

Capítulo 3

Búsqueda de correlaciones de factores de atrapados y fatalidad con características de los colapsos

En el presente capítulo se buscará relacionar el valor de los factores de fatalidad y atrapados con diferentes características de los edificios estudiados basado en los datos presentados en el capítulo dos y obtenidos para este efecto.

Los datos de la tabla 2.2 que sirven para determinar el valor de los factores que se presentaron siguen siendo pobres y se espera que la base de datos que se ha generado pueda ser ampliada en el futuro

3.1 Observaciones según el número de pisos

Recordando las estadísticas del sismo de Armenia, el trabajo de Coburn *et al* (1992) vistos en el capítulo 1 estudios se ha sugerido que el número de pisos juega un papel importante pues no es lo mismo escapar desde un primer piso que de un quinto piso. Además al derrumbarse encima de las personas no es lo mismo sobrevivir cuando caen dos o tres losas que 15 ó 20. De igual manera a los equipos de rescate les es más complicado. Por ello se hace un primer análisis de acuerdo al número de pisos.

Como se observa en la gráfica de la figura 3.1a, el factor de atrapados va aumentando conforme aumenta el número de pisos, sin embargo, existen tres puntos que parecen salirse de ese comportamiento. El factor de fatalidad en cambio está totalmente disperso por lo que no se tiene un comportamiento definido de acuerdo al número de pisos. Esto es muy importante pues sugiere un comportamiento de este factor más complejo de lo que se pensaba. Por lo tanto se descarta que el factor F_2 dependa del número de pisos.

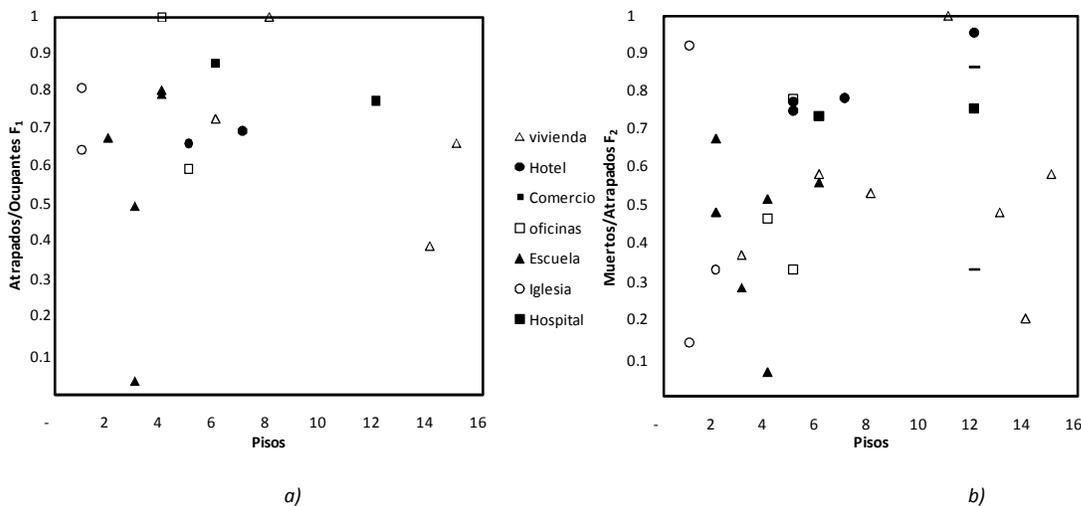


Figura 3.1 a) factores de atrapados contra número de pisos b) factores de fatalidad contra número de pisos

En la figura 3.2 se repite la gráfica 3.1a pero esta vez sin los tres puntos que se salen de la tendencia. Dos de estos tres puntos corresponden al edificio derrumbado en Alto Río de la Concepción en Chile 2010, y el Nuevo León, derrumbado durante el sismo de Michoacán, 1985. A

diferencia de la mayoría de las otras estructuras de concreto estos fallaron por volteo y volteo en “V” lo que deja más espacios para los supervivientes. El otro punto excluido es la secundaria Nigeri que falló durante el sismo de Luzón en Filipinas 2009 que falló y presentó un F_1 de solo 0.04 fue el valor más bajo, se diferencia de todas las demás estructuras de las que se obtuvo el valor de F_1 en que su cubierta era de tejas. Estos casos llaman la atención y serán vistos más a detalle en los apartados de concreto y mampostería.

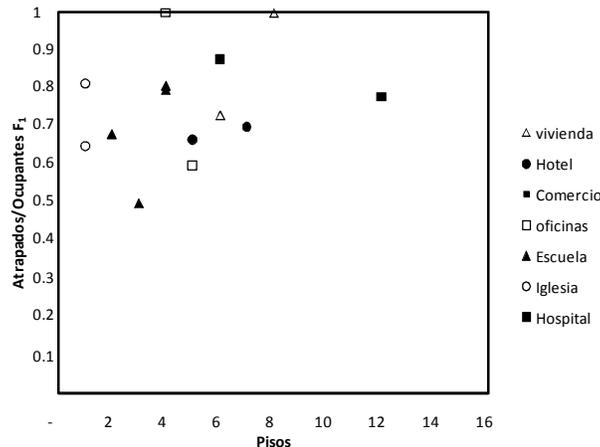


Figura 3.2 Factor de atrapados excluyendo tres casos

Durante la búsqueda de información se encontraron muy pocos edificios de concreto de menos de 6 niveles que fallaran, no se encontraron fallas en mampostería de más de 4 pisos. Se puede asumir que en su mayoría los edificios de mampostería son bajos y, aunque si hay edificios de concreto de cinco pisos, es muy raro que colapsen.

Es muy posible que el factor de atrapados en los edificios de mampostería tenga un comportamiento regular debido a que todos o casi todos son bajos por lo que se puede usar un promedio, este punto se retomará al analizar la mampostería.

Se establecerá una función del factor de atrapados de acuerdo al número de pisos con los datos de edificios de concreto para establecer una posible relación. Esto es porque las diferencias fuertes entre alturas de edificios se dan en edificios de concreto.

Cuando un edificio cae, el número de pisos tiene una influencia importante en el factor de atrapados y en la cantidad de ocupantes, lo cual puede explicar por qué en edificios altos se incrementa notablemente el número de muertos. Por otro lado, se ha descartado una relación con el factor de fatalidad.

3.2 Observaciones según el tipo de estructura

Recordando el capítulo uno se ha sugerido que los edificios de concreto tienden a fallar menos que los de mampostería pero suelen ser más mortales. Siguiendo ese razonamiento se ha de analizar en distintos apartados los edificios de concreto y los de mampostería.

3.2.1 Edificios de concreto

En la figura 3.3 se grafican los valores de los factores F_1 y F_2 conocidos de los edificios de concreto de la tabla 2.2.

Mientras el factor de atrapados tiene dos puntos que parecen estar fuera de una tendencia general el factor de fatalidad parece estar más disperso. En un inicio se encontraron datos que se parecían mucho entre sí, lo que apoyaba la hipótesis de un factor de fatalidad parecido o muy constante en edificios de concreto. Sin embargo en fases más avanzadas de la búsqueda se encontraron edificios con factores de fatalidad más bajos que la mayoría. Al buscar las características que compartían en común las estructuras que presentaban factores más bajos se encontró que su modo de colapso era distinto al apilamiento total, que es el más común. Por ello en primera instancia se analizarán los edificios de concreto de acuerdo a su modo de colapso.

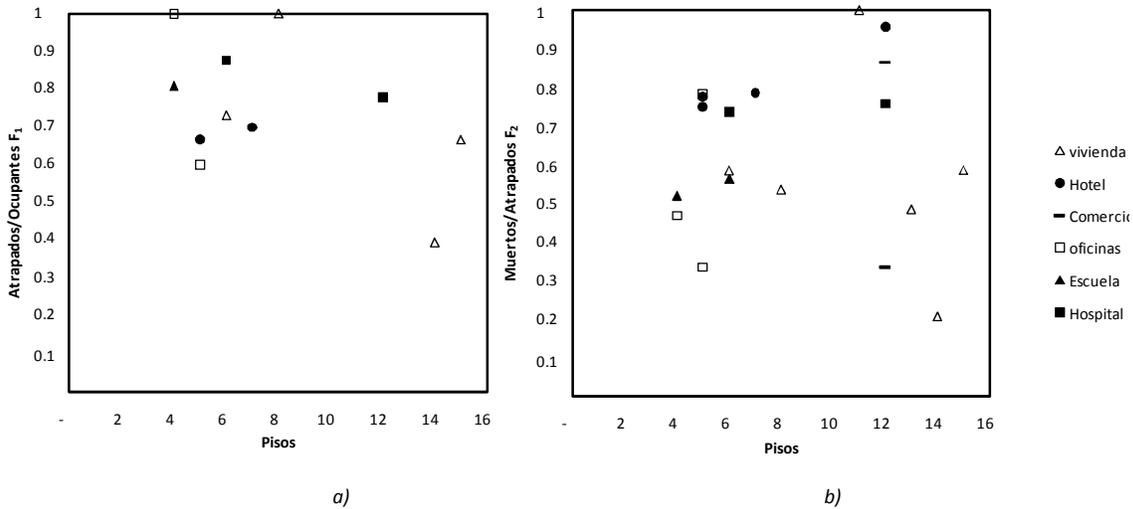


Figura 3.3 a) Valores de F_1 y b) Valores de F_2 contra número de pisos para diferentes edificios de concreto

Para observar con más claridad la diferencia de acuerdo al modo de colapso se han generado las gráficas de la figura 3.4 en la cual se grafican los valores de factor de atrapados y fatalidad en función del número de pisos solo para edificios que fallaron en un modo de apilamiento total. En la gráfica de la figura 3.4 a que muestra el valor de F_1 , se han puesto los dormitorios en un color negro. De esta manera se pretende sacarlos del análisis y se presenta una curva con la tendencia que tendrán los edificios que no son dormitorios.

En la figura 3.4 aparecen dos puntos en negro que hacen referencia a lugares donde la gente se encontraba durmiendo al momento del sismo. Hay otro punto que sigue la misma tendencia, ese punto representa la unidad de Ginecología y Obstetricia del Hospital General que falló durante el sismo de Michoacán 1985, por lo tanto, es posible que en situaciones donde la población tiene baja capacidad de respuesta el factor de atrapados se incrementa.

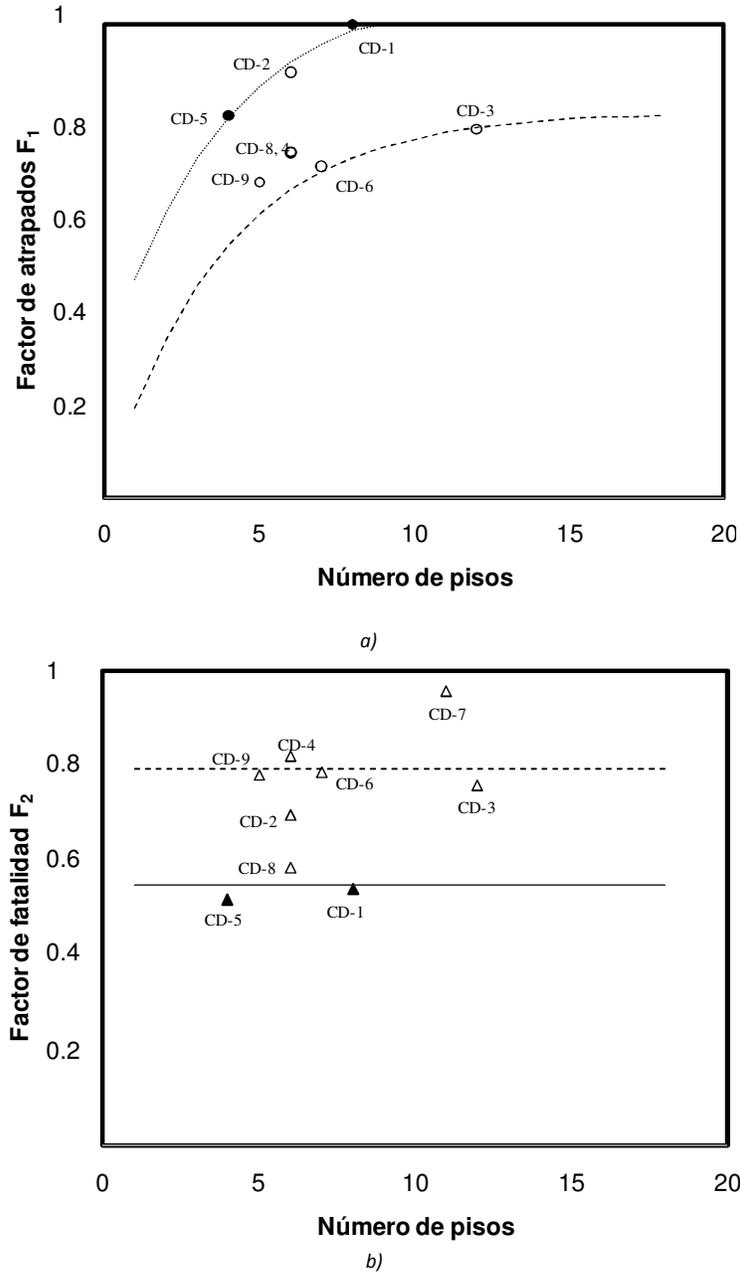


Figura 3.4 a) factor de atrapados y b) factor de fatalidad. Edificios que colapsaron tipo apilamiento

Las situaciones donde la capacidad de respuesta de la población se ve disminuida es cuando las personas están durmiendo, cuando están heridas o enfermas. Bajo otras circunstancias el factor de atrapados se incrementará con el número de pisos de la estructura de acuerdo a la línea de tendencia inferior presentada en la gráfica de factores de atrapados de la figura 3.4a

Se han puesto dos líneas de tendencia en la gráfica 3.4a una para dormitorios y hospitales (superior) y la otra para los demás edificios (inferior). La tendencia general está definida por la ecuación 3.1.

$$F_1 = F(N) = 0.815 * (1 - e^{-0.2661N}) \quad (3.1)$$

donde N es el número de pisos.

Esta ecuación se aplicará a los edificios de concreto. Además dado que el factor F_1 es más grande en los dormitorios se supone que se puede también relacionar este factor con los usos de los edificios. Esta suposición se retomará más adelante.

Por otra parte, en la gráfica 3.3 b, donde se gráfica el factor de fatalidad se observan tres puntos negros, uno de esos puntos negros corresponde al edificio de médicos residentes del hospital general que se derrumbo los otros corresponden a un dormitorio en Turquía donde se encontraban muchachos en edad de ir a la secundaria y el otro corresponde a las torres Ruby. Una posible correlación que explicase el bajo valor de F_2 es que en este caso las personas atrapadas eran estudiantes de medicina y jóvenes en edad de secundaria así que, en general, se trataba de gente joven y en buen estado físico, por lo tanto, aunque en un principio estuvieran durmiendo o despertándose, su reacción habría sido lenta, pero su capacidad de supervivencia es más grande.

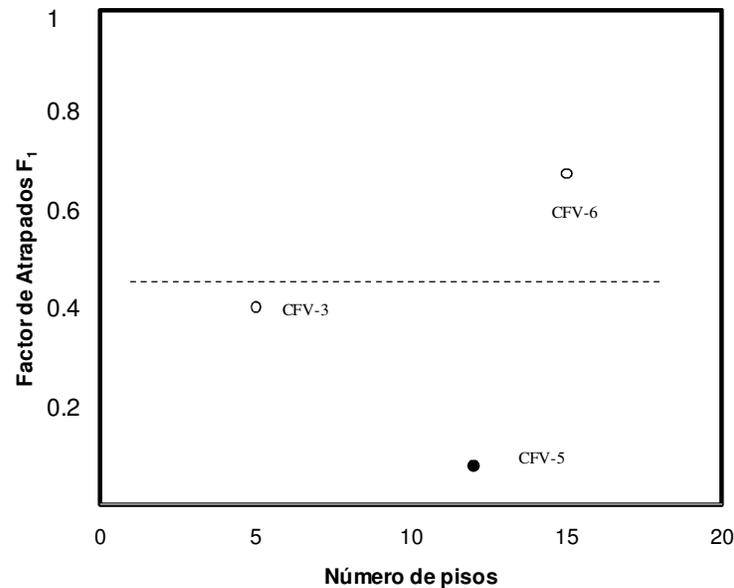
Esta influencia del sector de la población persiste en todas las estructuras pero, en el caso de edificios de concreto, la influencia de esta se ve disminuida por la influencia que tiene el modo de colapso de la estructura. Se han puesto dos líneas de tendencia en la gráfica de la figura 3.4 b, una de $F_2= 0.79$ para las estructuras con una distribución de gente de todas las edades y otra de $F_2=0.55$ para jóvenes.

Por otro lado, en la tabla 3.1 se presenta un listado de los edificios que fallaron por apilamiento de la tabla 2.2. Se muestra la clave con que se marcaron los edificios en las gráficas de las figura 3.4, el nombre del edificio, la hora de ocurrencia del sismo, los factores F_1XF_2 , F_1 y F_2 y el número de pisos.

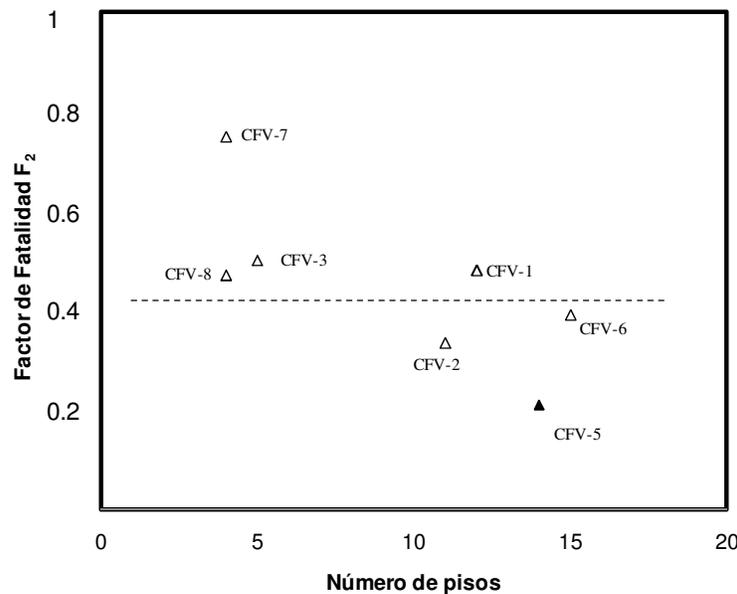
Tabla. 3.1 Edificios representados en gráficos en figura. 3.2

Clave	edificio	Hora local	$F_1 \times F_2$	F_1	F_2	Pisos
CD-1	Centro Médico	7:19	0.53	1.00	0.54	8
CD-2	Hospital General	7:19	0.63	0.90	0.70	6
CD-3	Hospital Juárez	7:19	0.59	0.78	0.76	12
CD-4	Rubén Darío	11:49	0.60	0.73	0.82	6
CD-5	Escuela en Turquía	3:27	0.73	0.82	0.60	4
CD-6	Hotel costa Real	20:06	0.55	0.70	0.70	7
CD-7	Taichung County, Tali: Taichung Miracle building	1:47	--	--	0.90	11
CD-8	Ruby Towers	16:28	0.43	0.73	0.58	6
CD-9	Hotel Montana	16:53	0.52	0.67	0.78	5
	Promedio	--	0.57	0.79	0.72	--

Para los modos de colapso por piso débil y/o volteo se han establecido unas gráficas similares mostradas en la figura 3.5 relacionando número de pisos con los factores de atrapados y fatalidad. Las marcas en negro representan los dormitorios.



a)



b)

Figura 3.5 Edificios que colapsaron por apilamiento parcial, inclinación o inclinación en V a) factor de atrapados y b) factor de fatalidad

Las líneas punteada que se ha puesto en las gráficas representan el promedio. En el caso del factor de atrapados se tienen solo tres casos, es difícil establecer una tendencia. Hacen falta más puntos para decir que se sigue la misma tendencia que el apilamiento total o que se sigue otra tendencia. El promedio de 0.45. Igualmente para el factor de fatalidad se ha propuesto el promedio que, es de 0.49.

Aunque algunos puntos del factor de fatalidad siguen el promedio hay dos puntos que se alejan de esta tendencia. Estos corresponden al Hotel Embassy que falló durante el sismo de Pisco, Perú en 2007, con un valor de 0.75, y el que corresponde a un conjunto de viviendas donde lagente dromia: este edificio es el Alto Rio de Concepción que colapsó durante el sismo de Chile 2010 con un valor de 0.21 para el factor de fatalidad. Al respecto, el Alto Rio de la Concepción fue un edificio atípico, de muy bajos valores de F_1 y F_2 , posiblemente gracias a su estructuración y la manera en que falló. Para el Hotel Embassy falta información para determinar por qué esas estadísticas. De acuerdo con la información recabada fallaron solo los primeros dos niveles. La diferencia principal entre ambos edificios es que el hotel Embassy tuvo un modo de colapso de apilamiento parcial mientras que el de Alto Rio de la Concepción tuvo un modo de colapso inclinación en “V” por lo que estos datos sugieren factores distintos para estos modos de colapso. Cabe mencionar que los otros edificios que presentaron esos modos de colapso tuvieron factores intermedios.

Para entender mejor las gráficas 3.5a y 3.5b se muestra la tabla 3.2. donde se muestra la identificación con que los edificios fueron ubicados en las gráficas de la figura 3.5, la hora de ocurrencia del sismo, y los factores F_1 , F_2 y $F_1 \times F_2$

Tabla 3.2 edificios de los gráficos de la figura 3.3

ID	Edificio	Hora Local	$F_1 \times F_2$	F_1	F_2
CFV-1	Taichung County, Tungshih: Tungshih Dynasty building	1:47	--	--	0.48
CFV-2	Taichung City: Tehchang New World building	1:47	--	--	0.3%
CFV-3	Ministerio de planificación	11:49	0.20	0.60	0.33
CFV-4	Edificio de planeación	16:09	0.33	--	--
CFV-5	Alto Rio de la Concepción	3:34	0.08	0.40	0.21
CFV-6	Hotel Embassy	18:40	--	--	0.75
CFV-7	Nuevo León	7:19	0.40	0.67	0.59
CFV-8	Sede de la ONU	16:53	--	--	0.47
		$\mu =$	0.18	0.56	0.45

Al faltar más datos sobre cada modo de colapso, se propone el factor de 0.45 para los modos de colapso diferentes de apilamiento total esperando que la base de datos se amplie en el futuro y se determine un promedio de F_2 para cada modo de colapso.

3.2.2 Edificios de mampostería

En general, los edificios de mampostería son pequeños y no son casos que llamen la atención de la prensa, es por ello que se encontraron pocos datos para este grupo de edificios. Por otra parte, la mayor parte de los documentos técnicos que estudian mampostería suelen estudiar varios casos y usar estadísticas generales sin mencionar casos particulares, que es lo que se ha buscado para este análisis, así que en ningún caso es posible determinar el sistema estructural propiamente dicho. Por esta razón no se ha podido hacer una distinción entre mampostería confinada, no confinada, adobe o llevar a cabo una clasificación por modos de falla.

Conviene recordar que Coburn *et al.*, (1992) proponen un factor 0.12 de la relación muertos entre ocupantes lo que equivale a lo que en esta tesis se maneja como F_1XF_2 y Noji *et al.*, (1998) obtienen un valor de 0.1277. Se citan estos datos para tener una referencia con que comparar más adelante los resultados obtenidos. En el caso del presente estudio se tienen los datos que se muestran en la tabla 3.3 referente al número de pisos, factor de atrapados y fatalidad, así como relación de muertos entre ocupantes.

Con los datos obtenidos, el valor promedio de F_1XF_2 es de 0.22, sin embargo el caso específico de la Catedral de San Clemente parece muy atípico pues tiene 0.60 en tanto el valor más cercano a éste es de 0.33. Además sus condiciones son especiales pues se trataba de una iglesia donde se oficiaba misa al momento del colapso por lo que había una gran concentración de gente en un espacio muy pequeño a diferencia de las otras construcciones donde la gente no estaba aglomerada. Si se excluye este caso de la muestra entonces el valor del promedio de F_1XF_2 es de 0.1263 que es muy parecido a lo observado por Coburn *et al.*, (1992) y Noji *et al.*, (1998). Se observa que hay una gran dispersión de ese valor.

Por otra parte, la secundaria Nigeri tiene un factor de atrapados muy atípico por lo que si se saca del análisis se tiene que las estructuras de mampostería tienen una σ_{in} muy baja en cuanto a factor de atrapados.

Tabla 3.3 Valores de edificios de mampostería

Edificio	Pisos	F ₁	F ₂	F ₁ X F ₂
Academia Lama		0.50		
Catedral de San Clemente	1	0.65	0.92	0.60
Escuela Iovene	2	0.68	0.48	0.33
Catedral de Puerto Príncipe	1	0.81	0.14	0.12
Secundaria SMK 9 Nigeri	3	0.04	0.03	0.01
Centro Escolar Santa Catalina	2		0.68	
casa del estudiante	4	80	0.50	0.06
Torre de iglesia Chapinero			0.43	
General	Promedio	0.58	0.43	0.22
	σ_{in}	1.16863	0.9993	1.5922
Sin san clemente	Promedio	57%	34%	13%
	σ_{in}	1.28521	0.9589	1.466
Sin Nigeri	Promedio	65%	48%	47%
	σ_{in}	0.19593	1.0943	1.014

Para el caso de edificios de mampostería se tiene que el número de pisos llega solo hasta 4 en los datos que se tienen y los valores de F₁ y F₂ son datos muy dispersos, esto quizá se deba a que se tienen pocos datos, Además las condiciones del derrumbe varían, ya que se ha observado que existen casos, como la catedral de San Clemente o la catedral de Puerto Príncipe donde se derrumba todo el techo de la estructura, otros donde solo se derrumba una pequeña parte, como la secundaria SMK pasando por algunas donde se derrumbó el segundo nivel pero el primero siguió en pie, como la Escuela Santa Catalina.

En la gráfica de la figura 3.6 se muestra el factor de atrapados contra el número de pisos. Se ha distinguido un edificio cuya diferencia más notable respecto del resto es que su cubierta estaba hecha con tejas y madera por lo que era una cubierta ligera.

En la figura 3.6 se ha marcado un promedio de 0.69 que corresponde al promedio de los factores de todas las estructuras de mampostería excepto la secundaria Nigeri que se encuentra marcada con un círculo negro. Es por ello que se propone un factor de atrapados de 0.69 para estructuras de cubierta pesada y un 0.04 para aquellas con cubierta ligera. El 0.69 es un promedio coherente y, a excepción

del punto obscuro presenta poca desviación. El 0.04 en estructuras ligeras es aun discutible pues faltan datos al respecto sin embargo parece ser la distinción más importante de la secundaria Nigeri respecto de otros edificios. Un argumento posible es que esta secundaria falló parcialmente, sin embargo en el dormitorio de la casa del estudiante, también se derrumbo de un ala y, sin embargo en este otro caso hubo un factor de atrapados F_1 del 0.80 por lo que no parece ser el hecho de que solo se derrumbo un ala lo que determino un factor de atrapados tan bajo. En la siguiente figura se representa el promedio calculado excluyendo la única estructura de cubierta ligera.

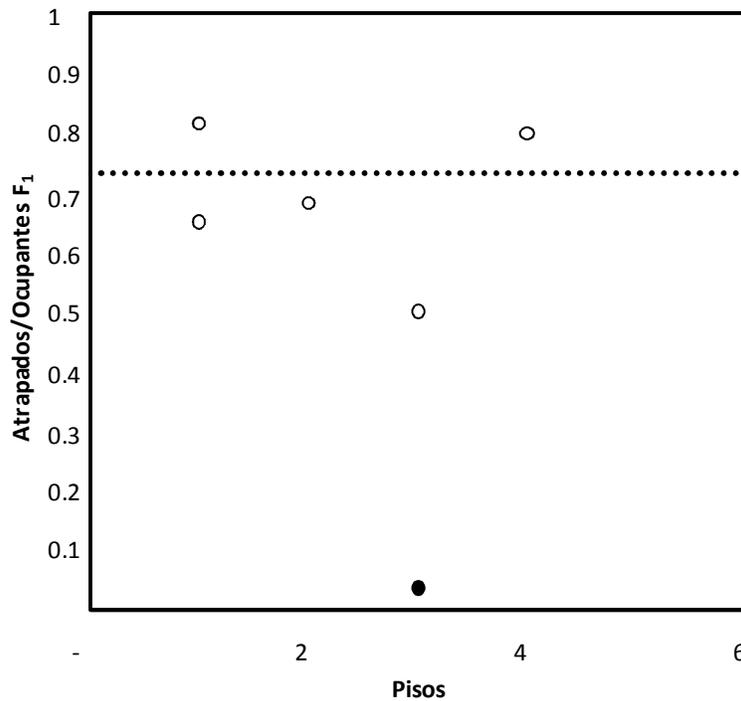


Figura 3.6 factor de atrapados para mampostería

El factor de fatalidad sigue siendo muy disperso y, como consecuencia, la multiplicación F_1XF_2 es también muy dispersa. Las causas pueden ser muy variadas, así que para estas estructuras se analizó caso por caso los factores que se manejan. Con el objetivo de encontrar la causa de tal dispersión en el factor F_2 se ha hecho la tabla 3.4 que contiene el nombre del edificio, sus factores de atrapados, fatalidad y víctimas así como un breve resumen de la información que se encontró sobre el mismo. Si se desea una explicación más amplia y ver fotos se puede consultar el anexo 1.

Tabla. 3.4 Breve descripción de los casos de edificios de mampostería.

Edificio	Hora local	F ₁	F ₂	F ₁ X F ₂	Pisos	DESCRIPCIÓN
Catedral de San Clemente	18:40	65%	92%	60%	1	Mampostería de adobe y bahareque, techo de adobe en forma de “bóveda Quincha” según la crónica (Miño, 2007) la iglesia estaba llena y había aproximadamente 300 personas. Desafortunadamente no se cuenta con fotografías.
Escuela Iovene	11:32	68%	48%	33%	2	Techo de concreto con paredes de mampostería de tabicón posiblemente no confinada. Aparentemente fallo el primer piso debido a la pobre calidad de la mampostería y al gran peso de la losa de concreto
Catedral de Puerto Príncipe	16:53	81%	14%	12%	1	No se tiene reporte estructural, aunque, por las fotos parece ser mampostería confinada, sin embargo, por la fecha de construcción lo más probable es que sea adobe.
Centro Escolar Santa Catalina	11:49	--	68%	--	2	Escuela desde primaria hasta secundaria para niñas se derrumbo el segundo piso. Era una escuela de 2 pisos de mampostería y techo de madera con tejas. Las paredes del segundo piso colapsaron sobre las estudiantes, así que aunque el techo era ligero el aplastamiento se debió a las paredes
Secundaria SMK 9 Nigeri	16:09	4%	29%	1%	3	Escuela secundaria posiblemente con estructura de mampostería confinada. Al fallar la estructura esta solo se desmorono parcialmente al caerse un ala de la escuela. El techo era de madera y tejas. A diferencia de Santa Catalina las muertes posiblemente fueron causadas por el derrumbe del techo y no de los muros
Casa del estudiante	3:32	80%	5%	6%	4	Según la noticia de Globedia (2009) éste era un dormitorio de 4 pisos en el que solo se derrumbo un ala al colapsar parte de la planta baja y bloquear la salida de las escaleras. Muchos ocupantes saltaron desde las ventanas para salir del edificio

Se ha encontrado, que las escuelas de niños fueron de los edificios con mayores factores F_2 en tanto las escuelas de jóvenes mayores de 12 años hasta universitarios o seminaristas son los que tienen los factores más bajos. También llama la atención la gran variación que presentan los factores F_1 y F_2 la Catedral de San Clemente respecto de las demás edificios de mampostería por lo que se puede pensar que, en fatalidad, la densidad de ocupación es importante. También puede ser que las estructuras de adobe son más mortales que las de ladrillos o tabiques, sin embargo la mayor variación parece ser en función de la edad en el caso de las escuelas y de la ocupación en el caso de las Iglesias.

En la gráfica 3.7 se presenta el número de personas atrapadas contra los factores de fatalidad donde se distingue la edad de las personas que se encontraban en el interior de los edificios al momento del sismo.

En un principio se ha buscado graficar el valor de F_2 contra el numero de gente atrapada pues, se ha observado una gran fatalidad en el caso de la Iglesia de San Clemente donde muy probablemente tuvo que ver la gran ocupación al momento del sismo, pensando que, posiblemente eso influye en los demás edificios se ha hecho la gráfica de la figura 3.7 Sin embargo sigue existiendo una gran dispersión de los datos.

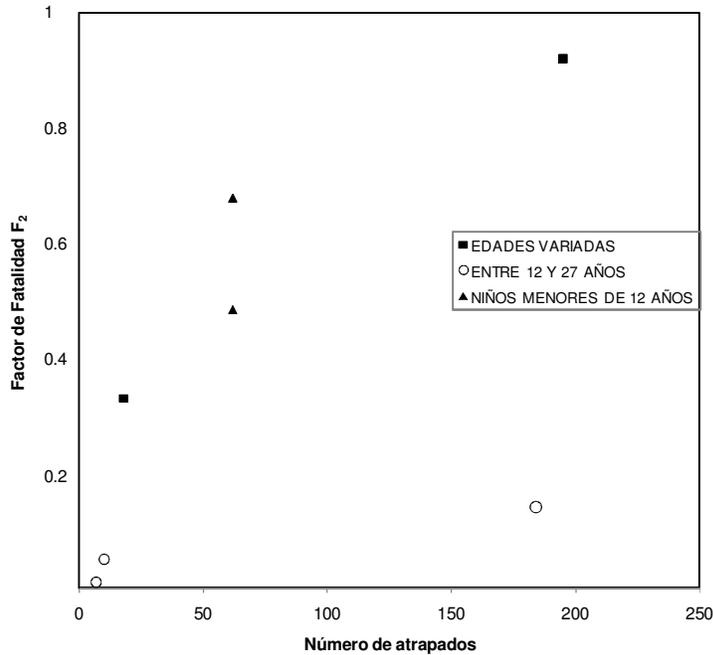


Figura 3.7 Factores contra el numero de gente atrapada y por las edades que tenían los ocupantes.

Entonces la siguiente hipótesis es que el factor F_2 está muy influido por la vulnerabilidad de la gente que se encuentra en el edificio. Como se observa, la gente joven, en estos casos estudiantes de nivel medio y nivel superior, en general son los menos vulnerables. Dependiendo del uso en un edificio será el sector de la población que lo habitará. Por ello se propone que el factor F_2 sea distinto para distintos usos de un edificio de mampostería.

Para el caso específico de las iglesias se tienen los casos de San clemente, Torre Chapinero y Catedral de Puerto Príncipe cuyos valores de F_2 son, respectivamente 92% 33% y 14%. La iglesia de San Clemente es un caso muy atípico por lo que se propone un valor de $F_2=24%$ para iglesias. En la tabla 3.5 se agruparon los edificios con usos similares y se propone un factor de fatalidad para el grupo basado en el promedio.

Tabla 3.5 Factor propuesto por usos

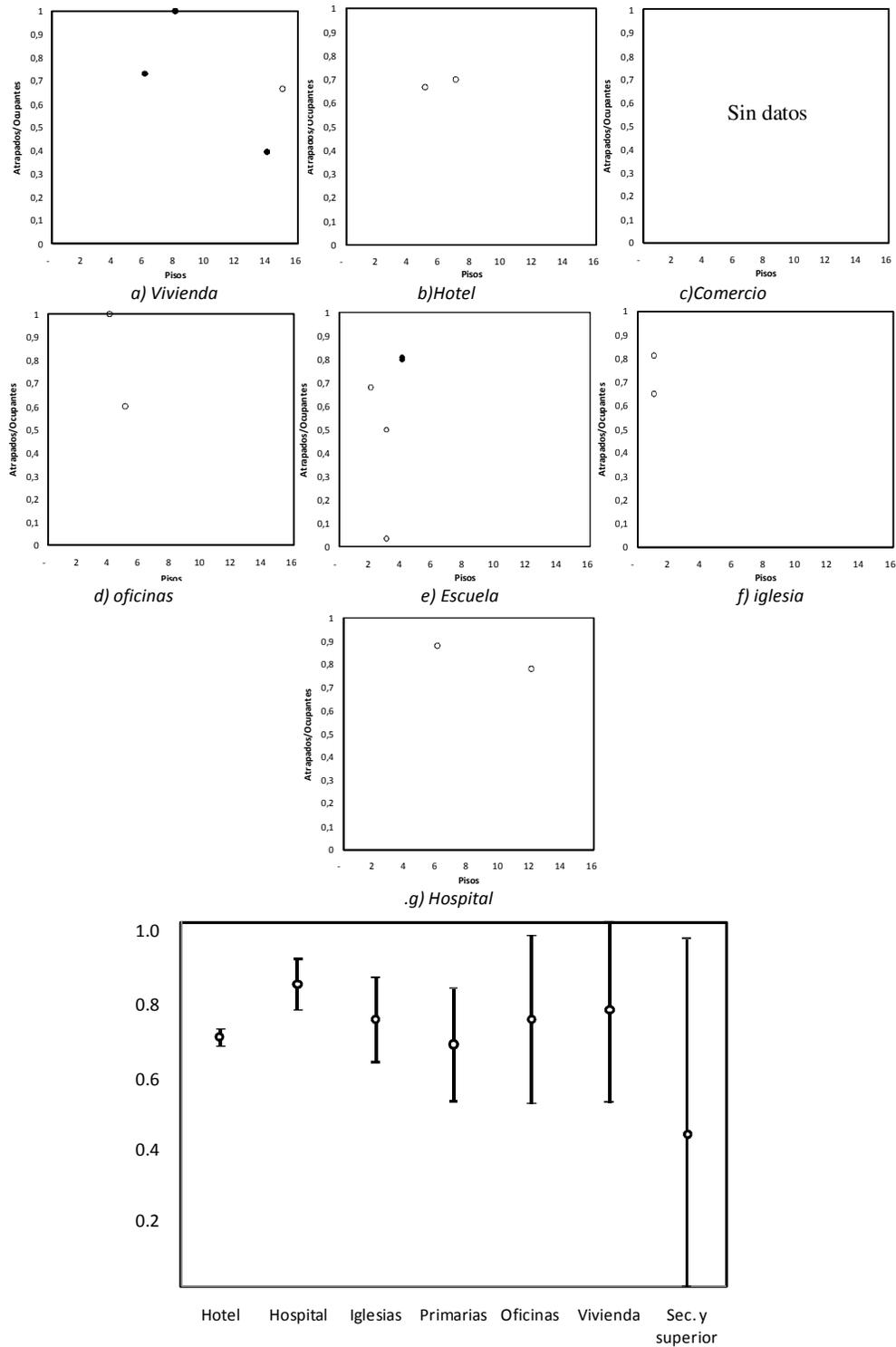
Edificio	Uso	F ₂	Factor propuesto
Torre de Chapinero	Iglesia	33%	24%
Catedral de San Clemente		92%	
Catedral de Puerto Príncipe		14%	
Escuela Iovene	Escuelas primarias	48%	58%
Centro Escolar Santa Catalina		68%	
Casa del estudiante	Escuela Nivel medio y superior	5%	17%
Secundaria SMK 9 Nigeri		29%	

Para el caso de viviendas se propone un valor de 33% que es el promedio obtenido de los casos anteriores excluyendo la Catedral de San Clemente, esto es porque en viviendas hay gente de todas las edades pero no aglutinada. Este factor es además casi igual al 30% que propone Coburn *et al* (1992).

3.3 Observaciones según el uso de la estructura

Ya que como se observó en capítulos anteriores características de edad de ocupantes y densidad de ocupación se vean reflejados en el uso de la estructura. El presente subcapítulo se elabora debido a que durante el análisis de estructuras de concreto se encontró que los factores de fatalidad se ven afectados a la baja cuando la gente atrapada es gente joven además de que el factor de atrapados suben cuando los ocupantes estaban dormidos o enfermos. Por otro lado para el caso de los edificios de mampostería el factor de fatalidad parece estar muy ligado a la edad de los ocupantes y la densidad de ocupación.

En las gráficas de la figura 3.8 se presenta en gráficas el factor de atrapados por uso, nótese la gran dispersión de varios de los datos. Se tiene poca dispersión en hoteles, hospitales e iglesias dado que en esos casos tenemos pocos datos. La desviación y el promedio puede observarse mejor en la figura 3.8 h, en donde se presenta el valor promedio de la relación de atrapados con respecto a los fallecidos por uso más-menos una desviación estándar.



h) Promedios \pm desviación estándar
 Figura 3.8 Relación de atrapados entre ocupantes respecto al número de pisos por uso

Para el factor de fatalidad (F_2) se ha hecho lo mismo y se muestran las correspondientes gráficas en la figura 3.9. Se distinguen los modos de colapso o material con que están hechos los edificios. Además se ha puesto en línea punteada el promedio.

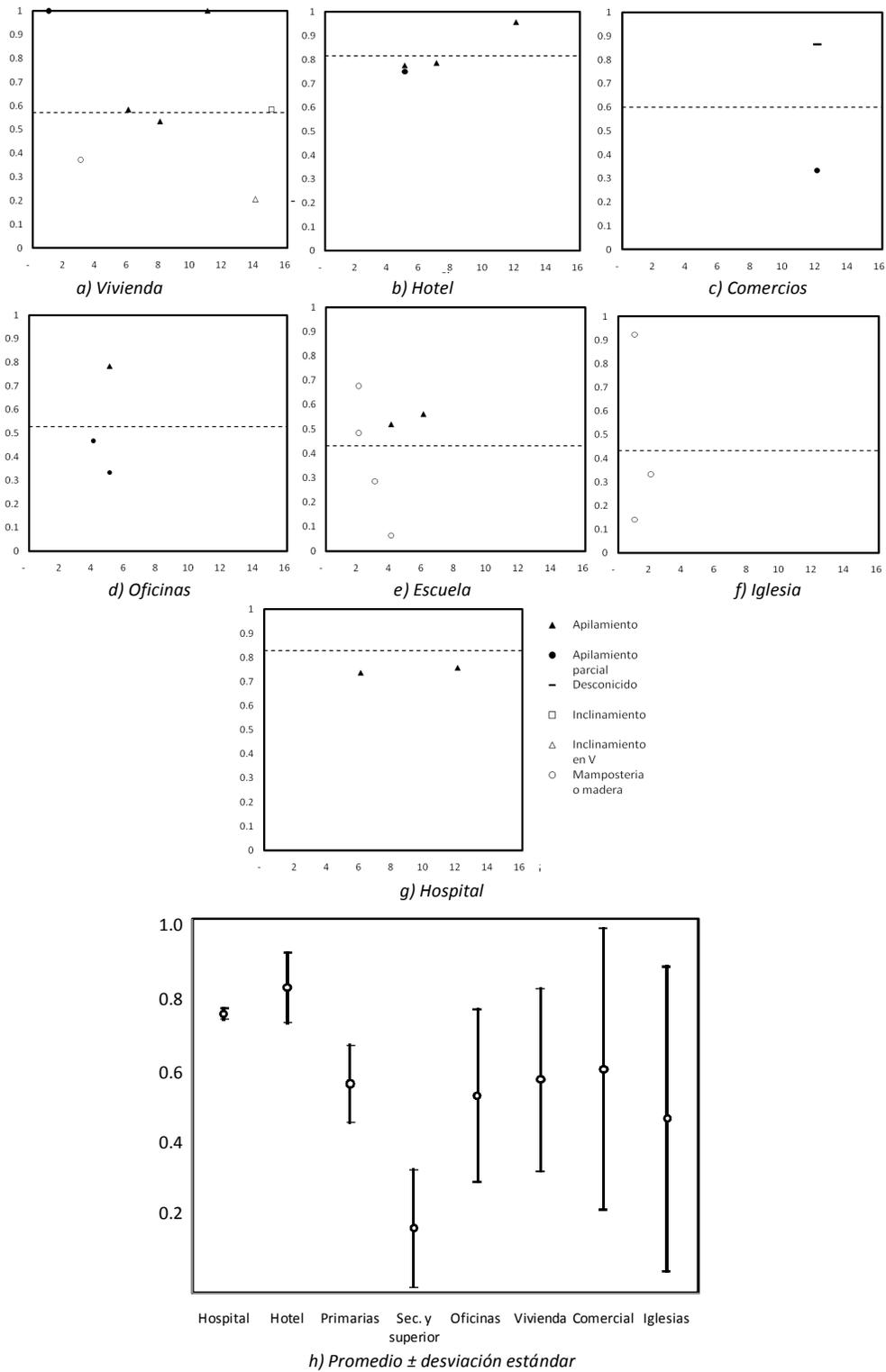


Figura 3.9 Relación de muertos entre ocupantes respecto al número de pisos por uso: a) vivienda, b) hotel, c) comercio, d) oficinas, e) escuela, f) iglesia y g) hospital y h) todos los usos

En el factor de fatalidad se tienen más datos por lo que la muestra es más confiable respecto de las gráficas del factor de atrapados. Sin embargo, parece existir una enorme dispersión en los datos de ambos factores. Los usos con menos muestras tienen una desviación menor.

Desafortunadamente hacen falta datos para establecer promedios más confiables, sin embargo en un principio parece que asignar factores de fatalidad o atrapados de acuerdo al uso de la estructura es una opción viable solo para estructuras de mampostería.

La tabla 3.6 muestra un resumen de lo presentado en las gráficas. Según el uso del inmueble es como se presenta el factor de atrapados promedio con su respectiva desviación estándar logarítmica y los mismos datos para el factor de fatalidad.

Hacen falta los datos del promedio y desviación estándar logarítmica en comercio y fábrica. Esto es porque en esos casos hubo fábricas y comercios de los cuales se obtuvo información de atrapados y víctimas fatales pero no de ocupantes. Así mismo faltan las desviaciones del promedio de F_2 para fábricas. Esto es porque solo se consiguió datos de una fábrica.

Tabla 3.6 Factores de acuerdo al uso de la estructura

Uso	Factor de Atrapados F_1	$\sigma_{ln} F_1$	Factor de Fatalidad F_2	$\sigma_{ln} F_2$	$F_1 \times F_2$ $F_1 \times F_2$	Promedio de número de pisos <
Vivienda	0.759	0.381	0.571	0.481	0.433	10.0
Hotel	0.683	0.0345	0.817	0.110	0.558	8.0
Comercial	--	--	0.599	0.675	--	9.7
Oficinas	0.733	0.295	0.528	0.430	0.387	4.3
Escuela	0.564	1.474	0.406	0.948	0.229	3.1
Iglesia	0.732	0.159	0.466	1.064	0.341	3.7
Fábrica	--	--	0.967	--	--	11.0
Hospital	0.828	0.08458	0.747	0.020	0.619	7.7

Como puede verse, las desviaciones estándar van desde .03 hasta 1.4, lo que muestra que hay usos cuyos factores asignables son más confiables que otros. El caso de las viviendas se tenían varios datos, sin embargo casi todos corresponden a edificios de departamentos. Por lo tanto debe considerarse que falta tomarse en cuenta viviendas individuales de uno o dos pisos. Los hoteles, oficinas y escuelas tienen varios casos, por lo que están mejor representados. En tanto las iglesias presentan una gran variación.

3.4 Factores propuestos

Dado que la presente tesis pretende ser de utilidad en la aplicación de un modelo para estimar vidas humanas es necesario proponer valores asignables de factores de atrapados y fatalidad.

Se han asignado los valores F_2 para edificios de concreto de acuerdo al modo de colapso más probable según el tipo estructural 0.79. Para aquellos que podrían tener un modo de colapso de apilamiento, y 0.45 a aquellos que podrían fallar como tipo apilamiento parcial, inclinación o inclinación en “V” Aunque se marcaron distintos factores de acuerdo a la edad de los ocupantes se usaran los promedios por practicidad. En casos de edificios de mampostería las características de la población son más importantes por lo que el factor F_2 depende del uso del edificio. En la tabla 3.7 se muestran los factores asignados según el sistema estructural. Los sistemas estructurales son los reconocidos por el sistema RSMex.

Tabla 3.7 Factores de atrapados y fatalidad

No.	Tipo estructural	F_1 : Atrapados	σ_{InF1}	F_2 : Fatalidad	σ_{InF2}
1	Muros de carga de mampostería	0.69	1.36	F(USO)	
2	Marcos de concreto	F(N)	0.194	0.45	0.425
3	Marcos y muros de concreto	0.56	0.287	0.45	0.425
4	Marcos de concreto contraventeado	0.56	0.287	0.45	0.425
5	Columnas y losas planas de concreto	F(N)	0.194	0.72	0.2037
6	Columnas y losas planas de concreto con Muros	F(N)	0.194	0.72	0.2037
7	Columnas y losas planas de concreto con contraventeos	F(N)	0.194	0.72	0.2037
8	Muros y losas planas de concreto	F(N)	0.194	0.72	0.2037
9	Marcos de concreto	0.56	0.287	0.45	0.425
10	Marcos de acero contraventeado	F(N)	0.194	0.45	0.425
11	Marcos de acero con muros de concreto	0.56	0.287	0.45	0.425
12	Estructura prefabricada de concreto	F(N)	0.194	0.72	0.425
13	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
19	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	0.04	---	F(USO)	---
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	0.69	0.432	F(USO)	---
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	0.69	0.432	F(USO)	---
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	0.69	0.432	F(USO)	---
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	0.69	0.432	F(USO)	---
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	0.69	0.432	F(USO)	---

F(N) función del número de pisos

F(O) Función del los ocupantes.

Para la elaboración de esta tabla se ha supuesto que los marcos de concreto con contraventeo y otros elementos que le ayuden a resistir sismos fallarán por piso débil o volteo. Los edificios con losas planas y columnas de concreto fallarán por tipo apilamiento. Todo ello es discutible pues los edificios con un buen diseño deben tener una falla dúctil que permita salir a las personas antes de derrumbarse.

Cuando una estructura falla y genera víctimas, casi siempre, es porque tiene errores de construcción, diseño o mantenimiento por lo que dependiendo de la deficiencia que presenta el edificio puede presentarse algún modo de colapso. En la práctica se puede determinar el modo de colapso más probable si se observa 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 etcétera.

Para edificios de concreto el factor de atrapados F_1 es un factor que depende del número de pisos y se describe con la función $F(N)$ que es válida en condiciones normales de día y para personas cuya capacidad de respuesta no se ve afectada, así mismo aplica para estructuras de más de cuatro pisos pues edificios más bajos se espera que sean de mampostería o, si son de concreto difícilmente fallarán.

Generalmente es difícil predecir si el sismo ocurrirá cuando la gente duerme o cuando está herida por ello es que se sugiere que la función $F(N)$ se mantenga sin tomar en cuenta la variación posible en dormitorios u otros edificios.

En el caso de los edificios de mampostería por lo general son edificios bajos en donde la función $F(N)$ juega un papel menor e importa más el tipo estructural del edificio, por ello se usa el promedio de 0.69 que es el presentado por las estructuras de mampostería excepto la secundaria Nigeri.

En el caso de la mampostería, el factor F_2 depende de la población que ocupa el inmueble. La tabla 3.8 indica los valores de F_2 para distintos usos de los edificios válidos para edificios de mampostería. En esta tabla se ha propuesto una relación de F_2 para distintos usos de edificios de mampostería. Los factores se han propuesto tomando en cuenta la edad y salud estimada que tendría la gente en el lugar siendo 0.33 para lugares donde hay gente de todo tipo pero no muy concentrada, 0.24 para lugares donde hay gente trabajando, 0.58 para aquellos sitios donde hay grandes cantidades de gente concentrada o en un estado de salud menguada.

Tabla 3.8 Valores del factor F_2 de acuerdo al uso del edificio

Clave	Uso	F_2	Clave	Uso	F_2
1	Almacén	0.24	16	Hospital	0.58
2	Banco	0.24	17	Hotel	0.33
3	Biblioteca	0.24	18	Industria	0.24
4	Central de Comunicaciones	0.24	19	Laboratorio	0.24
5	Central Eléctrica	0.24	20	Librería	0.33
6	Centro Comercial	0.33	21	Museo	0.33
7	Comercio	0.33	22	Oficina Gubernamental	0.33
8	Depósito de Sustancias Explosivas	0.33	23	Oficina Privada	0.33
9	Depósito de Sustancias Inflamables	0.33	24	Restaurante	0.33
10	Depósito de Sustancias Tóxicas	0.33	25	Servicios de Emergencia	0.58
11	Escuela	0.58	26	Terminal de Transporte	0.24
12	Estacionamiento	0.33	27	Tienda de Departamentos	0.33
13	Fábrica	0.24	28	Vivienda	0.33
14	Funeraria	0.58	29	Otro	0.33
15	Hangar	0.33			

Para determinar correctamente estos factores hacen falta estudios estadísticos más detallados que muestren el sector de la población que se esperaría encontrar en cada uso del inmueble. Esta es solo una primera propuesta que debe ser revisada y corregida.