de reanimación en SIMIO.	61
Figura 14. Vista del área de cirugía en SIMIO.	61
Figura 15. Vista del área de primer contacto en SIMIO.	62
Figura 16. Vista del área de observación en SIMIO.....	63
Figura 17. Vista del área de radiografía en SIMIO.....	63
Figura 18. Vista del área de tococirugía en SIMIO.	64
Figura 19. <i>Vista aérea de sala de espera código verde.</i>	64
Figura 20. <i>Vista aérea de consultorios código verde.</i>	65
Figura 21. Vista de la salida en SIMIO.	65
Figura 22. Vista del departamento de emergencia en SIMIO.....	66
Figura 23. Vista de los pisos del edificio en SIMIO.....	67
Figura 24. Velocidad de desplazamiento por escalera externa izquierda en el piso 1.....	71
Figura 25. Rutas propuestas de evacuación para cada piso.	75

Resumen

Una de las principales contingencias a las que se enfrentan los hospitales son los sismos, debido a que son eventos que ponen en riesgo a cientos de personas de manera súbita, sin aviso y que además son inevitables. En México las estadísticas del Servicio Sismológico Nacional (SSN) muestran que año con año la frecuencia con la que ocurren movimientos telúricos va en aumento. Tan solo en los últimos 5 años se han presentado 151,863 sismos, y aunque el 92% de ellos fue manos a 4 grados en la escala de Richter, 2 de ellos superaron los 7 grados. Un sismo no puede ser evitado, ni tampoco se puede predecir cuándo ocurrirá, pero hay acciones que se pueden tomar para minimizar los riesgos y garantizar la seguridad de los derechohabientes y el personal del hospital.

En respuesta a esta problemática la presente tesis plantea el desarrollo de un sistema de apoyo a las decisiones clínicas (SADC) para el diseño y evaluación de un plan de contingencia hospitalario para dar respuesta a emergencia por sismos, que base su funcionamiento en las técnicas de simulación de eventos discretos. La simulación de eventos discretos (SED) es una técnica de modelado que, utilizada para simular el comportamiento de un sistema a lo largo del tiempo, con el fin de evaluar la mejor solución a un problema. Estos sistemas pueden utilizar una variedad de datos, incluyendo registros médicos de los pacientes, datos históricos, rutas y medidas de los pasillos en el hospital, para generar recomendaciones personalizadas.

Para un hospital la logística hospitalaria es un aspecto importante de la atención médica que se ocupa de la planificación, organización y control del flujo de bienes, servicios y pacientes dentro de un sistema de salud. Esta puede verse comprometida al presentarse un evento sísmico, por lo que es imprescindible contar con un plan de contingencia hospitalario, el cual, es un documento que describe los procedimientos que se deben seguir en caso de una emergencia de esta naturaleza.

Para diseñar la logística hospitalaria a través de un plan de contingencia hospitalario basado en simulación de eventos discretos (SED), se puede utilizar un SADC para simular el comportamiento de un sistema de salud en caso de una emergencia de origen sísmico. El SADC puede utilizar datos del plan de contingencia hospitalario y SED para generar recomendaciones sobre cómo asignar recursos, gestionar el flujo de pacientes y encontrar la mejor solución para un problema específico.

El uso de un SADC para diseñar la logística hospitalaria a través de un plan de contingencia hospitalario basado en SED puede ayudar a los hospitales a mejorar su preparación para emergencias por sismos y reducir el tiempo de respuesta en caso de una evacuación total.

Como resultado de la investigación realizada en el Hospital General Regional del IMSS en Orizaba, con el modelo de rutas de evacuación propuesto se obtuvo una mejor distribución de la afluencia de personas a través de las vías de evacuación disponibles, logrando mantener velocidades más estables y constantes en las escaleras con la finalidad de alcanzar la evacuación total del hospital en un menor tiempo. Se logró reducir el tiempo de evacuación del hospital en 13 minutos, logrando evacuar el edificio completo en 49 minutos.

Contenido de la tesis

En esta tesis aborda la aplicación de simulación de eventos discretos para la respuesta a emergencias por sismos en el IMSS HGR Orizaba y está conformada por cuatro capítulos que a continuación son descritos. El primer capítulo describe la misión visión y funciones del hospital, así como el objeto de esta tesis; el segundo capítulo presenta la revisión de la literatura que alimenta la tesis, es decir marco teórico y estado del arte; el tercer capítulo describe el desarrollo de la metodología para el tanto para la creación del modelo de simulación de eventos discretos, como para la evaluación de la propuesta; y en última instancia, el cuarto capítulo presenta el análisis de los resultados observados de cada modelo y la conclusión a la que se llegó tras el análisis.

Capítulo 1

Este Capítulo se describe los antecedentes de la investigación, sus generalidades, y describe al hospital que es objeto de esta tesis, presenta información referente al Hospital IMSS HGR Orizaba en el cual se desarrolla el Sistema de Apoyo a las Decisiones Clínicas. Se menciona información sobre sus antecedentes, su misión, visión y ubicación en la zona. Abarca también el estado del arte donde se presentan las aportaciones más recientes en logística de sanidad, así como en las técnicas de inteligencia artificial con aplicaciones en el área de la salud, así mismo se definen los fundamentos de la tesis como: simulación de eventos discretos (SED), metodología de la Simulación; y simulación en los sistemas de salud. En último lugar, aborda una revisión sistemática de la literatura más reciente, es decir, un marco teórico que aborda el concepto de plan de contingencia hospitalario, logística hospitalaria, así como logística de primera y segunda intervención, se abordan también las normas que rigen la distribución de instalaciones y el flujo de los pacientes dentro del sistema hospitalario (clinical pathways).

Capítulo 2

El segundo capítulo presenta el desarrollo del modelo actual del Hospital General Regional del IMSS en Orizaba, y el modelo propuesto, en conformidad a la metodología previamente propuesta, define la problemática a tratar, los límites del sistema, las áreas que abarca y el funcionamiento del modelo, iniciando por la recolección de datos y definición del modelo conceptual del sistema.

Capítulo 3

Finalmente, el tercer capítulo registra y comparan los resultados obtenidos, considerando los resultados del modelo inicial, y las propuestas de mejora, para llegar a una conclusión informada en base a los KPI's establecidos por las partes interesadas.

Capítulo 1:

1. Antecedentes

1.1 Introducción

Históricamente los eventos sísmicos han puesto de manifiesto la importancia de contar con planes de contingencia en los hospitales, dado que la vida de los derechohabientes como del personal puede verse en riesgo a causa de los daños en la estructura, y el tiempo necesario para salir de las instalaciones del hospital puede verse limitado. En muchos países han ocurrido sismos que han cobrado cientos de vidas, al no saber cómo actuar ante un evento de esta naturaleza.

En México, por ejemplo, en septiembre de 1985 ocurrió uno de los temblores más fuerte registrados en el país, con una magnitud de 8.1 en la escala de Richter. Cientos de viviendas y edificios emblemáticos, como el hospital Juárez de la ciudad de México se derrumbaron dejando un saldo de más de 35 mil víctimas que perecieron a causa de la falta de protocolos de emergencia, reglamentos, normas y planes de contingencia que indicaran cómo actuar ante un temblor. Este temblor impulsó a la creación formal del Sistema Nacional de Protección Civil en México. (Gobierno de México, 2018)

En el año de 1960, en Chile, se registró el terremoto más grande de la historia, con una magnitud de 9.5 en la escala de Richter, que ocasionó la muerte de entre dieciséis mil y veinte mil personas y más de dos millones de damnificados. Muchos edificios fueron destruidos casi en su totalidad, entre ellos el hospital de Valdivia. A partir de este evento se promulgó la ley 21.454, que conmemora cada 22 de mayo como “el día nacional de la memoria y educación sobre desastres socio-naturales” con el propósito de difundir las medidas de prevención en eventos sísmicos. (Universidad de Chile, 2018)

Estos son solo algunos ejemplos de los problemas que pueden surgir en los hospitales por falta de un Plan hospitalario de respuesta a sismos. Es importante que los hospitales cuenten con estos planes para enfrentar de la mejor manera dichos eventos de naturaleza inesperada y repentina garantizar la asistencia adecuada a los pacientes.

En el entorno dinámico de la atención médica, la toma de decisiones clínicas efectivas y la gestión logística de planes de contingencia hospitalaria son imperativos cruciales. Ante la complejidad inherente a situaciones de emergencia, la implementación de Sistemas de Apoyo a Decisiones Clínicas (SADC) se ha destacado como un componente esencial para garantizar la protección de los pacientes y profesionales de la salud en los hospitales. En este contexto, la investigación propone el desarrollo de un SADC, enfocado en el diseño logístico de un Plan de Contingencia hospitalario para dar respuesta a emergencias por sismos, empleando herramientas avanzadas como la Simulación de eventos discretos (SED).

La creciente presión sobre los sistemas de salud exige estrategias proactivas que permitan una respuesta eficiente ante eventos sísmicos, que requieran de la evacuación total del personal y los pacientes. La integración de la simulación como herramienta principal en el SADC proporciona un entorno virtual para evaluar escenarios hipotéticos, anticipar desafíos y evaluar el impacto de diversas decisiones, maximizando así la capacidad de respuesta y minimizando posibles riesgos.

A través de la aplicación estratégica de la simulación de eventos discretos, esta investigación aspira a ofrecer una herramienta robusta y adaptable que permita diseñar un plan de contingencia hospitalario eficiente en el caso de una evacuación total por causa de un sismo. El objetivo final es fortalecer la capacidad del sistema de salud para enfrentar eventos críticos, garantizando una toma de decisiones ágil y precisa respaldada por una logística optimizada. Este enfoque no solo se erige como una respuesta proactiva ante desafíos actuales, sino que también sienta las bases para sistemas de salud más resilientes y preparados en el futuro.

Planteamiento del problema

Todo hospital está sujeto al riesgo de un desastre por sismos. En México, en el presente año 2025 la ocurrencia de sismos ha aumentado de forma alarmante, tan solo en este año se han presentado 33 veces más eventos sísmicos que en el año 2000. De acuerdo a datos del Servicio Sismológico Nacional (SSN) en los últimos 5 años han ocurrido 151, 863 sismos en el país, de los cuales el 92% fueron menores a 4 grados en la escala de Richter, pero al menos 2 superaron los 7 grados (UNAM, 2025). Estos eventos, cuya frecuencia va en aumento, afectan de manera directa o indirecta al desempeño de las actividades, razón por la cual, la planificación efectiva de las acciones a tomar es siempre una necesidad apremiante. Contar con un plan hospitalario para este tipo de emergencias garantizar una rápida respuesta y una correcta asistencia en la evacuación de los pacientes comprometidos por las circunstancias. Dicho plan no solamente demanda la coordinación de acciones, sino que involucra la logística que optimicen el desplazamiento de personas hacia el exterior del hospital, asignación de recursos y gestión del personal médico y brigadistas, así como la activación de equipos de respaldo.

Los eventos sísmicos plantean problemas grandes y complejos para un hospital al poner en riesgo la vida de cientos de personas de manera súbita y repentina por el daño al edificio y estructuras aledañas, con un tiempo limitado de acción. Una falla en la logística del hospital ante tales situaciones puede traducirse en la pérdida de vidas ya sea por una respuesta lenta ante el desastre o por la falta de organización y coordinación del personal y ocupantes del edificio.

La ausencia de un Sistema de Apoyo a Decisiones Clínicas (SADC) específicamente diseñado para abordar la problemática logística de los planes de contingencia hospitalaria en emergencias por sismos deja a los profesionales de la salud sin herramientas adecuadas para enfrentar situaciones de crisis. La incertidumbre asociada a los sismos, complica aún más la planificación logística, subrayando la urgencia de un enfoque innovador.

Consecuencias de la falta de un Plan de Emergencias

La falta de un Plan de contingencia para dar respuesta a emergencias por sismos puede traer consecuencias graves, tanto a los pacientes como al personal médico. Algunos ejemplos de estas consecuencias son:

- En situaciones de menor escala, puede provocar desorganización logística y falta de capacitación del personal, lo que dificultaría la asistencia en la evacuación de los pacientes.
- En situaciones de mayor escala, puede llevar a la incapacidad de mantener la infraestructura crítica, como el suministro de electricidad, agua potable o suministros médicos, lo que puede poner en peligro la vida de los pacientes. (Albacete., 2023).

Esta tesis propone desarrollar un SADC basado en la Simulación de Eventos Discretos (SED), para ofrecer una solución integral a la problemática logística de los planes de contingencia hospitalaria de respuesta a sismos. Este enfoque permite anticiparse a escenarios críticos, optimizar el flujo de personas por las diferentes vías de evacuación y agilizar la toma de decisiones en tiempo real, mejorando así la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia y fortaleciendo la resiliencia de los sistemas de salud frente a amenazas imprevistas.

La elaboración efectiva de un plan hospitalario de respuesta a sismos es una necesidad apremiante ante la constante amenaza de temblores y otros eventos de naturaleza sísmica. La falta de un Plan de Emergencias puede tener consecuencias graves, tanto para los pacientes como para el personal médico.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un Sistema de Apoyo a Decisiones Clínicas (SADC) basado en la Simulación de Eventos Discretos (SED) con la finalidad establecer un Plan Hospitalario para dar respuesta a emergencia por sismos que ofrezca una solución integral ante una evacuación total del IMSS Hospital General Regional Orizaba, apegándose a la NOM-003-SEGOB-2011, y el Reglamento Interno del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Objetivos específicos

- Identificar los principales desafíos logísticos asociados a los planes de contingencia hospitalaria de respuesta a sismos para establecer objetivos y alcances.
- Realizar la toma de información necesaria en el IMSS Hospital General Regional No. 1 de Orizaba respecto a ingresos, altas, tiempos de atención y rutas de evacuación, entre otros.
- Desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos que permita analizar y evaluar la situación actual del Hospital en estudio con el objetivo de proponer escenarios para generar un Plan de Contingencia Hospitalario de respuesta a sismos.
- Generar diferentes propuestas de planes hospitalarios para responder a una evacuación total del hospital en un evento sísmico, con la finalidad de comparar y elegir la mejor opción
- Validar la(s) propuesta(s) generadas a través de un nuevo modelo de simulación de eventos discretos para presentar los escenarios del Plan de Contingencia Hospitalario para responder a emergencia por sismos.
- Formalizar el Plan de Contingencia Hospitalario respetando las Normas Oficiales Mexicanas y el Reglamento Interno del Instituto Mexicano del seguro Social, y tomando en consideración las aportaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre evacuación de hospitales y sus áreas críticas, así como las sugerencias del Centro Virtual de Operaciones en Emergencias y Desastres (CVOED) en materia de evacuación de unidades críticas en hospitales; para proponer una solución integral a la logística hospitalaria en emergencias por sismos.

Hipótesis

Un SADC basado en SED permitirá mejorar la capacidad de respuesta de los sistemas de salud ante situaciones de emergencia hospitalaria por sismos a través de un Plan de Contingencia.

Esta hipótesis es plausible dado que la SED es una técnica muy y versátil que puede utilizarse para abordar los desafíos logísticos de los planes de contingencia hospitalaria para dar respuesta a emergencia por sismos. La SED puede utilizarse para evaluar escenarios críticos y con la correcta selección de indicadores de desempeño, elegir la mejor propuesta que cubra las necesidades del hospital.

Para probar esta hipótesis, la investigación deberá realizar los siguientes pasos:

1. Identificar los principales desafíos logísticos asociados a los planes de contingencia hospitalaria en respuesta a sismos.
2. Desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos que permita evaluar escenarios críticos de contingencia hospitalaria.
3. Desarrollar una propuesta que permita optimizar el flujo por las rutas de evacuación en situaciones de emergencia hospitalaria por sismos.
4. Evaluar el rendimiento del SADC desarrollado en comparación con un enfoque tradicional de planificación de contingencias.

Si los resultados de la investigación muestran que el SADC desarrollado mejora la capacidad de respuesta de los sistemas de salud ante situaciones de emergencia por sismos, entonces la hipótesis será aceptada.

Justificación

- I. El desarrollo de un SADC para diseñar la logística de un plan de contingencia hospitalario en respuesta a sismos usando SED tiene los siguientes beneficios:
 - Incrementar la eficiencia y eficacia de la logística de los planes de contingencia hospitalaria de respuesta a sismos. El SADC permite optimizar la asignación de recursos, como personal, equipo y suministros, de acuerdo con las necesidades específicas de cada plan. Esto hace posible minimizar los tiempos de respuesta y mejorar la asistencia a los derechohabientes en la evacuación. (Chow, 2004)
 - Reducción del riesgo de error humano. El SADC ayuda a los responsables de la planificación a tomar decisiones informadas reduciendo los errores humanos, al no considerar todas las variables que afectan al sistema, lo cual pueden tener consecuencias graves en situaciones de emergencia sísmica.
 - Mejora de la comunicación y la coordinación entre los diferentes actores involucrados en el plan hospitalario de evacuación en emergencias por sismos. El SADC proporciona un marco común para que los diferentes actores compartan información y trabajen de forma coordinada. (Kripalani, 2007)
- II. El desarrollo de un SADC para diseñar la logística de un plan hospitalario de respuesta a sismos es importante por las siguientes razones:
 - Los planes de respuesta a sismos son esenciales para salvaguardar la vida de pacientes y el personal médico ante un evento de esta naturaleza. Una logística eficiente y eficaz es clave para el éxito de estos planes. (Organization., Public health emergency preparedness and response: A practical guide., 2007)
 - Los errores humanos representan una de las principales causas de fallos en los planes de emergencia. El uso de un SADC contribuye a reducir el riesgo de estos errores.

- La comunicación y la coordinación entre los distintos actores involucrados en los planes de contingencia hospitalaria de respuesta a sismos es esencial para su éxito. El uso de un SADC puede ayudar a mejorar esta comunicación y coordinación. (Reduction., Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030, 2015)
- III. El desarrollo de un SADC para diseñar la logística de un plan hospitalario de respuesta a emergencias por sismos tiene un efecto positivo en la salud, la sociedad y la economía.
- En el ámbito de la salud, el SADC puede ayudar a salvar vidas y reducir el sufrimiento, al garantizar que los pacientes sean evacuados de forma rápida y eficiente, reduciendo el riesgo de muerte o lesiones. (Organization., The economic impact of disasters., 2008)
 - En el ámbito social, el SADC ayuda a reducir el impacto negativo de los eventos inesperados en la sociedad. Por ejemplo, puede ayudar a mantener el orden público y asegurar la continuidad de los servicios esenciales en un evento sísmico.
 - En el ámbito económico, el SADC contribuye a reducir los costos asociados a los eventos inesperados. Por ejemplo, al evitar pérdidas de productividad por deceso de personal y/o demandas por familiares de los derechohabientes. (Reduction., Economic losses, poverty and disasters: A review of the evidence., 2011)
- IV. El uso de un SADC, basado en SED para diseñar la logística de un plan de respuesta a emergencias y desastres está justificado por las siguientes razones:
- El SADC proporciona un marco para la toma de decisiones en base a evidencias. El SADC permite integrar información de diferentes fuentes, como datos históricos, modelos matemáticos y opiniones de expertos. Esto permite a los responsables de la planificación decidir de manera informada. (El-Gayar, 2015)
 - El SED permite evaluar el impacto de diferentes escenarios al simular la respuesta a un evento inesperado bajo diferentes condiciones. proporcionando a los responsables de la planificación un medio para valorar el impacto de las variables del sistema en la logística del plan.

Mejora de la asistencia al paciente:

Un SADC proporciona recomendaciones respaldadas por datos médicos y evidencia científica actualizada, lo que ayuda al personal a cargo a tomar decisiones informadas y precisas para la asistencia a los pacientes.

Eficiencia operativa:

Un SED permite la gestión electrónica de la información sobre el plan de emergencia.

Mejora en la investigación y la toma de decisiones institucionales:

Los SED almacenan grandes cantidades de datos estadísticos que pueden utilizarse en la investigación médica y la toma de decisiones basadas en evidencia, mejorando la planificación estratégica en un hospital, lo que puede llevar a una gestión más eficiente y efectiva de la institución.

Cumplimiento normativo:

El uso de SED puede ayudar en el cumplimiento de regulaciones de salud y seguridad en el trabajo, como las Normas Oficiales Mexicanas en materia de sismos, como la NOM-003-SEGOB-2011.

Los SADC pueden contribuir a la mejora de las buenas prácticas médicas en el hospital y las pautas de calidad, lo que puede ser requerido por organismos reguladores.

En resumen, la utilización de un SADC y la SED para responder a un evento sísmico proporciona un conjunto de beneficios que abarcan desde la mejora de la asistencia al paciente durante la evacuación garantizando su seguridad hasta la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo. Estas tecnologías ayudan a los profesionales de la salud a tomar decisiones con mayor información, a gestionar mejor al personal de brigada, a optimizar los tiempos de acción y a colaborar de manera más efectiva, lo que termina beneficiando tanto a los derechohabientes como a la institución que brinda atención médica. (Organization, 2011)

En conclusión, el desarrollo de un SADC para diseñar la logística de un plan de contingencia hospitalario usando SED brinda un impacto positivo en los ámbitos de la salud, social y económico al enfrentarse a una emergencia por sismos.

Metodología

La metodología para el desarrollo del SADC se basa en un enfoque de investigación-acción, que involucra las siguientes fases:

Fase 1: Análisis inicial

Esta fase se compone de dos etapas:

- Definición del proyecto: En esta etapa se realizará una revisión extensa y detallada de la bibliografía, con la finalidad de definir claramente los alcances y limitaciones del proyecto.
- Reconocimiento de instalaciones: Se hace un reconocimiento a las instalaciones y también entrevistas con médicos especialistas encargados del área.

Fase 2: Desarrollo del modelo de simulación

El desarrollo del modelo de simulación es llevado a cabo, para lo cual se contemplan las etapas descritas a continuación:

- Determinación de áreas piloto: Durante esta etapa se definen las áreas del hospital que se considerará en el modelo de simulación.
- Recolección y análisis de datos: Se definen las variables determinantes del Sistema en base a las cuales se recolectan datos históricos y mediciones. El análisis de datos contempla el tratamiento estadístico de los parámetros; determinación del tamaño de muestra, análisis descriptivo, pruebas de bondad y ajuste.
- Simulación en SIMIO: La recolección de datos permitirá la construcción del Modelo de Simulación. El software empleado es el software SIMIO® (Simulation Modeling Framework Based on Intelligent Objects).

Fase 3: Evaluación del modelo de simulación

Esta fase contempla dos etapas:

- Verificación: Se verificará el modelo conceptual, con la ayuda de médicos que conozcan los procesos.
- Validación: Esta etapa comprende la validación del modelo de simulación, mediante la prueba t para datos pareados, es decir, los resultados del modelo de simulación versus los resultados del sistema real, comprobando si se duda o no de la validez del modelo.

Fase 4: Simulación final

- Diseño del modelo de simulación de eventos discretos: El modelo de simulación de eventos discretos que sea lo suficientemente realista como para capturar los detalles relevantes del sistema que se está modelando.
- Ejecución del modelo de simulación de eventos discretos con diferentes parámetros. Ejecutar el modelo de simulación de eventos discretos con diferentes parámetros para evaluar cómo afectan los resultados al rendimiento del sistema.

Fase 5: Análisis de resultados

Para analizar los resultados se contempla:

- Análisis de los resultados del modelo de simulación de eventos discretos. Analizar los resultados del modelo de simulación de eventos discretos cuidadosamente para identificar cualquier problema potencial con el plan de contingencia hospitalario.
- Documentación de resultados: Se contempla presentar los resultados al hospital, como un modelo de apoyo, en caso de presentarse una emergencia en el futuro y con ello estar preparados para enfrentarla, adicionalmente se creará un plan hospitalario de respuesta ante una evacuación de emergencia.

1.2 IMSS Hospital General Regional Orizaba

El hospital general regional del IMSS en Orizaba es una institución dedicada a la investigación, atención médica y la administración de los recursos para el retiro de sus asegurados, con el propósito de dar tranquilidad y estabilidad a los trabajadores y sus familias, frente a cualquier amenaza especificada en la Ley del Seguro Social. Fue fundado en 1947, cuando el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) seleccionó a Orizaba por su relevancia, económica, política y obrera, para el arranque de sus servicios de atención médica en el estado de Veracruz (Fajardo-Ortiz, 2008)

Habiendo sido fundado en 1943, el IMSS es la institución con mayor presencia en atención médica y protección social en México. Actualmente, más del 50% de la población mexicana tiene relación con la institución, que se mantiene como, la más grande en su rama en Latino América (IMSS, 2025).

1.2.1 Misión

El IMSS define su misión como: “ser el instrumento básico de la seguridad social, establecido como un servicio público de carácter nacional, para todos los trabajadores y trabajadoras y sus familias” (IMSS, 2025).

1.2.2 Visión

“Por un México con más y mejor seguridad social” (IMSS, 2025).

1.2.3 Estructura Orgánica

Son las autoridades máximas del Instituto y están conformadas por los siguientes grupos (IMSS, 2025):

Asamblea General: Es la autoridad suprema del Instituto, y está compuesto por 30 miembros, organizados en tres grupos que son (IMSS, 2025):

- Ejecutivo Federal
- Organizaciones Patronales
- Organizaciones de Trabajadores

Se encarga de determinar los ingresos y egresos, así como de verificar la licencia de sus recursos. Es presidida por el director general del Instituto (IMSS, 2025).

H. Consejo Técnico

Representa al instituto ante la ley y se compone por el director general y miembros pertenecientes a diferentes secretarías como Hacienda y Crédito Público; Salud y Trabajo, y Previsión social. Tiene como función principal promover el equilibrio financiero (IMSS, 2025).

H. Comisión de Vigilancia

Su función es supervisar que las inversiones se utilicen para el propósito que fueron destinadas (IMSS, 2025).

Dirección General

Por otra parte, la Dirección General tiene como objetivo asegurar que todos los acuerdos establecidos por la Asamblea General y el Consejo Técnico se cumplan. Anualmente, se encarga de presentar informes de actividades, presupuestos, balances contables, programas de labores e informes financieros (IMSS, 2025).

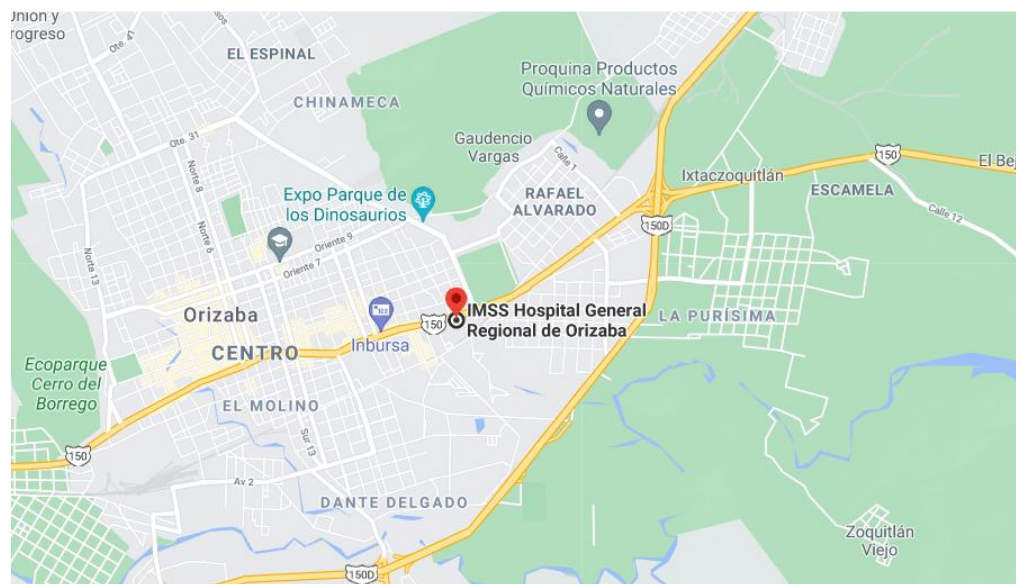
1.4. Localización

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) se divide en delegaciones dentro de cada estado de la república, que son unidades operativas que funcionan de manera autónoma en cada estado, brindando servicios de salud a la población local. El país cuenta con 35 delegaciones distribuidas en su territorio. El presente proyecto se desarrolla en el Hospital General de Orizaba, que pertenece a la delegación Veracruz Sur. La ubicación específica del IMSS HGR dentro de la ciudad de Orizaba se muestra en la Figura 1.

Figura

Localización geográfica del IMSS HGR Orizaba.

1.



1.3 Estado del arte

El estado del arte sobre el desarrollo de SADC para diseñar la logística de un plan hospitalario de evacuación en emergencias muestra que es un área de investigación activa, con un número creciente de publicaciones en los últimos años.

Principales técnicas utilizadas

Las principales técnicas utilizadas en estos SADC son la simulación y los algoritmos genéticos. La simulación se utiliza para modelar el comportamiento de los sistemas logísticos, mientras que los algoritmos genéticos se utilizan para encontrar soluciones óptimas.

Ventajas de la simulación y algoritmos genéticos

La simulación ofrece varias ventajas para el desarrollo de SADC para la planificación de la logística de un plan de contingencia hospitalario. En primer lugar, permite modelar el comportamiento complejo de los sistemas logísticos, incluyendo la incertidumbre y la variabilidad. En segundo lugar, permite realizar experimentos para evaluar diferentes alternativas de planificación. En tercer lugar, permite proporcionar información de retroalimentación a los responsables de la toma de decisiones.

Del mismo modo, los algoritmos genéticos ofrecen varias ventajas para el desarrollo de SADC para la planificación de la logística de un plan de contingencia hospitalario. En primer lugar, son capaces de encontrar soluciones óptimas o subóptimas para problemas de optimización complejos. En segundo lugar, son robustos a la incertidumbre y la variabilidad. En tercer lugar, son capaces de considerar múltiples objetivos.

La siguiente fuente nos aporta información sobre su uso y aplicación:

- Desarrollo de un sistema de apoyo a las decisiones clínica (SADC) para diseñar la logística de un plan de contingencia hospitalario usando simulación (SED) y algoritmos genéticos (González-Gómez, 2023).

Esta investigación presenta una nueva metodología para el desarrollo de SADC para la planificación de la logística de un plan de contingencia hospitalario. La metodología combina la simulación y los algoritmos genéticos para ofrecer una solución integral que permite evaluar diferentes escenarios de emergencia y encontrar soluciones óptimas para la distribución de recursos.

- Uso de simulación de eventos discretos y algoritmos genéticos para estimar los recursos necesarios para responder oportunamente en el sistema de emergencias en Bogotá (Aguilar M., Rentería, Catumba Ruiz, Barrera, & Redondo, 2022).

Este artículo describe el diseño de un modelo híbrido de simulación de eventos discretos y algoritmos genéticos con la finalidad de gestionar la cantidad, tipo y ubicación de los recursos necesarios conforme a la frecuencia y tipología de los eventos de acuerdo con datos históricos.

- A framework for designing and evaluating logistics plans for emergency medical services. (C. K. Chan, 2018)

Propone un marco para el diseño y la evaluación de planes logísticos para los servicios médicos de emergencia. El marco se centra en la evaluación del rendimiento de los planes en términos de tiempo de respuesta, costo y calidad.

Esta investigación presenta un marco que puede utilizarse para evaluar el rendimiento de los planes logísticos para los servicios médicos de emergencia. El marco tiene en cuenta múltiples factores, como el tiempo de respuesta, el costo y la calidad.

- A simulation-based optimization approach for humanitarian supply chain management. (X. Zhang, 2017).

Esta investigación presenta un enfoque innovador para la optimización de la gestión de la cadena de suministro humanitaria. El enfoque combina la simulación con la optimización para mejorar el rendimiento de la planificación.

- A multi-objective optimization approach for disaster relief logistics planning. (Y. Zhang, 2016).

Esta investigación presenta un enfoque que aborda los desafíos de la planificación de la logística de ayuda humanitaria. El enfoque considera múltiples objetivos, como la eficiencia, la equidad y la sostenibilidad.

- Herramienta de apoyo a la toma de decisiones en salas de urgencias utilizando simulación de eventos discretos (Herrera Kheneyzir & Ramírez Tovar, 2015).

La investigación describe el desarrollo de una herramienta de apoyo a las decisiones basado en un modelo de simulación de eventos discretos en sala de urgencias para responder a cualquier evento inesperado como un desastre natural.

- A hybrid simulation-based approach for humanitarian supply chain management. (S. D. Wu, 2013). Propone un enfoque híbrido basado en simulación para la gestión de la cadena de suministro humanitaria. El enfoque combina la simulación con la optimización para mejorar el rendimiento de la planificación.

- A simulation-based approach for disaster relief logistics planning. (J. Li, 2011)

Propone un enfoque basado en simulación para la planificación de la logística de ayuda humanitaria. El enfoque se centra en la optimización de la asignación de recursos y la planificación de rutas.

Esta investigación presenta un enfoque similar al de Zhang (2017), pero con un enfoque más general en la planificación de la logística de ayuda humanitaria.

Ventajas de la programación lineal y aprendizaje automático

La programación lineal tiene las siguientes ventajas: Es una técnica determinista, lo que significa que siempre encontrará una solución óptima. Es una técnica relativamente simple de entender y aplicar. Es una técnica eficiente en términos computacionales, lo que significa que puede resolver problemas grandes rápidamente. Adicionalmente el aprendizaje automático tiene las siguientes ventajas: Se puede utilizar para resolver problemas de optimización no lineal. Puede manejar problemas con restricciones complejas. Puede aprender de datos y mejorar su rendimiento con el tiempo. Por lo que en el resumen del estado del arte se cuenta con una aportación con ambas técnicas.

- Disaster Medicine and Public Health Preparedness. (Gnugnoli., 2022).
Es un ejemplo de cómo el aprendizaje automático puede utilizarse para mejorar la preparación para emergencias y desastres. El trabajo proporciona evidencia de que el aprendizaje automático tiene el potencial de mejorar la precisión y la eficiencia de la toma de decisiones, así como de personalizar las intervenciones para mejorar los resultados de los pacientes.

Ventajas de Lógica Difusa

La lógica difusa tiene una serie de ventajas sobre la lógica tradicional, que incluyen: Capacidad para representar el mundo real: La lógica difusa es capaz de representar el mundo real de una manera más realista que la lógica tradicional. Esto se debe a que la lógica difusa puede representar conceptos borrosos, que son comunes en el mundo real. La simplificación de la toma de decisiones: La lógica difusa puede simplificar la toma de decisiones al permitir que los sistemas tomen decisiones basadas en información imperfecta o incompleta. Y la adaptabilidad: La lógica difusa es adaptable a cambios en las condiciones del entorno. Esto se debe a que la lógica difusa utiliza reglas difusas, que son reglas que se pueden actualizar fácilmente para reflejar cambios en las condiciones. Por lo que en el resumen del estado del arte cuenta con la siguiente aportación.

- A fuzzy logic-based decision support system for disaster relief logistics planning. (A. A. Al-Masri, 2015)
Es el desarrollo de un sistema de apoyo a la decisión (DSS) para la planificación de la logística de ayuda en desastres utilizando lógica difusa. El DSS tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la eficacia de las operaciones de ayuda en desastres al proporcionar a los responsables de la toma de decisiones una herramienta para seleccionar las rutas de transporte y los centros de distribución más adecuados para la entrega de suministros de ayuda.

Ventajas de las NOMs

Las Normas Oficiales Mexicanas, o NOMs, son normativas establecidas por el gobierno mexicano que tienen como objetivo garantizar la salud, la seguridad y el medio ambiente. Estas normas son de carácter obligatorio para cada empresa que opere en México, y su cumplimiento es supervisado por la Secretaría de Economía. En general, las NOMs son una herramienta importante en la labor de salvaguardar la salud, la seguridad y el medio ambiente en México. Estas normas ofrecen un conjunto de beneficios para las empresas, los consumidores y el medio ambiente. Los cuales se muestran en el resumen del estado del arte.

- Programa De Implementación Y Fortalecimiento Del Plan De Preparativos Para Emergencias Y Desastres En Instituciones De Salud. (Lina Maria Rivera Sebastian, 2012)

En la tesis presente se enfatiza la relevancia de evaluar e implementar los planes de emergencias existentes en las instituciones de salud, adicionalmente se sugiere una serie de módulos, basados en propuestas de capacitación, entrenamiento y conceptos técnicos estructurales, los cuales pueden tomarse como punto de inicio para alcanzar el objetivo principal de las organizaciones de salud a nivel mundial y regional, el cual es garantizar unidades hospitalarias seguras y con la capacidad de no detener su funcionamiento aun en momentos de crisis y desastres.

- Diseño de un plan hospitalario de emergencia para una empresa del ramo de la salud visual localizada en la ciudad de Cali. (Stefania Gutiérrez Rojas J. F., 2020)
El trabajo identifica las principales amenazas que pueden afectar la empresa, como los incendios, las inundaciones, los terremotos y los accidentes. El trabajo también evalúa el riesgo de cada amenaza, teniendo en cuenta factores como la probabilidad de ocurrencia y el impacto potencial.

A continuación, se presentan un cuadro con los hallazgos resumidos del estado del arte:

Tabla 1A.

Resumen del estado del arte (Simulación y Algoritmos genéticos)

Título del artículo	Autor(es)	Año	Aportación	Técnica
Desarrollo de un sistema de apoyo a las decisiones clínica (SADC) para diseñar la logística de un plan de contingencia sanitaria usando simulación (SED) y algoritmos genéticos	González-Gómez, A., Fernández-Martín, A., Gómez-García, A., Gómez-Mera, A., & Pérez-Martín, A.	2023	Presenta un SADC que utiliza simulación (SED) y algoritmos genéticos para diseñar la logística de un plan de contingencia sanitaria.	Simulación y algoritmos genéticos
Uso de simulación de eventos discretos y algoritmos genéticos para estimar los recursos necesarios para responder oportunamente en el Sistema de emergencias médicas en Bogotá	Leonar G. Aguilar M, Rafael R. Rentería, Jorge Catumba, José O. Barrera, Johan M. Redondo.	2022	Diseño de un modelo híbrido de simulación de eventos discretos y algoritmos genéticos que selecciona la cantidad, tipo y ubicación de los requerimientos conforme a la frecuencia y tipología de los eventos de acuerdo con datos históricos.	Simulación de eventos discretos y algoritmos genéticos
A framework for designing and evaluating logistics plans for emergency medical services	C. K. Chan, W. K. Chan, Y. K. Leung, & K. W. Chan	2018	Marco para diseñar y evaluar planes de logística para servicios médicos de emergencia. Utilizando un modelo de simulación que representa el comportamiento de los sistemas logísticos.	Simulación
A simulation-based optimization approach for humanitarian supply chain management	X. Zhang, J. Li, Z. Li, & C. Chen	2017	Optimización basada en simulación para la gestión de la cadena de suministro humanitaria, y algoritmo genético para encontrar las soluciones óptimas para los problemas de logística de la cadena de suministro.	Simulación y algoritmos genéticos

Tabla 1B.

Resumen del estado del arte (Simulación y Algoritmos genéticos)

Título del artículo	Autor(es)	Año	Aportación	Técnica
A multi-objective optimization approach for disaster relief logistics planning	Y. Zhang, Z. Wang, W. Zhang, & Y. Wu	2016	Optimización multiobjetivo para la planificación de la logística de socorro en casos de desastre. Utilizando algoritmo genético para encontrar soluciones que optimicen objetivos como el costo, el tiempo de respuesta y la satisfacción del cliente.	Simulación, algoritmos genéticos
Herramienta de apoyo a la toma de decisiones en salas de urgencias utilizando simulación de eventos discretos	Herrera Kheneyzir y Ramírez Tovar	2015	Desarrollo de un instrumento de apoyo a las decisiones basado en un modelo de simulación de eventos discretos en sala de urgencias para responder a cualquier evento inesperado como un desastre natural	Simulación de eventos discretos.
A hybrid simulation-based approach for humanitarian supply chain management	S. D. Wu, X. Y. Liu, & W. X. Wang	2013	Presenta un enfoque híbrido basado en simulación para la gestión de la cadena de suministro humanitaria. El enfoque utiliza la simulación para modelar el comportamiento de la cadena de suministro y un algoritmo genético para encontrar soluciones óptimas.	Simulación, algoritmos genéticos
A simulation-based approach for disaster relief logistics planning	J. Li, Y. Zhang, Z. Li, & C. Chen	2011	Presenta un enfoque basado en simulación para la planificación de la logística de socorro en casos de desastre. El enfoque utiliza la simulación para modelar el comportamiento de la cadena de suministro y un algoritmo genético para encontrar soluciones óptimas.	Simulación, algoritmos genéticos

Tabla 2.

Resumen del estado del arte (Programación lineal y Aprendizaje automático)

Título del artículo	Autor(es)	Año	Aportación	Técnica
Disaster Medicine and Public Health Preparedness	David M. Gnugnoli.	2022	La gestión de emergencias y la prevención contra desastres en el área de la salud. Esta fuente puede ser útil para investigadores, profesionales de la salud y aquellos interesados en la planificación y respuesta a emergencias en entornos de atención médica.	Programación Lineal y Aprendizaje Automático (Machine Learning)

Tabla 3.

Resumen del estado del arte (Lógica difusa)

Título del artículo	Autor(es)	Año	Aportación	Técnica
A fuzzy logic-based decision support system for disaster relief logistics planning	A. A. Al-Masri, M. Al-Omari, & A. A. Al-Anzi	2015	Presenta un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en lógica difusa para la planificación de la logística de socorro en casos de desastre. El sistema utiliza la lógica difusa para representar la incertidumbre y la ambigüedad asociadas con los problemas de planificación de la logística de socorro en casos de desastre.	Lógica difusa

Tabla 4.

Resumen del estado del arte (NOM's)

Título del artículo	Autor(es)	Año	Aportación	Técnica
Programa De Implementación Y Fortalecimiento Del Plan De Preparativos Para Emergencias Y Desastres En Instituciones De Salud	Lina Maria Rivera Sebastian Albarracin Reinaldo Echeverri.	2012	Se analiza la importancia de implementar y revisar los planes de emergencias existentes en las instituciones de salud y propone una serie de módulos, basados en propuestas de capacitación, entrenamiento y conceptos técnicos estructurales, que a nuestro parecer, sirven como punto de partida para lograr consolidar el objetivo primordial de las organizaciones de salud a nivel mundial y regional, el cual es garantizar unidades hospitalarias seguras y con capacidad para seguir funcionando aun en momentos de crisis y desastres.	NOMS, Matriz de planificación
Diseño de un plan hospitalario de emergencia para una empresa dedicada a servicios de salud visual ubicada en la ciudad de Cali	Stefania Gutiérrez Rojas, Jhonny Fernando Londoño Ruano.	2020	Diseñar el plan hospitalario de emergencia para una empresa dedicada a servicios de salud visual ubicada en la ciudad de cali.	NOMS

En general, el estado del arte muestra que los SADC ofrecen una herramienta prometedora para la planificación de la logística de un plan de contingencia hospitalario. Sin embargo, aún se necesitan más investigaciones para evaluar el rendimiento de estos SADC en escenarios más complejos y para desarrollar interfaces gráficas de usuario más amigables

1.4 Marco teórico

1.4.1 Plan de contingencia hospitalario

Un plan de contingencia se refiere al conjunto de procedimientos, alternativos a las operaciones normales del hospital, que permiten dar respuesta a una emergencia con los recursos disponibles. En él se definen los roles y responsabilidades del personal, las medidas de seguridad a tomar, el protocolo de evacuación a seguir y los procedimientos a realizar para cada emergencia. Tiene por objetivo aprovechar de manera óptima los recursos disponibles, humanos y materiales con el fin de garantizar: la continuidad de las operaciones, la seguridad de los pacientes y el personal y de ser necesario una intervención inmediata para la evacuación de las instalaciones. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2022)

Su alcance está limitado a un hospital específico, ya que cada hospital debe contar con su propio plan de contingencia que se adapte a sus necesidades y recursos disponibles. Cada plan de contingencia está diseñado para dar respuesta a un evento específico, que pueden ser incendios, inundaciones, apagones, accidentes con múltiples víctimas o, como es el caso de la presente tesis, emergencias por sismos.

1.4.2 Logística hospitalaria

El objetivo de la logística hospitalaria es suministrar y distribuir los recursos médicos necesarios para garantizar que la población reciba la atención adecuada tanto en situaciones de emergencia como en circunstancias normales.

Un subconjunto específico de logística llamado “logística de salud” se ocupa de organizar, implementar y gestionar los flujos de suministros, datos y dinero necesarios para garantizar que el público en general reciba atención médica adecuada. Optimizar los recursos disponibles para la atención médica es el objetivo principal de la logística hospitalaria, que también garantiza que los bienes, servicios y equipos lleguen a sus ubicaciones finales de forma rápida y eficiente, manteniendo su calidad y seguridad. (Valderribas, 2023)

1.4.3 Objetivos de la logística hospitalaria

Los objetivos de la logística hospitalaria son numerosos y cambian según la situación y el contexto. A continuación, se muestran algunos de los principales.

1.4.4 Garantizar que todos tengan acceso a la atención médica.

El objetivo principal de la logística hospitalaria es garantizar que el público en general tenga acceso a los bienes, servicios y herramientas necesarios para brindar atención médica, particularmente en tiempos de emergencia.

1.4.5 Economizar recursos.

Su objetivo es maximizar los recursos disponibles para la salud, garantizando la eficiencia, oportunidad y calidad en la entrega de bienes, servicios y equipos en los lugares previstos.

1.4.6 Reducir el desperdicio.

La logística hospitalaria trabaja para reducir el desperdicio de recursos en la industria garantizando que los bienes y servicios se apliquen de forma eficaz.

1.4.7 Asegurar que los bienes y servicios sean de alta calidad y seguridad.

Al asegurarse de que se sigan las normas y reglamentos pertinentes, su objetivo es garantizar la calidad y seguridad de los bienes y servicios utilizados en la atención a la salud.

1.4.8 La cadena de aprovisionamiento de una entidad hospitalaria

Las organizaciones hospitalarias comienzan con los fabricantes y concluyen con los clientes en particular que el cliente en este caso es un paciente principal. El distribuidor, el fabricante y el almacén o almacenes son los eslabones de esta cadena. servicios o unidades hospitalarias, pacientes y hospitales (farmacias). (Snow, 2011).

1.4.9 La administración de riesgos

La gestión de riesgos es una herramienta para la toma de decisiones que ayuda a las organizaciones a cumplir con sus metas y objetivos. Para ello, se identifican y evalúan los riesgos potenciales, y se combinan para determinar cómo gestionarlos de manera óptima y eficiente. (Educación, 2014).

1.4.10 Consideraciones para la Administración de Riesgos.

- Los riesgos están intrínsecamente relacionados a toda actividad o procedimiento.
- Una situación de riesgo puede cambiar la misión, visión, imagen y servidores públicos del Instituto.
- No existe ningún método capaz de eliminar de manera absoluta los riesgos.
- Los riesgos son administrados, considerando tanto los elementos externos, como los internos del Instituto.

1.4.10.1 Elementos externos:

- Desastres naturales.
- Cambios económicos.
- Entorno político.
- Leyes y normas.
- Avances tecnológicos.

1.4.10.2 Elementos internos:

- Ética e integridad de los servidores públicos.
- Naturaleza de las actividades del Instituto.
- Cambios de administración.
- Reglamentos, políticas y estrategias

1.4.10.3 Principios de la Administración de Riesgos

- Crea valor a los procesos.
- Utilidad en la toma de decisiones.

- Es sistemática y estructurada.
- Considera el factor humano.
- Es transparente.
- Fomenta la mejora continua.

1.4.10.4 Etapas del Proceso de la Administración de Riesgos

Los estándares de gestión de riesgos se establecen principalmente en Australia. Nueva Zelanda AS/NZS 4360:2004 e ISO 31000:2009 publicadas por la organización, han alcanzado mejoras notables en materia de estandarización internacional. Detección, tratándolo como resultado de una incertidumbre más que como un evento, etc. Considerando factores como la planificación necesaria para gestionar esto (Jácome, 2015). El proceso de gestión de riesgos consta de cinco actividades:

1.4.10.5 Comunicación y consulta

- Identificar las entidades responsables y el adjetivo de los procesos y unidades de gestión.
- Áreas importantes y adjetivo de agencia de análisis de riesgos adecuado.
- Determinar las finalidades y objetivos del centro de investigación y del responsable de gestión de crisis.
- Garantiza que las metas y los objetivos sean comprendidos y considerados. Responsable de la gestión de riesgos.
- Establecimiento de normas para la determinación de las causas y consecuencias de los riesgos lo mismo ocurre al intentar controlarlo, ver, Asegúrese de que los peligros estén correctamente identificados.
- Desarrollar un plan de comunicación adecuado para consultas internas y externas
- Especificar el entorno político, legal, social, financiero, tecnológico, económico, ambiental y de competitividad del Instituto, a nivel regional, nacional e Internacional.
- Describir las circunstancias inherentes al Instituto en relación a: su estructura, atribuciones, funciones y responsabilidades; procesos, objetivos, metas y estrategias; recursos humanos, materiales y financieros; valores éticos y de conducta, políticas, directrices, normas y procedimientos; así como Sistemas de Información y Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), en base a las cuales puedan definirse sus debilidades y fortalezas en la respuesta a peligros identificados.

1.4.10.6 Evaluación de riesgos

- Un riesgo es un evento desagradable y desconocido (externo o interno) que ocurre en una situación.
- La combinación de **Política Organizacional e Información Gerencial (PO e IG)** puede potencialmente obstaculizar o dificultar el logro del objetivo.

- Objetivos institucionales. Al evaluar los riesgos, la **Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación** (INEE) puede garantizar razonablemente que los empleados estén conscientes de los riesgos.
- Los riesgos y sus estrategias de prevención o control y sus roles y responsabilidades.
- Responsable de la implementación de las estrategias asignadas. Debido a lo anterior, se han establecido los siguientes pasos de evaluación de riesgos:

La imagen muestra los siguientes pasos para prepararse para un desastre:

1. Difundir los conocimientos sobre amenazas de desastre en sus diferentes ámbitos. Esto incluye comprender los diferentes tipos de desastres que pueden ocurrir, los factores que los causan y las áreas que son más vulnerables.
2. Prevenir el riesgo futuro. Esto incluye tomar acciones que minimicen la probabilidad de ocurrencia de desastres, como la construcción de infraestructura a prueba de desastres, el desarrollo de planes de mitigación y la educación pública sobre la preparación para desastres.
3. Reducir el riesgo existente. Esto incluye tomar medidas para reducir el impacto de un desastre si ocurre, como la creación de planes de emergencia, la elaboración de kits de emergencia y la capacitación de los empleados en respuesta a desastres.
4. Preparar la respuesta. Esto incluye desarrollar planes de respuesta, designar equipos de respuesta y establecer mecanismos de comunicación.
5. Responder y rehabilitar. Esto incluye proporcionar asistencia a las personas afectadas por un desastre, reparar la infraestructura dañada y reconstruir las comunidades.

En la **Figura 2** la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR) es el organismo de las Naciones Unidas responsable de organizar la reducción de desastres a nivel mundial. La UNISDR ha desarrollado un marco conceptual para la GRD que se basa en los principios del enfoque integral.

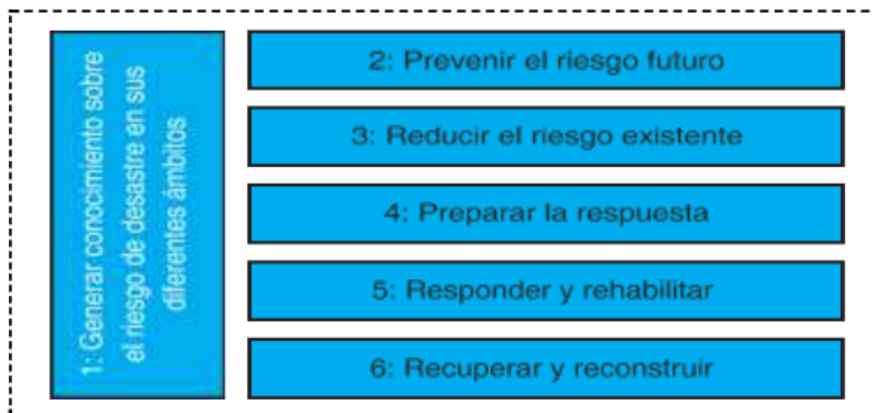
En el marco conceptual de la UNISDR se define la gestión de riesgos de desastre como “el proceso sistemático de utilizar decisiones administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre” (United Nations, 2025).

El conocimiento técnico y científico, así como el seguimiento de nuevos efectos secundarios, pueden ayudar a tomar medidas para prevenir accidentes. Estas medidas pueden ser específicas y puntuales, o pueden servir para reducir el impacto general del riesgo. Sin embargo, es importante reconocer que, en algunos casos, el riesgo no se puede gestionar por completo. Esto significa que las consecuencias y daños del evento no se pueden prevenir ni evitar.

La **Figura 3** que muestra las áreas y componentes de la reducción del riesgo de desastres.

Figura 2.

Procesos clave o misionales de la gestión de riesgo de desastre. Fuente (Jácome, 2015)



El diagrama está dividido en cuatro áreas:

Análisis de riesgo: Esta área se centra en el estudio de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo.

Reducción de riesgos: Esta área se centra en la reducción de la probabilidad o el impacto de los desastres.

Manejo de emergencias y desastres: Esta área se centra en la preparación, la respuesta y la recuperación de los desastres.

Recuperación: Esta área se centra en la reconstrucción y el desarrollo sostenible después de un desastre.

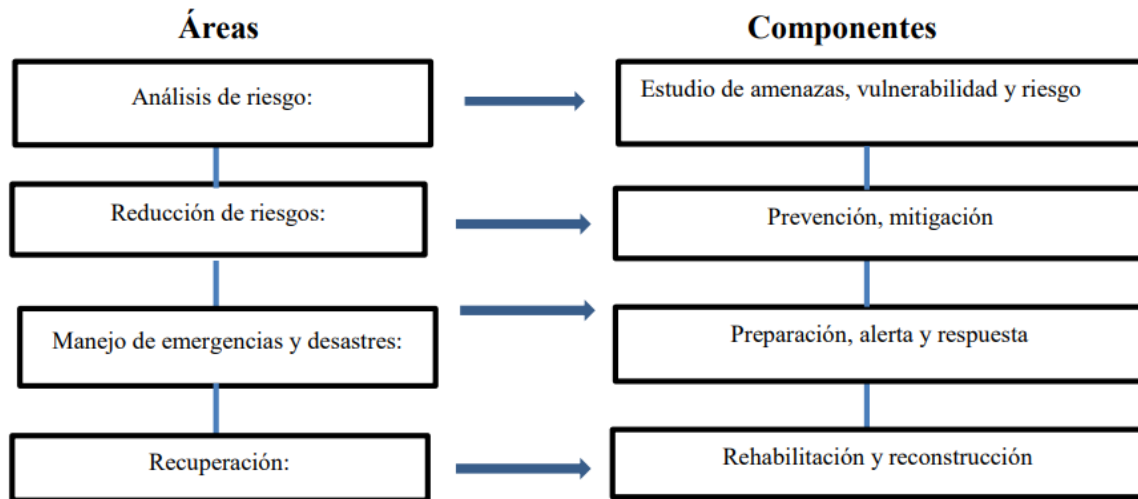
Cada área se divide en componentes específicos. Por ejemplo, el análisis de riesgo incluye los conceptos de estudio de amenazas, estudio de vulnerabilidad y estimación de riesgo.

El diagrama es una representación visual del proceso de gestión del riesgo de desastres. Es una herramienta útil para comprender los diferentes aspectos de la GRD y cómo se relacionan entre sí.

En el contexto de la educación, el diagrama puede utilizarse para ilustrar la importancia de la educación para la GRD. La educación capacita a las personas para comprender los riesgos de desastres, desarrolla habilidades para reducir su vulnerabilidad y los prepara para responder a los desastres.

Figura 3.

Componentes y áreas de la gestión de riesgos. Fuente: (Jácome, 2015)



1.4.11 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Las normas técnicas que supervisan el sector y apoyan el empoderamiento de la población se conocen como Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Se trata de instrumentos que permiten a diversas agencias gubernamentales abordar y mitigar los riesgos para la población, fauna y medio ambiente. Su base radica en datos científicos y tecnológicos, que elevan el calibre de los productos y servicios. (Normas Oficiales Mexicanas, 2023). En materia de sismos, las NOM que establecen las normas de seguridad son las siguientes:

1.4.11.1 NOM-003-SEGOB-2011

Señales y avisos para protección civil - Colores, formas y símbolos a utilizar, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 2011. Establece los lineamientos en cuanto a señales de rutas de evacuación, zonas seguras y puntos de reunión en emergencias por sismos.

1.4.11.2 NOM-002-STPS-2010.

Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2010. A pesar de no tratar con la problemática de estudio, ofrece normas referentes a rutas de evacuación que también pueden ser aplicadas en el caso de estudio.

1.4.11.3 NOM-001-SEDE-2012.

Instalaciones Eléctricas (utilización), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 2012.

1.4.11.4 NOM-008-SEGOB-2015.

Personas con discapacidad. - Acciones de prevención y condiciones de seguridad en materia de protección civil en situación de emergencia o desastre, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de agosto de 2016.

1.4.11.5 NOM-017-STPS-2008.

Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2008.

1.4.12 Plan de Emergencia

Todos los fenómenos provocados únicamente por la actividad humana, como la guerra y la contaminación, están excluidos de la definición de “natural”. Pese al término “natural”, una amenaza natural aún conlleva un porcentaje de participación humana. El acontecimiento de un evento físico, como puede ser una erupción volcánica que no afecte al ser humano, es considerado un fenómeno natural, pero no una amenaza natural. Por el contrario, un fenómeno natural que ocurre en un área poblada sí es un evento peligroso.

Un evento peligroso que ocasione muertes, o supere la capacidad de respuesta de la sociedad, es definido como desastre natural. Un desastre no es un acontecimiento meramente natural, sino que debe ser un evento natural que ocurre en un lugar en el que la actividad humana está presente.

Y de acuerdo a la normatividad se describen algunos de los fenómenos potencialmente peligrosos para el ser humano.

1.4.13 Evaluación de riesgos

En este punto es necesario identificar y valorar los riesgos presentes en las instalaciones de la empresa. El hospital que pueden provocar emergencias. En particular, deberá realizarse un análisis de los factores que inciden en los riesgos que puedan producirse. (Jácome, 2015)

- Ubicación geográfica de la empresa.
- Emplazamiento del edificio en relación a su entorno.
- Características estructurales del edificio.
- Entradas y salidas del recinto.
- Condiciones de los accesos.
- Capacidad de vías públicas y privadas alrededor de la empresa.
- Disponibilidad de medios de protección.
- Localización de los medios exteriores de protección (hidrantes, fuentes de abastecimiento, etc.).
- Características estructurales y condiciones generales de diseño arquitectónico
- Actividades a las que se destina cada piso del edificio, indicando localización y superficies ocupadas por las mismas.
- Ubicación y cualidades de las instalaciones y servicios.
- Número y características físicas/psíquicas de los ocupantes.
- El número máximo de personas a evacuar en cada área

1.4.13.1 Evaluación y clasificación de emergencias.

En segundo lugar, es una lista ordenada de artículos o temas tratados. El riesgo de una situación de emergencia puede verse influido teniendo en cuenta a los participantes directos, indirectamente de determinados servicios.

Sísmicos

Terremotos

Las fallas en la superficie ocurren como una separación del material parental a lo largo de la superficie. Los derrumbes tienen su origen en los temblores que se dan en lugares cuya topografía presenta pendientes muy pronunciadas y baja estabilidad. La licuefacción de material no consolidado, levemente inclinado, es activada al ocasionarse un temblor en tierra. Estas condiciones, aunadas a un asentamiento de sedimento flojo o no consolidado dan como resultado el hundimiento o depresión de la superficie.

El hundimiento de tierra acontece en suelos inundados, terraplenes, aluviones y en otros materiales propensos a asentarse. Los tsunamis u olas sísmicas, que se originan mayormente por la actividad sísmica bajo el suelo oceánico, son la causa de inundaciones en zonas costeras e incluso pueden afectar a otras áreas ubicadas a miles de kilómetros del epicentro del terremoto. Los volcanes son perforaciones de la corteza terrestre, a través de las que se fugan hacia la superficie rocas fundidas y gases.

Sismos

Un terremoto es un movimiento repentino de la Tierra provocado por la liberación de energía almacenada. La mayoría de las veces estos movimientos son graduales y apenas perceptibles, pero en ocasiones, las placas de la tierra se mueven repentinamente y chocan entre sí, rompiéndose y liberando una gran cantidad de energía. La aparición de fallas sísmicas y la erupción de volcanes son causas adicionales de terremotos.

Escala de Richter

Esta escala expresa la energía sísmica liberada y basada en el registro sismográfico. Esta escala aumenta en dos formas posibles: potencial o semilogarítmica, de modo tal, que cada punto que incrementa puede representar un aumento de energía al menos diez veces mayor (ver **Tabla 5**).

Tabla 5.
Escala de Richter.

Magnitud	Efectos
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 – 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 – 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas
7.0 – 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas

Factores antrópicos (actividad del hombre)

Cada uno de los fenómenos antes mencionados es un componente del equilibrio geológico innato y es capaz de alterarse. Las actividades del hombre, tanto beneficiosas como perjudiciales. Los seres humanos contribuyen de esta manera a provocar o acelerar los acontecimientos estos sucesos.

Esto ocurre cuando la actividad humana, en particular la construcción de carreteras, se lleva a cabo sin una planificación suficiente. (carreteras y puentes) rellenos inadecuados, urbanización, explotación de tajos y corte de perfiles naturales. La deforestación y las pendientes son dos ejemplos de malas prácticas agrícolas que comprometen la conservación del suelo. Todo anima suelos que son inherentemente susceptibles a ciertos tipos de fenómenos, como los procesos de inestabilidad poseen efectos perjudiciales en el futuro.

Clasificación de los deslizamientos según el movimiento

Dependiendo de la velocidad, los deslizamientos se pueden clasificar en: rápidos y lentos

Rápido:

Pueden comenzar en zonas con pendientes muy pronunciadas y desplazarse a velocidades de hasta varios metros por segundo y empujado, donde la caída de rocas es un evento común y ocasionando la acumulación de escombros en pendiente, o donde se puede producir. En cuestión de segundos o minutos, saca una cantidad sustancial de masa. Entre ellos se encuentran corrientes de lodo y deslizamientos de tierra.

Lento:

Las velocidades guardan el orden de centímetros y metros por año. Transportar mucho es uno de sus rasgos distintivos material. La inclinación de los árboles en la misma dirección es prueba de que se ha producido un lento deslizamiento de la pendiente, el agrietamiento de las casas, la pendiente, la inclinación de las vallas, etc. Los siguientes son los efectos más significativos de los deslizamientos de tierra. La superficie de la tierra se rompe o agrieta, rápida erosión entierro de infraestructura. una fatalidad.

1.4.14 Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica

Sistema de Apoyo a las Decisiones (SAD)

Un sistema de apoyo a las decisiones (SAD) es una herramienta tecnológica que puede ayudar a las personas a tomar mejores decisiones. Estos sistemas pueden alimentarse de una amplia variedad de datos, tales como: información histórica, datos en tiempo real y conocimientos expertos, para generar recomendaciones o sugerencias. (Garrido, 2019)

Los SAD se utilizan en una infinidad de campos, incluyendo la salud, la industria, la educación y el gobierno. En el campo de la salud, los SAD se utilizan para ayudar a los doctores a tomar decisiones clínicas, como el diagnóstico, el tratamiento y la gestión de la atención. (Kettinger, 1997)

Sistema de Apoyo a las Decisiones Clínicas (SADC)

Un sistema de apoyo a las decisiones clínicas (SADC) es un tipo de SAD que se utiliza específicamente en el campo de la salud. Los SADC pueden utilizar una variedad de datos, incluyendo el historial médico del paciente, los resultados de las pruebas de laboratorio y los resultados de las imágenes médicas, para generar recomendaciones de tratamiento personalizadas. (Bard, 2012)

Los SADC son un apoyo a los profesionales de la salud en las decisiones clínicas de varias maneras. En primer lugar, pueden ayudar a los profesionales de la salud a identificar los diagnósticos más probables. En segundo lugar, pueden ayudar al personal de la salud a seleccionar los tratamientos más efectivos. En tercer lugar, pueden ayudar a los profesionales de la salud a personalizar el tratamiento para las necesidades individuales del paciente. (Bates, 2012)

Los SADC tienen el potencial de mejorar la calidad de la atención médica y reducir los errores médicos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los SADC son herramientas y que deben utilizarse con precaución. Los profesionales tienen la obligación de poseer una profunda comprensión de la ciencia médica y de las limitaciones de los SADC para poder utilizarlos de manera efectiva. (Kawamoto, 2005)

1.4.14.1 *Tipos de Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica (CDSS)*

Simulación de Eventos Discretos

La simulación de eventos discretos (SED) es una técnica que se utiliza en la representación de sistemas dinámicos en los que los eventos ocurren en momentos discretos. Los sistemas discretos pueden ser físicos, biológicos, económicos o sociales.

La SED es una herramienta poderosa que puede utilizarse en una amplia gama de circunstancias, entre los que se incluyen:

- **Análisis de sistemas:** La SED es utilizada para analizar el comportamiento de un sistema bajo diferentes condiciones. Por ejemplo, a través de ella puede analizarse el rendimiento de un sistema de producción o el impacto de una política económica.
- **Diseño de sistemas:** La SED constituye un gran apoyo en el diseño de un sistema nuevo o para mejorar un sistema existente. Por ejemplo, se puede utilizar para diseñar una nueva fábrica o para optimizar el flujo de tráfico en una ciudad.
- **Simulación de procesos:** La SED se puede utilizar para simular un proceso real, como un experimento científico o un juego de azar.

Principios básicos de la SED

- **Los eventos son discretos:** Los eventos ocurren en momentos específicos. Por ejemplo, un cliente puede llegar a una tienda en cualquier momento, pero no puede llegar en cualquier momento.
- **El tiempo es discreto:** El tiempo se divide en intervalos discretos. Por ejemplo, el tiempo puede dividirse en minutos, horas, días o semanas.
- **Los estados del sistema son discretos:** El estado de un sistema puede cambiar solo en los eventos. Por ejemplo, el estado de una máquina puede ser "encendida" o "apagada".

Modelado de sistemas discretos

Para modelar un sistema discreto con SED, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Identificar los eventos: Los primeros pasos son identificar los eventos que ocurren en el sistema.
2. Definir los estados del sistema: Los estados del sistema son las condiciones en las que puede estar el sistema en cualquier momento.
3. Definir las reglas de transición: Las reglas de transición definen cómo cambia el estado del sistema cuando ocurre un evento.
4. Generar una secuencia de eventos: Se debe generar una secuencia de eventos aleatoria que represente el comportamiento real del sistema.

Herramientas de SED

Existen una variedad de herramientas de SED disponibles. Estas herramientas pueden ayudar a los usuarios a desarrollar modelos de SED y a ejecutar simulaciones.

Aplicaciones de la SED

La SED se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo:

- Análisis de sistemas de producción: La SED se utiliza para analizar el rendimiento de sistemas de producción, como fábricas y almacenes.
- Diseño de sistemas de transporte: La SED se utiliza para diseñar sistemas de transporte, como carreteras, ferrocarriles y aeropuertos.
- Análisis de sistemas financieros: La SED se utiliza para analizar el rendimiento de sistemas financieros, como mercados de valores y fondos de pensiones.
- Diseño de juegos: La SED se utiliza para diseñar juegos, como juegos de azar y juegos de estrategia.

Recomendaciones para ampliar la información sobre SED

La información proporcionada sobre SED es insuficiente para comprender adecuadamente la técnica. Se recomienda ampliar la información en las siguientes áreas:

- Fundamentos de la SED: Se debe proporcionar una explicación más detallada de los principios básicos de la SED.
- Modelado de sistemas discretos: Se deben proporcionar más detalles sobre cómo modelar sistemas discretos con SED.
- Herramientas de SED: Se debe proporcionar una descripción de las diferentes herramientas de SED disponibles.
- Aplicaciones de la SED: Se debe proporcionar más ejemplos de aplicaciones de la SED.

Algunos temas específicos que se podrían abordar incluyen:

- Diferencias entre SED y simulación de eventos continuos: La SED y la simulación de eventos continuos son dos técnicas de simulación que se utilizan para modelar sistemas dinámicos. Se pueden comparar y contrastar las dos técnicas para comprender sus fortalezas y debilidades.
- Métodos de generación de secuencias de eventos: Hay una variedad de métodos diferentes que se pueden utilizar para generar secuencias de eventos aleatorias. Se pueden discutir los diferentes métodos y sus ventajas y desventajas.
- Evaluación de resultados de simulaciones: Es importante evaluar los resultados de las simulaciones para determinar si son realistas y precisos. Se pueden discutir diferentes métodos de evaluación de resultados de simulaciones. (Aarts, 2007)

Aplicaciones de los CDSS

Los **Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica** (CDSS) se utilizan en una amplia gama de aplicaciones clínicas, entre ellas:

- Diagnóstico: Los CDSS pueden ayudar al personal de medicina a diagnosticar enfermedades utilizando información sobre los síntomas, los antecedentes médicos y los resultados de las pruebas.

- Tratamiento: Los CDSS pueden ayudar a los médicos a asignar el tratamiento correcto a los pacientes, con mayor precisión.
- Gestión de pacientes: Los CDSS pueden ayudar al facultativo a gestionar el cuidado de los pacientes, incluyendo la programación de citas, la coordinación de la atención y la supervisión del avance del paciente.
- Gestión de recursos: Los CDSS pueden ayudar a las organizaciones de la salud a gestionar sus recursos, como el personal, el equipo y los medicamentos.
- Planificación de intervenciones de salud pública: Los CDSS pueden ayudar a las autoridades del hospital a planificar intervenciones de salud pública, como campañas de vacunación o programas de prevención.

Impacto de los CDSS

Los CDSS cuentan con la capacidad de mejorar la calidad de los servicios sanitarios, aumentar la eficiencia de los sistemas sanitarios y reducir los costes hospitalarios. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los CDSS no son una panacea. Para que sean eficaces, los CDSS deben ser utilizados de forma apropiada y deben ser integrados en los flujos de trabajo clínicos. (Hripcsak, 2001)

1.5 Conclusión

Este primer capítulo deja en evidencia la necesidad de un sistema de Apoyo a la decisión para el diseño de un plan de contingencia hospitalario para dar respuesta a emergencia por sismos, debido a la gravedad de estos eventos y la creciente frecuencia con la que se presentan en el país. Como refleja el planteamiento del problema, los sismos son eventos impredecibles e inevitables que ponen en riesgo la vida del personal y los pacientes al interior del edificio, pero, a pesar de no poder ser evitados, las acciones que se toman ante la contingencia hacen la diferencia, razón por la cual es indispensable la creación de un plan de contingencia que describa el procedimiento de acción ante un movimiento telúrico.

Basado en las fuentes consultadas se concluye que la Simulación de Eventos Discretos es la mejor herramienta para cumplir el objetivo de la tesis en este caso de estudio, debido a que permite representar de manera precisa una serie de variables sujetas a incertidumbre, que influyen en el resultado final del modelo, contribuyendo a la minimización de los tiempos de evacuación del edificio al permitir evaluar la mejor propuesta.

Capítulo 2:

2. Desarrollo de la tesis

2.1 Introducción

El Hospital General Regional (HGR) del IMSS en Orizaba es una institución dedicada a la investigación, práctica médica y la administración de los fondos para el retiro de los trabajadores del sector privado, para brindar tranquilidad y estabilidad a los trabajadores y sus familias, ante cualquier riesgo especificado en la Ley del Seguro Social. Se estima que más de la mitad de la población mexicana, tiene algo que ver con el IMSS.

El capítulo describe el desarrollo de un modelo del Hospital Regional de Orizaba por medio del uso de simulación de eventos discretos para la evaluación del modelo actual y creación de un sistema de apoyo a la decisión clínica el cual permite diseñar un plan de contingencia hospitalario para dar respuesta a una emergencia por sismos que pueda presentarse en el HGR del IMSS Orizaba y que requiera de una evacuación total de las instalaciones, este plan incluye un modelo propuesto con rutas de evacuación que reducen el tiempo de salida.

2.2 Normas mexicanas para un plan de contingencia hospitalaria

La Normativa actual vigente a la que se ajusta este proyecto de tesis, son las Normas Oficiales Mexicanas referentes a rutas de evacuación y señalamientos, las cuales son descritas a continuación:

- NOM-002-STPS-2010: la cual describe condiciones de seguridad de las rutas de evacuación, condiciones de los puntos de reunión y obligaciones de los brigadistas, entre las que se enlista el guiar a los pacientes por rutas alternas en caso de que las principales estén bloqueadas. Establece además que el plan de evacuación no debe considerar a los elevadores en su ruta de evacuación.
- Nom-003-SEGOB-2011: que hace referencia a los señalamientos de rutas de evacuación, zonas seguras, y puntos de reunión, que son indicaciones relevantes a considerar, en caso de modificarse las rutas de evacuación.

A pesar de sus aportaciones, las Normas Oficiales Mexicanas no son claras en cuanto a los criterios de evacuación en áreas críticas, en las que los pacientes tienen pocas o nulas posibilidades de recuperación. Debido a esto se recurre a otras normativas nacionales e internacionales que complementa en esta área, como son:

- Guía para la evacuación de unidades críticas en hospitales: Emitida por el Centro Virtual de Operaciones en Emergencias y Desastres, el cual es un sistema que permite la

comunicación en tiempo real entre las zonas afectadas y los directivos. Este sistema brinda su asistencia a diversos hospitales de todo el país, incluido el IMSS. En esta guía aclara que al no ser clara la normativa en estos aspectos, la mesa directiva de cada hospital puede establecer su propio reglamento interno en el que se determinen los criterios de evacuación para pacientes de áreas críticas.

- EVAC-H. Evacuación de hospitales y sus áreas críticas: Documento emitido por la Organización Panamericana de la Salud, oficina regional de la OMS. Es ella se establece la división de los derechohabientes en 5 grupos de evacuación en base a los cuales se tomará la decisión de evacuar o no evacuar, y la asistencia requerida para cada grupo.

2.3 Descripción del sistema en estudio

El Hospital General Regional del IMSS en Orizaba está conformado por dos secciones: el área de urgencias, destinada a los pacientes que requieren una atención inmediata; y el edificio, que recibe a los pacientes con una visita programada. Este último cuenta con 6 pisos cada uno destinado a un departamento de la siguiente forma:

- Sexto piso: departamentos de medicina interna hombres y medicina interna mujeres
- Quinto piso: departamentos de cirugía hombres y cirugía mujeres
- Cuarto piso: departamentos de neurocirugía y traumatología
- Tercer piso: ginecología, neonatología, pediatría, cirugía pediátrica y nutrición
- Segundo piso: aloja las oficinas del hospital
- Primer piso: consultorios
- Planta baja: quimioterapia, hemodiálisis, terapia intensiva, cirugía ambulatoria y farmacia

El edificio cuenta con una escalera central desde el último piso hasta el sótano, y dos escaleras de emergencia dispuestas a cada lado del edificio en la parte externa. Ambas tienen acceso en cada piso del hospital, el cual se encuentra normalmente bloqueado, y se abre en el momento en que se activa la alarma de emergencia. Ambas escaleras abarcan desde el piso sexto hasta la planta baja.

Por su parte el área de urgencias se compone de los departamentos de: primer contacto, terapia de choque, observación adultos, observaciones menores, imagenología, recuperación postquirúrgica, tococirugía y unidad de cuidados intensivos.

2.4 Desarrollo de modelo de simulación inicial

Con el fin de evaluar el sistema actual y comparar las alternativas de solución propuestas se construye un modelo de simulación de eventos discretos (DES) del hospital regional de Orizaba, en esta sección se presenta el desarrollo del modelo y su funcionamiento. A continuación, se describe la primera fase, la cual es el análisis inicial

2.4.1 Análisis inicial

2.4.1.1 Formulación del problema

El IMSS HGR Orizaba, tiene que responder a situaciones de emergencia para lo que requiere desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos que sea un apoyo a la decisión. El modelo planteado considera el hospital dividido en 2 secciones: a) El departamento de urgencias, y b) el edificio. A continuación, se define el alcance y las áreas piloto del modelo, es decir aquellas áreas que serán contempladas dentro del modelo.

2.4.1.2 Alcance

El manual de buenas prácticas de simulación de la empresa SIMIO recomienda que un modelo de simulación no debe de ser exageradamente detallado, sin embargo, debido a los objetivos de este proyecto, es necesario considerar las medidas y distancias reales del hospital para diseñar el modelo a escala, debido a que al evaluar la ruta óptima para responder a una emergencia es necesario considerar las distancias.

2.4.2 Simulación inicial

2.4.2.1 Áreas piloto

El modelo desarrollado considera el departamento de emergencias y los pisos del edificio, sin embargo, las habitaciones en las que los pacientes no tienen acceso no han sido modeladas, como el segundo piso del edificio que corresponde a oficinas, la cocina o el cuarto de CEYE; no obstante, su posición en el edificio y sus distancias sí han sido modeladas, en caso de que las circunstancias ameriten su adición.

Una mejor visualización de estas áreas queda expuesta en la **Figura 4**. La Figura 4a muestra una vista general de la parte frontal de hospital, en la que se ubica el departamento de Emergencias (Triage, Sala de espera, Primer contacto, Estabilización, sala de Rayos X, entre otras) y departamentos administrativos, el rectángulo rojo representa la localización actual del departamento COVID-19 infantil. Por su parte, la Figura 4b muestra un ejemplo de la estructura del edificio. Los pacientes y personal del hospital usan los elevadores para arribar al piso deseado. Posteriormente pasan el vestíbulo para finalmente dirigirse a un determinado departamento. El rectángulo rojo representa la localización actual del módulo COVID-19 Adultos. Delimitación: Para el caso de la parte frontal no se considera la unidad de cuidados intensivos, que se ubica en la parte posterior (sur) al área de estabilización. Para la parte del edificio (pisos) se contemplan cuatro pisos. El primer piso corresponde a consultorios, y el segundo piso a oficinas, por lo que se decidió mantenerlos fijos, contemplando solamente los pisos tres al seis.

2.4.2.2 Recolección y análisis de datos

Se realizan visitas y entrevistas al personal médico para recolectar información sobre medidas y distancias del edificio, así como las tasas de llegadas de pacientes, horarios y tiempos de atención en cada área.

2.4.3 Diseño del modelo conceptual

El modelo del hospital es construido en base a los planos mostrados en la **Figura 4** e información obtenida del personal médico. Consta de dos secciones: el área de urgencias, y el edificio, este último está conformado por 6 pisos. El modelo considera una ampliación realizada a la unidad de cuidados intensivos. Los segmentos del modelo pueden visualizarse en la **Figura 5**.

Por disposición del software utilizado los diferentes pisos que conforman el edificio no pueden ser superpuestos, por lo que deben ser visualizados uno frente al otro y la trayectoria recorrida por las escaleras es representada por Timepaths, que son elementos en forma de flecha que indican la trayectoria que seguirá la entidad y simulan el tiempo que toma el recorrerla. En una evacuación el ancho de los pasillos y la cantidad de personas que circulan variables que afectan al tiempo de salida, por lo que, para representar el efecto de estos factores sobre el tiempo de evacuación se utiliza la fórmula de Togawa (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1990), la cual describe:

$$TS = \frac{N}{(A \times K)} + \frac{D}{V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

N = Número de personas

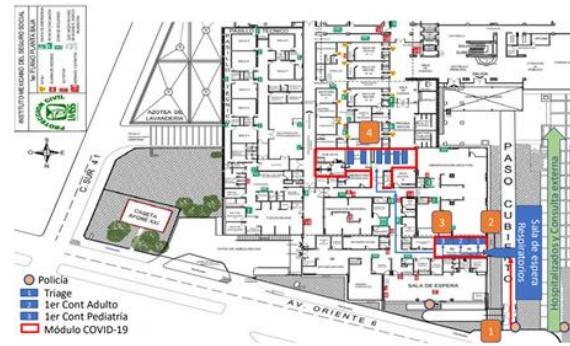
A = Ancho de la salida (m)

K = Constante experimental (1.3 personas / ms)

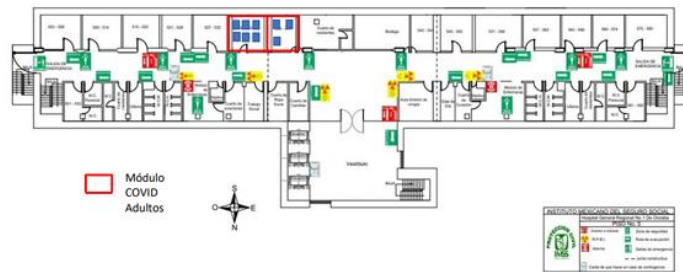
D = Distancia total (m)

V = Velocidad de desplazamiento (m/s)

Figura 4.
Vista general del IMSS HGR Orizaba.

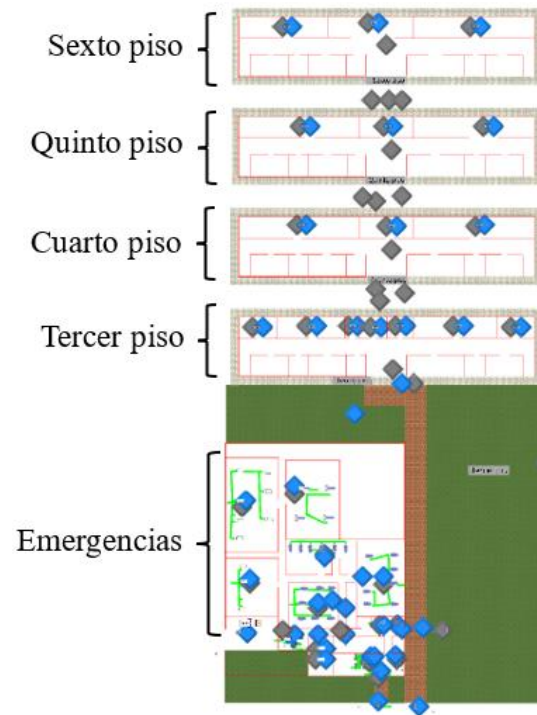


(a) Vista del departamento de emergencias.



(b) Vista del quinto piso del hospital.

Figura 5.
Vista del modelo actual del hospital en SIMIO.



Durante el proceso de recolección se identifican 2 patrones de flujo de pacientes en el IMSS HGR Orizaba, los cuales son: a) los pacientes que llegan a urgencias, b) los pacientes de admisión directa a algún departamento del edificio (omitendo el segundo piso). Para simular estos patrones de flujo, se crean 2 entidades en el modelo, cada una representará a un tipo de pacientes que ingresan al hospital. Los procesos que sigue cada tipo de paciente son descritos a continuación.

2.4.3.1 Emergencias

Los pacientes que ingresan a emergencias en primera instancia se acercan al médico de recepción quien les tomará los signos vitales y le asignará un código de color, para que su compañera de al lado les registre usando el formato de Triage y se genera una nota medica inicial del Servicio de Urgencias. Los pacientes se clasifican en modalidades A, B, o C, dependiendo del índice de gravedad, el cual oscila entre 1 y 5, en donde 1 corresponde a un índice de mayor gravedad y 5 un índice de poca gravedad. El nivel de gravedad y su código de color asignado se describen en la **Tabla 6**.

Tabla 6.

Modelo de Triage del IMSS/DDG (Jiménez et al.,2004)

Gravedad	Tipo de atención	Color	Área de atención	Tiempo de espera (min)
1	Reanimación	Rojo	Reanimación	Inmediato hasta 3
2	Emergencia	Naranja	Reanimación	Inmediato hasta 10
3	Urgencia	Amarillo	Primer contacto	Hasta 30
4	Urgencia menor	Verde	Primer contacto o medicina familiar	Hasta 120
5	Sin urgencia	Azul	Primer contacto o medicina familiar	Hasta 180

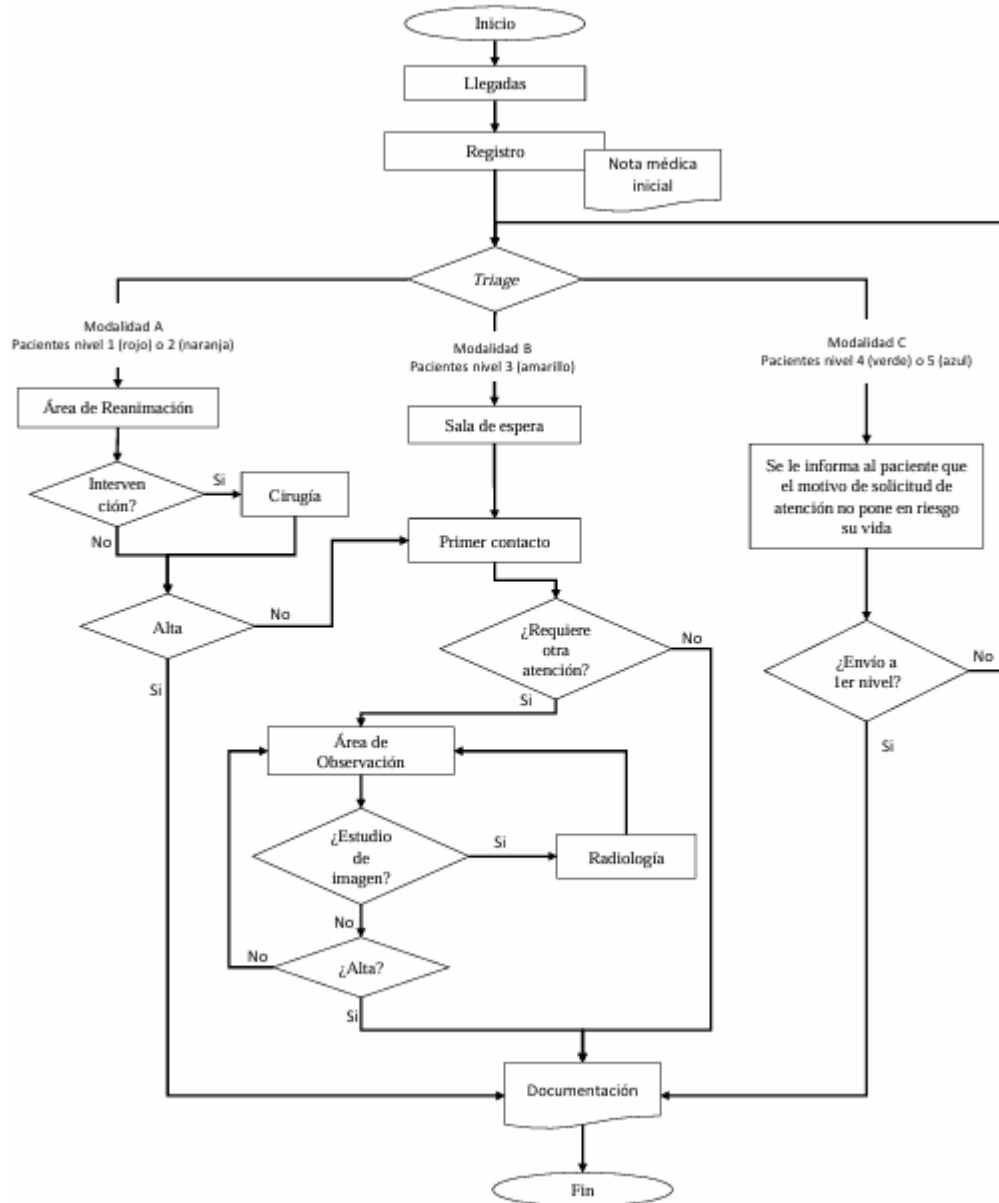
El Diagrama de flujo del sistema presentado en la **Figura 6** describe el proceso de atención que puede requerir un paciente que ingresa a urgencias dependiendo del nivel de gravedad que le fue asignado, dicho proceso termina cuando el paciente abandona el sistema.

Basado en los registros de ingresos de pacientes, se estima que el 40% de los pacientes que ingresan a urgencias salen del hospital después del triage, 50% de son dirigidos al área de primer contacto, mientras que el 8% requieren de reanimación y solo el 2% de los pacientes requieren ir al área de tococirugía. Estos porcentajes de llegada son datos importantes a

considerar para la correcta simulación del sistema, esto se logra al asignar pesos a cada trayectoria, los cuales representan la probabilidad de que el paciente siga esa trayectoria.

Figura 6.

Diagrama de flujo de posibles pathways de pacientes que ingresan a Emergencias



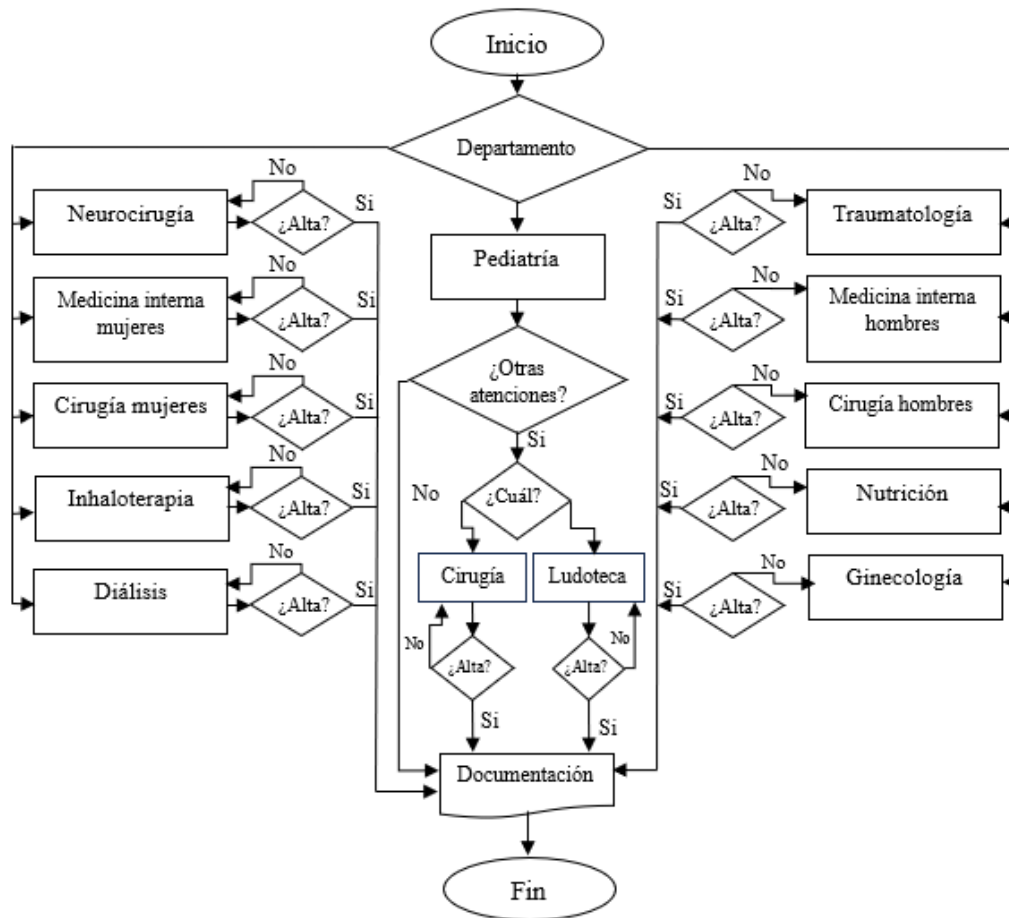
2.4.3.2 Pacientes con admisión directa

El segundo patrón de flujo identificado es el de los pacientes que tienen admisión a alguno de los departamentos clínicos o especialidades dentro del hospital, entre las que se pueden

mentar: Ginecología, Pediatría, Cirugía, Medicina interna, entre otras. La atención en estos departamentos es programada con anticipación. Los pacientes ingresan por la puerta principal del primer piso y con el uso de elevadores se trasladan al departamento de destino mismos que serán simulados por timepaths, una vez en el departamento requerido, el paciente permanecerá ahí hasta recibir el alta, una vez que el paciente es dado de alta, se dirigirá a la salida. Para el caso de los pacientes de pediatría se sabe que pueden requerir una cirugía o dirigirse a la ludoteca infantil. La **Figura 7** muestra el flujo de los pacientes de admisión directa al edificio.

Figura 7.

Diagrama de flujo de posibles pathways de pacientes que ingresan directamente al edificio.



2.4.3.3 Distribución de planta

Para el caso de la parte frontal del edificio (**Figura 4**), la distribución de planta se muestra en la **Figura 8**. Los patios y jardines del hospital se muestran en color gris. Los nombres de cada departamento y sus dimensiones (largo y ancho), se muestran en la **Tabla 7**.

Figura 8.
Plano del departamento de emergencias. El color gris representa los patios.

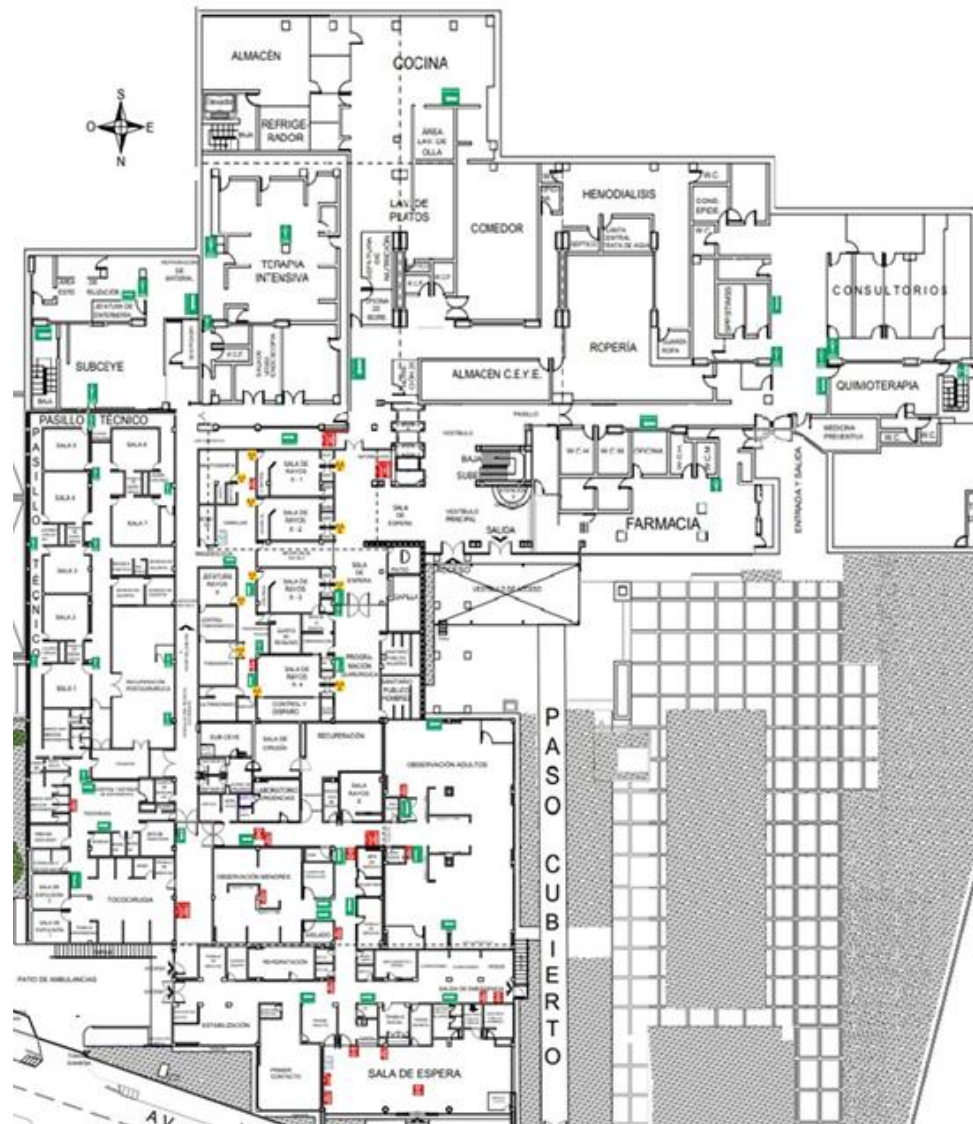


Tabla 7.
Disposición del departamento de emergencias del IMSS HGR Orizaba.

Departamentos	Largo	Ancho	Fijo
Sala de espera	21.5	8	Si
Primer contacto	7.5	12	Si
Estabilización	9	4	Si
Tococirugía	16	17.5	No
Triage	4	3.3	Si
Observación adultos	14.5	23	No
Observación infantil	15	13.7	No
Cirugía	16	28	No
Radiología	16	24	No
UCI	16.5	23.5	Si
Oficina 1	4.5	3.3	No
Oficina 2	3.3	13.7	Si
Oficina 1	4	5	Si
Oficina 2	15.3	5	Si
Zona restringida*	19.8	29.5	Si
Patio de ambulancias*	16	9.5	Si
Patio*	25	8	Si

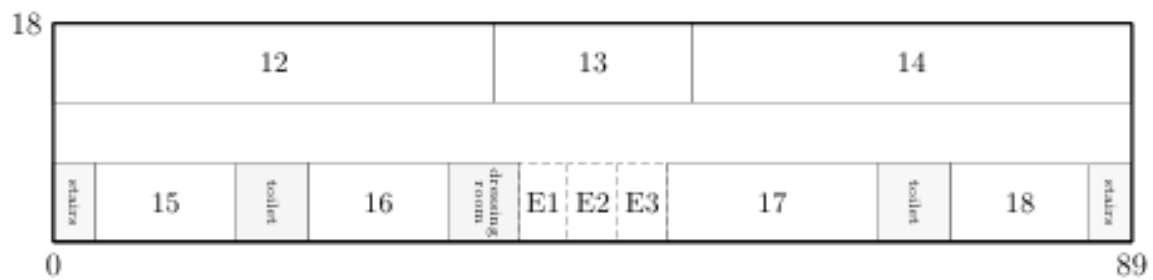
De manera similar, la **Figura 9** muestra una ilustración del plano correspondiente a los pisos de edificio en donde se muestran los departamentos fijos y movibles, así como el número de elevadores y su localización dentro de los límites del plano. Las dimensiones, coordenadas y el número de piso al que esta asignado cada especialidad se muestra en la **Tabla 8**. Nótese que las filas inferiores de cada edificio están alineadas en cada piso, es decir, no hay cambio en sus coordenadas. Sin embargo, para el caso de cuarto de residentes y enfermera y médicos, esto no significa que estos departamentos sean iguales, sino que en cada una de ellas se establece el personal adecuado para cada especialidad de cada piso. Por ejemplo, el personal asignado a 8 y 9 se encarga de atender a los pacientes alojados en 1, 2, 3 y 4. De manera similar para cada piso.

Figura 9.

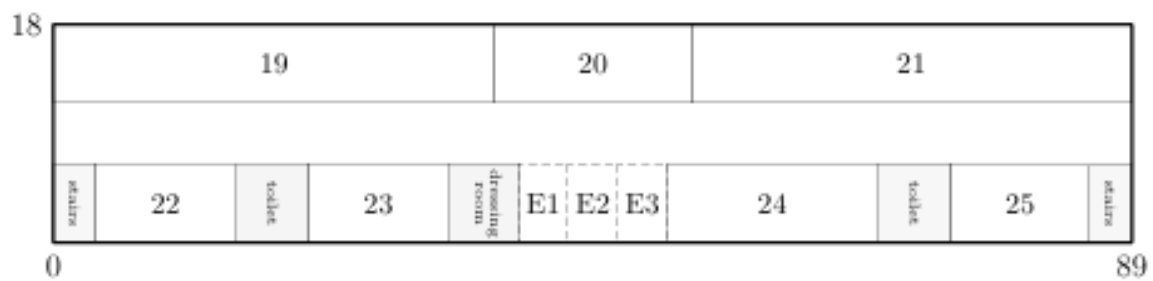
Vista general del edificio, mostrando los cuatro pisos considerados en el estudio. El punto rojo indica el acceso y salida principal.



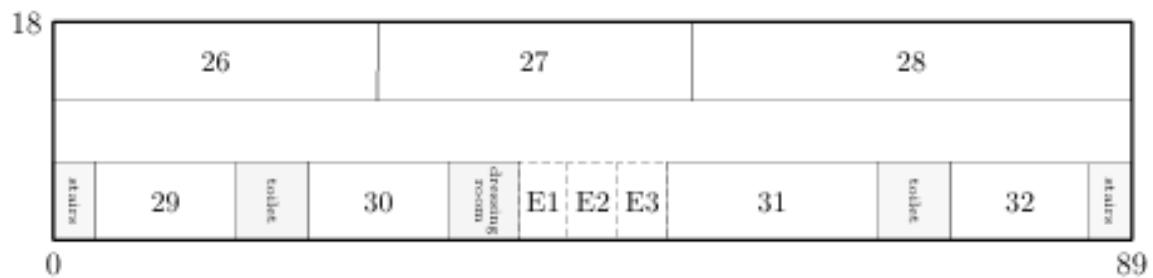
(a) Third floor.



(b) Fourth floor.



(c) Fifth floor.



(d) Sixth floor.

Tabla 8.

Disposición inicial de los pisos del hospital IMSS HGR Orizaba considerados.

No.	Departamento	Largo	Ancho	Fijos	Piso
1	Neonatología	11.5	6.5	No	1
2	Pediatría	20.6	6.5	No	1
3	Cirugía pediátrica	4.3	6.5	No	1
4	Ludoteca	8.1	6.5	No	1
5	Nutrición	8.1	6.5	No	1
6	Ginecología	24.9	6.5	No	1
7	Alojamiento conjunto	11.5	6.5	No	1
8	Cuarto residentes (left)	11.5	6.5	No	1
9	Enfermería y médicos (left)	11.5	6.5	No	1
10	Enfermería y médicos (right)	17.3	6.5	No	1
11	Cuarto residentes (right)	11.5	6.5	No	1
12	Neurocirugía	36.4	6.5	No	2
13	Diálisis	16.2	6.5	No	2
14	Traumatología	36.4	6.5	No	2
15	Cuarto residentes (left)	11.5	6.5	No	2
16	Enfermería y médicos (left)	11.5	6.5	No	2
17	Enfermería y médicos (right)	17.3	6.5	No	2
18	Cuarto residentes (right)	11.5	6.5	No	2
19	Cirugía mujeres	36.4	6.5	No	3
20	Inhalo terapia	16.2	6.5	No	3
21	Cirugía hombres	36.4	6.5	No	3
22	Cuarto residentes (left)	11.5	6.5	No	3
23	Enfermería y médicos (left)	11.5	6.5	No	3
24	Enfermería y médicos (right)	17.3	6.5	No	3
25	Cuarto residentes (right)	11.5	6.5	No	3
26	Medicina interna mujeres	26.75	6.5	No	4
28	Medicina interna hombres	36.4	6.5	No	4
29	Cuarto residentes (left)	11.5	6.5	No	4
30	Enfermería y médicos (left)	11.5	6.5	No	4
31	Enfermería y médicos (right)	17.3	6.5	No	4
32	Cuarto residentes (right)	11.5	6.5	No	4
33	Stairs (left)	3.5	6.5	Si	1, 2, 3, 4
37	Tolitet (left)	6.05	6.5	Si	1, 2, 3, 4
41	Vestidores	5.8	6.5	Si	1, 2, 3, 4
45	Toilet (right)	6.05	6.5	Si	1, 2, 3, 4
49	Stairs (right)	3.5	6.5	Si	1, 2, 3, 4

2.4.3.4 Horarios

El horario de atención del IMSS HGR Orizaba abarca las 24 horas del día los 365 días del año para el departamento de emergencias, el cual se ubica en la parte frontal del edificio y las tasas de llegada de los pacientes al sistema varían con respecto a la hora del día. Para el caso del edificio y los departamentos que hay en este, los servicios corresponden al horario de atención programada.

2.4.3.5 Distribuciones de probabilidad

Los tiempos de procesamiento de cada departamento, es decir, el tiempo que demora la atención de un paciente, están basados en distribuciones de probabilidad. Se capturo información del sistema a través del personal médico que labora en el hospital IMSS HGR Orizaba. La información fue trasformada a distribuciones de probabilidad triangular para cada tiempo de procesamiento en cada departamento, este tipo de distribución conta de tres parámetros, los cuales son el valor mínimo, valor máximo y moda.

Con base en registros del hospital correspondientes al año 2024, y un análisis basado en la experiencia del personal del IMSS HGR Orizaba se obtuvo el tiempo mínimo, moda, y tiempo máximo de atención en cada departamento/especialidad del hospital. La **Tabla 9** muestra las distribuciones de probabilidad para el tiempo de procesamiento de cada proceso en el departamento de emergencias, mientras que, la **Tabla 10** muestra las distribuciones de probabilidad de los procesos en del edificio.

Tabla 9.

Distribuciones de probabilidad para el tiempo de atención de los pacientes de cada departamento: "modelo emergencias".

Proceso	Tiempo de procesamiento (min)
Registro	Triangular (1, 3, 6)
Triage	Triangular (1, 4, 7)
Reanimación	Triangular (15, 60, 120)
Primer contacto	Triangular (12, 40, 360)
Observación adultos	Triangular (150, 220, 720)
Observación infantil	Triangular (120, 210, 720)
UCI	Triangular (50, 100, 1200)
Radiología	Triangular (20, 50, 90)
Cirugía	Triangular (30, 70, 110)
Tococirugía	Triangular (120, 190, 240)

Tabla 10.

Distribuciones de probabilidad para el tiempo de atención de los pacientes de cada departamento: "Modelo edificio".

Proceso	Tiempo de procesamiento (min)
Neonatología	Triangular (60,100,140)
Pediatría	Triangular (45,60,180)
Cirugía pediátrica	Triangular (45,180,320)
Ludoteca	Triangular (240,360,480)
Nutrición	Triangular (35,60,120)
Ginecología	Triangular (45,160,320)
Alojamiento conjunto	Triangular (1440,3600,5000)
Neurocirugía	Triangular (60,120,180)
Diálisis	Triangular (210,350,600)
Traumatología	Triangular (45,120,200)
Cirugía mujeres	Triangular (45,120,180)
Inhalo terapia	Triangular (35,60,180)
Cirugía hombres	Triangular (45,120,360)
Medicina interna mujeres	Triangular (45,150,290)
Medicina interna hombres	Triangular (45,120,260)

2.4.3.6 Construcción del modelo de simulación

El modelo actual considera los siguientes supuestos que describen las condiciones en las que se realizó el modelo:

- La llegada de cada entidad representa solamente la llegada del paciente, sin considerar acompañantes dado que es el que recibe la atención
- Para el modelo Emergencias solo se consideran dos vías de acceso: La entrada frontal principal, de acceso a emergencias y entrada lateral, para entrada de ambulancias.
- Para el caso de los edificios, los pacientes y personal ingresan por la puerta principal hacia el elevador, es decir, los flujos por escaleras no son considerados.
- Los flujos entre diferentes pisos se realizan por las escaleras. Para modelar este proceso como antes se mencionó, se utilizan timepaths en el simulador, los cuales simulan el tiempo promedio que le toma a un paciente viajar de un piso a otro por un elevador considerando también la afluencia del pasillo de acuerdo a la fórmula de Togawa.
- Los diferentes tipos de pacientes que ingresan a cada departamento son generalizados en las distribuciones de probabilidad adecuadas las cuales son determinadas al asignar peso a las trayectorias, correspondientes a la probabilidad de que el paciente siga esa ruta, para posteriormente dirigirse a un determinado departamento de acuerdo a la probabilidad asignada.

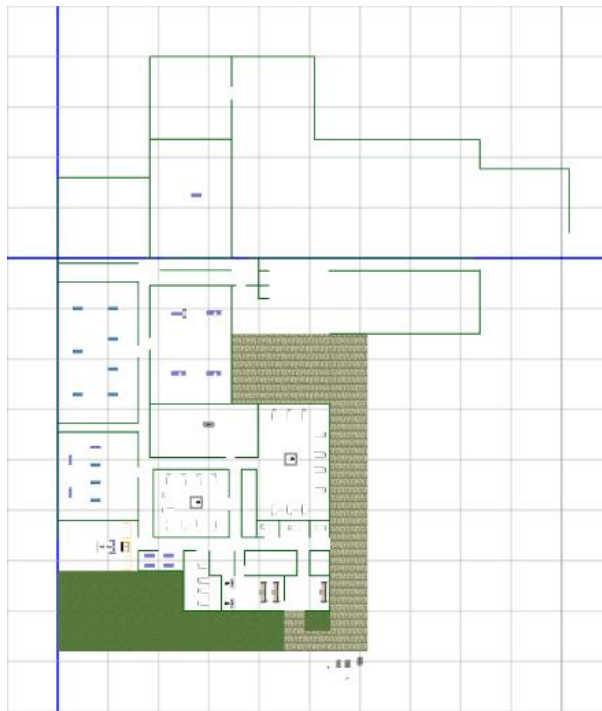
A continuación, se describe el proceso de reconstrucción del modelo de simulación, dividiéndose en dos partes, correspondientes al modelo frontal (Emergencias) y al Edificio (donde se encuentran los departamentos hospitalarios).

2.4.3.7 Modelo emergencias

Para la construcción del modelo en SIMIO®, primeramente, se diseña la estructura de distribución de planta, con las medidas establecidas en la **Tabla 7** y al plano en la **Figura 8**. Para tener una aproximación de las medidas se utiliza la herramienta grid y axes del simulador, permitiendo visualizar una cuadrícula, donde cada cuadro delimitado equivale a 1m^2 . La aplicación de esta herramienta se muestra en la **Figura 10**. Se insertan servers, los cuales son elementos del sistema que retiene a las entidades (pacientes) por un tiempo simulando el tiempo que tardan un proceso, tiene además la capacidad de elegir cual será la siguiente entidad en ser procesada según las reglas que se le asignen. A cada proceso se le asigna un server y se ajustan sus distribuciones de probabilidad de acuerdo a la **Tabla 9**.

Figura 10.

Vista del plano de la parte frontal del edificio en SIMIO.



Posteriormente, los pacientes siguen una ruta dentro del hospital, según lo descrito en el diagrama de flujo de la **Figura 6**. Una descripción detallada, con enfoque en mostrar la construcción en el simulador, se presenta a continuación.

1. Acceso

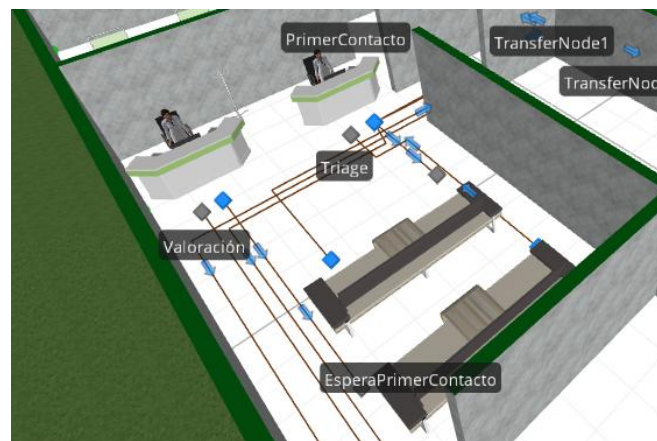
- Los pacientes arriban al servicio de urgencias por la puerta frontal principal. Se representa con un Source. Previo a salir del Source el modelo le asigna a cada paciente un código que representa la gravedad con la que ingresa a emergencias.
- Idealmente el paciente ingresa y se dirige al médico que le tomará los signos vitales, y le asignará un código de color y su nota medica inicial del Servicio de Urgencias.

2. Sala de espera (antes triage)

- Lo ideal es que los pacientes se dirijan inmediatamente al personal médico que le tomará los signos, Sin embargo; si un paciente está siendo evaluado, el paciente inmediato posterior debe esperar en la sala de espera. Esta sala de espera es un server con Initial Capacity: Infinity y un Processing Time: 0 minutos
- Las conexiones entre servers se realizan con paths, los cuales son líneas que describen la trayectoria que recorrerá el paciente, esto para que sea equivalente al plano construido en el simulador. La **Figura 11** muestra la sala de espera en el simulador

Figura 11.

Vista de la sala de espera en SIMIO.



3. Triage

- Tras ser evaluados los pacientes se dirigen al personal de triage que se encuentra al lado de la toma de signos vitales, se les registra y clasifica en según el código de color que fue asignado por el médico, que ya ha sido descrito en la **Tabla 6**. El servicio de triage es modelado con un Server en el simulador.
- Para elegir el pathway de los pacientes después de su evaluación en triage se utiliza un TransferNode nombrado Output@Triage, estos TNode's pueden determinar el sendero que debe de seguir el paciente según el código que le fue asignado al salir del Source seleccionando By link weight en la opción de routing logyc, simulando así las llegadas a cada departamento (**Figura 12**).

- Los pacientes con código rojo o naranja siguen a la actividad 4, los pacientes código amarillo a la actividad 8, y los pacientes con código verde o azul sigue a la actividad 16. Por su parte, pacientes al departamento de tococirugía siguen a la actividad 15.

Pacientes con código rojo o naranja

4. Área de reanimación
 - Los pacientes pasan al área de reanimación, el cual se modela con un server (**Figura 13**).
5. ¿Requiere intervención?
 - Si, continúe a la actividad 6
 - No, continúe a actividad 7.

Figura 12.

Vista del área de triage en SIMIO.



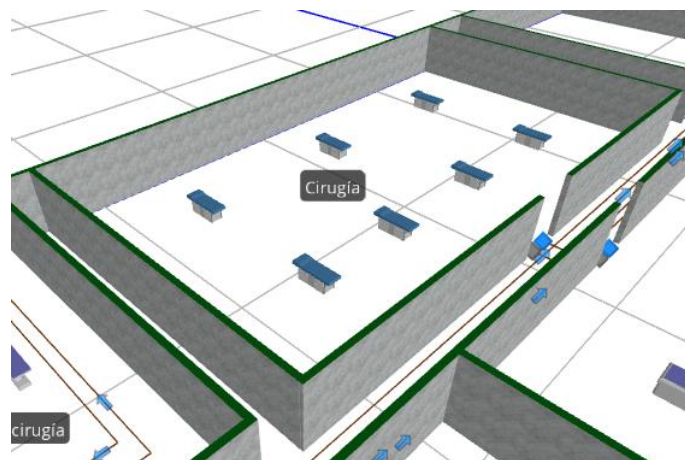
Figura 13.
Vista del área de reanimación en SIMIO.



6. Cirugía

- El paciente ingresa al área de cirugía. Se cuenta con siete salas de cirugía (Figura 14)

Figura 14.
Vista del área de cirugía en SIMIO.



7. ¿Tiene alguna complicación?

- Sí, continúe a la actividad 8.
- No, continúe a la actividad 9.

8. Unidad de cuidados intensivos

- Los pacientes son transportados a la unidad de cuidados intensivos. Se tienen 10 camillas simuladas con un server en el simulador. Continúe a actividad 10

9. Edificio

- El paciente es enviado al edificio, donde permanecerá hasta que se le dé el alta.

10. ¿Alta al paciente?

- Si, continúe a la actividad 22.
- No, continúe a actividad 12.

Pacientes con código amarillo

11. Sala de espera (después triage)

- Lo ideal es que los pacientes pasen directo a Primer contacto, sin embargo; si los consultorios en Primer contacto no están disponibles, el paciente deberá permanecer en la sala de espera. Posteriormente los pacientes siguen la actividad 12.

12. Primer contacto

- Los pacientes ingresan a Primer contacto. Se tienen cuatro camillas modeladas con un server en el simulador (**Figura 15**).

Figura 15.

Vista del área de primer contacto en SIMIO.



13. ¿Necesita otra atención?

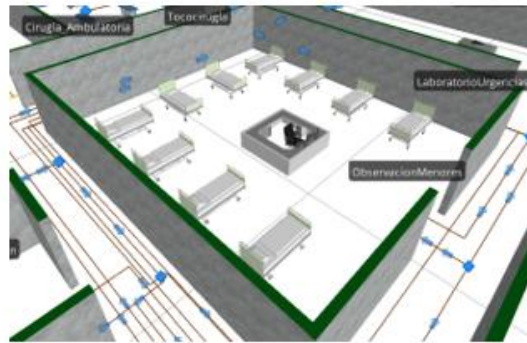
- Si, continúe a actividad 14.
- No, continúe a actividad 22.

14. Observación

- El paciente pasa al área de Observación. Existen dos áreas de Observación, esto es, para Observación infantil y Observación adultos (**Figura 16**).

Figura 16.

Vista del área de observación en SIMIO.



a) Infantil



b) Adultos

15. ¿Requiere estudio de imagen?

- Si, continúe a actividad 16.
- No, continúe a actividad 17.

16. Radiología

- Los pacientes pasan a radiología para estudio de imagen. Se cuenta con 4 salas de rayos X.
- Posteriormente regresan al área de observación (regrese a actividad 14).

Figura 17.

Vista del área de radiografía en SIMIO.



17. ¿Alta al paciente?

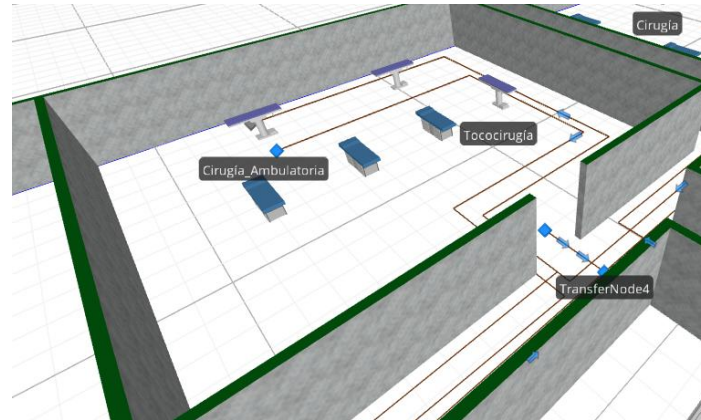
- Si, continúe a actividad 22.
- No, regrese a actividad 14.- Pacientes Tococirugía

18. Tococirugía

- Los pacientes ingresan al área de tococirugía (**Figura 18**).
- Posteriormente continua a actividad 22.

Figura 18.

Vista del área de tococirugía en SIMIO.



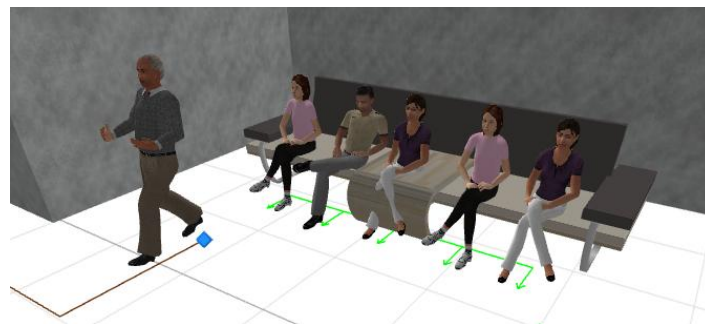
Pacientes con código verde o azul

19. Sala de espera (Para código azul y verde)

- El paciente es llevado a la sala de espera para atención a códigos azul y verde (**Figura 19**). Posteriormente ingresará al consultorio para código verde.

Figura 19.

Vista aérea de sala de espera código verde.

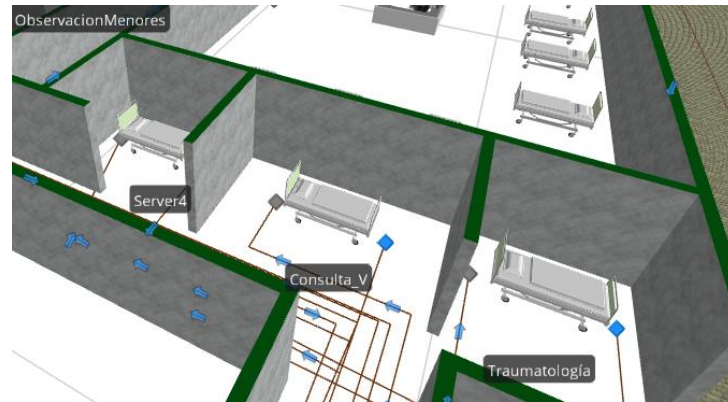


20. Consultorio (para código verde)

- El paciente ingresa a alguno de los consultorios disponibles (**Figura 20**). Se cuentan con 3 consultorios de atención, los cuales son simulados con servers

Figura 20.

Vista aérea de consultorios código verde.



21. ¿Requiere otra atención?

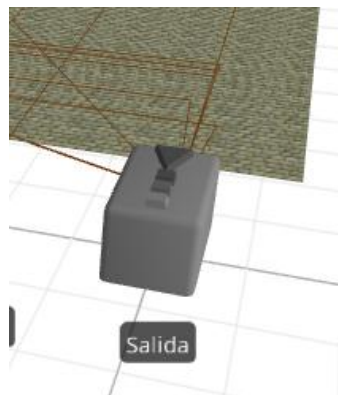
- Sí, Regrese a la actividad 12
- No, continúe a la actividad 22

22. Salida

- Los pacientes salen del sistema.
- La salida se modela con un sink en el simulador (**Figura 21**)

Figura 21.

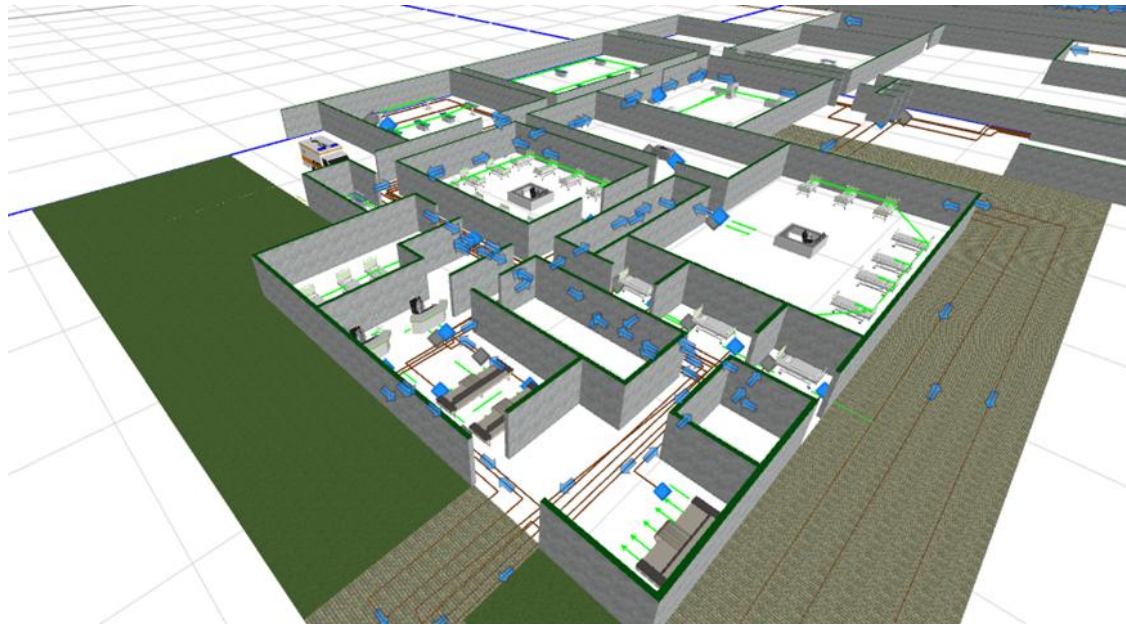
Vista de la salida en SIMIO.



La **Figura 22** muestra la vista aérea del área de emergencias del hospital general del IMSS

Figura 22.

Vista del departamento de emergencia en SIMIO.

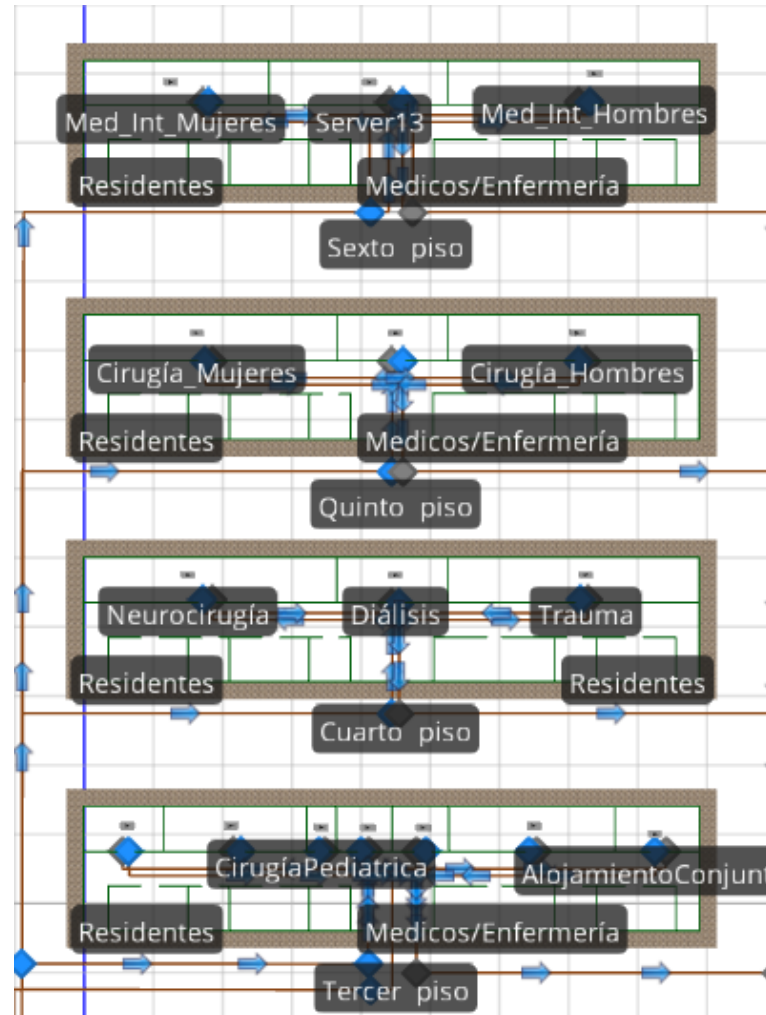


2.4.3.8 Modelo edificios

A continuación, se explica el proceso de elaboración del modelo de simulación correspondiente a los cuatro pisos que contempla este estudio. Para ello, se construye el plano dentro del entorno del simulador SIMIO®. La **Figura 23** muestra la construcción del plano del modelo Edificios en el simulador. En esta podemos observar el tercer piso del edificio, en donde, después del arribo de los pacientes, estos son enviados a cada departamento/atención mediante el TransferPiso, que envía a los pacientes de acuerdo a una probabilidad asignada, esto se logra asignando un peso a cada path que el paciente puede tomar y seleccionando By link weight en la lógica del Tnode. Posteriormente los pacientes viajan a cada piso mediante timepaths, estos modelan el tiempo que le toma a un paciente llegar a determinado piso. Por ejemplo, el tiempo que le toma a un paciente en ir del piso 3 al piso 6 es mayor al tiempo de ir del 3 al 4 o al 5 piso. Finalmente, cada timepath es asignado a un BasicNode que conecta cada pahtway al departamento/atención de destino (**Figura 22**), en donde los tiempos de procesamiento de cada server corresponden a distribuciones de probabilidad de acuerdo a la **Tabla 10**

Existe interacción entre ambos modelos. Los pacientes que arriban a Tococirugía del modelo Emergencias, en el que un porcentaje de estos es enviado a Neonatología o alojamiento conjunto del tercer piso del modelo Edificio. Del mismo modo, un paciente en observación o salido del quirófano que requiere más atención es enviado al Edificio, únicamente a través del elevador 2.

Figura 23.
Vista de los pisos del edificio en SIMIO.



2.5 Evaluación del modelo

Es necesario demostrar que el modelo construido es una representación del sistema real. Para ello, se presenta el proceso de verificación y validación como sigue.

2.5.1 Verificación

La verificación del modelo consiste en determinar que el programa construido sea una representación del sistema real. Para esto se presenta el modelo conceptual a los expertos, es decir el personal médico del hospital y posteriormente también el funcionamiento del modelo para recibir su confirmación de que el modelo se comporta como el sistema real.

2.5.2 Validación

Para comprobar que el modelo es válido, es decir, que representa correctamente al sistema real, debe de realizarse la validación, la cual consiste en la comparación por pares de las salidas del modelo de simulación contra los valores del sistema real. Para esta validación se utilizaron tres métricas: a) el número de unidades creadas (NU-C), es decir, el número de pacientes que ingresan a urgencias durante un día; y b) Tiempo promedio en el sistema (TP-S), es decir el promedio de tiempo que permanece un paciente de urgencias en el hospital; y El tiempo de evacuación del edificio (T-EV). A continuación, la tabla muestra los valores reales (real) y los resultados de 10 corridas en el simulador (sim) para cada métrica.

Tabla 11.

Salidas del sistema real y del modelo de simulación.

Corrida	NU-C		TP-S		T-EV	
	Real	Sim	Real	Sim	Real	Sim
1	109	144	5.90	5.87	14.6	13.11
2	184	158	5.87	5.58	19.2	13.54
3	142	129	6.34	6.8	12.2	16.58
4	152	160	6.34	6.12	16.1	16.10
5	127	169	6.49	6.25	13.1	14.05
6	136	153	6.12	6.94	16.3	15.08
7	189	165	5.06	8.04	16.4	12.79
8	172	154	5.98	6.47	11.3	12.03
9	172	157	6.59	6.41	13	14.61
10	188	165	5.93	5.82	10.3	17.01

Posteriormente para realizar la prueba t-pareada se construye un intervalo de confianza del 90% utilizando las siguientes formulas:

$$\bar{z} \pm t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\hat{Var}(\bar{z}_n)}$$

En donde:

$$\bar{z}_n = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}$$

y

$$\hat{Var}(\bar{z}_n) = \frac{\sum_{i=1}^n [z_i - \bar{z}_n]^2}{n(n-1)}$$

En base a los intervalos obtenidos que se muestran en la **Tabla 12** se puede concluir que no existe evidencia significativa que demuestre que las medias son estadísticamente diferentes, con un nivel de confianza del 90% para cada métrica utilizada. Por tanto, se concluye que el modelo de simulación ofrece una representación válida del sistema real que puede utilizarse para evaluar diferentes escenarios y cambios en el modelo y el sistema.

Tabla 12.

Resultados de la prueba t-pareada.

Métrica	Departamento	Intervalo	Conclusión
Entidades creadas	Urgencias	(-13.03, 16.43)	El modelo es válido
Tiempo en sistema	Urgencias	(-0.94, 0.20)	El modelo es válido
Tiempo de evacuación	Piso 1 y PB	(-134.98, 134.50)	El modelo es válido

2.6 Conclusiones

En este capítulo se describe el desarrollo del sistema de apoyo a las decisiones basado en simulación de eventos discretos, para lo cual se construyó un modelo de simulación que representa al sistema actual, y otro que represente el sistema propuesto. Todas las variables inciertas del modelo fueron alimentadas con datos históricos del hospital, obtenidas de la Plataforma de Hospitalización del Ecosistema Digital en Salud (PHEDS), la información fue proporcionada por el doctor Carlos.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos por la prueba t-pareada, se concluye que el modelo de simulación es un modelo válido, que representa correctamente al sistema real del hospital IMSS en una contingencia hospitalaria ocasionada por sismos con un nivel de confianza del 90%. Esta prueba se realizó en base a datos históricos del hospital tomando como parámetros de comparación: las llegadas de pacientes al hospital, es decir el número de pacientes que arriban al hospital diariamente; el tiempo promedio que pasan en el sistema, que hace referencia a cuánto tiempo dura la atención de un paciente que ingresa al hospital en promedio y el tiempo de evacuación una vez que se presenta la evacuación, representa el tiempo que le toma al paciente para salir del edificio. En los tres parámetros el modelo ha demostrado ser un modelo válido.

Es importante aclarar que los tiempos de evacuación fueron validados con respecto a los datos históricos de actas de simulacros, y que no está permitido realizar simulacros de evacuación total, debido a que pondría en riesgo la vida de los pacientes. A pesar de ello el modelo continúa siendo confiable al complementar los datos históricos con fórmulas matemáticas que han demostrado su utilidad, como la fórmula de K. Togawa (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 1990) que estima el tiempo de evacuación en pasillos que ha sido ampliamente utilizada en el diseño de planes de evacuación de edificios en sismos.

Capítulo 3:

3. Resultados

3.1 Introducción

El análisis de resultados es la fase de la investigación en la que se interpretan los datos recopilados y se les da sentido, a través de esa interpretación se puede entender el comportamiento del sistema permitiendo elaborar conclusiones que orienten el proceso de decisión.

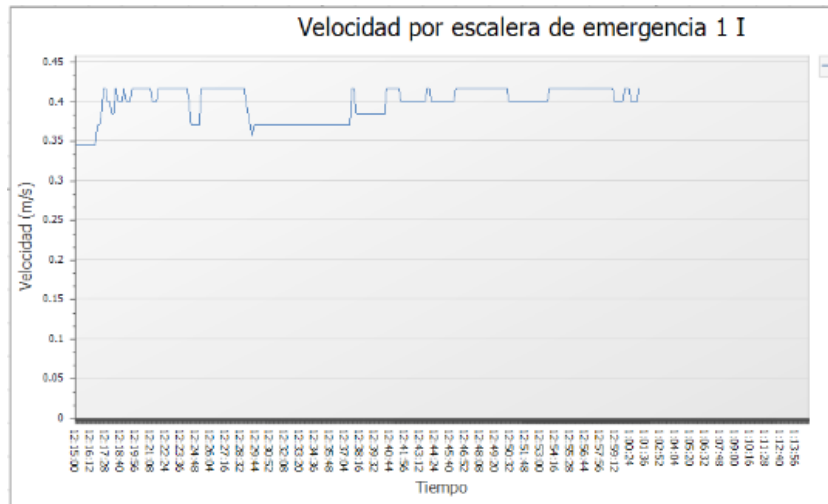
Este tercer capítulo comprende al análisis de los resultados obtenidos tanto del modelo actual del plan de contingencia y rutas de evacuación, como del modelo propuesto. Describe los indicadores de desempeño (KPI's) a comparar entre ambos modelos, los hallazgos hechos al interpretar los datos y las conclusiones a las que se llegó tras el análisis. Esto con el propósito de identificar la mejor alternativa para el plan de contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos.

3.2 Resultados del modelo actual

Para comparar cada modelo de ruta se deben evaluar los indicadores de desempeño correctos, entre los que podemos considerar: la velocidad en las rutas, la cual hace referencia a la velocidad a la que un paciente puede viajar a través de ella, esta se ve afectada, no solo por la condición del paciente, sino también por el ancho del pasillo y por la cantidad de personas que lo transitan a la vez; su afluencia, que se refiere a la cantidad de personas que utilizan esa ruta, lo que nos permite identificar si alguna ruta está siendo poco aprovechada en comparación a otras y el tiempo final de evacuación, el cual es el indicador que el proyecto busca mejorar, y hace referencia al tiempo que le toma al último paciente para salir del edificio hacia un punto de reunión. Con el fin de realizar el análisis de estos indicadores, se han graficado las velocidades en escaleras de cada piso, que ilustran el comportamiento de la velocidad, como el que se expone en la **Figura 24**. Los gráficos considerados para este estudio son numerosos, por lo que se han dispuesto en los anexos, para mayor información.

Figura 24.

Velocidad de desplazamiento por escalera externa izquierda en el piso 1.



Dado lo anterior, para facilitar su comprensión, se han concentrado la información de las gráficas de velocidades de cada ruta de evacuación en la **Tabla 13**, con el fin de identificar cuellos de botella y elaborar una propuesta de mejora.

Tabla 13.

Velocidades en escaleras de evacuación.

Piso	Externa izquierda			Central			Externa derecha		
	Min	Prom.	Max	Min	Prom.	Max	Min	Prom.	Max
6	0.383	0.402	0.416	0.086	0.116	0.29	0.383	0.405	0.416
5	0.355	0.399	0.416	0.34	0.375	0.39	0.358	0.401	0.416
4	0.345	0.398	0.416	0.35	0.376	0.39	0.357	0.397	0.416
3	0.355	0.385	0.416	0.35	0.378	0.39	0.323	0.393	0.416
2	0.358	0.400	0.416	0.35	0.378	0.39	0.343	0.393	0.416
1	0.345	0.400	0.416	0.325	0.377	0.39	0.355	0.400	0.416
Promedios		0.397			0.333			0.398	

La tabla anterior muestra la velocidad mínima, máxima y promedio de cada escalera, donde se observa cómo la velocidad promedio en las escaleras externas disminuye al aproximarse al tercer piso, revelando un cuello de botella presente en este piso. En dicho piso las velocidades promedio de sus escaleras externas son las menores; 0.385 m/s en la izquierda y 0.393 m/s en la derecha. Al mismo tiempo, en las escaleras centrales se observan las velocidades promedio más bajas en los pisos superiores, llegando a 0.116 m/s en el sexto piso. La explicación a este comportamiento es dada por los grupos de evacuación determinados por la OMS, y su distribución en cada piso del hospital.

La OMS clasifica a los pacientes en 5 grupos basándose en su dificultad de evacuación: el primer grupo, comprende a los pacientes que pueden salir por sí mismos; el segundo grupo, consta de aquellos que requieren apoyo para caminar; el tercer grupo, aquellos que requieren apoyo respiratorio menor; cuarto grupo, engloba a aquellos pacientes que requieren un apoyo respiratorio mayor o equipo de diálisis, por lo que se debe tomar a consideración para evacuar o no; finalmente el quinto grupo comprende a aquellos pacientes que, por su baja probabilidad de recuperación no se deben de evacuar.

Al separar a los pacientes en dichos grupos de acuerdo con el diagnóstico descrito en su nota de alta, y el registro diario, podemos discernir los pisos con mayor concentración de cada grupo de evacuación. Al agrupar los datos por grupo y por piso obtenemos la **Tabla 14**.

Tabla 14.

Concentración de grupos de evacuación en cada piso.

Piso	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
PB	14%	25%	9%	35%	13%
3	9%	13%	36%	4%	1%
4	14%	42%	7%	6%	10%
5	20%	6%	23%	7%	21%
6	43%	14%	26%	47%	55%

De esta tabla se entiende que en los pisos 4, 5 y 6 existe una mayor concentración de pacientes de los grupos 4 y 5, es decir, de aquellos que, de acuerdo a las normas de la OMS, se recomiendan no evacuar debido a su baja posibilidad de recuperación y la dificultad de su evacuación. En conjunto estos pisos alojan el 86% de pacientes del grupo 5 y el 60% de pacientes del grupo 4. Existe también una alta concentración de pacientes del grupo 1; es decir, aquellos que pueden salir por su propio pie, o con ayuda mínima, de hasta el 77% concentrado en conjunto en los 3 pisos superiores.

Por otro lado, el piso 3 presenta la mayor concentración de derechohabientes del grupo 3; es decir, aquellos que requieren apoyo respiratorio bajo, no invasivo; y/o dosis bajas de aminos vasoactivos, lo que implica una asistencia mayor para su evacuación. Ejemplos de estos son: pacientes con estado asmático, insuficiencia respiratoria aguda, neumonía, taquipnea, o trombosis, entre otras. Adicionalmente, este piso aloja los departamentos de neonatología y ginecología.

Estas condiciones conjuntas crean un cuello de botella en el tercer piso que ralentiza la evacuación del edificio, impidiendo el paso de pacientes del sexto, quinto y cuarto piso que, bien podrían salir por su propio pie. Dicho efecto se ve reflejado tanto en la velocidad de los pasillos, como en el tiempo de evacuación del edificio presentados en la **Tabla 15**.

Tabla 15.

Tiempos de evacuación de cada piso con el plan actual.

Piso	Tiempo de evacuación
Piso 6	47 min
Piso 5	55 min
Piso 4	01 hr, 02 min
Piso 3	39 min
Piso 2	39 min
Piso 1	33 min
PB	33 min

En la anterior tabla, se describe el tiempo que le toma al último paciente de cada piso para salir del edificio, siendo el 4 piso el que toma más tiempo en ser evacuado, con un tiempo final de 1 hora con 2 minutos. Los pisos superiores son obstruidos en su evacuación por los cuellos de botella ya abordados por lo que en ellos se observan tiempos mayores para salir del edificio.

Finalmente, el último indicador analizado es la afluencia de cada ruta de evacuación. La información ha sido condensada en la **Tabla 16**, la cual evidencia que, en un modelo en el que los pacientes eligen deliberadamente la ruta de evacuación más cercana, la escalera central será la ruta más concurrida, mientras que las escaleras externas presentarán una diferencia notable en su afluencia. Esto define el problema a solucionar, y la línea para solucionarlo.

Tabla 16.

Afluencia de cada escalera por piso.

Piso	Número de personas		
	Ext. izquierda	Central	Ext. Derecha
6	19	57	23
5	27	52	29
4	21	55	15
3	21	49	20
2	9	26	12
1	42	79	39
Total	139	318	138

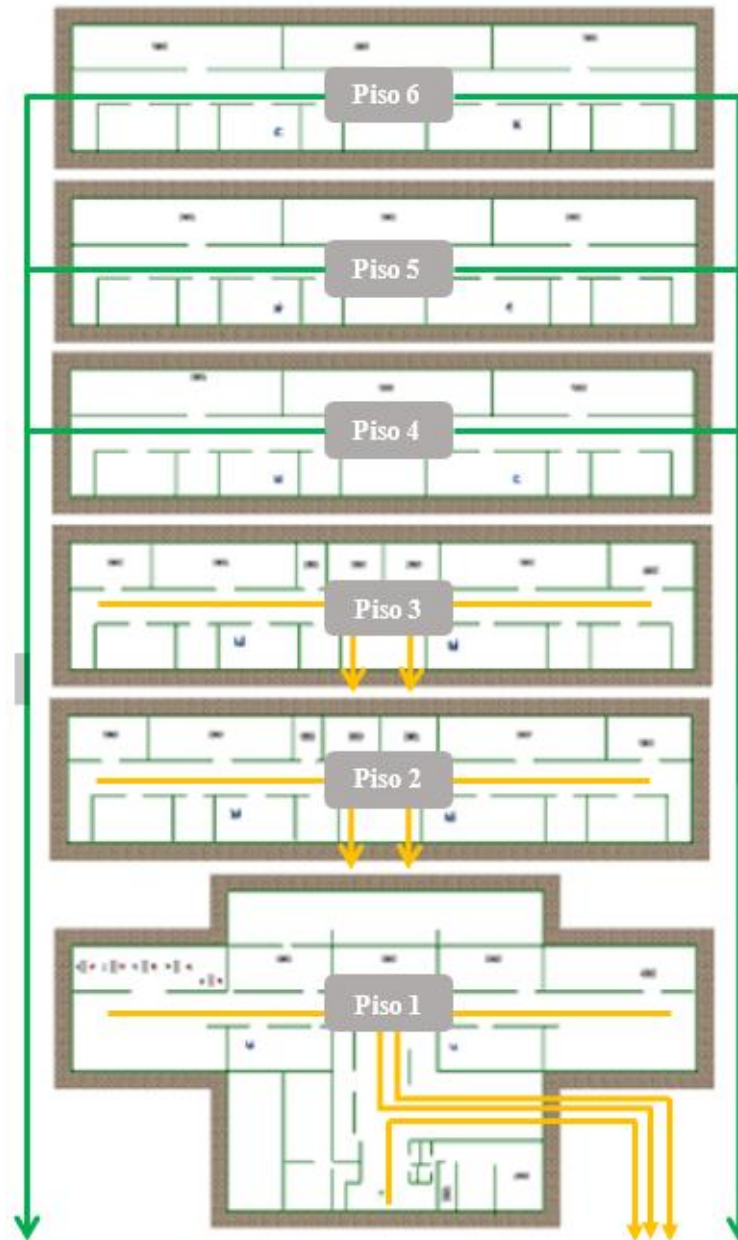
La tabla refleja la gran afluencia de las escaleras centrales, de alrededor de 318 personas circulando, en comparación de la afluencia de las escaleras de emergencia, con 139 derechohabientes en el lado izquierdo y 138 en el derecho, lo cual comprueba la paradoja de Braess [13] que ocurre cuando existe una vía más corta, opuestamente a lo esperado, esta ralentiza el flujo al recibir una mayor concentración de personas que la transiten. La solución a este problema consiste en la distribución de los derechohabientes por las diferentes vías alternas de una forma más uniforme.

3.3 Resultados de la propuesta de mejora

En vista de la problemática a solucionar, y la línea a seguir para su resolución, la propuesta planteada consiste en guiar a los 3 primeros pisos del hospital hacia la salida, a través de las escaleras principales, evitando pasar por las escaleras de emergencia; con el objetivo de mantener esta ruta despejada para la evacuación de los pisos sexto, quinto y cuarto como lo indica el croquis de la **Figura 25**, donde las flechas verdes indican la ruta de evacuación a seguir por los pacientes del piso 6, 5 y 4, mientras que las flechas amarillas; la ruta a seguir por los derechohabientes de los pisos 3, 2 y 1. De acuerdo con la paradoja de Braess, “en una red de tránsito muy concurrida, la adición de un atajo, contrario a lo que se espera, puede incrementar el tiempo de viaje, debido a que la mayoría de los usuarios elegirá la vía más corta, haciendo el flujo se ralentice, debido al incremento repentino de la afluencia. Para solucionar el problema se deben de eliminar estas rutas logrando una mejor distribución del flujo de personas” (Muñagorri Alcalá, 2024).

Figura 25.

Rutas propuestas de evacuación para cada piso.



El primer paso es identificar en donde iniciar la división de rutas. Al observar las condiciones descritas, menores velocidades al aproximarse al piso 3, una mayor concentración de pacientes del tercer grupo de evacuación, y un cuello de botella localizado en este piso, tenemos que, el mejor piso para hacer la separación de la ruta es en el piso 3. En base a esto se realizan los cambios en el modelo, dirigiendo a las personas ubicadas en los pisos 6, 5 y 4 hacia el punto de reunión más cercano a través de las escaleras laterales, y a los derechohabientes de los pisos inferiores, hacia la salida por la escalera central. Los resultados obtenidos se analizan a continuación:

Diagramas de velocidad: los diagramas de velocidad de la propuesta registran velocidades superiores en las escaleras laterales, dado que se ha eliminado el cuello de botella; mientras que en la escalera central de los pisos 6, 5 y 4 no se registran cambios, dado que no circula gente a través de ellos; por otra parte, en la escalera central de los pisos inferiores se obtienen velocidades más bajas, debido a que ahora hay una mayor afluencia en esta ruta.

Tabla 17.

Velocidades en escaleras de evacuación con plan propuesto.

Piso	Externa izquierda			Central			Externa derecha		
	Min	Prom.	Max	Min	Prom.	Max	Min	Prom.	Max
6	0.355	0.405	0.416	0.0	0.0	0.0	0.383	0.400	0.416
5	0.355	0.408	0.416	0.0	0.0	0.0	0.313	0.399	0.416
4	0.353	0.410	0.416	0.0	0.0	0.0	0.313	0.399	0.416
3	0.369	0.410	0.416	0.37	0.38	0.39	0.323	0.400	0.416
2	0.369	0.406	0.416	0.37	0.38	0.39	0.324	0.400	0.416
1	0.368	0.406	0.416	0.33	0.373	0.39	0.384	0.409	0.416
Promedio		0.407			0.377			0.401	

Tiempos de evacuación: Tras implementar las modificaciones propuestas en el modelo de evacuación, los resultados han mejorado. Las mejoras se observan tanto en la velocidad de cada escalera por piso, como en el tiempo final de evacuación. La **Tabla 18** registra los tiempos que le toma a cada piso evacuar a su último paciente.

Tabla 18.

Tiempos de evacuación de cada piso con plan propuesto.

Piso	Tiempo de evacuación
Piso 6	45 min
Piso 5	49 min
Piso 4	11 min
Piso 3	48 min
Piso 2	48 min
Piso 1	35 min
PB	35 min

Como muestra la tabla anterior, los tiempos de evacuación se ha reducido en 13 minutos, siendo el quinto piso el último en ser evacuado en su totalidad en un tiempo de 49 minutos, en comparación al modelo anterior, en el que el edificio se evacuó en un tiempo de 1 hora con 2 minutos.

Afluencia en escaleras: Finalmente, el último indicador de desempeño es la afluencia de cada escalera, la cual queda registrada en la **Tabla 19**.

Tabla 19.

Afluencia en cada escalera por piso con la propuesta de mejora.

Piso	Número de personas		
	Ext. izquierda	Central	Ext. Derecha
6	48	0	51
5	55	0	53
4	43	0	48
3	0	90	0
2	0	47	0
1	0	160	0
Total	146	297	152

En ella se puede observar una mejor distribución de la población del hospital en sus diferentes rutas de evacuación, eliminando el cuello de botella identificado en el piso tres, y reduciendo así los tiempos de evacuación del edificio, un factor crucial en las evacuaciones de emergencia.

3.4 Conclusiones

Después de realizarse el análisis de resultados, considerando los KPI's de velocidad de desplazamiento, tiempos de evacuación y afluencia en escaleras, se identificó un cuello de botella ubicado en el tercer piso del edificio, que se originaba por el bloqueo de las rutas de emergencia por pacientes que requieren de mayor apoyo para la evacuación y una distribución irregular de los derechohabientes por las diferentes rutas disponibles, lo que ocasionaba el retraso en los tiempos de evacuación de edificio al congestionarse las vías de escape.

Se comprobó que, la alternativa propuesta brinda la mejor ruta de evacuación, debido a que, al guiar a los pacientes del tercer, segundo y primer piso a través de la escalera principal, dejando libres las escaleras de emergencia para el tránsito de los pacientes del sexto, quinto y cuarto pisos, se eliminan los cuellos de botella en los pasillos, mejorando así la velocidad del flujo de personas y reduciendo así el tiempo de evacuación total, un factor crucial ante una emergencia. Si bien las gráficas de velocidad, muestran una disminución en la velocidad de desplazamiento en los primeros pisos, esto se compensa con el incremento de velocidad en la evacuación de los pisos superiores, logrando una evacuación total en un tiempo 13 minutos menor que el modelo de evacuación actual.

En base a los resultados observados se concluye que, a través de las herramientas de simulación de eventos discretos es posible analizar una gran cantidad de información, con múltiples variables para identificar rutas óptimas, cuellos de botella, factores de decisión que permitan llegar a una propuesta de solución, representando una herramienta sumamente útil en la creación de un plan de



evacuación. Por tanto, se acepta la hipótesis de la presente tesis, que afirma que un sistema de apoyo a las decisiones clínicas basado en simulación de eventos discretos, mejora la capacidad de respuesta de las instituciones de la salud ante una contingencia hospitalaria por causa de sismo al permitir evaluar escenarios críticos y con la correcta selección de indicadores de desempeño, elegir la mejor propuesta para la creación de un Plan de Contingencia hospitalario.

4. Conclusiones Generales

Los sismos son eventos de naturaleza repentina e inadvertida, originados por movimientos de las placas tectónicas de la tierra, estos ponen en riesgo la vida de cientos o miles de personas a la vez, de manera súbita al dañar estructuralmente edificios y viviendas. Todo edificio está en riesgo de sufrir daños a causa de un sismo y los hospitales no son la excepción. En Orizaba el sismo de 1985 subrayó la necesidad de contar con un plan de contingencia hospitalario que defina el procedimiento de acción para dar respuesta a una emergencia por sismo, garantizando la seguridad de los derechohabientes y el personal. Durante la evacuación de un hospital por causa de un sismo, cada minuto es valioso y el conocer la mejor ruta de evacuación y cómo actuar puede hacer la diferencia. El Hospital General del IMSS en Orizaba, cuenta con un plan de contingencia para tales efectos, sin embargo, el análisis de resultados, con los KPI's considerados por la investigación, permitió identificar algunas áreas que requieren una mejora en el plan actual. El análisis reveló que al no tener rutas de evacuación definidas para cada piso los pacientes siempre eligen la vía más cercana o la más conocida, por lo que la mayoría de los pacientes eligen bajar por la escalera central, originando que el flujo de los pisos fuera más lento en la escalera central ocasionado por la distribución de la afluencia de pacientes. Otro problema identificado fue un cuello de botella generado por el encuentro con los pacientes del piso 3, los cuales requieren de una mayor asistencia durante su evacuación ralentizando el flujo de pacientes de pisos superiores.

En respuesta a estos problemas identificados, el modelo propuesto sugiere una distribución más uniforme de los pacientes a través de las rutas disponibles para ello plantea definir la ruta de evacuación para cada piso, dirigiendo a los pacientes de los pisos 4, 5 y 6 hacia las escaleras de emergencia externas a cada lado del edificio, mientras que a los pacientes de los 3 e inferiores hacia la escalera central. Esto da como resultado una distribución más uniforme del flujo de los pacientes, aprovechando mejor las rutas disponibles, y evitando que el cuello de botella del piso 3 bloquee el paso a los pisos superiores.

Tras la comparación de los resultados, se halla que la alternativa propuesta ofrece la mejor ruta de evacuación, debido a que, al guiar a los pacientes del tercer, segundo y primer piso a través de la escalera principal, dejando libres las escaleras de emergencia para el tránsito de los pacientes del sexto, quinto y cuarto pisos, se eliminan los cuellos de botella en los pasillos. Las aportaciones de esta tesis al Hospital General Regional de IMSS en Orizaba, con los KPI's seleccionados son: una mejora en la velocidad del flujo de personas, la reducción del tiempo de evacuación total y una distribución más uniforme de la afluencia. Las aportaciones de la tesis en el cumplimiento de normas son: el cumplimiento de la norma NOM-002-STPS-2010 que establece que las brigadas deben de “guiar a las personas por rutas alternas si la principal está bloqueada” (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2010), como ha sido explicado en el análisis de datos, además de complementar el plan de contingencia actual en base a normativa de la OMS, establecidas en la herramienta EVAC-H, sobre la “Evacuación de hospitales y sus áreas críticas” (Organización Panamericana de la Salud, 2024); y el CVOED, descritas en su guía para la “Evacuación de unidades críticas en hospitales” (Dirección de Prestaciones Médicas, 2011) que dividen a la población en grupos de evacuación y establecen los criterios para la evacuación de áreas críticas,



asegurando así dar prioridad en la asistencia a los pacientes que más la requieran. Finalmente, las aportaciones de la presente tesis a la logística hospitalaria son: la eliminación de un cuello de botella durante la evacuación, y la reducción de 13 minutos en el tiempo de salida del edificio permitiendo la pronta evacuación de los ocupantes del edificio de manera segura.

5. Referencias

- A. A. Al-Masri, M. A.-O.-A. (2015). *A fuzzy logic-based decision support system for disaster relief logistics planning*.
- A. BEATO MORENO', R. I. (1999). *DECISION MULTICRITERIO A TRAVÉS DE PROBLEMAS DE OPTIMIZACION*. Sevilla: Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Sevilla,.
- Aarts, J. &. (2007). *Clinical decision support systems: A review of benefits, challenges and research directions*. *Journal of Biomedical Informatics*.
- Adlassnig, K. P. (2005). . *Clinical decision support systems: A review of the state of the art*. *International Journal of Medical Informatics*, .
- Agular M., L. G., Rentería, R. R., Catumba Ruiz, J., Barrera, J. O., & Redondo, J. M. (2022). Uso de simulación de eventos discretos y algoritmos genéticos para estimar los recursos necesarios para responder oportunamente en el sistema de emergencias médicas en Bogotá. *Medwave*, 1-4.
- Albacete., o. U. (15 de 11 de 2023). *Plan de emergencia*. Obtenido de https://www.chospab.es/plan_emergencias/tipos.htm
- Ana Casamitjana Ortega, Á. V. (2010). *Plan de evacuación de la unidad de cuidados intensivos: ¿un nuevo indicador de calidad?*
- Arbolea-Casanova H, Z.-S. H.-P.-J.-S.-H.-F. (2017). *Terremotos y salud: la organización de los servicios de la atención médica*.
- Bambaren Alatriza Celso Vladimir, A. G. (2007). *Hospitales seguros ante desastres*. Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- Bard, J. A. (2012). *Medical decision support systems: theory and practice*. New York: NY: Springer.
- Bates, D. W. (2012). The impact of computerized physician order entry on medication errors at three hospitals. *Journal of the American Medical Association*.
- Berner, E. S. (2001). *Beyond the electronic medical record: The emerging role of clinical decision support*. *Journal of the American Medical Informatics Association*.
- brousse, D. L. (2012). *Plan de emergencias hospital Santiago oriente*.
- C. K. Chan, W. K. (2018). *A framework for designing and evaluating logistics plans for emergency medical services*.
- Cama, E. (21 de 10 de 2023). *Aula 21*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/contacto/>

- Castro, J. A. (2015 de 03 de 15). Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Clasificacion-de-metodos-de-optimizacion-multiobjetivo_fig3_281476836
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2022). *Tema 2. Plan de contingencias y plan de continuidad de operaciones*. Obtenido de [www.gob.mx: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/745060/TEMA_2_PROGRAMA_INTERNACIONAL_PROTECCION_CIVIL.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/745060/TEMA_2_PROGRAMA_INTERNACIONAL_PROTECCION_CIVIL.pdf)
- Chow, S. &. (2004). The benefits of clinical decision support systems: A literature review. En *Journal of the American Medical Informatics Association* (págs. 433-442.).
- Dirección de Prestaciones Médicas. (2011). *Evacuación de unidades críticas en hospitales*. CVOED.
- Educación, M. d. (2014). *Metodología de Administración de Riesgos de Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación*. México: Metodología de Administración de Riesgos del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- El-Gayar, O. &.-R. (2015). A decision support system for disaster management using simulation and genetic algorithms.
- Federico Alejandro Castrillón, Á. E. (2012). *Conocimiento sobre el plan de emergencias y desastres en los empleados del Hospital Geriátrico San Isidro de Manizales Colombia*. Colombia.
- FRANCO, J. L. (AGOSTO DE 2010). *ENFOQUE MULTI OBJETIVO DE UNA METAHEURÍSTICA PARA LA GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PLANES DE RUTEO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS EMPLEANDO LÍNEAS PREDEFINIDAS, BASADA EN TÉCNICAS DE ALGORITMOS EVOLUTIVOS HÍBRIDOS*. BARRANQUILLA: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.
- Garrido, J. &. (2019). *Sistemas de apoyo a la decisión*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Gnugnoli, D. M. (2022). *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. National Library of Medicine .
- Gnugnoli., D. M. (2022). *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*.
- Gobierno de México. (septiembre de 2018). #AGNRecuerda el sismo de 1985, vía *La Jornada*. Obtenido de Archivo General de la Nación: <https://www.gob.mx/agn/articulos/agnrecuerda-el-sismo-de-1985-via-la-jornada#:~:text=A%20las%207%3A19%20horas,tragedia%20provocada%20por%20el%20terremoto>.
- González, J. L. (2021). *La pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de contar con planes de contingencia sanitaria en los hospitales. En muchos países, los hospitales se vieron desbordados por la cantidad de pacientes con COVID-19, lo que provocó una escasez d*. España: Revista Española de Salud Pública. Volumen 95.

- González-Gómez, A. F.-M.-G.-M.-M. (2023). *Desarrollo de un sistema de apoyo a las decisiones clínica (SADC) para diseñar la logística de un plan de contingencia sanitaria usando simulación (SED) y algoritmos genéticos.*
- Herrera Kheneyzir, S. L., & Ramírez Tovar, S. E. (2015). *Herramienta de apoyo a la toma de decisiones en salas de urgencias utilizando simulación de eventos discretos.* Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Hripcsak, G. &. (2001). The state of clinical decision support systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*,.
- IMSS. (1 de noviembre de 2025). *Conoce al IMSS.* Obtenido de [imss.gob.mx: https://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss](https://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1990). *Cálculo estimado de vías y tiempos de evacuación. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.*
- Internacional, O. d. (1991). *Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de los Estados Americanos.* Washington, D.C.
- J. Li, Y. Z. (2011). *A simulation-based approach for disaster relief logistics planning.*
- Jácome, V. G. (2015). *Elaboración de un plan de emergencias y desastres del centro integral del ingeniería ecológica (sitio sujeto a estudio) de la empresa bajo estudio, mediante la evaluación de la vulnerabilidad y amenaza.* QUITO: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.
- JÁCOME, V. G. (2015). *MAESTRÍA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, AMBIENTE Y SEGURIDAD.* QUITO .
- Justman, J. A. (2021). *The COVID-19 pandemic in New York City: lessons learned for hospital preparedness.* New York City: JAMA Network Open. Volumen 4.
- Kawamoto, K. H. (2005). Improving medication safety with clinical decision support: a systematic review., . *Archives of Internal Medicine.*
- Kettinger, W. J. (1997). Business process change: toward a framework for linking people, technology, and organization. . *Journal of Management Information Systems.*
- Kripalani, R. L. (2007). En J. o. Association, *Clinical decision support systems: A systematic review of the literature.* (págs. 808-820.).
- Lina Maria Rivera Sebastian, A. R. (2012). *Programa De Implementación Y Fortalecimiento Del Plan De Preparativos Para Emergencias Y Desastres En Instituciones De Salud.*
- LINA MARIA RIVERA, S. A. (2012). *PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y FORTALECIMIENTO DEL PLAN DE PREPARATIVOS PARA EMERGENCIAS Y DESASTRES EN INSTITUCIONES DE SALUD .* MEDELLIN: FACULTAD DE MEDICINA.

- Marisol Calderón González, M. L. (2014). *Minimización de la distancia a una estación de emergencia mediante Algoritmos Genéticos*.
- Marisol Calderón González, M. L. (2014). *Minimización de la Distancia a una Estación de Emergencia mediante Algoritmos Genéticos*.
- Md. Khalid Hasan, I. S. (2022). *Hospital Surge Capacity Preparedness in Disasters and Emergencies: Protocol for a Systematic Review*. California: National Library Medicine.
- Mélicas, I. M. (2016). *Plan institucional Frente a Emergencias y Desastres*. División de Proyectos Especiales en Salud .
- Muñagorri Alcalá, I. (2024). *Modelado y analisis de redes de transporte: aplicación y estudio de la paradoja de Braess*. Universidad Rey Juan Carlos.
- Normas Oficiales Mexicanas. (19 de 10 de 2023). *GOBIERNO DE MÉXICO*. Obtenido de [https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/sabes-como-te-benefician-las-normas-oficiales-mexicanas?state=published#:~:text=Las%20Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20\(NOMs,al%20empoderamiento%20de%20la%20poblaci%C3%B3n](https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/sabes-como-te-benefician-las-normas-oficiales-mexicanas?state=published#:~:text=Las%20Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20(NOMs,al%20empoderamiento%20de%20la%20poblaci%C3%B3n).
- Organización Panamericana de la Salud. (2024). *EVAC-H. Evacuación de hospitales y sus áreas críticas*. OMS.
- Organization, W. H. (9 de September de 2011). *Emergencies Preparedness*. Obtenido de <https://www.who.int/publications/i/item/hospital-emergency-response-checklist>
- Organization., W. H. (2007). *Public health emergency preparedness and response: A practical guide*.
- Organization., W. H. (2008). *The economic impact of disasters*.
- Piqueras, V. Y. (21 de 10 de 2023). *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de victoryepes.blogs.upv.es/
- pulido, M. J. (2014). *Plan de emergencia externas capacidad de respuesta de un hospital comercial ante un accidente de múltiples víctimas*.
- Radvan, G. (2014)). *Hospital and Healthcare Security*. Butterworth-Heinemann.
- Reduction., U. N. (2011). *Economic losses, poverty and disasters: A review of the evidence*.
- Reduction., U. N. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030*.
- RESTAURACIÓN, C. G. (2020 - 2024). *PROGRAMA DE MANEJO DE FUEGO*. MÉXICO: GOBIERNO.
- S. D. Wu, X. Y. (2013). *A hybrid simulation-based approach for humanitarian supply chain management*.

- Saini, P. (28 de julio de 2023). *¿Qué es un Sistema de Apoyo a la Decisión Clínica?* Obtenido de <https://webmedy.com/blog/es/what-is-cdss/>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2010). *NOM-002-STPS-2010*. Ciudad de México: STPS.
- Sharifi, A. &. (2017). A system dynamics model for disaster management using genetic algorithms.
- Snow, J. (2011). *Del pueblo a los Estados Unidos de America*. Estados Unidos: Proyecto DELIVER.
- Stefania Gutiérrez Rojas, J. F. (2020). *Diseño de un plan hospitalario de emergencia para una empresa dedicada a servicios de salud visual ubicada en la ciudad de Cali*.
- Stefania Gutiérrez Rojas, J. F. (2020). *DISEÑO DE UN PLAN HOSPITALARIO DE EMERGENCIA PARA UNA EMPRESA DEDICADA A SERVICIOS DE SALUD VISUAL UBICADA EN LA CIUDAD DE CALI*. Cali.
- UNAM. (2025). *Estadística de los sismos reportados por el SSN*. Obtenido de www.ssn.unam.mx: <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/estadisticas/>
- United Nations. (4 de noviembre de 2025). *Riesgos y desastres*. Obtenido de [un-spider.org](https://www.un-spider.org/): <https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres>
- Universidad de Chile. (2018). *¿Cómo ha avanzado Chile en prevención y preparación ante desastres socionaturales tras el terremoto de 2010?* Obtenido de uchile.cl: <https://uchile.cl/noticias/205319/como-ha-avanzado-el-pais-en-prevencion-frente-a-desastres-naturales>
- Valderribas, J. (19 de 10 de 2023). *Optimatics*. Obtenido de <https://optimatics.es/blog/que-es-la-logistica-sanitaria/>
- X. Zhang, J. L. (2017). *A simulation-based optimization approach for humanitarian supply chain management*.
- Y. Zhang, Z. W. (2016). *A multi-objective optimization approach for disaster relief logistics planning*.

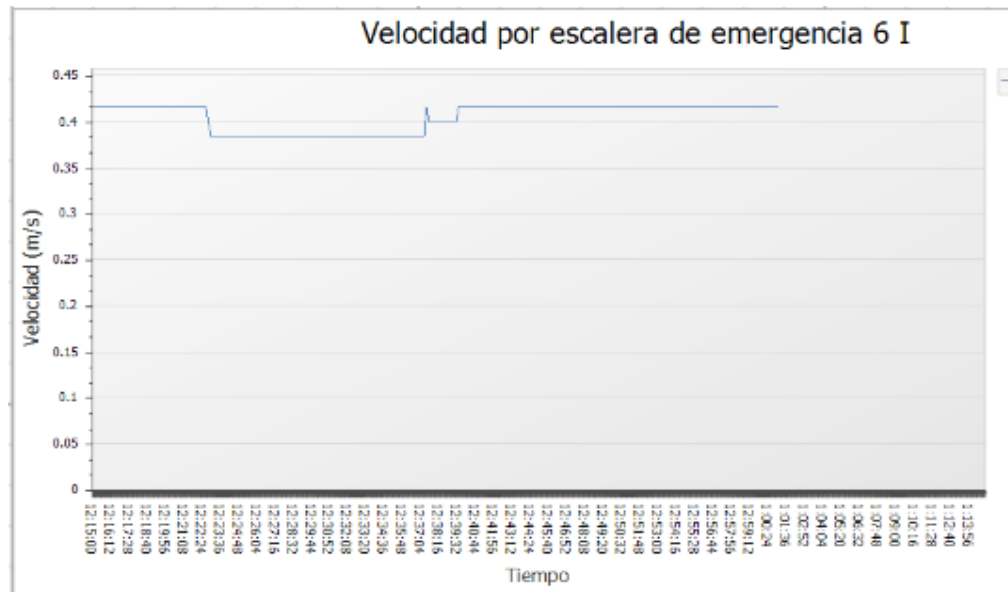
6. Anexo A:

Velocidades de desplazamiento por escaleras en el modelo actual

6.1 Velocidad de desplazamiento por las escaleras externas de la izquierda

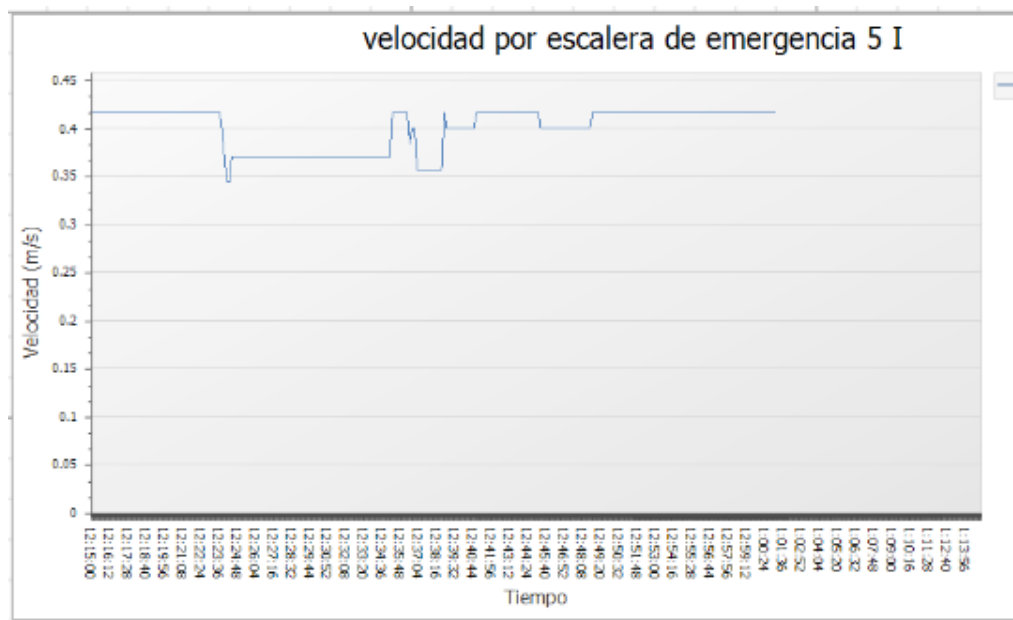
La Gráfica 1 describe el cambio de la velocidad en las escaleras de emergencia de la izquierda al transitar los pacientes al arribar todos, la velocidad descende en función de número de personas, pero una vez que estos salen de la escalera del piso 6 la velocidad se restablece.

Gráfica 1. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 6.



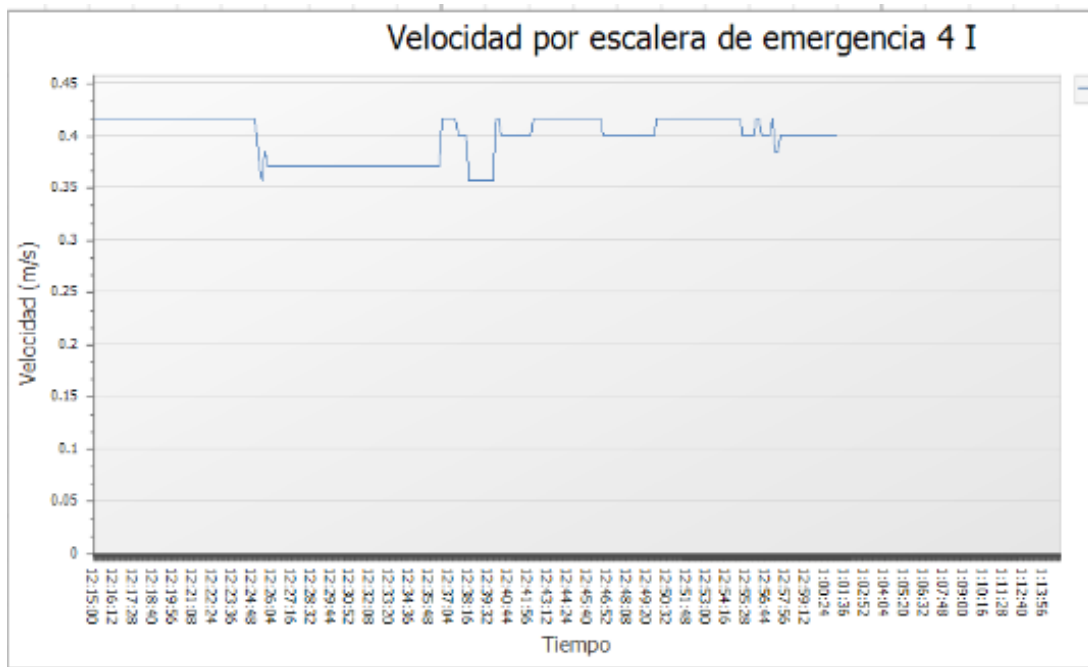
A diferencia de la Gráfica 1, la Gráfica 2 se muestra más irregular, esto debido a que este segmento recibe 2 flujos de personas, es decir, los pacientes provenientes del piso 6, y los pacientes del piso 5. Ahora la velocidad baja más

Gráfica 2. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 5.



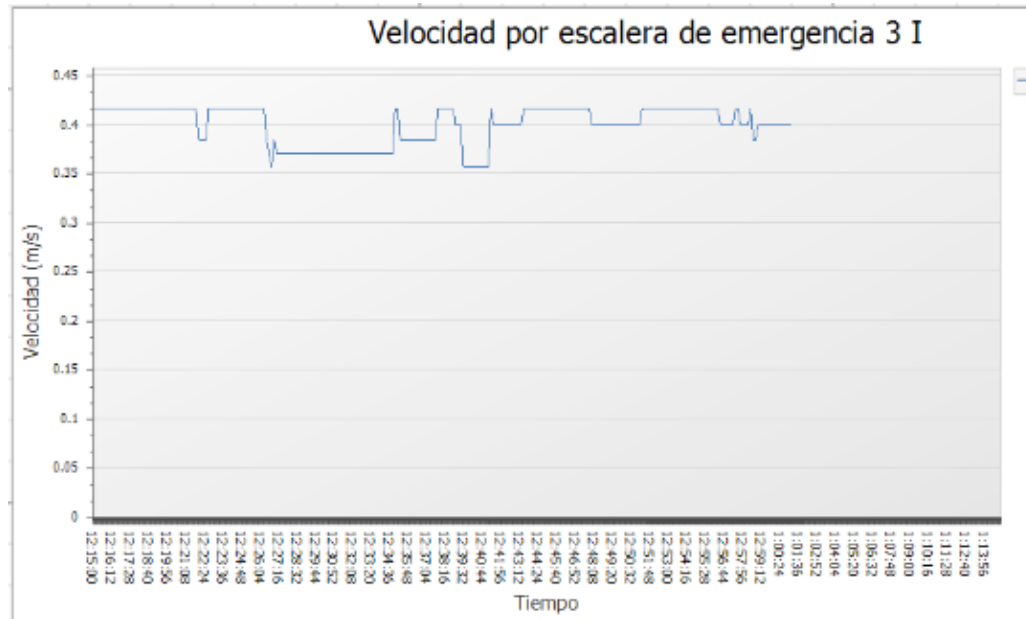
En la Gráfica 3 se observa una velocidad mínima de 0.345, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.398

Gráfica 3. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 4.



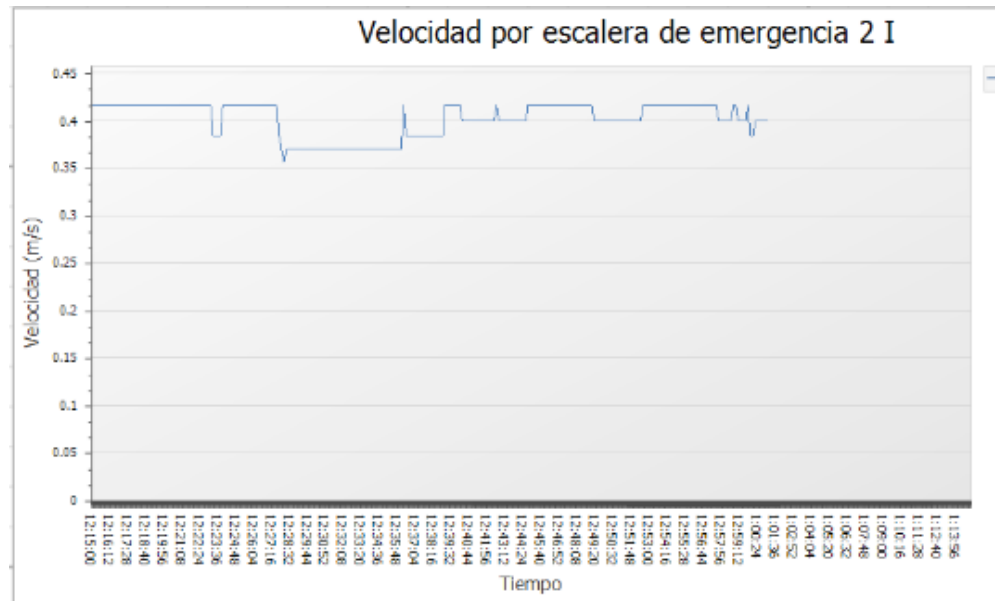
A medida que las personas se aproximan al piso 3 la velocidad baja. En la Gráfica 4 se observa una velocidad mínima de 0.355, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.358

Gráfica 4. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 3.



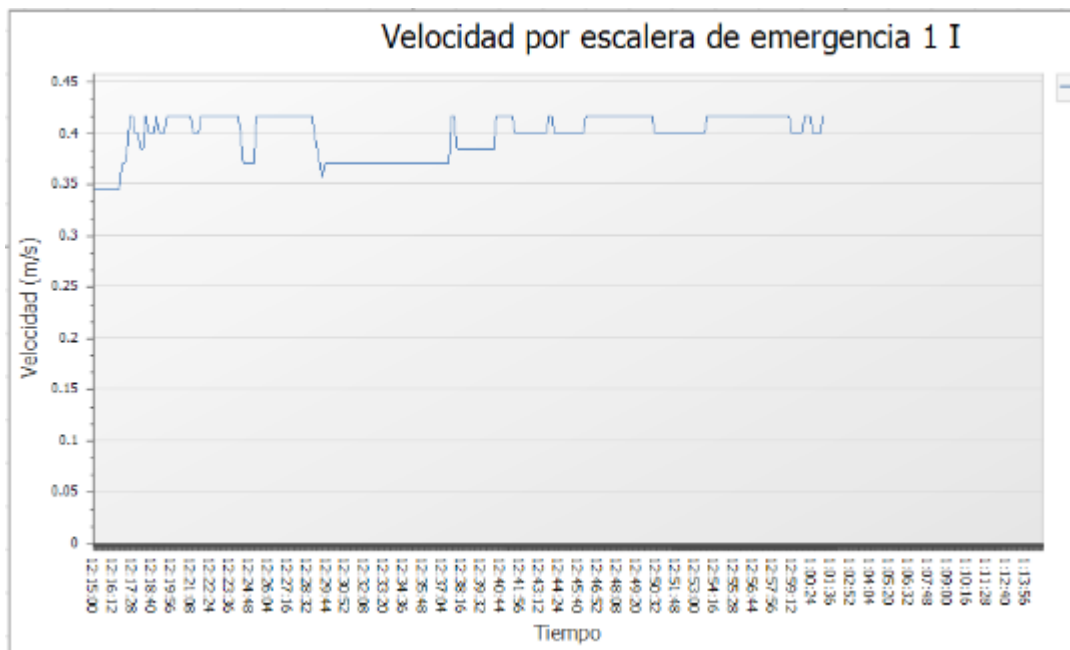
A partir del piso 2 la velocidad se recupera un poco, dejando ver que el cuello de botella se encuentra en el piso anterior. En la Gráfica 5 se observa una velocidad mínima de 0.358, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.4

Gráfica 5. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 2.



En la Gráfica 6 se observa una velocidad mínima de 0.345, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.4

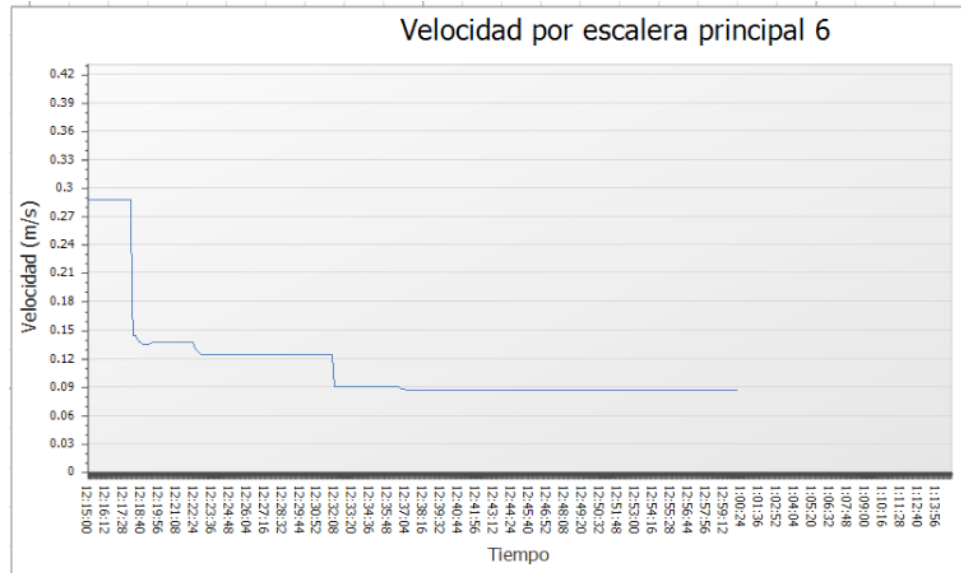
Gráfica 6. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 1.



6.2 Velocidades por la escalera principal

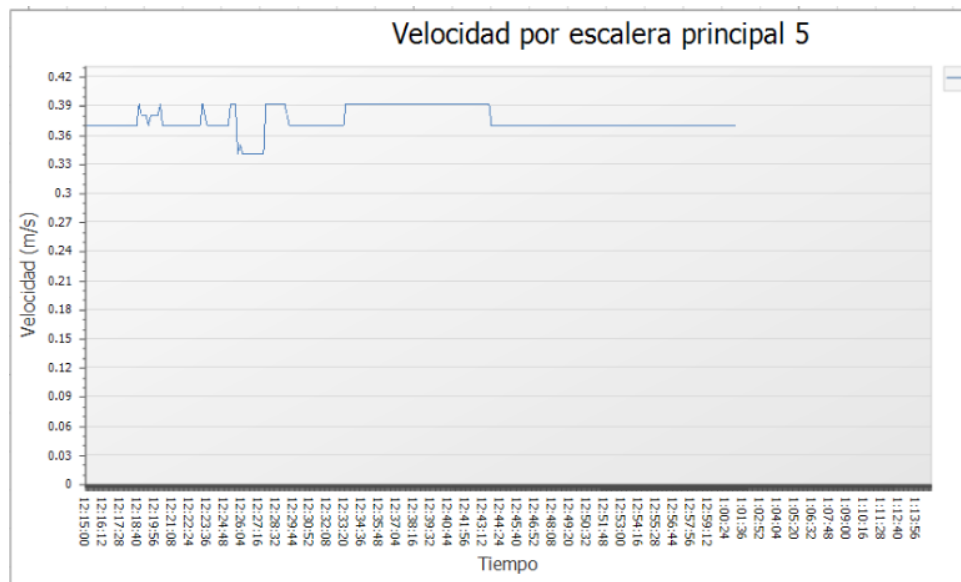
Las condiciones cambian en comparación a las escaleras laterales. En la escalera central, al tener mayor afluencia, la velocidad en ellas es más baja. En la Gráfica 7 se observa una velocidad mínima de 0.086, velocidad máxima de 0.29 y una velocidad promedio de 0.116

Gráfica 7. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 6.



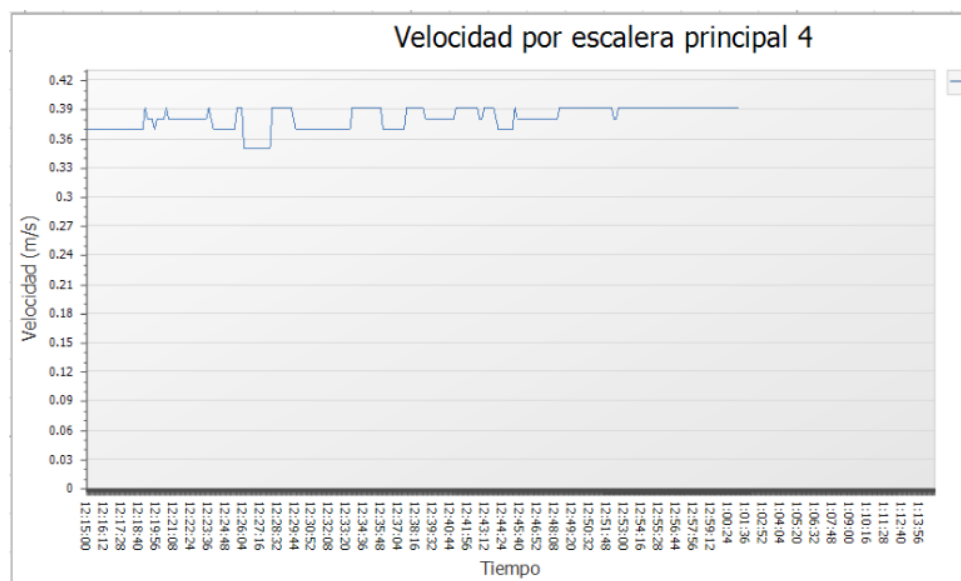
En la Gráfica 8 se observa una velocidad mínima de 0.34, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.375

Gráfica 8. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 5.



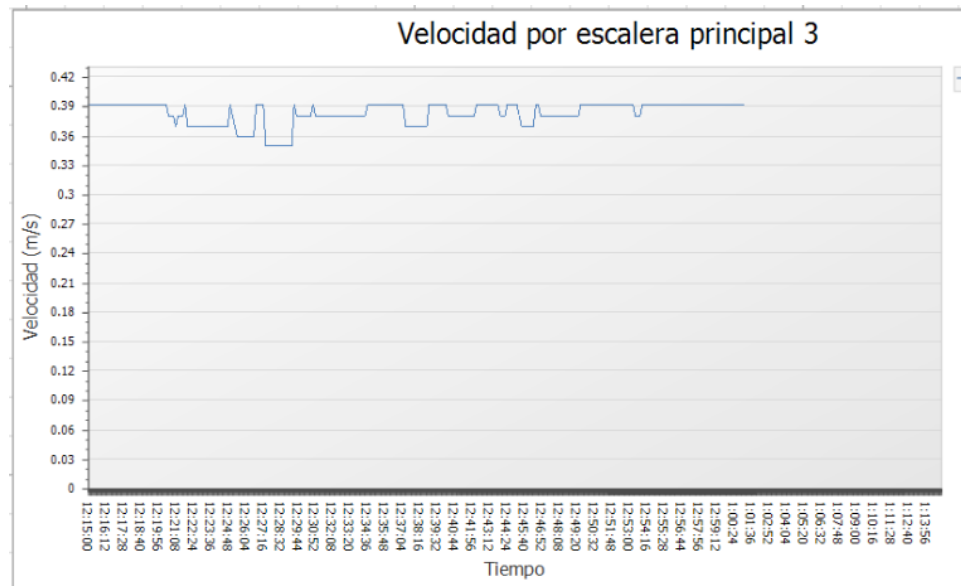
En la Gráfica 9 se observa una velocidad mínima de 0.35, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.376

Gráfica 9. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 4.



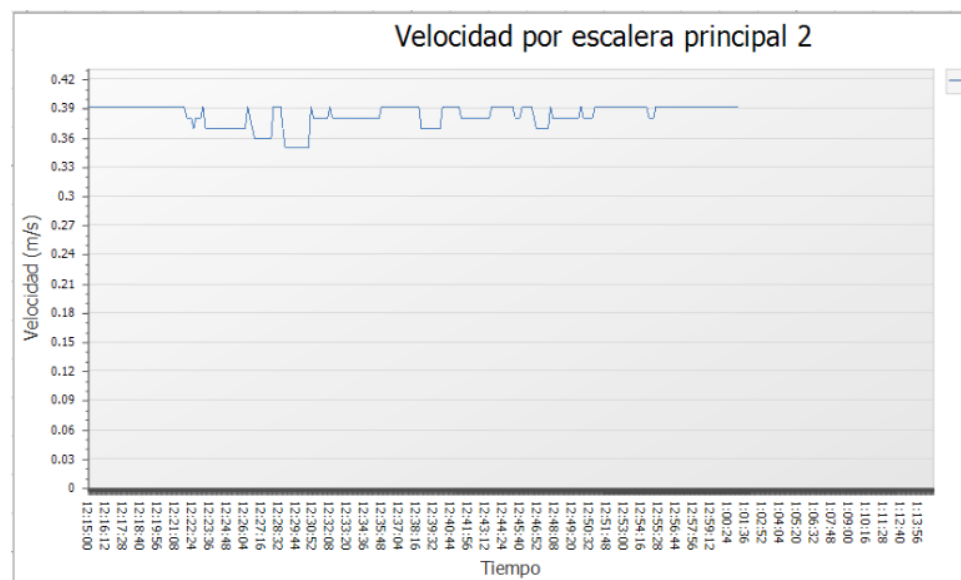
En la Gráfica 10 se observa una velocidad mínima de 0.35, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.378

Gráfica 10. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 3.



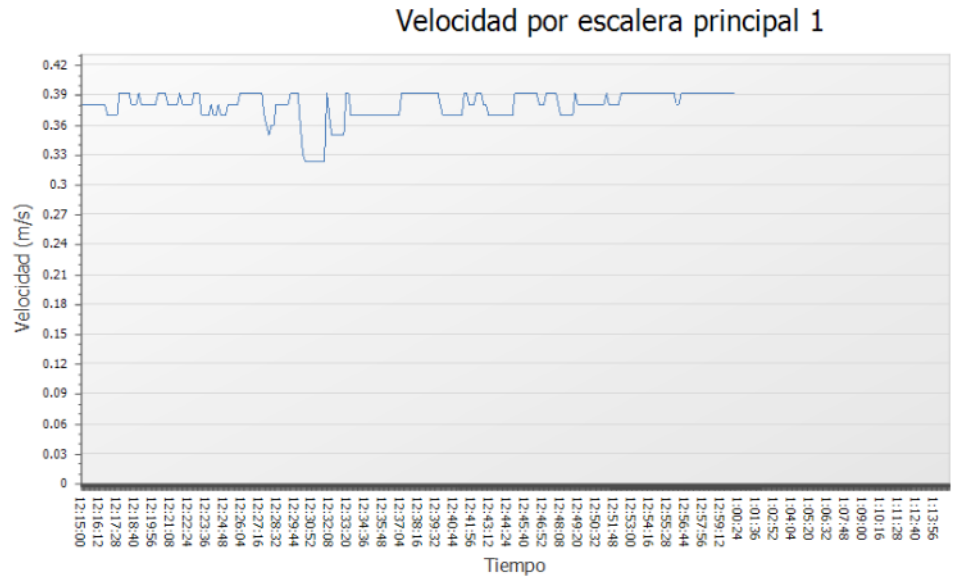
En la Gráfica 11 se observa una velocidad mínima de 0.35, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.378

Gráfica 11. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 2.



En la Gráfica 12 se observa una velocidad mínima de 0.325, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.377

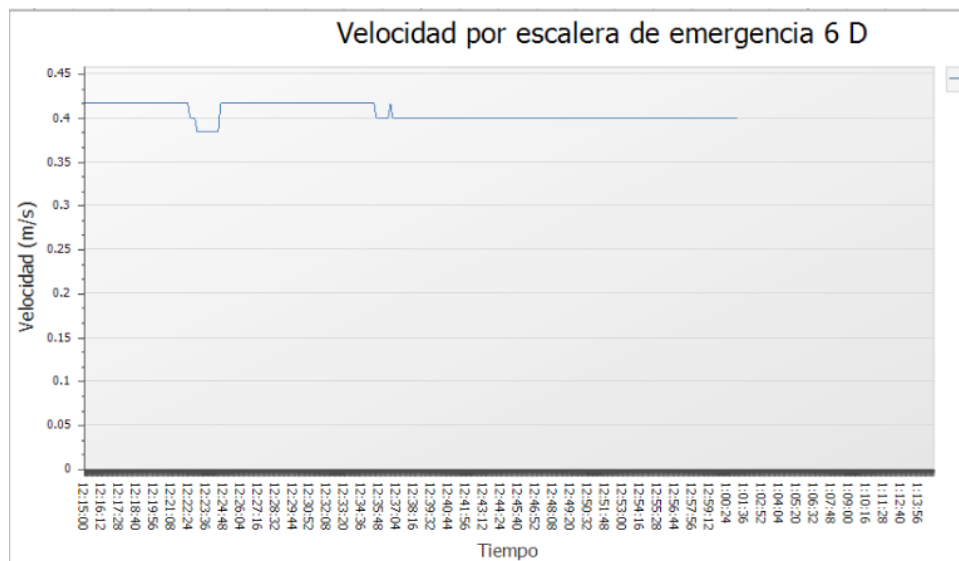
Gráfica 12. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 1.



6.3 Velocidad de desplazamiento por escaleras externas de la derecha

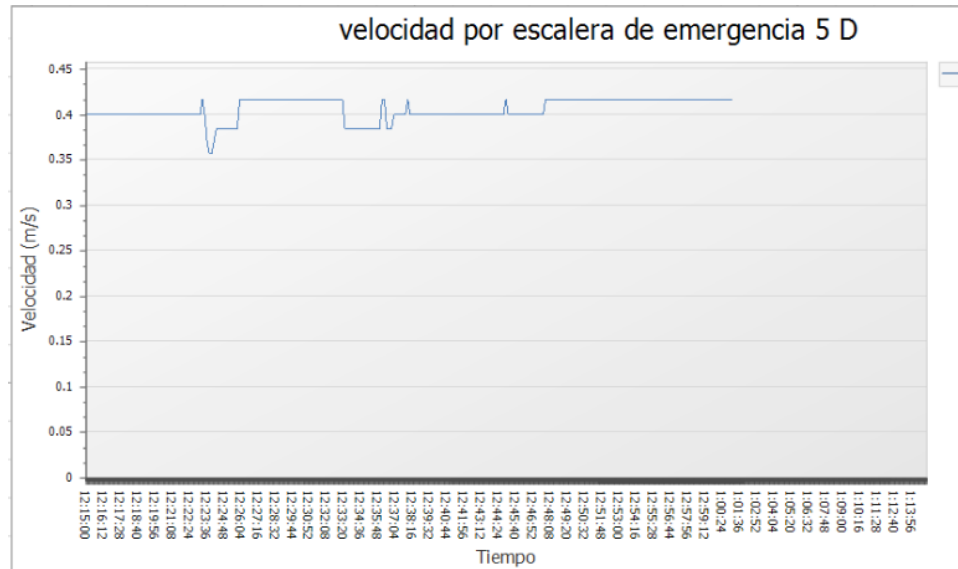
El comportamiento es similar al de la escalera lateral izquierda. En la Gráfica 13 se observa una velocidad mínima de 0.383, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.405

Gráfica 13. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 6.



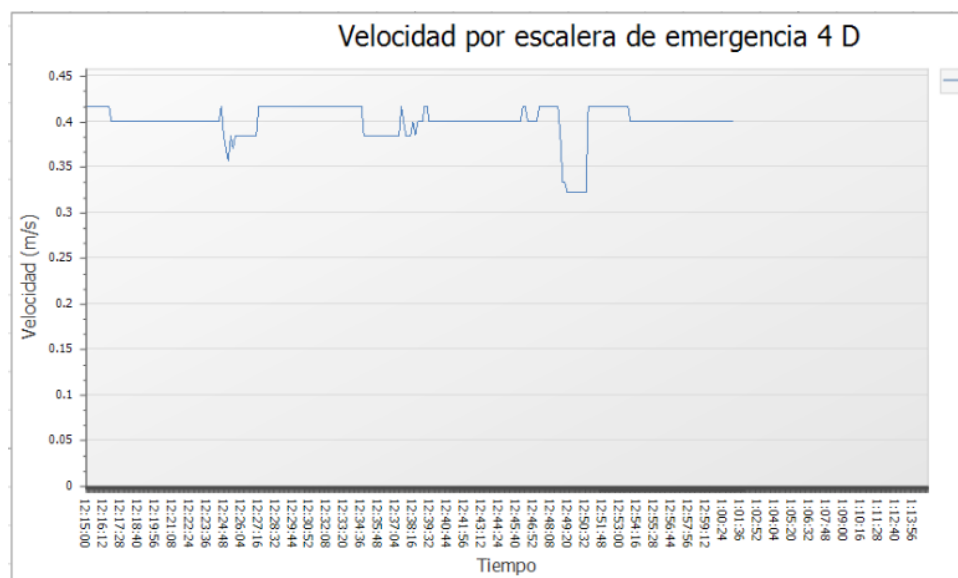
En la Gráfica 14 se observa una velocidad mínima de 0.358, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.401

Gráfica 14. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 5.



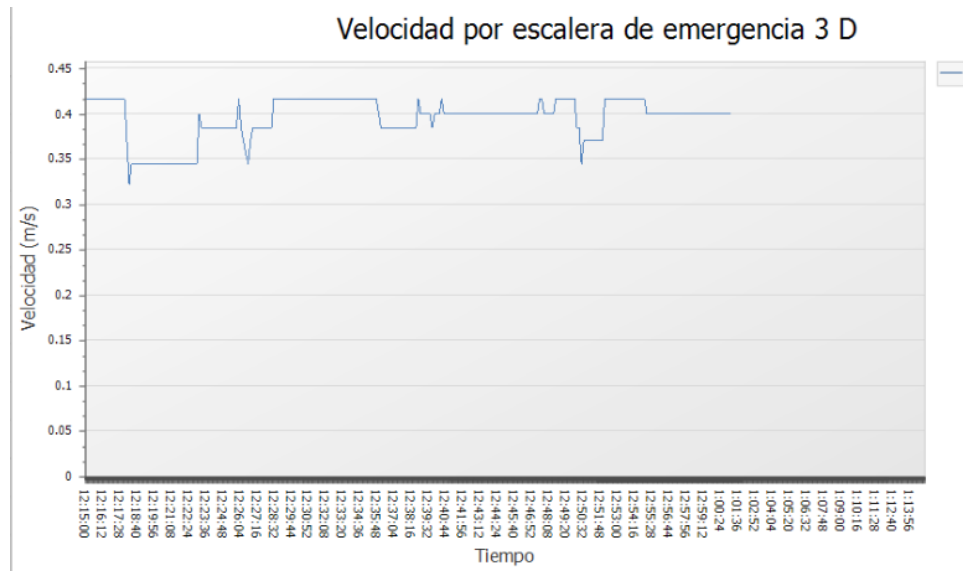
En la Gráfica 15 se observa una velocidad mínima de 0.357, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.397.

Gráfica 15. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 4.



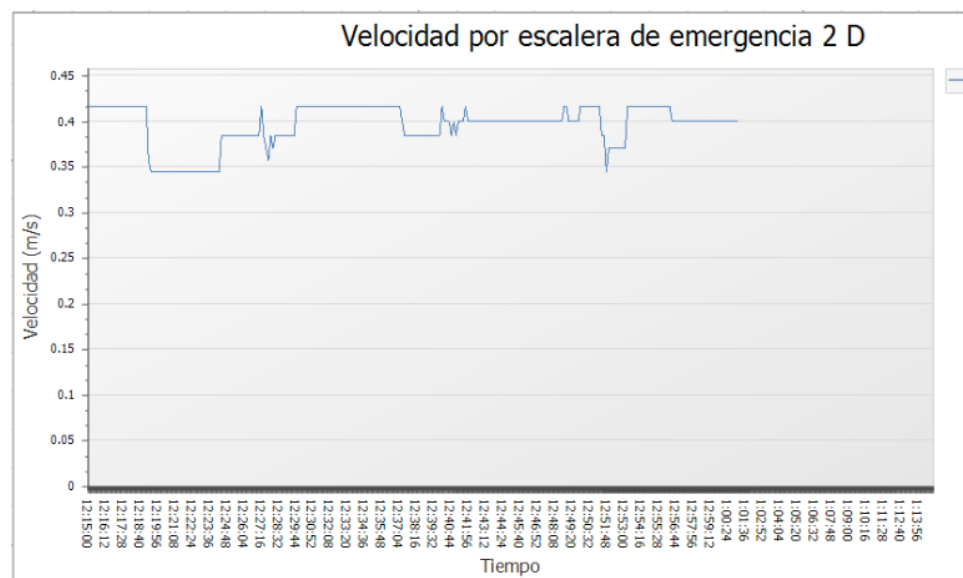
En la Gráfica 16 se observa una velocidad mínima de 0.323, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.393

Gráfica 16. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 3.



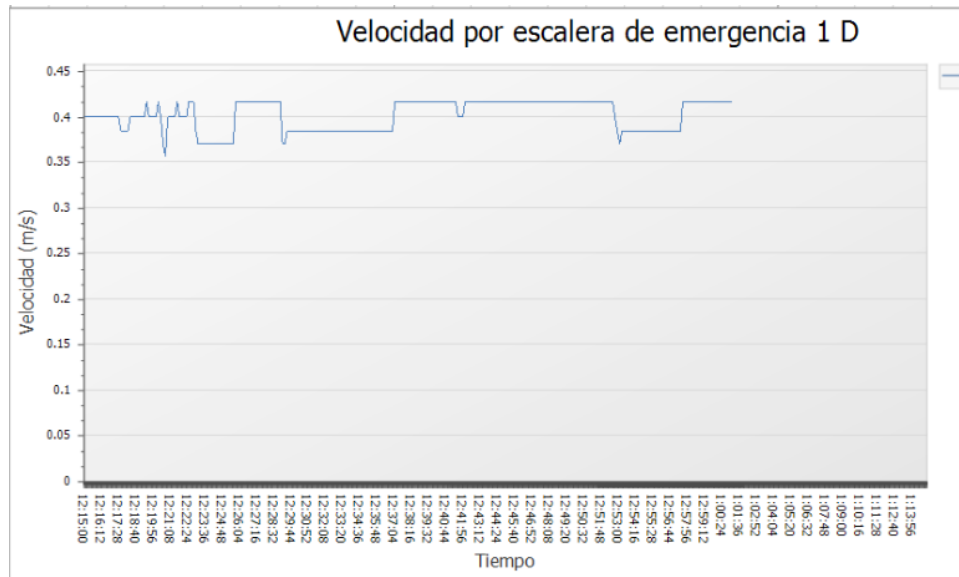
En la Gráfica 17 se observa una velocidad mínima de 0.343, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.393

Gráfica 17. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 2.



En la Gráfica 18 se observa una velocidad mínima de 0.355, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.400

Gráfica 18. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 1.



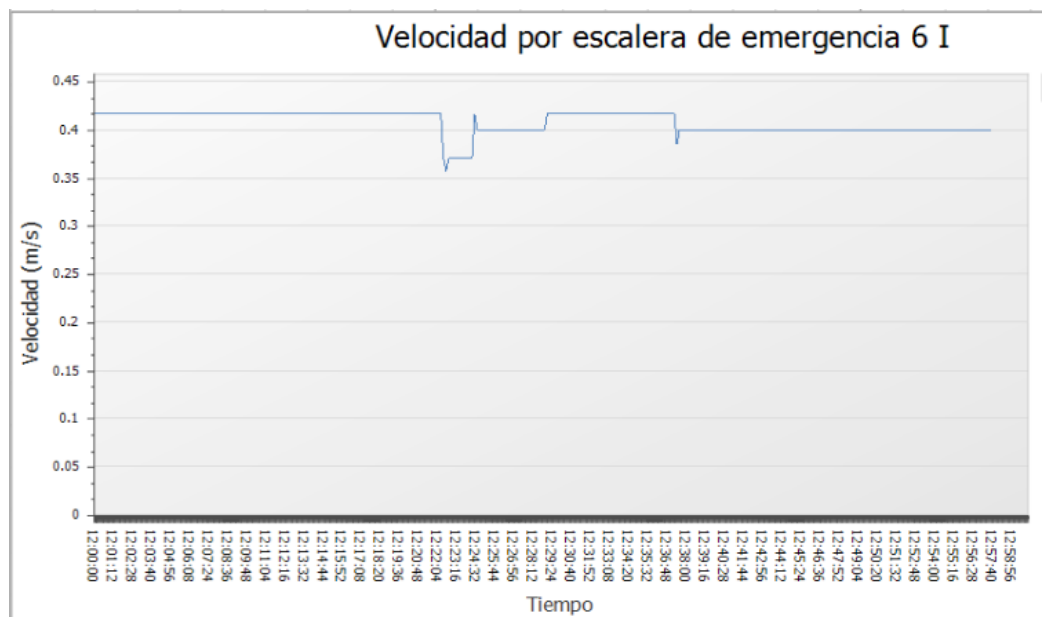
7. Anexo B:

Velocidad de desplazamiento por las escaleras en el modelo propuesto

7.1 Velocidad de desplazamiento por las escaleras externas de la izquierda

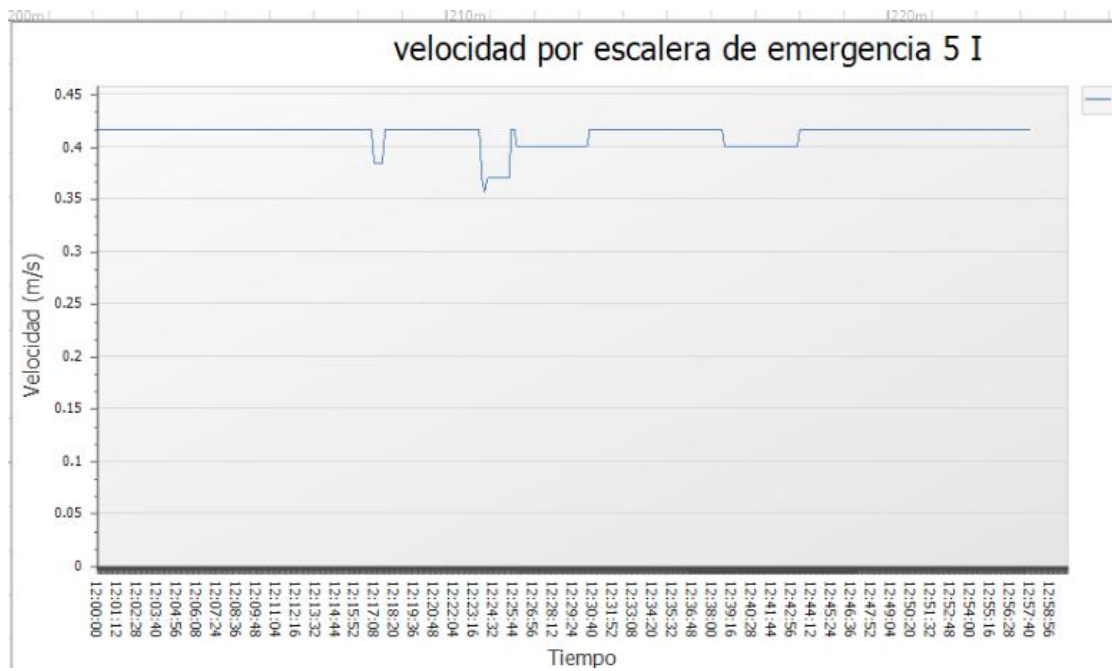
La velocidad en las escaleras tras la propuesta muestra un incremento en su velocidad promedio. En la Gráfica 19 se observa una velocidad mínima de 0.355, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.405

Gráfica 19. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 6.



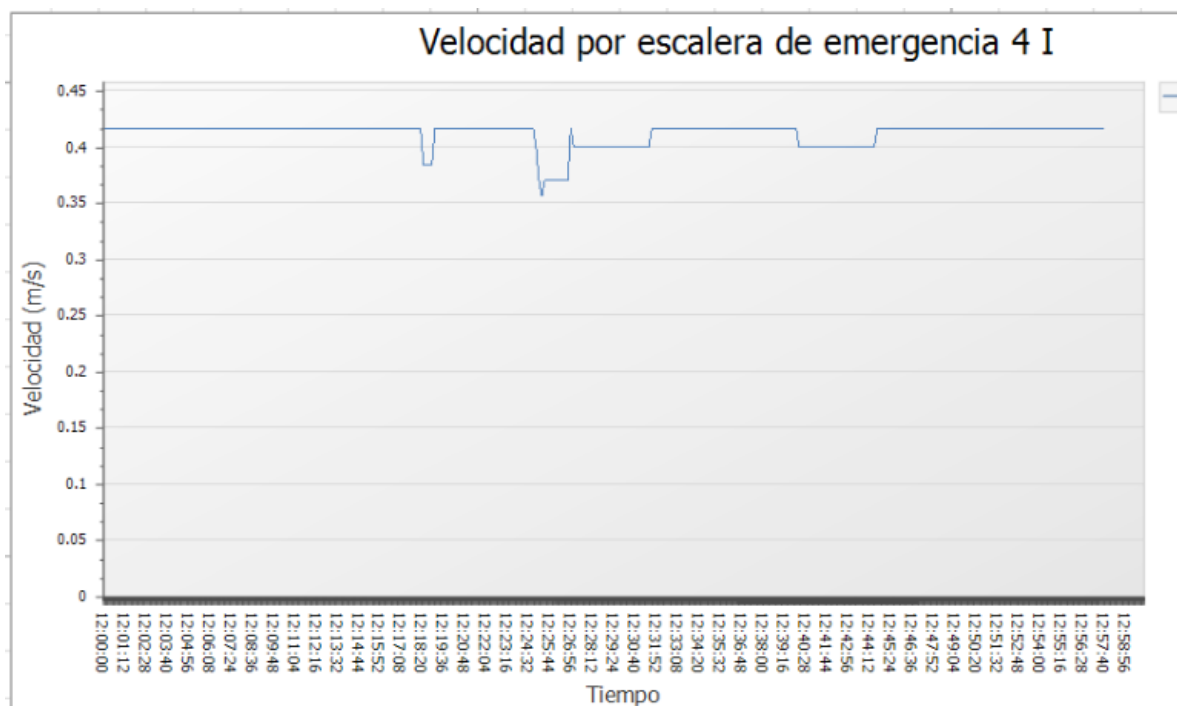
En la Gráfica 20 se observa una velocidad mínima de 0.355, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.408.

Gráfica 20. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 5.



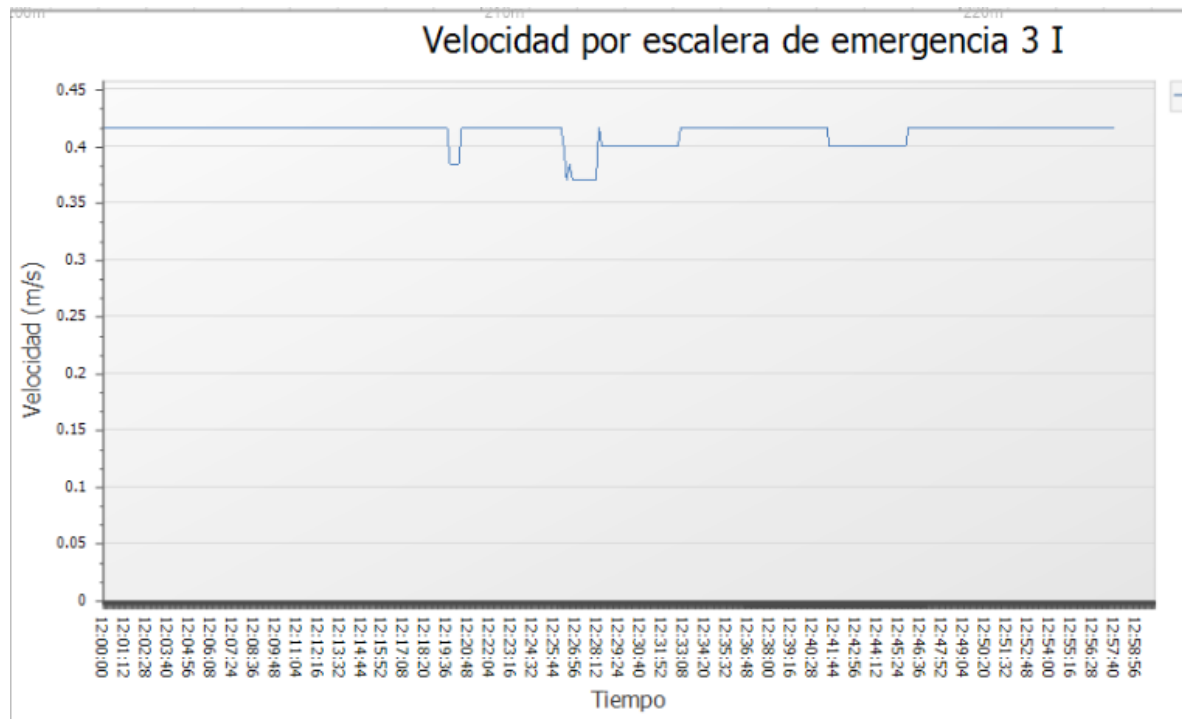
En la Gráfica 21 se observa una velocidad mínima de 0.353, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.410. Ahora la velocidad va en aumento conforme baja las escaleras al encontrar el camino despejado.

Gráfica 21. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 4.



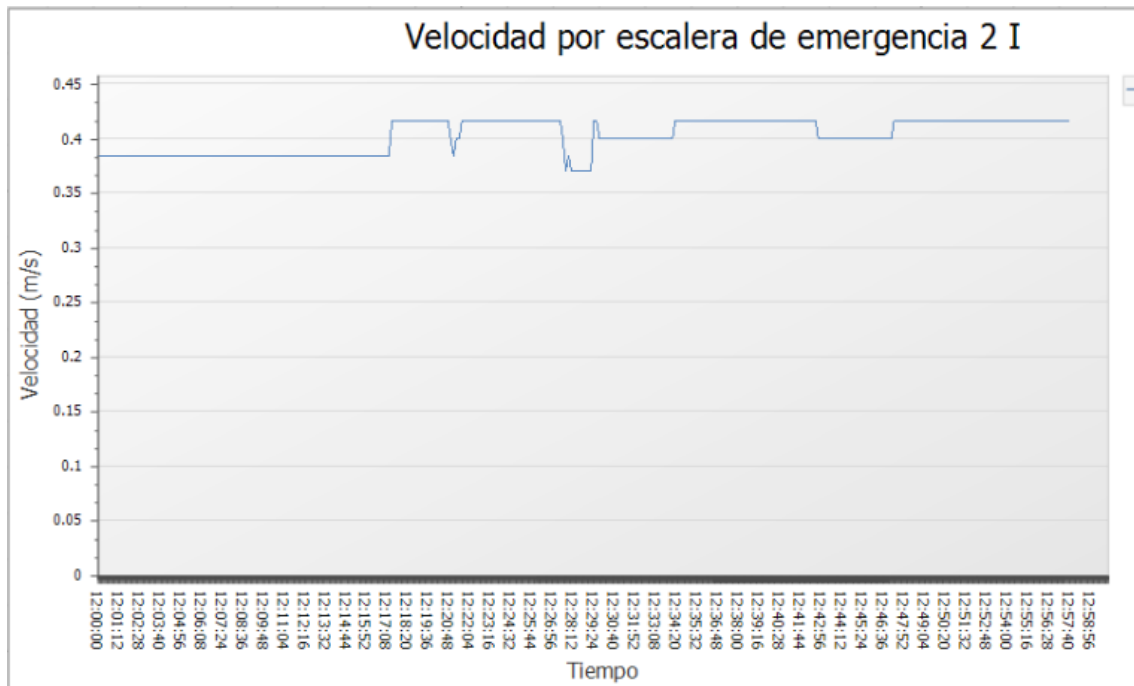
En la Gráfica 22 se observa una velocidad mínima de 0.369, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.410.

Gráfica 22. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 3.



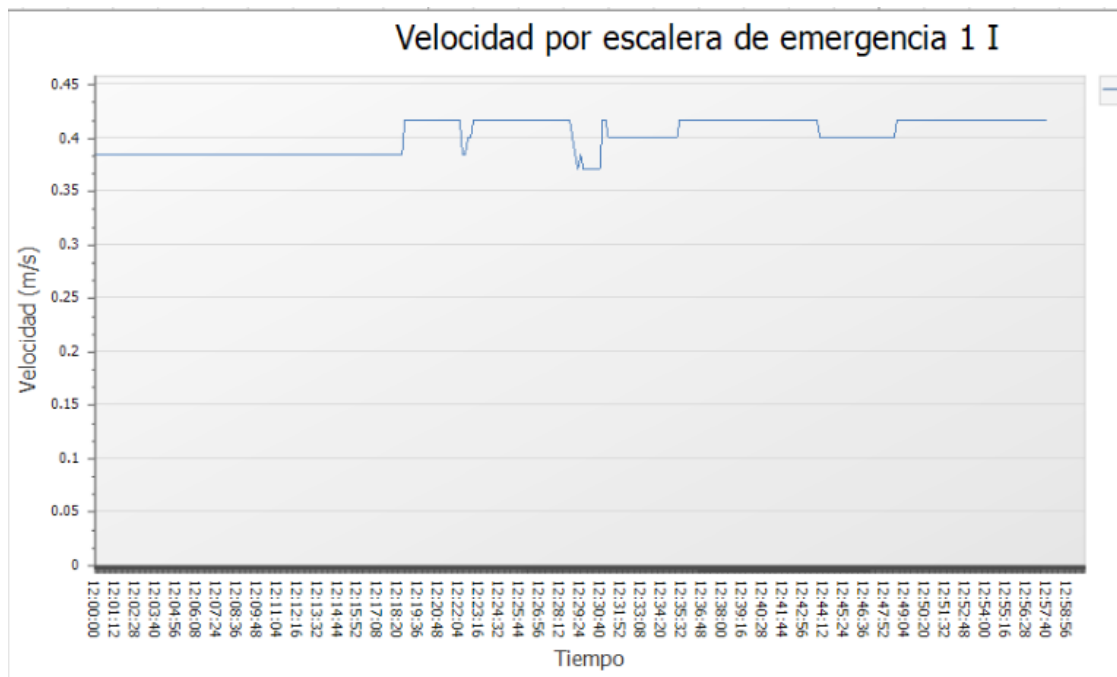
En la Gráfica 23 se observa una velocidad mínima de 0.369, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.406

Gráfica 23. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 2.



En la Gráfica 24 se observa una velocidad mínima de 0.368, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.406

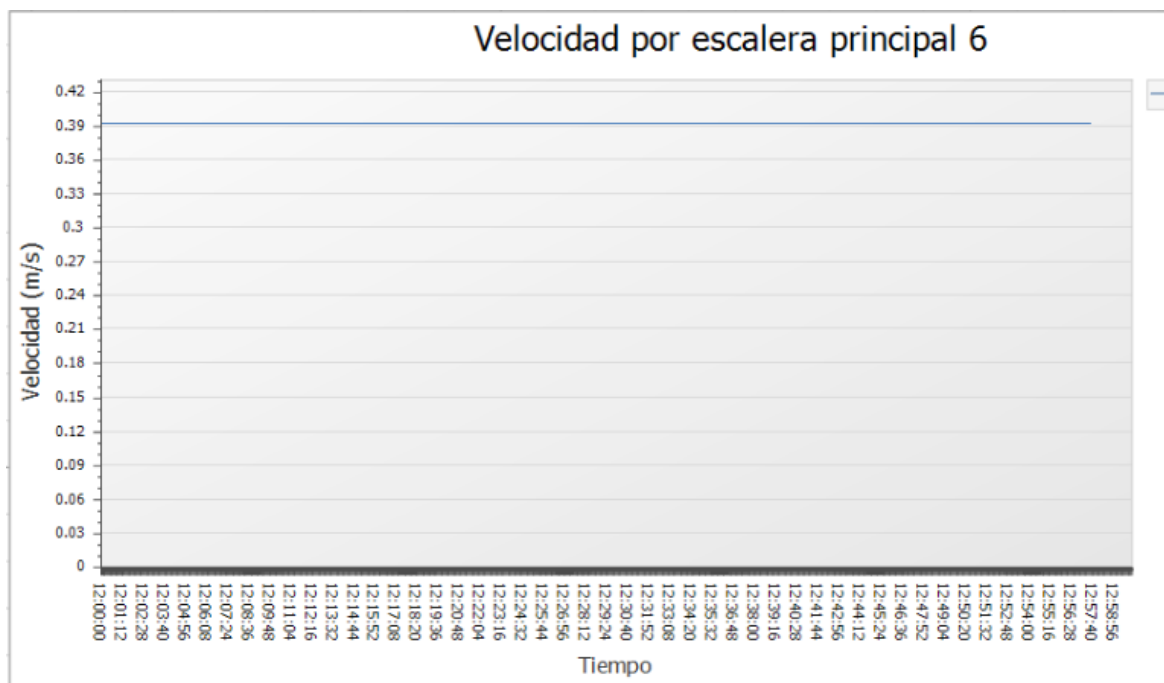
Gráfica 24. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia izquierda, piso 1.



7.2 Velocidad de desplazamiento por las escaleras centrales

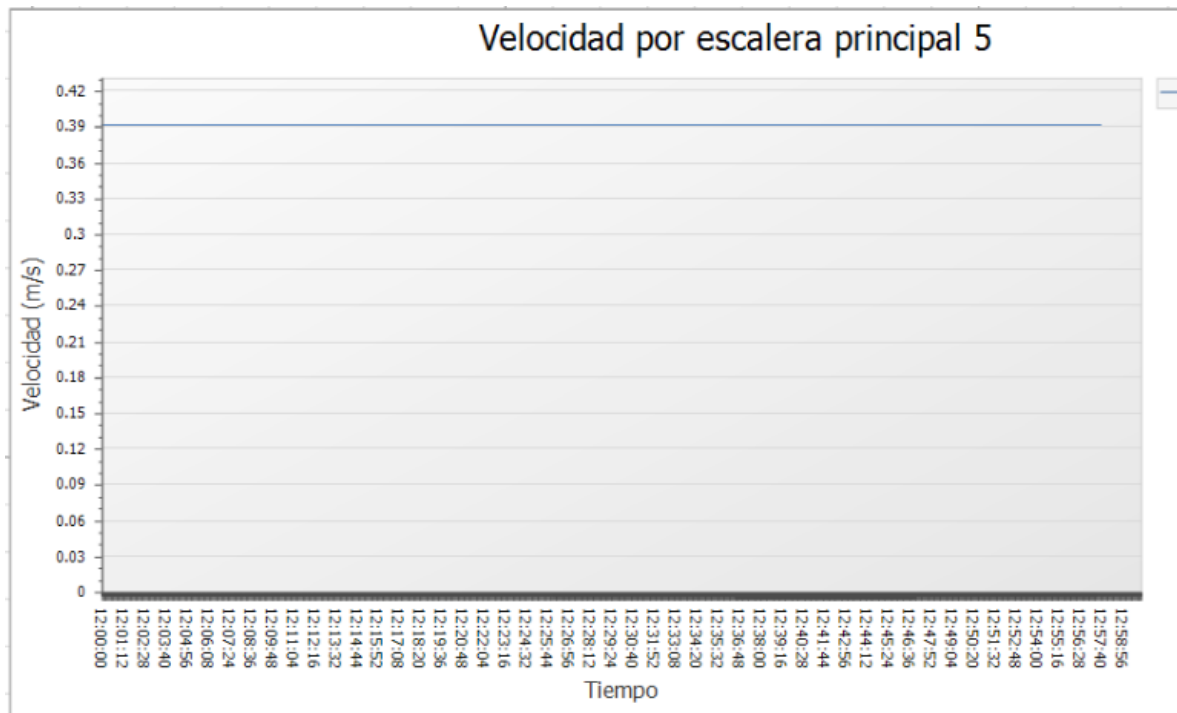
Las primeras Gráficas de la escalera central no muestran un cambio en la velocidad, dado que la propuesta plantea que los pisos 6,, 5 y 4 no se evacuen por la escalera central sino únicamente por las escaleras de emergencia. En la Gráfica 25 se observa solo la velocidad máxima de 0.416.

Gráfica 25. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 6.



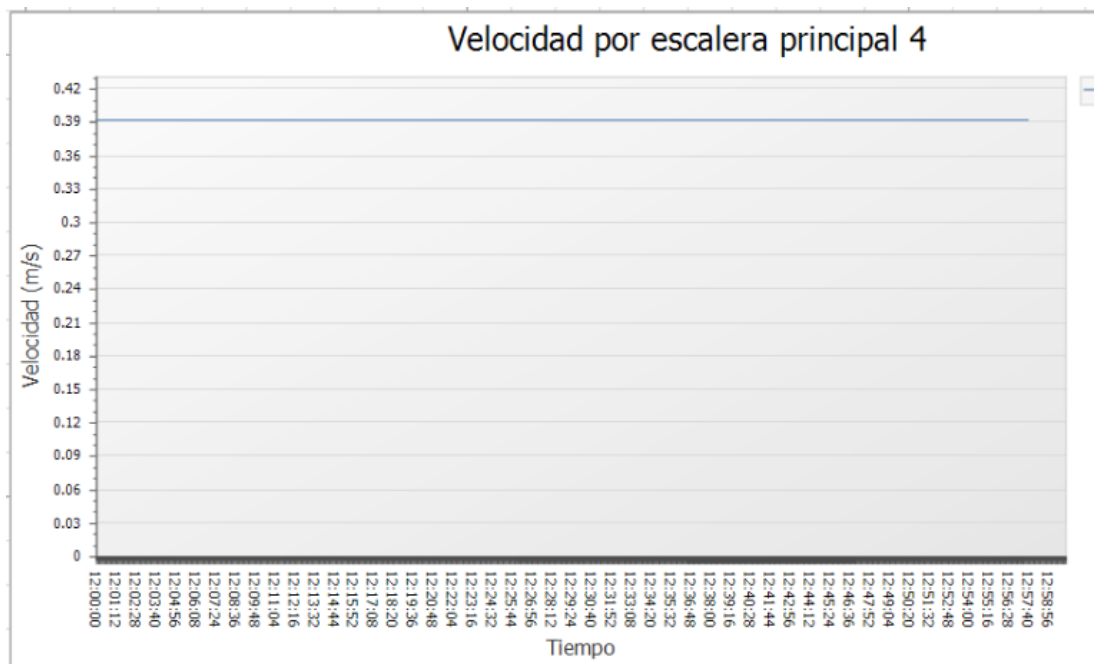
Al igual que la anterior la Gráfica 26 únicamente muestra la velocidad máxima de 0.416 al no haber afluencia que afecte esta velocidad.

Gráfica 26. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 5.



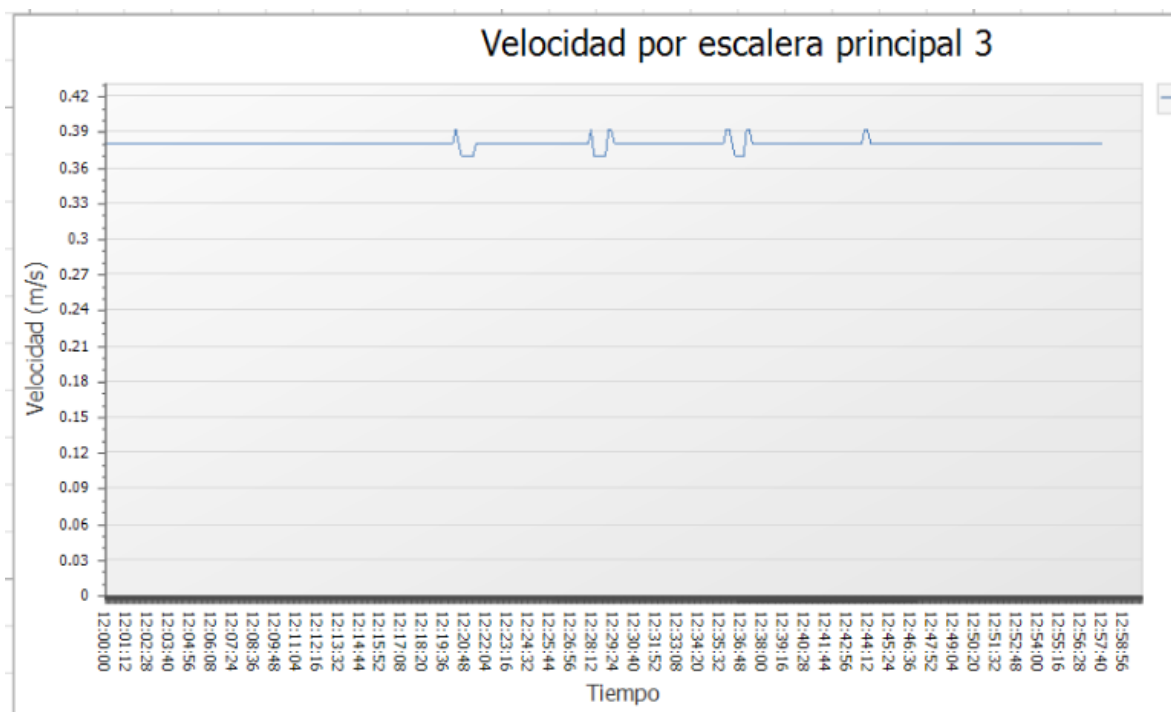
En la Gráfica 27 se observa el mismo efecto que en las dos anteriores.

Gráfica 27. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 4.



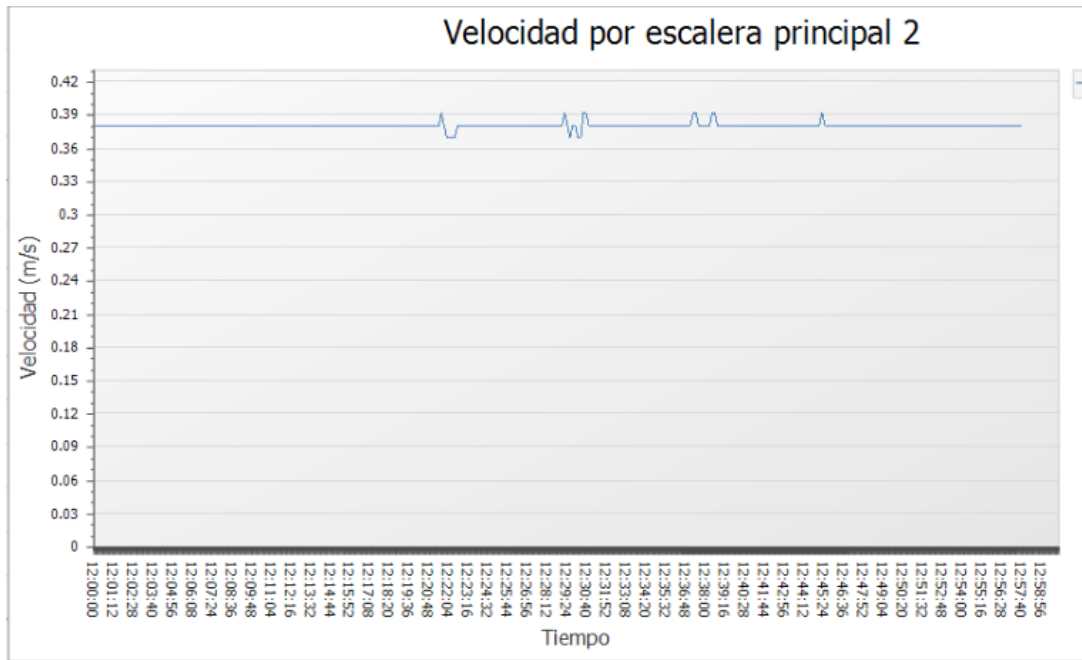
En la Gráfica 28 se observa una velocidad mínima de 0.37, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.38

Gráfica 28. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 3.



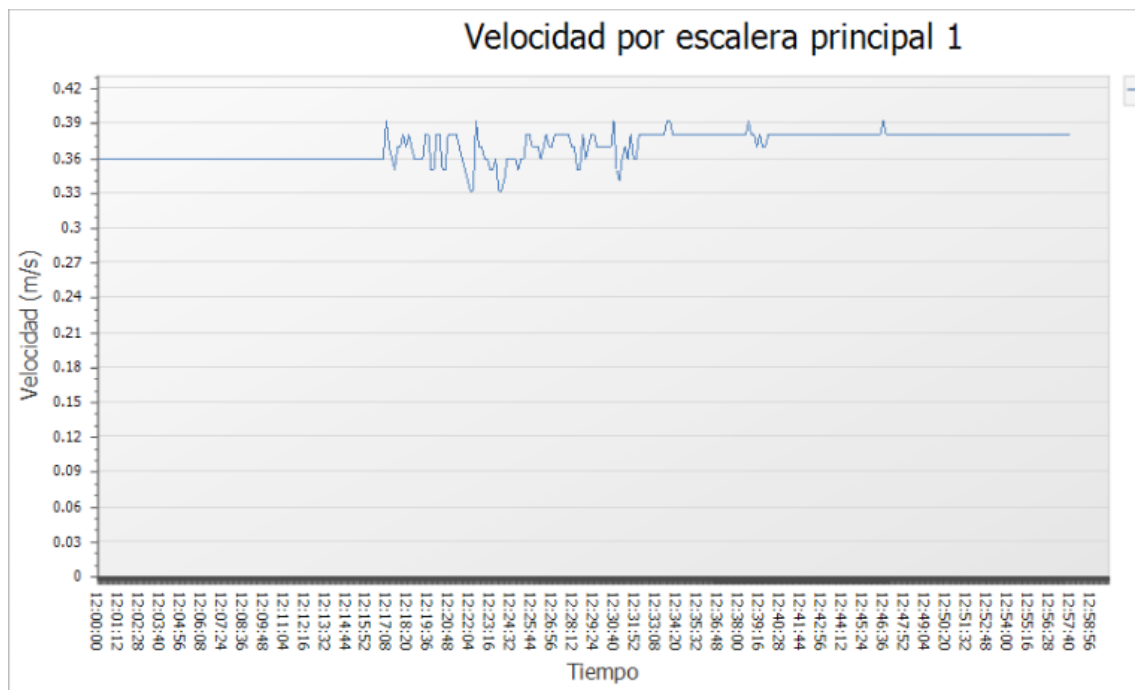
En la Gráfica 29 se observa una velocidad mínima de 0.37, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.38

Gráfica 29. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 2.



En la Gráfica 30 se observa una velocidad mínima de 0.33, velocidad máxima de 0.39 y una velocidad promedio de 0.373

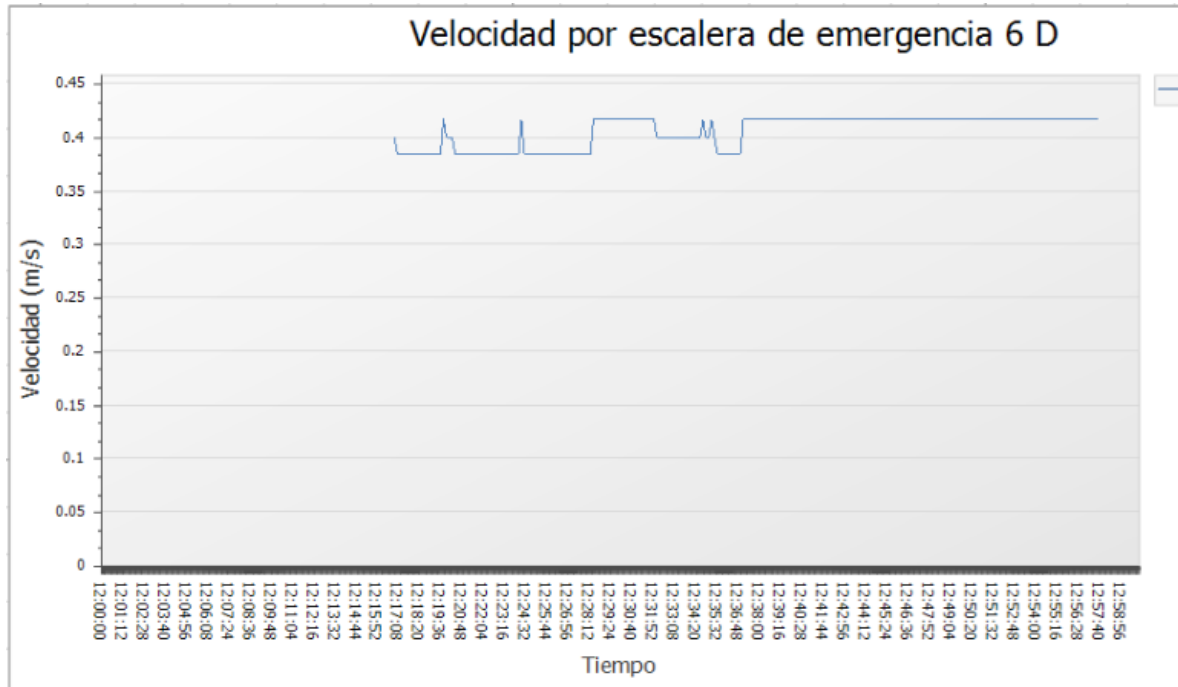
Gráfica 30. Velocidad de desplazamiento por escalera central, piso 1.



7.3 Velocidad de desplazamiento por las escaleras externas de la derecha.

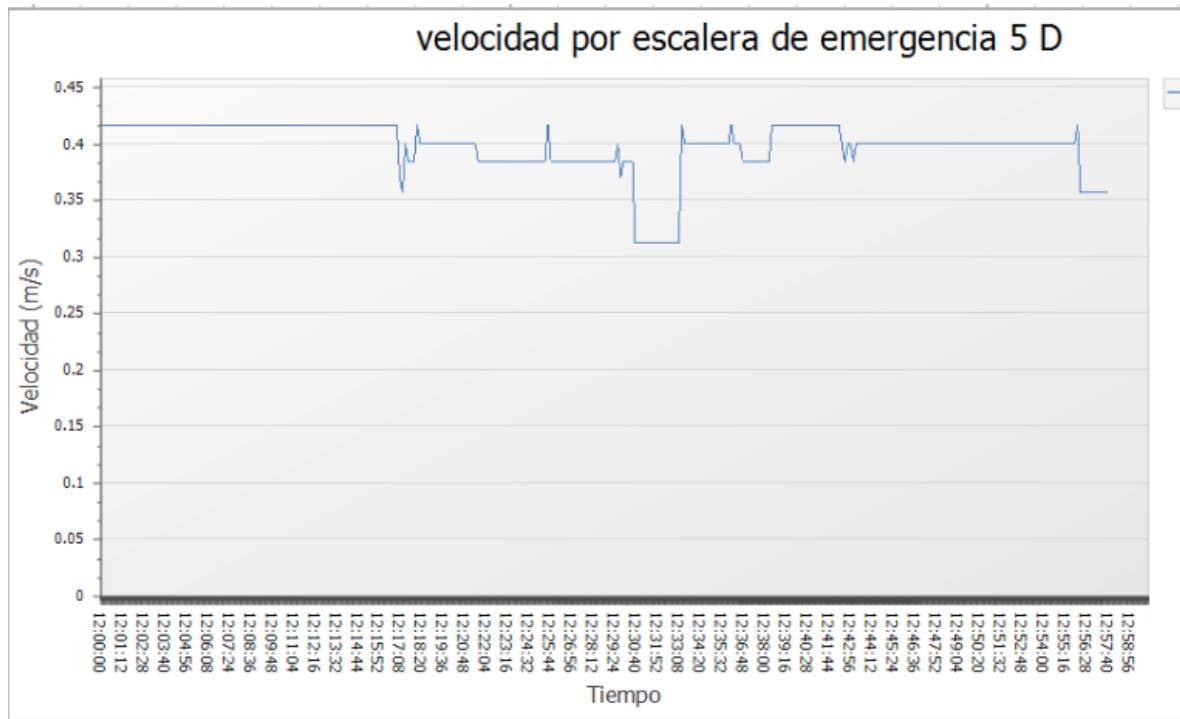
Se observa un comportamiento similar a las escaleras de emergencia de la izquierda. Se observa un incremento de la velocidad en las escaleras. En la Gráfica 31 se observa una velocidad mínima de 0.383, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.4.

Gráfica 31. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 6.



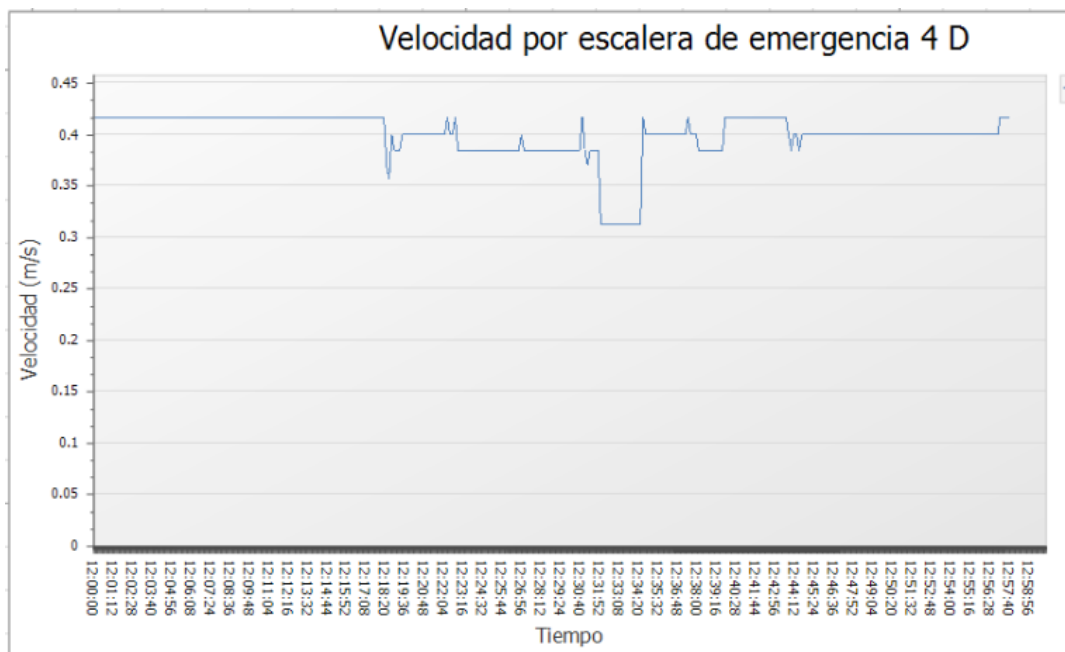
En la Gráfica 32 se observa una velocidad mínima de 0.313, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.399.

Gráfica 32. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 5.



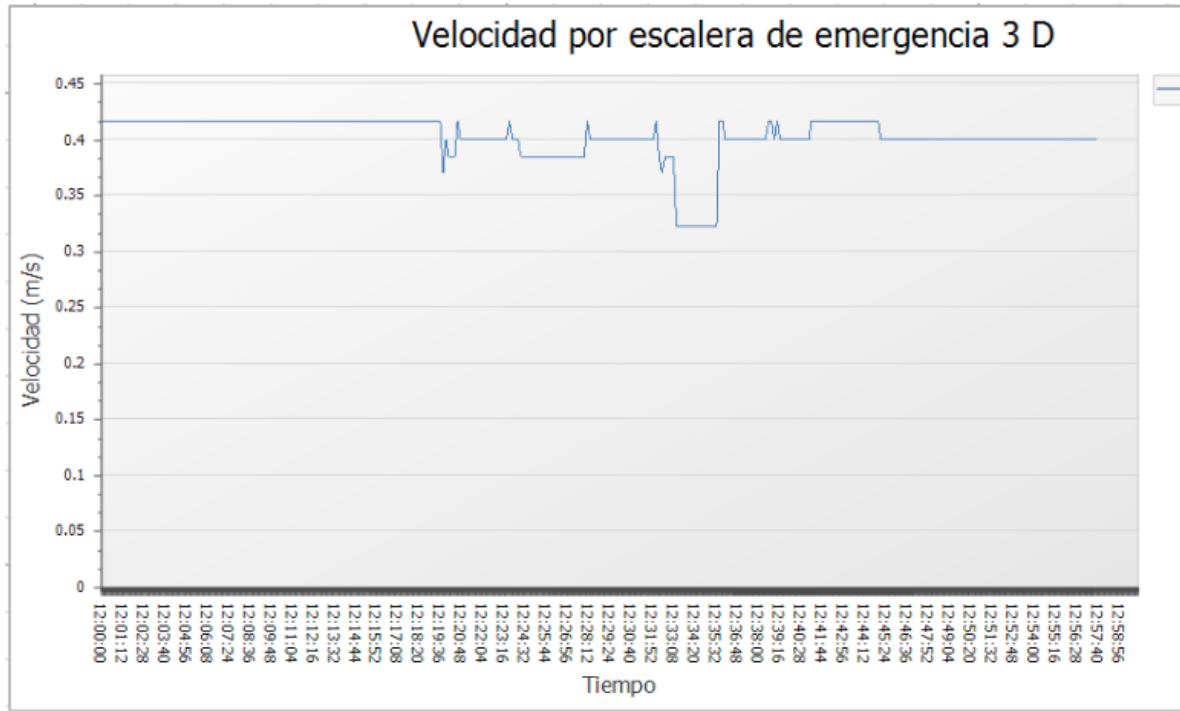
En la Gráfica 33 se observa una velocidad mínima de 0.313, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.399.

Gráfica 33. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 4.



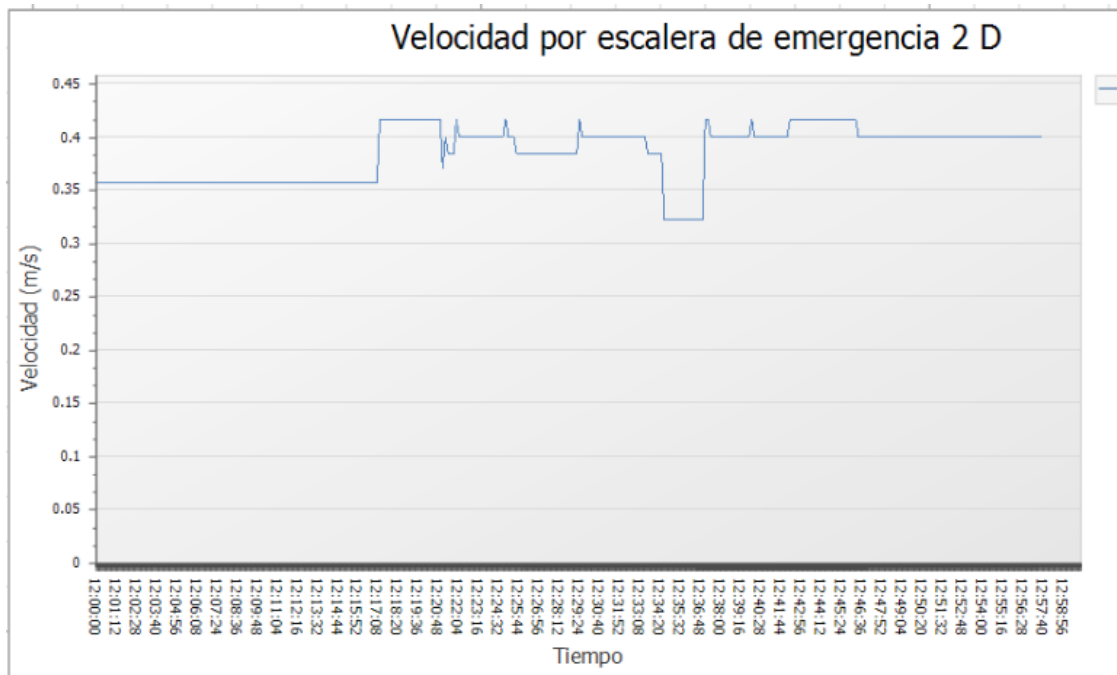
En la Gráfica 34 se observa una velocidad mínima de 0.323, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.4.

Gráfica 34. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 3.



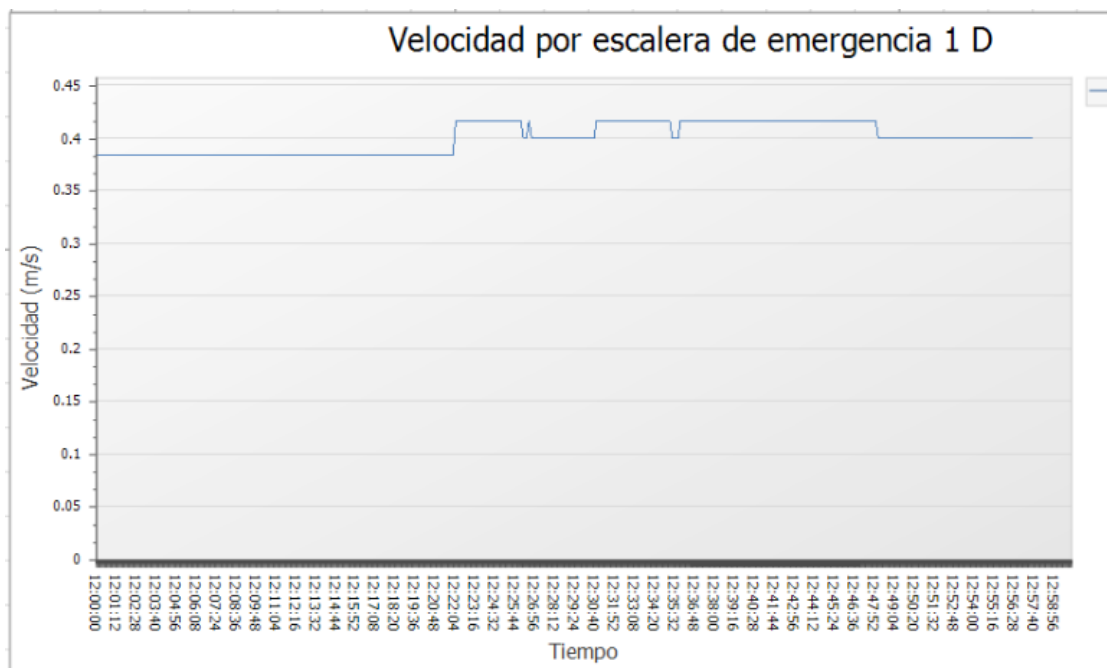
En la Gráfica 35 se observa una velocidad mínima de 0.324, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.4.

Gráfica 35. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 2.



Finalmente, la Gráfica 36 muestra velocidades más constantes que en el modelo actual. Se observa una velocidad mínima de 0.384, velocidad máxima de 0.416 y una velocidad promedio de 0.409

Gráfica 36. Velocidad de desplazamiento por escalera de emergencia derecha, piso 1.





8. Anexo C:

**Plan de Contingencia Hospitalario para dar Respuesta a Emergencia
por Sismos, desarrollado para el Hospital General Regional del IMSS en
Orizaba**

Plan de Contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos 2025



Unidad Interna de Protección Civil

Unidad: Hospital General Regional No. 1, “Lic. Ignacio García Téllez”

Domicilio: Oriente 6 No. 2115 Esquina Sur 41, colonia centro, Orizaba, Veracruz,
C.P. 94300

En conformidad a los Artículos 39 y 40 de la Ley General de Protección Civil, que establecen que establecen que cada hospital debe diseñar e implementar su propio plan de Contingencia en respuesta a las emergencias que puedan presentarse, para mitigar o eliminar riesgos, se elabora el presente Plan de Contingencia Hospitalario para dar Respuesta a Emergencia por Sismos, con fecha 25 de noviembre del 2025.

El presente Plan de contingencia de ser aprobado, estará vigente desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre del 2026. El presente Plan de Contingencia Hospitalario pasa a formar parte del acervo documental del Instituto Mexicano del Seguro Social y el mismo deberá constar por escrito y medios digitales por lo que en el supuesto de existir algún cambio en la estructura de la UIPC o del propio inmueble este deberá ser actualizado informando a la Coordinación Técnica de Protección Civil a más tardar dentro de los 15 días naturales a la fecha en que se realice la actualización correspondiente.

Contenido

Plan de Contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos 2025.....	1
Unidad Interna de Protección Civil	1
1 . Antecedentes.....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Datos generales de la empresa.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Alcance	4
1.5 Marco jurídico	5
2 . Análisis de riesgos externos e internos.....	7
2.1.1 Riesgos Externos	7
2.1.2 Riesgos internos.....	10
2.2 Señalización.....	16
2.3 Criterios de evacuación de áreas críticas	18
2.4 Planos del inmueble.....	19
3 . Plan de contingencia por sismos.....	31
3.1 Asignación de responsabilidades.....	31
3.2 Acciones de respuesta.....	33
4 . Conclusiones.....	37
5 Bibliografía.....	38

1 . Antecedentes

1.1 Introducción

En todo hospital el riesgo de un desastre por sismos siempre está presente. El terremoto de 1973 en Orizaba provocó miles de muertes en todo el estado, y dejó ver la necesidad de preparar a la sociedad para enfrentar tales eventos. En México, en el presente 2025 la ocurrencia de sismos ha aumentado de forma impresionante, tan solo en este año se han presentado 33 veces más eventos sísmicos que en el año 2000. De acuerdo a datos del Servicio Sismológico Nacional (SSN) en los últimos 5 años han ocurrido 151, 863 sismos en el país, de los cuales el 92% fueron menores a 4 grados en la escala de Richter, pero al menos 2 superaron los 7 grados (UNAM, 2025).

Debido a esta tendencia, la Ley General de Protección Civil, establece en sus artículos 39 y 40 que todo hospital debe de implementar su propio Programa Interno de Protección Civil, que se adapte a sus requerimientos y recursos disponibles, el cual deberá de disponer de un plan de contingencia para cada emergencia específica. Bajo esta premisa se diseña para el Instituto Mexicano del Seguro Social el presente plan de contingencia, que describe las acciones de respuesta ante una emergencia por sismos, con el objetivo de proteger la vida y seguridad del personal, derechohabientes y visitantes del Hospital General Regional del IMSS en Orizaba.

1.2 Datos generales de la empresa

El Hospital General Regional del IMSS en Orizaba es una institución dedicada a la investigación, atención médica y la administración de los recursos para el retiro de sus asegurados, con el propósito de dar tranquilidad y estabilidad a los trabajadores y sus familias, frente a cualquier amenaza especificada en la Ley del Seguro Social. Tiene por misión “ser el instrumento básico de la seguridad social, establecido como un servicio público de carácter nacional, para todos los trabajadores y trabajadoras y sus familias” (IMSS, 2025).

Ubicado en Oriente 6, No. 2115, Esquina Sur 41, colonia centro, Orizaba, Veracruz, C.P. 94300, fue fundado en el año 1947, cuando el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) seleccionó a Orizaba por su relevancia, económica, política y obrera, para iniciar sus servicios de atención medica en el estado de Veracruz. Actualmente se estima que más del 50% de la población mexicana tiene relación con el IMSS, el cual se mantiene como, la institución más grande en la rama de la salud en Latino América (IMSS, 2025).

1.3 Objetivos

General:

Definir el protocolo de respuesta ante una emergencia por sismos con el objetivo de proteger la integridad de los pacientes, trabajadores y usuarios del Hospital General Regional del IMSS en Orizaba, permitiendo la continuidad de las actividades de la institución.

Específicos:

- Proteger la integridad física de los usuarios del edificio: derechohabientes, familiares y personal del hospital, mitigando los riesgos y conservando la capacidad de respuesta ante una eventualidad.
- Promover la cultura de la protección civil en todo el personal, garantizando el cumplimiento de sus responsabilidades asignadas en evento sísmico.
- Promover la colaboración entre autoridades y trabajadores a favor del Plan de Contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos.
- Fortalecer las estrategias y habilidades del Programa Interno de Protección Civil necesarias al enfrentarse a una emergencia de naturaleza sísmica, para reducir o prevenir riesgos y restablecer las actividades normales del hospital en el menor tiempo.

1.4 Alcance

Cada hospital debe contar con su propio plan de contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos, debido a que este debe de adaptarse a los recursos disponibles y condiciones específicas del hospital.

Este plan de contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos, ha sido diseñado para el Hospital General Regional del IMSS No.1 en Orizaba, ubicado en: Oriente 6, No. 2115 Esquina Sur 41, colonia Centro, Orizaba, Veracruz, C.P. 94300.

1.5 Marco jurídico

- 1.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
D.O.F. 05-02-1917 y sus reformas.
- 1.1.2. Ley de Planeación.
D.O.F. 05-01-1983 y sus reformas
- 1.1.3. Ley General de Protección Civil.
D.O.F. 06-06-2012 y sus reformas
- 1.1.4. Reglamento de la Ley General de Protección Civil.
D.O.F. 13-05-2014 y sus reformas
- 1.1.5. Ley General de Salud y sus Reglamentos.
D.O.F. 07-02-1984 y sus reformas.
- 1.1.6. Ley del Seguro Social y sus Reglamentos.
D.O.F. 21-12-1995 y sus reformas.
- 1.1.7. Ley Federal del Trabajo.
D.O.F. 01-04-1970 y sus reformas.
- 1.1.8. Reglamento Interior del IMSS.
D.O.F. 18-09-2006 y sus reformas.
- 1.1.9. Decreto por el que se declara Día Nacional de Protección Civil, el 19 de septiembre de cada año.
DOF 19/-09-2001.
- 1.1.10. NOM-003-SSPC-2011, Señales y avisos para Protección Civil – Colores, formas y símbolos a utilizar, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.11. NOM-008-SSPC-2015, Personas con discapacidad – Acciones de prevención y condiciones de seguridad en materia de Protección Civil en situación de emergencia o desastre, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.12. NOM-009-SSPC-2015, Medidas de previsión, prevención y mitigación de riesgos en centros de atención infantil en la modalidad pública, privada y mixta, vigente o la que la sustituya.

- 1.1.13. NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo - Condiciones de seguridad e higiene, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.14. NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.15. NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.16. NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.17. NOM-006-STPS-2023, Almacenamiento y manejo de materiales mediante el uso de maquinaria – Condiciones de seguridad en el trabajo, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.18. NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral – Reconocimiento, evaluación y control, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.19. NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.20. NOM-018-STPS-2015, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, vigente o la que la sustituya.
- 1.1.21. NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene, vigente o la que la sustituya.

2 . Análisis de riesgos externos e internos

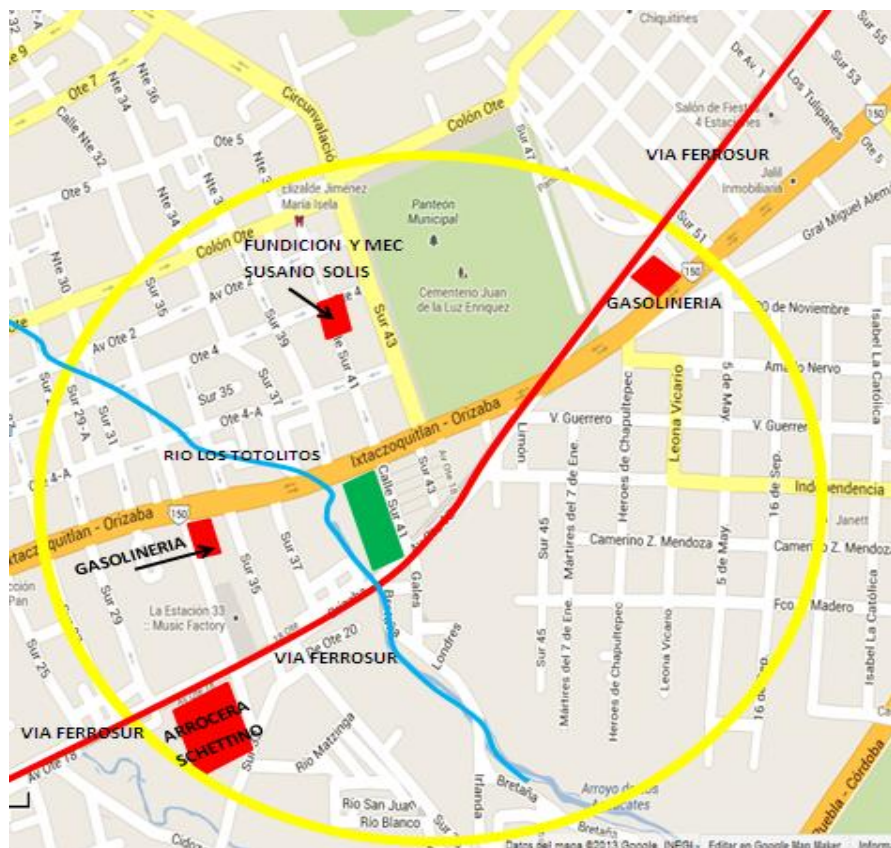
El análisis de riesgos de una institución tiene como propósito el evaluar los posibles daños y efectos que podría tener un evento sísmico sobre las instalaciones del Hospital General Regional del IMSS en Orizaba, permitiendo desarrollar medidas de prevención.

2.1.1 Riesgos Externos

En la **Figura 1** las empresas y áreas de la ciudad en un radio de 500 metros a la redonda del hospital, que pueden representar un riesgo de afectar la atención médica en la institución, son marcados con color rojo. Ejemplo de ellos son: gasolineras, almacenes de sustancias tóxicas o inflamables, talleres mecánicos, entre otros.

Figura 1.

Croquis de riesgos externos en un radio de 500 metros.



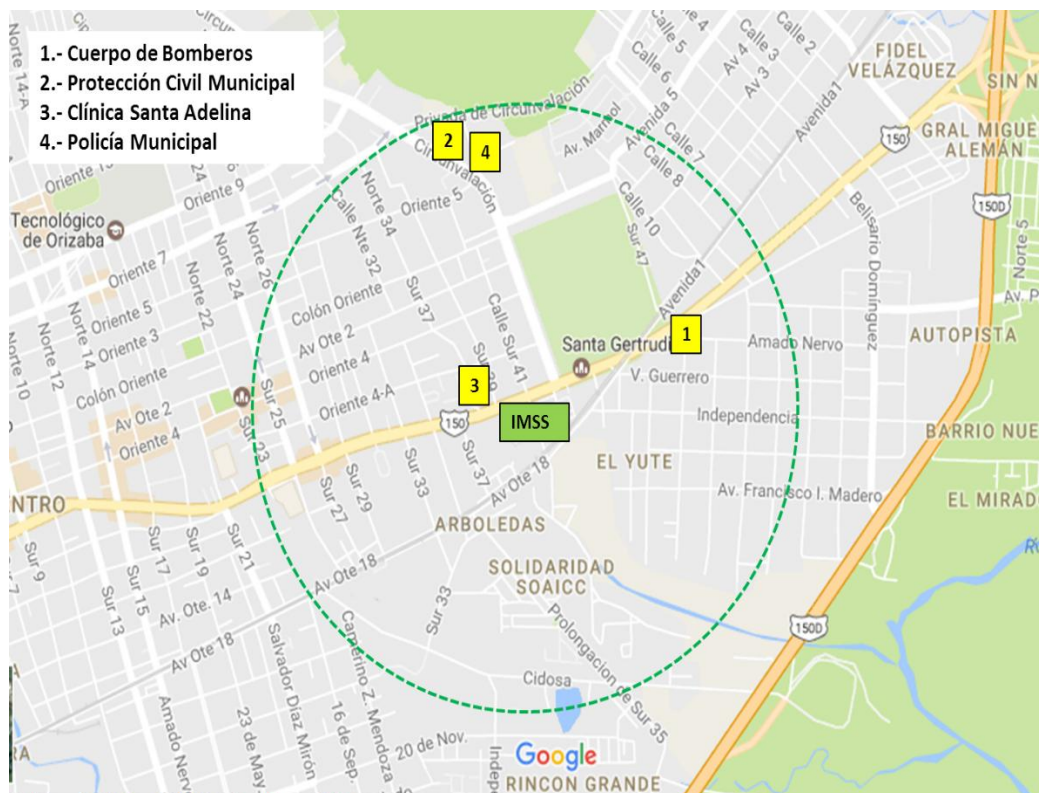
Nota: Obtenido del HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social (HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social, 2025).

Por otro lado, también es importante considerar las instituciones que pueden brindar apoyo en una contingencia en un radio de un kilómetro a la redonda del hospital. Ejemplos de ellas

son el cuerpo de bomberos, la policía municipal o clínicas cercanas. La **Figura 2** presenta el croquis con la ubicación de las empresas dispuestas a prestar su apoyo.

Figura 2.

Instituciones que prestadoras de apoyo en emergencias.



Nota: Obtenido del HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social (HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social, 2025).

A continuación, en la **Tabla 1** se presenta la evaluación de peligros externos, realizada en base a las Normas Oficiales Mexicanas. Esta evaluación se realiza valorando la posibilidad de que un agente perturbador ocurra y ocasione un daño, riesgo o desastre significativo.

Tabla 1.
Evaluación de peligros externos.

PELIGROS EXTERNOS					
En un radio de 500 metros del inmueble e indicar si alguno de los siguientes elementos presenta algún nivel de riesgo.					
Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Tanques elevados		x			
Torres con cables de alta tensión		x			
Postes de energía eléctrica			x		
Transformadores de electricidad		x			
Alcantarillas y registros abiertos		x			
Bardas, mallas, cercas, etc. para delimitación territorial o contra robo		x			
Banquetas desalineadas		x			
Postes telefónicos		x			
Árboles viejos o grandes y ramas que puedan desgajarse		x			
Rampas para autos		x			
Vías de ferrocarril			x		
Calles con excesiva circulación vehicular			x		
Calles sin pavimentar	x				
Calles con inclinación pronunciada		x			
Calles cerradas al tráfico		x			
Calles estrechas		x			
Carreteras		x			
Terrenos baldíos		x			
Construcciones vecinas dañadas		x			
Construcciones vecinas muy altas		x			
Desprendimiento de vidrios de ventanas		x			
Marquesinas o anuncios espectaculares que puedan caer		x			
Acabados de fachada		x			
Inclinación notaria, daño en cimentación, columnas o muros de inmuebles		x			

Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Fábricas o establecimientos que manejen o cuenten con depósitos de sustancias tóxicas, inflamables o explosivas.		x			
Pasos a desnivel para vehículos		x			
Puentes peatonales		x			
Gasolineras			x		
Oleoductos o gasoductos		x			
Ríos o lagos			x		
Cerros o laderas		x			
Terminales aéreas, terrestres o marítimas.	x				

Nota: Obtenido del HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social (HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social, 2025).

2.1.2 Riesgos internos

Un plan de contingencia de respuesta a sismos, no solo considera los riesgos externos, sino mayormente aquellos al interior del edificio, aquellos departamentos o zonas que pueden representar un riesgo para el personal que circule por estas áreas, por lo que deben ser evitadas durante la evacuación en la medida de lo posible. Áreas tales como, talleres, almacenes de fluidos tóxicos o inflamables, generadores eléctricos, entre otros. Dichas áreas son marcadas con color rojo en el croquis de la **Figura 3**.

Figura 3.
Croquis de áreas de riego al interior del hospital.



Nota: Obtenido del HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social (HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social, 2025)

Del mismo modo se procede a hacer la evaluación de riesgos internos, considerando la posibilidad de ocurrencia de que un agente perturbador ocasione algún daño o desastre durante un sismo. La evaluación de riesgos internos se presenta en la **Tabla 2**.

Tabla 2.
Evaluación de riesgos internos.

EVALUACIÓN DE PELIGROS INTERNOS CON BASE EN LA NORMATIVIDAD APLICABLE					
Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Condiciones del inmueble NOM-001-STPS-2008					
Orden y limpieza en las instalaciones		x			
Pisos llanos y sin estancamiento de líquidos		x			
Huellas de los escalones de material antiderrapante		x			LAS ESCALERAS SI TIENEN
Estacionamiento con señalamiento de velocidad máxima de circulación		x			
Escaleras de emergencia exteriores NOM-001-STPS-2008					
Obstrucción u obstáculos		x			VERIFICADO
Diseño que permite el drene de líquidos		x			VERIFICADO
Huellas resistentes y con material antiderrapante		x			VERIFICADO
Señaladas en sus accesos		x			VERIFICADO
Puertas de acceso a escaleras de emergencia exteriores NOM-001-STPS-2008					
Abren en el sentido del flujo de evacuación		x			SI APLICA
Cuentan con mecanismo de apertura rápida (barra antipánico)		x			SI APLICA
Extintores NOM-002-STPS-2010					
Excede una distancia máxima de 15 metros de recorrido		x			VERIFICADO
Altura no mayor a 1.50 metros, medidos del piso hasta la parte alta del equipo		x			VERIFICADO
Protegidos de daños y condiciones ambientales		x			VERIFICADO
lugar de ubicación visible, de fácil acceso y libres de obstáculos		x			VERIFICADO
Manómetro en zona de operación y caratula legible y visible		x			VERIFICADO
Mantenimiento y recarga vigente		x			VERIFICADO

Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Etiqueta, placa o grabado, legibles y sin alteraciones		x			VERIFICADO
Libres de obstáculos que impida la circulación de los trabajadores y ocupantes		x			VERIFICADO
Rutas de evacuación NOM-002-STPS-2010					
Libres de obstáculos que impida la circulación de los trabajadores y ocupantes		x			VERIFICADO
Dispositivo de iluminación de emergencia en caso de que se interrumpa la luz o falte iluminación natural		x			VERIFICADO
Desniveles o escalones en pasillo y corredores de la ruta, señalados por cambio de nivel		x			
Salidas normales y de emergencia NOM-002-STPS-2010					
Puertas con apertura en sentido del flujo		x			VERIFICADO
Puertas con mecanismo de simple empuje		x			VERIFICADO
Libres de obstáculos, picaportes, candados o cerraduras con seguros puestos, durante las horas laborales		x			EN ALGUNOS PUNTOS FALTAN ALARMAS SONORAS POR APERTURA
Manejo y almacenamiento de materiales NOM-006-STPS-2023					
Señales de altura máxima de estiba				x	
Las estibas no impiden el acceso a las rutas de evacuación y salidas de emergencia, así como a los sistemas de alarma; equipos contra incendio y de rescate, entre otros		x			
Sin materiales con aristas filosos o puntiagudas hacia los pasillos de tránsito		x			
Identificación y comunicación por sustancias químicas peligrosas NOM-018-STPS-2015					
Depósitos, recipientes y áreas identificadas			x		VERIFICADO
Señalar el depósito o recipiente con el pictograma de seguridad para identificar la sustancia química			x		

Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Recipientes sujetos a presión y calderas NOM-020-STPS-2011					
Disponen de espacio suficiente para su operación, revisión y mantenimiento		x			VERIFICADO
protección física en áreas expuesta a golpes de vehículos		x			VERIFICADO
Instalaciones eléctricas NOM-029-STPS-2011					
Los equipos indican las características eléctricas que manejan y el equipo que energizan		x			VERIFICADO
Se retiran las instalaciones provisionales al término del propósito para el cual fueron colocadas.		x			VERIFICADO
Planta de emergencia en funcionamiento				x	YA MUY OBSOLETA
Instalaciones sin sobrecarga eléctrica		x			
Señales y Avisos para Protección Civil NOM-003-SSPC-2011					
Se cuenta con señales informativas de ruta de evacuación, zona de menor riesgo, punto de reunión, salida de emergencia, escalera de emergencia, para personas con discapacidad, entre otras		x			SI EXISTE
Se tienen instalada la señalización informativa de emergencia de ubicación de extintor, hidrante, alarma, teléfono de emergencia, equipo de emergencia, entre otros		x			SI EXISTE
Se cuenta con la señalización de precaución de sustancias tóxicas, material inflamable o combustible, radiaciones ionizantes, advertencia de riesgo eléctrico y biológico, etc.		x			SI EXISTE
Se tienen señales prohibitivas o restrictivas de fumar, encender fuego, no utilizar en sismo e incendio, prohibido el paso, etc.		x			SI EXISTE
Se cuenta con señales obligatorias de uso de gafete, registro para acceso, posición de estacionamiento, entre otras.		x			SI EXISTE

Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Personas con discapacidad NOM-008-SSPC-2015					
En los inmuebles de concurrencia masiva y libre acceso, cuentan con información en formato accesible de las rutas de evacuación, salidas de emergencia y zonas de menor riesgo		x			SI EXISTE
Informan a los trabajadores o estudiantes con discapacidad, para ser ubicados en planta baja o lugares cercanos a la ruta de evacuación o salida de emergencia, siempre que no implique riesgo para los demás usuarios.		x			
Existen dispositivos de alarma en las instalaciones para los diferentes tipos de discapacidad que permita alertar en caso de emergencia o desastre.		x			
Discapacidad física, intelectual, psicosocial o sensorial podrá ser desde un silbato hasta un sistema de sonido local.		x			
Discapacidad auditiva podrá ser desde un foco hasta una sirena con lámpara estroboscópica intermitente.		x			
Existe documento por escrito de las personas con discapacidad para participar en los simulacros			x		SE REDACTA
Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas NOM-005-STPS-1998					
Se cuenta con instalaciones, equipo o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas en caso de derrame de líquidos o fuga de gases, se impida su escurrimiento o dispersión.		x			
Con base en el estudio para analizar el riesgo potencial, se tiene colocadas las señales, avisos, colores e identificación de fluidos conducidos en tuberías.		x			
Se realiza el llenado de los recipientes que contengan sustancias químicas peligrosas en estado líquido a presión atmosférica debe hacerse máximo hasta el noventa por ciento de su capacidad.		x			

Elementos de peligro	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Observaciones y Ubicación
Los recipientes fijos de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas deben contar con cimentaciones a prueba de fuego.		x			
Las tuberías y recipientes fijos que contengan sustancias químicas peligrosas deben contar con sistemas que permitan interrumpir el flujo de dichas sustancias.		x			
Se debe contar con zonas específicas para el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas.		x			
En las áreas del centro de trabajo donde se manejen, transporten o almacenen estas sustancias, las paredes, pisos, techos, instalaciones y cimentaciones deben ser de materiales resistentes al fuego.		x			
Las áreas destinadas para este fin deben estar aisladas de cualquier fuente de calor o ignición.		x			
Los recipientes fijos donde se almacenen estas sustancias deben contar con dispositivos de relevo de presión y arrestador de flama.				x	SE GESTIONARÁ

Nota: Obtenido del HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social (HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social, 2025)

2.2 Señalización

La señalización de rutas de evacuación en eventos sísmicos ha sido dispuesta en todo el inmueble conforme a lo establecido en la NOM-003-SSPC-2011, con el objetivo de que los visitantes, derechohabientes y personal puedan visualizar las señales y seguir sus indicaciones para actuar de forma correcta ante una emergencia por sismos.

Como se muestra en la **Figura 4** las señales de ruta de evacuación indican la ruta de evacuación a seguir en caso de una emergencia, la persona debe seguir la dirección que indica la flecha para salir del edificio.

Figura 4.
Señales de ruta de evacuación.



Las señales que se muestran en la **Figura 5** indican las salidas de emergencia. Estas se encuentran normalmente cerradas, y se abren al activarse la alarma contra sismos permitiendo salir por ellas

Figura 5.
Señales de salida de emergencia.



Las señales de zona de seguridad, como se muestra en la **Figura 6**, indican los lugares dentro del inmueble a los que los usuarios del edificio deben de aproximarse para resguardarse temporalmente mientras dure el movimiento sísmico.

Figura 6.
Señales de zona de seguridad.



Finalmente, las señales del punto de reunión, como la que se muestra en la **Figura 7**, están localizadas en el exterior del edificio e indican el lugar en el que deben reunirse todos los visitantes, derechohabientes y personal del edificio en el menor tiempo posible. Una vez alcanzado el punto de reunión, se debe permanecer en él hasta que el cuerpo de gobierno indique el reingreso a las instalaciones o dé una resolución.

Figura 7.
Señales de punto de reunión.



2.3 Criterios de evacuación de áreas críticas

De acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, cada hospital debe de diseñar su propio Programa de Protección Civil, en el cual se definan también los criterios para evacuación. Para pacientes de áreas críticas, con pocas o nulas posibilidades de recuperación, y que su

evacuación pone en riesgo la vida del personal médico, se recomienda utilizar los criterios establecidos por la Organización Panamericana de la Salud (Organización Panamericana de la Salud, 2024), que establecen 5 grupos de evacuación en base a sus requerimientos:

- Grupo 1: Abarca a los pacientes estables o de prealta, que no requieren soporte. Estos pueden ser evacuados en grupos, con mínimas direcciones.
- Grupo 2: Se refiere a los pacientes que requieren de dispositivos de apoyo para su movilidad, tales como sillas de ruedas, muletas o andaderas. Estos pueden ser asistidos por el familiar que los acompaña.
- Grupo 3: Pacientes que requieren apoyo respiratorio bajo ($FiO_2 < 50\%$), con equipos poco invasivos y sin necesidad de aminas vasoactivas. Este grupo representa un mayor reto para su evacuación.
- Grupo 4: Este grupo engloba a los pacientes que requieren un apoyo respiratorio alto ($FiO_2 > 50\%$), soporte vasopresor o equipo de hemodiálisis. Requieren una gran cantidad de recursos para su evacuación por lo que se recomienda aplicar criterio.
- Grupo 5: Este grupo comprende a los pacientes con pocas o nulas posibilidades de recuperación y que su traslado pondría en riesgo más vidas. Pacientes con diagnóstico de muerte cerebral o en condición inmediata después de un trasplante. Se recomienda no evacuar a este grupo.

2.4 Planos del inmueble

El edificio del Hospital General Regional del IMSS en Orizaba, se compone de dos secciones principales: el área de urgencias, la cual recibe a los pacientes que requieren de atención inmediata sin haber agendado una cita; y el área de piso, la cual recibe a los pacientes con atención programada y aquellos que requieren observación postoperatoria.

En una contingencia por sismos es importante conocer la ubicación de las zonas seguras, la disposición de las salidas de emergencia, las rutas de evacuación a seguir y los puntos de reunión a alcanzar en un evento sísmico. Por consiguiente, se presentan a continuación los planos del edificio por cada piso en los que se indican la ubicación de los señalamientos y la ruta de evacuación a seguir en una emergencia por sismos. La **Figura 8** muestra la localización de los puntos de reunión, es una vista desde la parte trasera del hospital.

The floor plan illustrates the layout of the Hospital General de San Carlos de Lima. Key areas include:

- Departments:** FISIATRIA, SALUD MENTAL, LAB. REGIONAL, BANCO DE SANGRE, CASA DE MÁQUINAS, PASO CUBIERTO, CISTERNAS, TANQUE DE COQUE, LABORATORIO DE ELECTRONICA, LABORATORIO DE QUIMICA, LABORATORIO DE FISICA, LABORATORIO DE BIOMEDICINA, LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA, LABORATORIO DE PARASITOLOGIA, LABORATORIO DE VIROLOGIA, LABORATORIO DE INMUNOLOGIA, LABORATORIO DE GENETICA, LABORATORIO DE CITOPATOLOGIA, LABORATORIO DE HISTOPATOLOGIA, LABORATORIO DE ANATOMIA PATOLOGICA, LABORATORIO DE FISIOPATOLOGIA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA RESPIRATORIA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA CARDIORESPIRATORIA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA MUSCULOESQUELETICA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA NEUROMUSCULAR, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA PEDAGOGICA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA PSICOLOGICA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA SOCIOCOMUNITARIA, LABORATORIO DE FISIOTERAPIA INTERDISCIPLINARIA.
- Other Areas:** CUARTO DE EMERGENCIA, CUARTO DE RADIOLOGIA, CUARTO DE QUIRURGIA, CUARTO DE GINECOLOGIA, CUARTO DE OBSTETRICIA, CUARTO DE PEDIATRIA, CUARTO DE GERIATRIA, CUARTO DE NEFROLOGIA, CUARTO DE ENDOCRINOLOGIA, CUARTO DE NEUMOLOGIA, CUARTO DE CARDIOLOGIA, CUARTO DE ONCOLOGIA, CUARTO DE HEMATOLOGIA, CUARTO DE INFECCIONES, CUARTO DE ALERGIAS, CUARTO DE RUMATISMO, CUARTO DE NEUROLOGIA, CUARTO DE PSQUIATRIA, CUARTO DE FISIATRIA, CUARTO DE SALUD MENTAL, CUARTO DE LAB. REGIONAL, CUARTO DE BANCO DE SANGRE, CUARTO DE CASA DE MÁQUINAS, CUARTO DE PASO CUBIERTO, CUARTO DE CISTERNAS, CUARTO DE TANQUE DE COQUE, CUARTO DE LABORATORIO DE ELECTRONICA, CUARTO DE LABORATORIO DE QUIMICA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISICA, CUARTO DE LABORATORIO DE BIOMEDICINA, CUARTO DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE PARASITOLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE VIROLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE INMUNOLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE GENETICA, CUARTO DE LABORATORIO DE CITOPATOLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE HISTOPATOLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE ANATOMIA PATOLOGICA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOPATOLOGIA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA RESPIRATORIA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA CARDIORESPIRATORIA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA MUSCULOESQUELETICA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA NEUROMUSCULAR, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA PEDAGOGICA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA PSICOLOGICA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA SOCIOCOMUNITARIA, CUARTO DE LABORATORIO DE FISIOTERAPIA INTERDISCIPLINARIA.

Figura 10.
Planos del sótano.

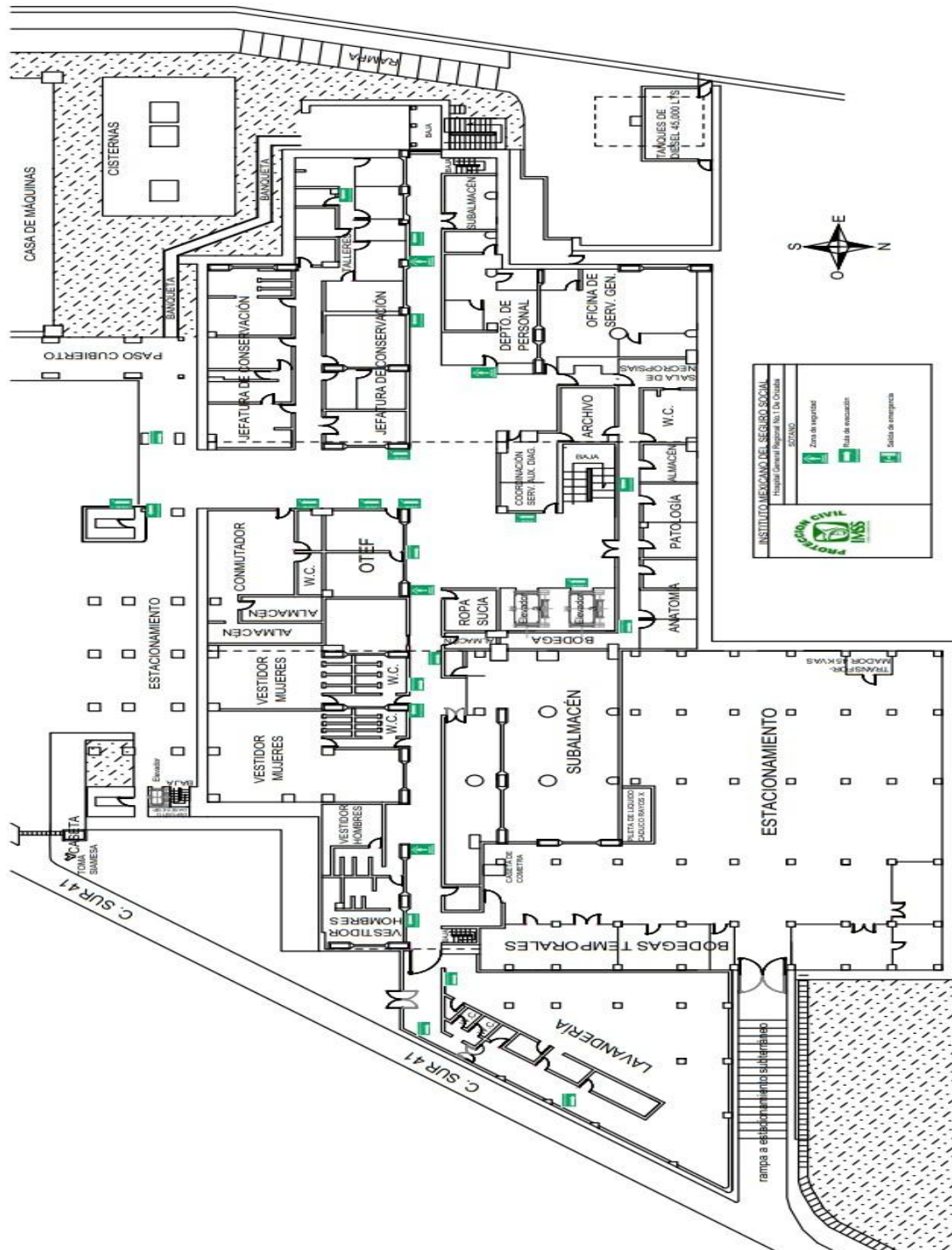


Figura 11.
Planos de planta baja urgencias.

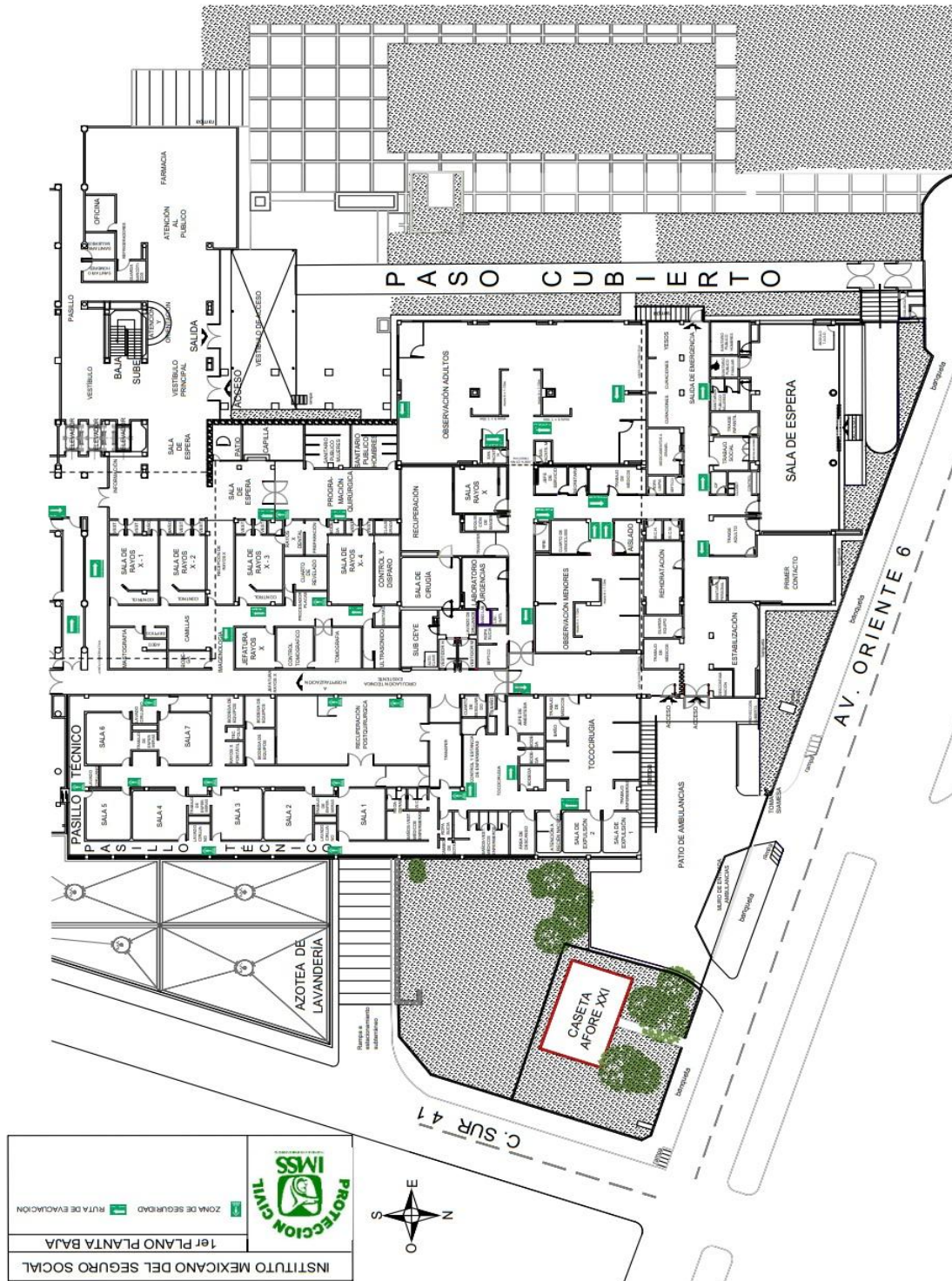


Figura 12.
Planos de planta baja, edificio.

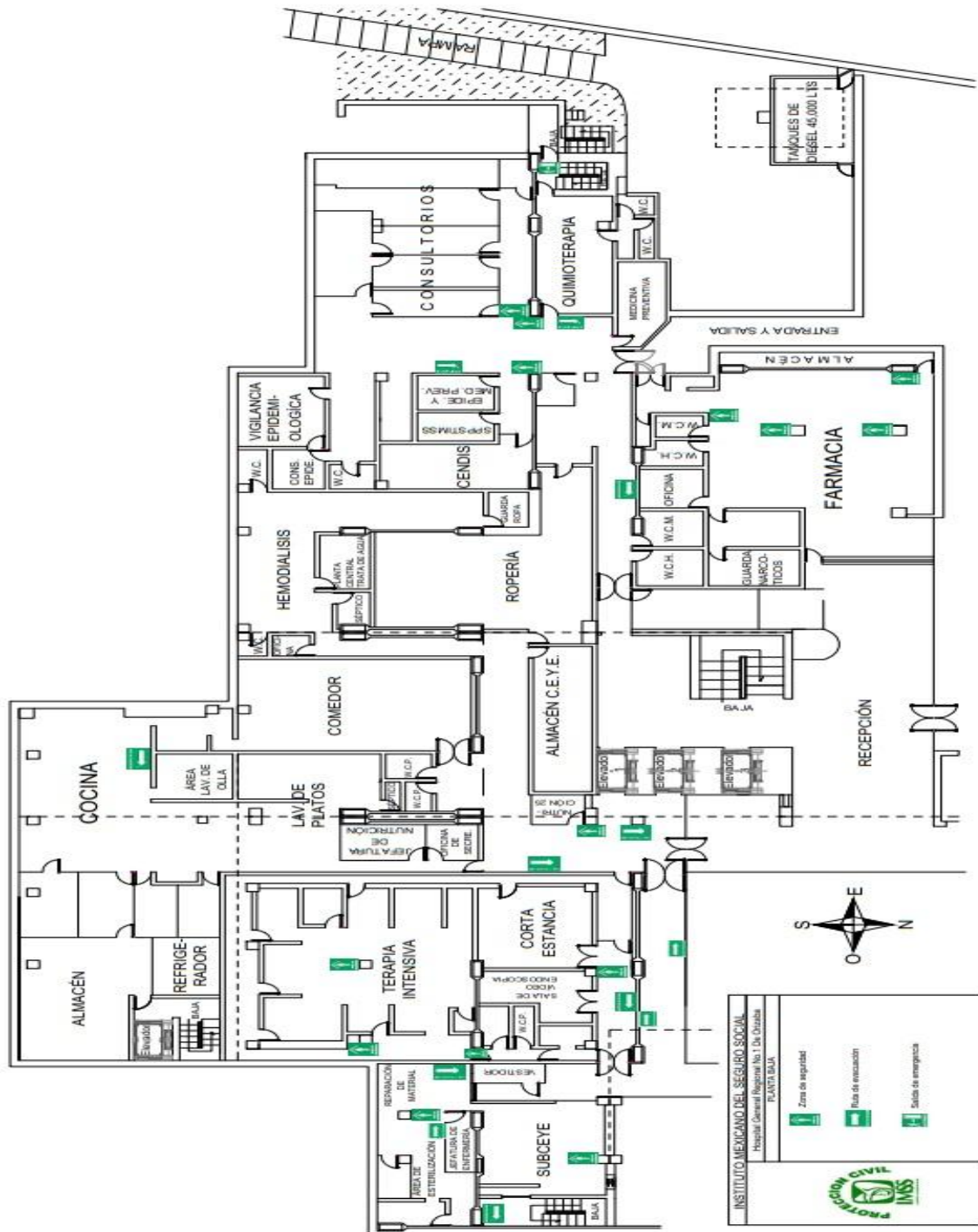


Figura 13.
Planos del piso 1.

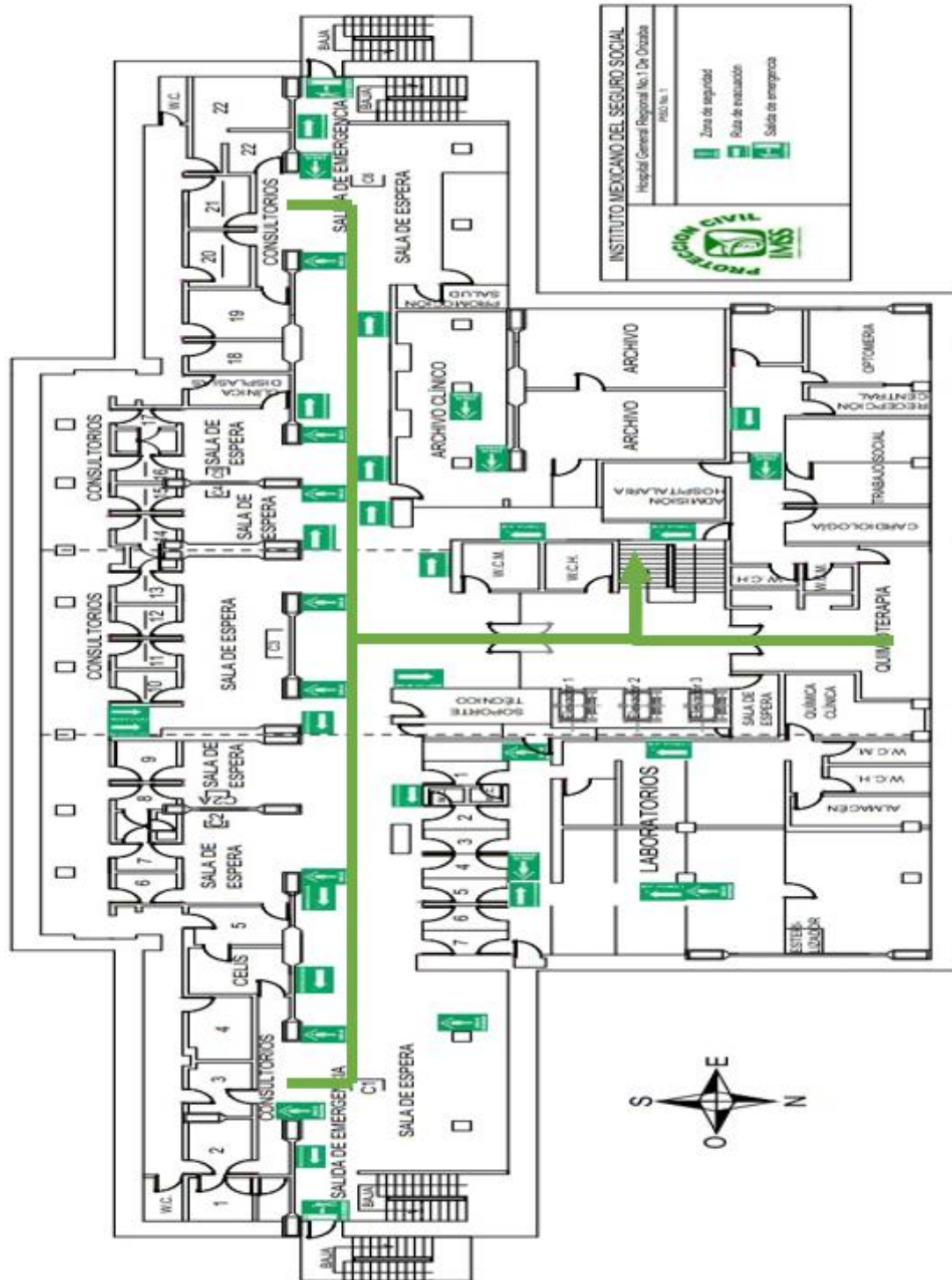
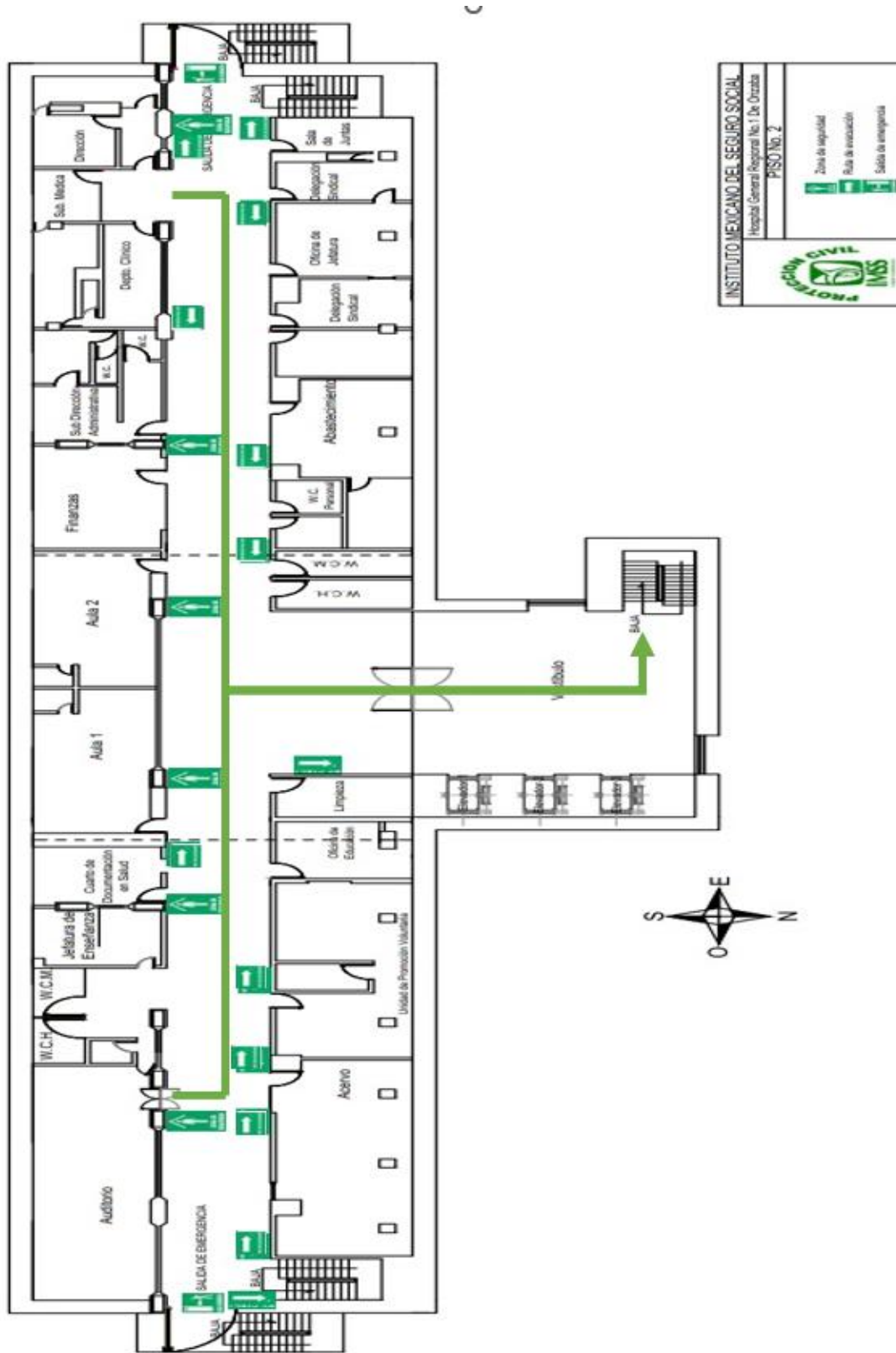


Figura 14.
Planos del piso 2.



3 . Plan de contingencia por sismos

En esta sección se describen los responsables de liderar cada brigada que actuará durante un movimiento telúrico, el número de integrantes con el que cuenta cada brigada y las actividades asignadas para cada una de las brigadas, para el cuerpo de gobierno, personal y derechohabientes, con la finalidad de salvaguardar la integridad física de todos los usuarios del inmueble.

3.1 Asignación de responsabilidades

La **Tabla 3** es el formato que contendrá los datos de directorio de los integrantes del cuerpo de gobierno y jefes de brigada, con el propósito de mantener comunicación con ellos en una emergencia. Se deberá de contar con su nombre, teléfono o extensión y su correo institucional.

Tabla 3.

Directorio de jefes de brigada y cuerpo de gobierno.

Cargo en la UIPC	Nombre	Puesto o categoría	Ubicación en el inmueble	Teléfono o extensión	Correo Institucional
Presidente/a		DIRECTOR MEDICO	2Do PISO		
Coordinador Operativo		SUBDIRECTOR MEDICO	2Do PISO		
Coordinador Operativo		SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO	2Do PISO		
Coordinador Operativo		SUBDIRECTOR MEDICO	2Do PISO		
Coordinador Operativo		SUBDIRECTOR MEDICO	2Do PISO		
Coordinador Operativo		SUBDIRECTOR MEDICO	2Do PISO		
Coordinador Operativo		SUBDIRECTOR MEDICO	2Do PISO		
Coordinador/a de Brigada de Evacuación y Repliegue					
Coordinador/a de Brigada de Prevención y Combate de Incendios					

Coordinador/a de Brigada de Primeros Auxilios					
Coordinador/a de Brigada de Primeros Auxilios					
Coordinador/a de Brigada de Búsqueda y Rescate					
Coordinador/a de Brigada de Control de Fluidos y Energéticos					
Coordinador/a Brigada de Comunicación					

En conjunto con la tabla anterior, la **Tabla 4** indica el número de personas que debe integrar cada brigada según el turno en el que se encuentren

Tabla 4.
Número de brigadistas en cada turno.

3.2.4. Brigadas.							
Área o Turno	Brigada						
	Combate de incendios	Evacuación	Primeros auxilios	Búsqueda y rescate	Control de Fluidos y energéticos	Seguridad	Comunicación
MATUTINO	7	15	54	20	7	6	4
VESPERTINO	3	10	39	15	8	4	2
NOCTURNO	2	2	55	2	6	2	1
JORNADA ACUMULADA	1	2	20	2	1	2	1
Total	13	29	168	39	22	14	8

Nota: Obtenido del HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social (HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social, 2025).

3.2 Acciones de respuesta

Tipo de alertamiento:

La alarma se activa mediante un botón que hace sonar la alarma en todo el hospital y las puertas de emergencia son abiertas automáticamente. Al mismo tiempo debe vocearse tres veces: “clave verde, evacuación total del edificio”. De acuerdo al Plan Interno de Protección Civil la clave verde indica que se requiere una evacuación total o parcial del edificio.

Procedimiento de emergencia:

La planeación de las actividades de respuesta a una emergencia por sismos, así como los responsables de efectuar cada actividad, se describe a continuación en la tabla----

Tabla 5.

Planeación de las actividades para dar respuesta a emergencia por sismos.

Responsables o participantes	Descripción de las actividades
Todo el personal	Al empezar a sentir el movimiento sísmico, el personal más cercano a los botones de alertamiento debe activar la alarma y vocear la clave verde tres veces, con el fin de que todo el personal y derechohabientes se enteren de la emergencia.
Personal y derechohabientes	Todo el personal y derechohabientes que se encuentren en el primer piso, planta baja o sótano y se hallen cerca de una salida deben dirigirse hacia el exterior del edificio a través de las rutas de evacuación establecidas evitando usar las escaleras de emergencia externas. El personal y pacientes que se encuentre del segundo al sexto piso deben dirigirse hacia la zona de menor riesgo que se halle más cerca y colocarse en posición del triángulo de la vida hasta que termine el movimiento sísmico
Personal y derechohabientes	Habiendo terminado el movimiento sísmico, el personal médico que no esté realizando una intervención prioritaria de acuerdo a su criterio y derechohabientes deben salir del edificio siguiendo la ruta de evacuación establecida para sus pisos. Los ocupantes que se encuentren en los pisos 6, 5 y 4 deben de evacuar por las escaleras externas de emergencia, evitando la escalera principal. Los pacientes y personal localizados en los pisos 3 e inferiores, deben evacuar el edificio a través de las escaleras centrales, evitando usar las escaleras externas de emergencia, como se muestra en los planos del hospital.

	El personal que se encuentre en áreas de intervención prioritaria deberá aplicar los criterios de evacuación de pacientes previamente descritos.
Brigadistas	En el momento en que suena la alarma indicando un sismo, también se alerta a los brigadistas para prepararse para actuar conforme al protocolo. Inicialmente siguen el plan de contingencia como el personal y público en general. Al terminar el movimiento sísmico se dirigen hacia a los gabinetes de equipo de seguridad y se colocan el equipo requerido para la brigada a la que pertenece (casco, chaleco, guantes, silbato, letrero, herramientas). Posteriormente se dirigen al área que le corresponde de acuerdo al tablero de distribución de brigadistas para el cumplimiento de sus actividades manteniendo comunicación con los jefes de brigada.
Jefes de brigada y brigadistas	Habiendo terminado el evento sísmico y con precaución. Los jefes de brigada y brigadistas inician el recorrido de las instalaciones manteniendo comunicación constante y portando el equipo de protección persona requerido
Cuerpo de gobierno y jefes de brigada	Después de haber seguido el protocolo inicial de repliegue a puntos de reunión y habiendo terminado el sismo, se convoca a una reunión de emergencia entre el cuerpo de gobierno y jefes de brigada para discutir el nivel de la amenaza, mientras los brigadistas informan a los jefes de brigada sobre la situación para tomar decisiones
Brigada de evacuación y derechohabientes	Posterior a haber tomado el equipo de protección personal y los implementos necesarios se desplazan hacia las salas de espera, pasillos, estancias y aulas dirigiendo a las personas hacia los puntos de reunión al exterior del edificio respetando las rutas de evacuación trazadas para cada piso. Dirigen a los pacientes de 6,5 y 4 piso hacia las escaleras externas de emergencia, y a los pisos 3, 2 y 1 hacia la escalera central del hospital.
Brigada de búsqueda y rescate	Los brigadistas de búsqueda y rescate realizan un recorrido por las instalaciones del edificio en busca de lesionados. En caso de hallar uno proceden con maniobras de auxilio y traslado hacia los puntos de reunión.
Brigada de primeros auxilios	La brigada de primero auxilios Instala puntos de atención al exterior del hospital en donde no exista riesgo de afectación, preferentemente en los puntos de reunión. Recibe a los heridos trasladados por la brigada

	de búsqueda y rescate y les brinda la atención requerida.
Brigada de comunicación	Se posiciona en los puntos de reunión tranquilizando a los derechohabientes haciéndoles saber que las brigadas están haciendo la revisión del edificio para garantizar la seguridad del personal y los derechohabientes. Al mismo tiempo llevan un informe del número de personas que llegan al punto de reunión y las situaciones que se presenten para retroalimentar a la Unidad Interna de Protección Civil.
Brigada de seguridad	Toma posición en los puntos de acceso al hospital e impide el ingreso y salida de los derechohabientes hasta recibir indicaciones. De igual modo realiza recorridos al interior del edificio para proteger los bienes del hospital en medida de lo posible.
Brigada de fluidos y energéticos	Tiene la responsabilidad de desactivar la alarma de emergencia. Se encarga de realizar un recorrido por las instalaciones cerrando tanques estacionarios y determinando si existen fugas de gas LP, oxígeno, agua o cortos eléctricos y corregirlas.
Brigada de combate de incendios	Apoya a la brigada de fluidos y energéticos en su recorrido a detectar y reparar las posibles fugas e identificar cualquier otro riesgo que pudiera agravar la emergencia, como un derrame químico o principios de un incendio.
Cuerpo de gobierno y UIPC	En base a la información obtenida por los jefes de brigada durante la emergencia sobre las condiciones del edificio y tras una evaluación estructural, dan la orden de acordonar las áreas afectadas para su reparación. Después de esperar un tiempo de 15 minutos en caso de réplica, y no habiendo encontrado daños estructurales mayores, se ordena el reingreso y vuelta a la normalidad. De hallarse daños que comprometan la integridad del edificio se procede a la comunicación con otros hospitales que puedan recibir a los pacientes de la institución para continuar su atención.
Brigadistas	Habiendo sido dada la orden de reingreso y vuelta a la normalidad los brigadistas apoyan a los derechohabientes en su reingreso al edificio y posteriormente guardan el equipo de protección personal y herramientas utilizadas en su gabinete o área correspondiente. En caso de que el edificio haya sufrido un daño estructural mayor, apoyan en el traslado de los pacientes a hospitales de la zona.

Cuerpo de gobierno y UIPC	Finalmente habiendo concluido el evento sísmico, el cuerpo de gobierno redacta un acta que describa el siniestro ocurrido, el número de personas evacuadas y el tiempo de su evacuación, número de brigadistas que participaron, número de lesionados y número de decesos.
---------------------------	--

4 . Conclusiones

Los sismos son eventos de naturaleza súbita, impredecible, e inevitable, originados por movimientos de las placas tectónicas de la tierra, estos debido a sus características pueden poner en riesgo la vida de cientos o miles de personas en un instante, al dañar estructuralmente edificios y viviendas. En Orizaba el sismo de 1985 subrayó la necesidad de contar con un plan de contingencia hospitalario que defina el procedimiento de acción para dar respuesta a una emergencia por sismo, garantizando la seguridad de los derechohabientes y el personal.

Es necesario entender que todo hospital está en riesgo de sufrir daños a causa de un sismo, ella que son inevitables, sin embargo, es posible reducir sus efectos y daños al dirigir nuestras acciones por medio un plan de contingencia establecido. Durante la evacuación de un hospital por causa de un sismo, cada minuto es valioso y el conocer la mejor ruta de evacuación y cómo actuar puede hacer la diferencia.

Por lo anteriormente expuesto, se ha diseñado el presente plan de contingencia hospitalario para dar respuesta a emergencia por sismos, para el caso particular del Hospital General del IMSS en Orizaba, el cual ha sido probado mediante un modelo de simulación desarrollado en el software SIMIO. Dicha técnica permite comparar el plan anterior con el plan propuesto en esta tesis, e identificar áreas del plan actual que requieren una mejora, tales como las rutas de evacuación trazadas para cada piso, la cuales, al no contar con una trayectoria definida, ocasionan que los pacientes elijan siempre la vía que a simple vista parece la más cercana, sin considerar su afluencia y como esta puede afectar en la velocidad de desplazamiento por dicha ruta. Adicionalmente se identifica un cuello de botella generado por el encuentro con los pacientes del piso 3, quienes requieren de una mayor asistencia durante su evacuación ralentizando el flujo de pacientes de pisos superiores.

En respuesta a estos problemas identificados, el plan de contingencia desarrollado en el trabajo de tesis presentado sugiere una distribución más uniforme de los pacientes a través de las rutas disponibles. Para ello plantea definir la ruta de evacuación para cada piso, dirigiendo a los pacientes de los pisos 4, 5 y 6 hacia las escaleras de emergencia externas a cada lado del edificio, mientras que a los pacientes de los 3 e inferiores hacia la escalera central, así como la definición de criterios de evacuación de pacientes en áreas críticas. Esto da como resultado una distribución más uniforme del flujo de los pacientes, aprovechando mejor las rutas disponibles, y eliminando el cuello de botella del tercer piso 3 que bloquea el paso a los pacientes provenientes de pisos superiores.

Tras la comparación de los resultados mediante la Simulación de Eventos Discretos, el plan de contingencia para dar respuesta a emergencia por sismos desarrollado ha demostrado ofrece una mejor ruta de evacuación, al obtener mejores indicadores de desempeño que el plan actual, los cuales son: la reducción del tiempo de evacuación total y una distribución más uniforme de la afluencia por las diferentes rutas, y la mejora de la velocidad de desplazamiento en las escaleras del hospital. Las aportaciones de este en el cumplimiento de normas son: el cumplimiento de la norma NOM-002-STPS-2010 que establece que las brigadas deben de “guiar a las personas por rutas alternas si la principal está bloqueada”

(Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2010), además de complementar el plan de contingencia actual en base a normativa de la OMS, establecidas en la herramienta EVAC-H, sobre la “Evacuación de hospitales y sus áreas críticas” (Organización Panamericana de la Salud, 2024); y el CVOED, descritas en su guía para la “Evacuación de unidades críticas en hospitales” (Dirección de Prestaciones Médicas, 2011) que establecen los criterios para la evacuación de áreas críticas, asegurando así dar prioridad en la asistencia a los pacientes que más la requieran. Finalmente, las aportaciones del plan diseñado a la logística hospitalaria son: la eliminación de un cuello de botella durante la evacuación, y la reducción de 13 minutos en el tiempo de salida del edificio permitiendo la pronta evacuación de los ocupantes del edificio de manera segura.

5 . Bibliografía

- Dirección de Prestaciones Médicas. (2011). *Evacuación de unidades críticas en hospitales*. CVOED.
- HGRO Instituto Mexicano del Seguro Social. (2025). *Programa Interno de Protección Civil*. Orizaba: IMSS.
- IMSS. (1 de noviembre de 2025). *Conoce al IMSS*. Obtenido de [imss.gob.mx](https://www.imss.gob.mx): <https://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss>
- Organización Panamericana de la Salud. (2024). *EVAC-H. Evacuación de hospitales y sus áreas críticas*. OMS.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2010). *NOM-002-STPS-2010*. Ciudad de México: STPS.
- UNAM. (2025). *Estadística de los sismos reportados por el SSN*. Obtenido de www.ssn.unam.mx: <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/estadisticas/>