

**"Documento original en mal estado"**

# GUIA METODOLOGICA PARA LA ESTIMACION DE LOS DANOS EN LAS VIVIENDAS Y EN LA POBLACION EN CASO DE SISMOS FUERTES.

## INTRODUCCION

La evaluación de los posibles daños que puede provocar un sismo o terremoto de determinada intensidad, es una tarea muy compleja por la cantidad de factores que pueden incidir en que estos sean mayores o menores y por el grado de incertidumbre que tiene cada elemento que entran a jugar en el proceso de evaluación.

Entre los factores que inciden en que el daño sea mayor o menor son:

- 1.- Los parámetros del efecto sísmico: magnitud, contenido frecuencial, duración, etc.
- 2.- Las características constructivas: Edad de construcción, estado técnico, si tiene diseño sismorresistente o no, materiales empleados en su construcción y calidad de los mismos, si la vivienda ha sido afectada por sismos anteriores, si ha sido remodelada o reparada, etc.
- 3.- Características geológicas adyacentes a la vivienda o edificación: Tipo de suelo de cimentación, taludes peligrosos y edificaciones e industrias peligrosas.
- 4.- Hora del día a que ocurre el sismo.
- 5.- Grado de preparación de los gobernantes, instituciones y la población

La evaluación previa de los potenciales daños y afectaciones es una tarea de gran importancia pues nos permite:

- 1.- Conocer que puede pasar con la ocurrencia de un sismo con determinada intensidad.
- 2.- Crear una conciencia del riesgo sísmico a que se está expuesto.
- 3.- Realizar el estudio de la vulnerabilidad y del riesgo.
- 4.- Trazar una política de prevención y de mitigación del riesgo y de la vulnerabilidad que es el objetivo principal.
- 5.- Realizar los planes de medidas en caso de sismo de gran intensidad con una base científico-teórica y establecer el conjunto de medidas a realizar preventivamente (antes), en la etapa de emergencia (durante), y de recuperación (después).

Esta metodología solo analiza el posible daño que se puede esperar en las viviendas y personas que residen en las mismas, bajo las siguientes hipótesis:

- 1.- Los daños esperados para un sismo de determinada intensidad en las viviendas sin diseño sismorresistentes son los que se expresan en la escala MSK.
- 2.- Se suponen que el sismo ocurre por la noche y que todas las personas estén en sus casas.
- 3.- Los daños se incrementan al estar las viviendas en estado técnico malo y regular.

- 4 - No se toman algunos criterios como la cantidad de pisos, el diseño conceptual, la duración del terremoto, el periodo de oscilación de la estructura y otros factores que inciden en el comportamiento sísmico de una edificación.
- 5.- Solamente se toma el daño directo de las viviendas y de las personas que las ocupan.

**PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA EVALUACION DE LOS DAÑOS EN LAS VIVIENDAS.**

- I.- Estimación del Peligro Sísmico en los lugares de interés en términos de intensidad y sus variaciones locales.
- II.- Búsqueda de la información de las viviendas o realizar un censo sísmológico de las edificaciones donde se determine: el tipo de vivienda según la escala MSF ( en A, B y C), su estado técnico y otros datos de interés.

De esta forma la clasificación de las edificaciones ser como sigue:

Tipo A: Edificios de piedra picada, construcciones rurales, casas de adobe, casas de arcilla.

Tipo B: Edificios de ladrillo, adobe, construcciones enmaderadas, edificios de piedra natural labrada.

Tipo C: Edificios de hormigón armado prefabricado, construcciones de paneles grandes prefabricados, construcciones de madera bien fabricadas.

Esta información individual se puede agrupar a nivel de calle o manzana, a través de consejos populares, municipios y provincias, debiéndose elaborar la siguiente tabla:

No.	A			B			C			Pa	Pb	Pc	G
	B	R	M	B	R	M	B	R	M				
1													
2													

- donde: Pa: Población existente en viviendas del tipo A  
 Pb: " " " " " " B.  
 Pc: " " " " " " C.  
 G: Grado sísmico estimado.  
 B: Cantidad de viviendas en estado bueno.  
 R: Cantidad de viviendas en estado regular.  
 M: Cantidad de viviendas en estado malo.

Esta información en Cuba se puede encontrar en el Departamento de Arquitectura y Urbanismo (DAU), perteneciente al Instituto de Planificación Física (IPF) y en el Instituto de la Vivienda (IV); ajustándose los tipos constructivos establecidos por estas instituciones a los de la Escala MSI de la siguiente forma:

Clasificación según Escala MSK	A	B	C
Clasificación según el IPF	IV	II y III	I

### III.- Estimación de los daños en las viviendas.

Los tipos de daños descritos en la escala MSI son:

**Daños ligeros (DL):** Grietas finas en la cubierta (repello), caída de pequeños pedazos de repello.

**Daños moderados (DM):** Grietas pequeñas en las paredes, caída de pedazos grandes de repello, caída de tejas, grietas en las chimeneas, caen partes de las chimeneas.

**Daños considerables (DC):** Grietas largas y profundas en las paredes, caída de chimeneas.

**Daños graves (DG):** Destrucción, rajaduras en las paredes, partes de los edificios son colapsados, partes aisladas de las construcciones pierden su cohesión, las paredes interiores y los marcos son colapsados.

**Daños totales (DT):** Destrucción total. Colapso total del edificio.

La cantidad de viviendas que no sufren daños, se simbolizan con las siglas (SD).

La cantidad de viviendas que sufren determinado tipo de daño se recogen en los siguientes porcentajes dados por la Escala MSI:

Pocos: el 5% de las viviendas

Muchos: el 20% de las viviendas

Mayoría: el 55% de las viviendas

Para los diferentes tipos de daños y grados sísmicos a esperar se confeccionó la siguiente MATRIZ obtenida de la escala MSI para los grados VII, VIII, IX y X de la forma siguiente:

Descripción de los daños para cada grado de intensidad según la Escala MSK.

Grado VII: Daños en los edificios: En muchos edificios de tipo C (20%) se producen daños ligeros y en muchos edificios de tipo B (20%) daños moderados. Muchos edificios de tipo A (20%) sufren daños considerables y algunos (5%), daños graves.

Grado VIII: Destrucción en edificios: Muchos edificios de tipo C (20%) sufren daños moderados y algunos (5%) sufren daños considerables. Muchos edificios de tipo B (20%) sufren daños considerables y algunos (5%) sufren daños graves. Muchos edificios de tipo A (20%) sufren daños graves y algunos (5%) sufren daños totales.

Grado IX: Daño general de edificios: Muchos edificios de tipo C (20%) sufren daños considerables y algunos (5%) sufren daños graves. Muchos edificios de tipo B (20%) muestran daños graves y algunos (5%) daños totales. Muchos edificios de tipo A sufren daños totales.

Grado X: Destrucción general de los edificios: Muchos edificios de tipo C (20%) sufren daños graves y algunos (5%) sufren daños totales. Muchos edificios de tipo B (20%) muestran daños totales. La mayoría del tipo A sufren daños totales.

Se propone la matriz de daños para los tipos de viviendas, según la intensidad. Los valores en negrita son los expresados en la escala MSK. Los demás valores son asumidos en base a lo expresado en la literatura consultada así como por los terremotos ocurridos en Cuba y otras partes del mundo. Estos valores podrán ajustarse cuando se tenga una estadística de los daños causados por los terremotos en el territorio.

Tipo de daño Grado Sísmico y Tipología Constructiva según MSK

	VII			VIII			IX			X		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
SD	0.30	0.50	0.80	0.15	0.30	0.40	0.05	0.15	0.30	-	-	-
DL	0.25	0.30	<b>0.20</b>	0.20	0.25	0.35	0.10	0.20	0.25	-	-	-
DM	0.20	<b>0.20</b>	-	0.20	0.20	<b>0.20</b>	0.10	0.20	0.20	-	-	0.25
DC	<b>0.20</b>	-	-	0.20	<b>0.20</b>	<b>0.05</b>	0.20	0.20	<b>0.20</b>	-	0.30	0.50
DB	<b>0.05</b>	-	-	<b>0.20</b>	<b>0.05</b>	-	0.30	<b>0.20</b>	<b>0.05</b>	0.45	0.50	<b>0.20</b>
DT	-	-	-	<b>0.05</b>	-	-	<b>0.20</b>	<b>0.05</b>	-	<b>0.55</b>	<b>0.20</b>	<b>0.05</b>

Las fórmulas obtenidas de los elementos de la matriz anterior: para el cálculo de las cantidades de viviendas que sufren determinado tipo de daño para los diferentes grados de intensidad se dan a continuación:

PARA GRADO DE INTENSIDAD VII:

$$\begin{aligned} SD &= 0,30Na + 0,50Nb + 0,80Nc \\ DL &= 0,25Na + 0,30Nb + 0,20Nc \\ DM &= 0,20Na + 0,20Nb \\ DC &= 0,20Na \\ DB &= 0,05Na \end{aligned}$$

PARA GRADO DE INTENSIDAD VIII:

$$\begin{aligned} SD &= 0,15Na + 0,30Nb + 0,40Nc \\ DL &= 0,20Na + 0,25Nb + 0,35Nc \\ DM &= 0,20Na + 0,20Nb + 0,20Nc \\ DC &= 0,20Na + 0,20Nb + 0,05Nc \\ DB &= 0,20Na + 0,05Nb \\ DT &= 0,05Na \end{aligned}$$

PARA GRADO DE INTENSIDAD IX:

$$\begin{aligned} SD &= 0,05Na + 0,15Nb + 0,30Nc \\ DL &= 0,10Na + 0,20Nb + 0,25Nc \\ DM &= 0,25Na + 0,20Nb + 0,20Nc \\ DC &= 0,20Na + 0,20Nb + 0,20Nc \\ DB &= 0,30Na + 0,20Nb + 0,05Nc \\ DT &= 0,20Na + 0,05Nb \end{aligned}$$

PARA GRADO DE INTENSIDAD X:

$$\begin{aligned} DM &= 0,25Nc \\ DB &= 0,30Nb + 0,50Nc \\ DC &= 0,45Na + 0,50Nb + 0,20Nc \\ DT &= 0,55Na + 0,20Nb + 0,05Nc \end{aligned}$$

Donde: Na= cantidad de viviendas de tipo A  
 Nb= " " " " " B  
 Nc= " " " " " C

Para tomar en consideración el estado técnico de las viviendas se agrupan estas en estado técnico regular y malo. Se proponen 5 grupos de acuerdo al porcentaje real de edificaciones en estos estados y se incrementa la cantidad de daños en dependencia de estos porcentajes de la siguiente forma:

\* Cuando el porcentaje de viviendas malas y regulares es menor del 20%

$$SD1=0.95 SD \quad DL1=1.05 DL$$

\* Cuando el porcentaje de viviendas malas y regulares esta entre 20 y 40%.

$$DL2=0.90 \text{ DL} \quad DM2=1.10 \text{ DM}$$

\* Cuando el porcentaje de viviendas malas y regulares esta entre 41 y 60%.

$$DM3=0.85 \text{ DM} \quad DG3=1.15 \text{ DG}$$

\* Cuando el porcentaje de viviendas malas y regulares esta entre 61 y 80 %.

$$DG4=0.80 \text{ DG} \quad DC4=1.20 \text{ DC}$$

\* Cuando el porcentaje de viviendas malas y regulares esta entre 81 y 100%.

$$DC5=0.75 \text{ DC} \quad DT=1.25 \text{ DT}$$

que serian las variables que se tendrían en cuenta a la hora de evaluar las fórmulas.

IV.- Estimación de las pérdidas en la población:

$$M=(0.001 \text{ D}_3 + 0.01 \text{ DG4} + 0.2 \text{ DT5})d$$

$$H=((0.1 \text{ D}_3 + 0.2 \text{ DG4} + \text{DT5})d) - M$$

M: Pérdidas fatales

H: Heridos o lesionados

d: densidad poblacional por vivienda.

SD1, DL1, DL2, DM2, DM3, DC3, DC4, DG4, DG5 y DT5: son los daños en las viviendas considerando el estado técnico de las mismas.

V.- Estimación de las personas que quedan sin viviendas(N)

$$N = [P_1 \text{ DG4} + P_i \text{ DT5}]d$$

P<sub>1</sub> DG4: Cantidad de personas que viven en las viviendas que sufren daños graves (DG4)

P<sub>i</sub> DT5: Cantidad de personas que viven en las viviendas que sufren daños totales (DT5)

d: densidad poblacional.

**EJEMPLO PRACTICO PARA ESTIMAR LAS PERDIDAS POTENCIALES EN LAS VIVIENDAS Y SUS HABITANTES.**

**1. - DATOS PARA EL CALCULO**

A partir de los expedientes por vivienda que se encuentran en el Departamento de Arquitectura y Urbanismo (DAU) de la ciudad de Santiago de Cuba, el Instituto de Planificación Física y por un cuestionario que se haya al efecto, se obtienen los datos básicos para hacer los cálculos.

Los datos obtenidos en el DAU son tabulados a nivel de ciudad, provincia y circunscripción, consejo popular, municipales, provinciales, regionales, etc. Los datos que aparecen tabulados a continuación son de la circunscripción No. 285 de un Consejo Popular en la ciudad de Santiago de Cuba.

Tabla No. 1 Tipología y estado técnico de las viviendas (según la DAU)

Tipo/Estado	I	II	III	IV	Total
Bueno	155	2	0	0	157
Regular	36	10	53	0	99
Malo	3	0	114	22	140
Total	194	12	167	22	395

La cantidad de personas que residen en cada tipo de vivienda puede observarse en la tabla No. 2.

Tabla No. 2 Población que habita en las viviendas según su estado técnico.

Tipo/Estado	I	II	III	IV	Total
Bueno	458	2	0	0	460
Regular	164	131	204	20	519
Malo	10	37	544	61	652
Total	632	170	748	81	1631

1.1 Establecimiento de la analogía o similitud entre la tipología constructiva de la DAU y la escala de intensidades medicadas de MBI, debemos señalar que esta analogía no es total.

Las viviendas tipo IV se consideran como A de la escala MBI.

" " " II y III se consideran como B " " "

" " " I " " " C " " "

Cantidad de vivienda tipo IV es 22 por tanto el tipo A será esta misma cantidad (22). (ver la tabla 1).

Cantidad de vivienda tipo II (12) más la cantidad de vivienda tipo III (167) por tanto vivienda tipo B serán 14 + 167 = 181 viviendas.

Cantidad de vivienda tipo I, es 194 o sea el tipo C será la misma cantidad.

### 3.- ESTIMACION DE LOS DANOS EN LA POBLACION.

#### 3.1 Determinación de las pérdidas fatales (M).

$$M = \left[ 0.001 D\dot{C} + 0.01 D\dot{G} + 0.2 DT \right] d$$

P (Población total)

d = ---- (índice de habitantes por vivienda)

N (cantidad total de viviendas)

$$d = \frac{1653}{418} = 3.95$$

$$M = [ 0.001 (44) + 0.01 (26) + 0.2 (1) ] 3.95$$

$$M = [ 0.044 + 0.26 + 0.2 ] 3.95$$

$$M = 2$$

#### 3.2- Determinación de la cantidad de heridos (H):

$$H = [(0.1 D\dot{C} + 0.2 D\dot{G} + DT) ] d - M$$

$$H = [(0.1 (44) + 0.2 (26) + 1 ] 3.95 - 2$$

$$H = [ 4.4 + 5.2 + 1 ] 3.95 - 2$$

$$H = [ 9.6 + 1 ] 3.95 - 2 = 41.87 - 2 = 39$$

$$H = 39$$

#### 4.- Estimación de la cantidad de personas que quedan sin viviendas (NS).

$$NS = [ D\dot{G} + DT ] d$$

$$NS = [ 26 + 1 ] 3.95 = 107$$

$$NS = 107$$

Debemos señalar que estas cifras son estimaciones de las posibles pérdidas, pudiendo existir grandes variaciones en dependencia de la exactitud de los datos de partida, la veracidad de la hipótesis asumidas en el cálculo y de otros factores que incidir en la estimación de las pérdidas y de la vulnerabilidad que no se han tenido en cuenta por lo difícil de cuantificarlo.

Con los datos obtenidos se elabora la siguiente tabla resumen por consejo popular.

Circunscripción	Tipología MSP:			Población		Afectaciones en las Viviendas					
	A	B	C	M	H	DL	Dm	D	DT	NS	
285	23	201	194	2	39	12	34	44	26	1	107