

Conclusiones

La principal aportación de esta tesis es la creación de una base de datos que permite sustentar los valores de los modelos existentes de estimación de pérdida de vidas. Aun y cuando se pudieran buscar otras correlaciones diferentes a las analizadas en esta tesis, éstas pueden ser refutadas o sustentadas con esta base de datos. Además, estos datos han permitido proponer valores teóricos de F_1 y F_2 .

En los modelos de estimación de pérdida de vidas se depende en gran medida de un correcto cálculo de pérdidas económicas debido a colapsos de edificios. Sin embargo los edificios con un buen diseño deberán tener una falla dúctil que permita salir a las personas antes del derrumbe aún cuando las pérdidas fuesen del 100%. Este comportamiento asegura la supervivencia de los ocupantes, de ahí que la naturaleza de este trabajo es puramente probabilística, pues es difícil saber durante un sismo, que edificios colapsan y cuáles no. Si se siguiesen los reglamentos de construcción se espera que casi todos los edificios tuviesen este comportamiento.

En todos los edificios investigados de los que se encontraron datos sobre su manera de fallar se ha encontrado que tenían defectos y/o deficiencias identificables. Cuando una estructura falla y genera víctimas generalmente tiene errores de construcción, diseño o mantenimiento por lo que dependiendo de la deficiencia que presenta el edificio puede presentarse algún modo de colapso. Por otra parte el modo de colapso más probable puede ser identificado de manera individual, al observar características de las estructuras. Sin embargo, asignar un modo de colapso probable para varios edificios es difícil porque sus condiciones individuales varían mucho. De ahí que se asignaran los factores de fatalidad y atrapados de acuerdo al tipo estructural.

La capacidad de desalojar un edificio juega un papel determinante en el factor de atrapados. Esto es influenciado por la facilidad de desalojar un edificio y la capacidad de las personas que lo ocupan. Lo anterior dependerá del número de pisos, y el sector de la población implicada respectivamente.

Lo que más influye en el valor del factor de fatalidad es principalmente, el acomodo de las ruinas del edificio, esta característica se ven reflejadas en el modo de colapso. Aunque los estudios vistos en el capítulo 1 hacen distinción entre edificios de concreto y de mampostería, los datos de los edificios del anexo 1 muestran la existencia de edificios de concreto de gran altura que al caer presentan factores tan bajos como la mampostería debido a la forma en que lo hacen. Por ello es que si se analizan todos los edificios como modos de colapso se verá que edificios de concreto tienden a dejar espacios reducidos y bloques más grandes y pesados, en tanto la mampostería deja bloques más pequeños y, en varias ocasiones, espacios más grandes.

Puesto que la capacidad de reacción y supervivencia de la población, es conveniente poner los factores de atrapados y fatalidad en función del uso de las estructural. En el capítulo 2 se construyeron gráficas de factores de fatalidad y atrapados por usos donde se observó una gran dispersión. Aún así, y dado lo observado en escuelas y otras estructuras de mampostería, se puede suponer que al obtener estadísticas confiables, se establece una capacidad de desalojo y supervivencia de acuerdo a la gente que se espera tener en un edificio cualquiera. Se puede utilizar

esa capacidad de desalojo de acuerdo al uso de los edificios para alterar los valores de F1 y F2 propuestos en edificios de concreto de acuerdo al uso de los edificios.

En el caso de edificios de concreto, los factores de atrapados y fatalidad son susceptibles de ser puestos en función del tipo estructural, porque se puede proponer un modo de colapso probable a este tipo de edificios. Esto conlleva un problema pues predecir un colapso es en sí difícil, cuanto más predecir un modo de colapso. No obstante, en la práctica se puede determinar el modo de colapso más probable si se observan peligros o características especiales en las construcciones tales como irregularidades, peligro de golpeteo, trabes más anchas que las columnas, falta de mantenimiento en cimentación, hundimientos diferenciales, etc. Si bien eso es práctico de manera individual, de manera general nos enfrentamos al problema del número de estructuras que deben ser revisadas.

Las aseguradoras son una fuente importante de información pues en sus formularios de preguntas para asignar seguros de pérdida por terremotos suelen preguntar acerca de irregularidades, hundimientos diferenciales, posibilidad de golpeteo, año de construcción y otras características que pudieran ser útiles para asignar un modo de colapso probable.

Los factores de fatalidad y atrapados en edificios de mampostería han sido propuestos por otros autores. Los promedios de los datos aquí recolectados coinciden en gran medida con ellos, sin embargo el usar solo promedios es útil solo en el factor de atrapados. Resulta insuficiente utilizar un promedio en el factor de fatalidad en estructuras de mampostería pues existe una gran dispersión de los datos. Una posible solución entonces es asignar factores de acuerdo a una edad estimada de ocupantes, ello con el apropiado respaldo estadístico de los mismos.

El comportamiento del factor de fatalidad resultó ser mucho más complejo pues en ciertas circunstancias algunos parámetros como la edad y situaciones de ambiente y salud parecen tener papeles determinantes mientras en otras situaciones parecen no influir. Hace falta ser capaces de observar aisladamente cada factor, sin embargo, eso no es posible dada la naturaleza multifactorial del problema. Entonces se han sugerido los factores de acuerdo a los parámetros que se consideran más relevantes de acuerdo a la situación

El factor ambiente también juega un papel determinante en la generación de víctimas pues ha habido casos como el de Armenia donde el terremoto se da durante un periodo de alta tensión social y por lo tanto la ayuda entre los mismos pobladores es poca, otro caso donde la gente actuó poco fue en el de Haití 2010 mientras que en Michoacán 1985 fueron los propios civiles quienes conformaron grupos de rescate. Así mismo en China 2010 uno de los principales problemas fueron las bajas temperaturas y la gran altura en que se encontraba la comunidad, que los equipos de rescate difícilmente soportaban. Este factor ambiente o capacidad de reacción por parte de la sociedad es difícil de evaluar y no se ha tomado en cuenta en los análisis seguidos en el capítulo 3. Pero es evidente que es importante para determinar el valor del factor de fatalidad. Aunque quizá una investigación histórica sobre la manera de responder ante las desgracias en diferentes países pudiera arrojar una luz en el entendimiento de este aspecto. Esta tesis o no lo ha considerado dentro de sus alcances porque la correcta estimación de víctimas también servirá como apoyo en la planificación de rescates con lo que se pretende que la reacción de la sociedad pueda ser óptima.

En los casos aquí estudiados solo se obtuvieron datos para muertes en edificios que fallaron total o parcialmente. Sin embargo el peligro que representan contenidos y desprendimiento de acabados y elementos no estructurales no fue estudiado. Buscar casos de nivel de daño con número de muertes puede ayudar en una mejor determinación de los factores de colapso.

Así mismo, la capacidad de desalojo de un edificio y la capacidad de supervivencia de las personas atrapadas depende en gran medida del sector de la población afectada, por ello es recomendable un estudio estadístico para caracterizar la población y su distribución a lo largo del día, una posible línea a seguir es caracterizarla en función del uso que se le da a la estructura. Además, se puede obtener la distribución de ocupación de acuerdo a la hora, lo cual es muy importante para establecer la población afectada.

Se ha observado que en el caso de estructuras de adobe estas tienen la característica de soltar polvo que puede resultar muy nocivo al caer, por lo que es posible que este material presente un factor de fatalidad más alto que el resto de las mamposterías. Por lo tanto, de tener más datos se recomienda diferenciar estructuras de adobe con mampostería

De los edificios con techo ligero solo se pudo determinar el factor de atrapados de uno de ellos y el factor de fatalidad para dos. Según estos datos es muy posible que el factor de atrapados sea particularmente bajo en este tipo de estructuras. Esto puede ampliarse a estructuras de madera, por lo cual se sugiere, de contarse con más datos buscar diferenciar estructuras con elementos ligeros como cubiertas como un grupo distinto de edificio.

Se realizó un análisis de acuerdo a los modos de colapso. En lo que se refiere a atrapados y fatalidad los edificios que presentaron un modo de colapso de apilamiento parecían seguir una tendencia en cuanto a factores de atrapados y fatalidad, sin embargo en los otros casos parece no haber una tendencia muy clara, los análisis sugieren que los modos de inclinación e inclinación en “V” pudieran seguir un comportamiento parecido en cuanto a factor de fatalidad y factor de atrapados se refiere, sin embargo el modo de apilamiento parcial puede seguir el mismo patrón que los de inclinación en cuanto a atrapados y un factor de fatalidad parecido al de apilamiento. La obtención de más datos establecerá diferencias de comportamiento de F_1 y F_2 por modo de colapso.

Muchos trabajos médicos han establecido las heridas típicas producidas por colapso, sin embargo, aún falta establecer relaciones de modos de colapso con estudios que caracterizan las heridas que produce, ello puede ayudar a establecer tiempos de vida no solo para cada sismo sino de acuerdo al tipo de colapso que sucede. Por otra parte ayudaría en la estimación de pérdida de vidas y planeación de servicios de emergencias al establecer un número de heridos por sismo así como las exigencias de atención a las que se verá sometido el sistema de salud de una ciudad dado un sismo.

En esta tesis no se determinaron factores para edificios de acero y solo un factor de fatalidad para un edificio de madera por lo que no se realizó un análisis de este tipo de edificios. Existe una notable carencia de datos de este tipo por lo que se espera que la base de datos pueda ser ampliada y los datos de edificios de los que no se pudo determinar un factor de atrapados o fatalidad puedan ser completados por otros autores en trabajos futuros.

En este trabajo no se analizó por falta de datos un análisis de la cantidad de muertes inicial. Asumiendo que existe un porcentaje de los atrapados que muere de manera instantánea. Es un parámetro que depende del tipo de estructura ya que es más grande para edificios de concreto y más pequeño para edificios de mampostería y/o madera. Para determinarlo se propone observar estudios de mortalidad en sismos, del total de muertos por colapsos de edificios, el porcentaje que corresponde a aquellos que murieron por contusión de manera inmediata es el correspondiente a este factor. Otra manera de determinarlo es de estadísticas de los primeros rescatados, se esperará que el porcentaje de muertos entre los primeros sacados de los derrumbes es el porcentaje de gente que muere de manera instantánea.

Finalmente se recomienda una metodología de obtención de datos por parte de los equipos que suelen ser enviados a realizar levantamientos después de sismos que contemple la búsqueda de datos de números de ocupantes, muertos, y atrapados. Así como una coordinación con equipos médicos o de rescate para relacionar modos de colapso con heridas producidas especialmente en casas y estructuras de mampostería. Esto es porque aunque los edificios altos son los que fallan de manera espectacular. Los colapsos en casas y estructuras de pocos pisos de mampostería son los que producen más fatalidades y son los edificios de los cuales se han encontrado menos datos.