



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

“Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de Unidades Militares de interés (colegios, hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 parte final.

Autores: Cabrera Torres, Alejandra Carolina; Endara Benavides, Francisco Fabián; Gavilánez Jaya, William Fernando; Heredia Timbila, Stalin Jorge; Llanos Quimbiulco, Lesly Mishell; Moyón Gusqui, Manuel Fabian; Núñez Pintado, Jairo Fidel; Tayupanda Maza, Madelaine Bethsabe

Director:

Dr. Toulkeridis, Theofilos

Sangolquí, 2023



OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica a las Unidades Militares de interés (colegios, hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 – parte final.

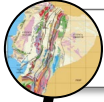
Objetivos específicos

- Evaluar el grado existente de la sismo-resistencia de unidades militares en Guayaquil, Machala, Shell, El Coca, Puyo, Latacunga y Loja.
- Identificar y determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo global correspondiente a cada una de las edificaciones militares.
- Establecer comparaciones entre los resultados obtenidos.

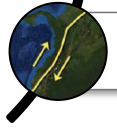
ANTECEDENTES



Ecuador zona altamente sísmica.



Características geológicas y tectónicas.



Mega falla Guayaquil-Caracas.



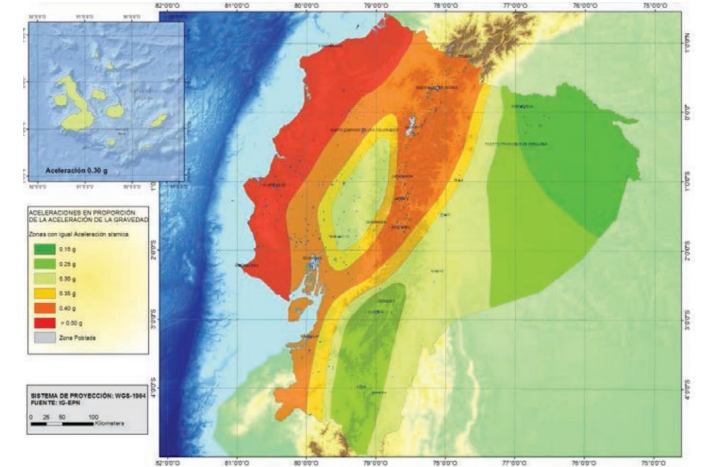
La mayor parte de edificaciones militares fueron construidas bajo las normas del primer código(CEC 77).



Sismo muy severo del 2016 de Mw 7,8 (Esmeraldas y Manabí)

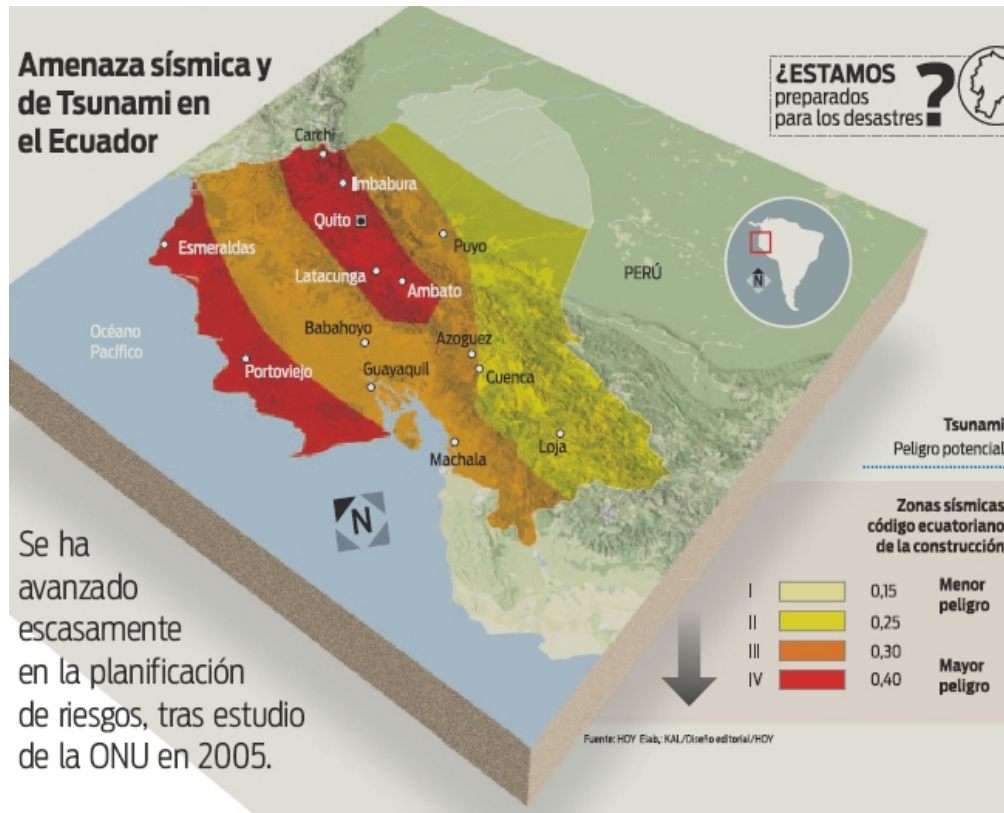


Identificar el grado de vulnerabilidad, falencias estructurales y no estructurales.



MARCO TEÓRICO

Riesgo sísmico



Término matemático que caracteriza el riesgo sísmico.

$$R=H*V*E*C$$

H= Peligrosidad natural.

V= Vulnerabilidad de estructuras.

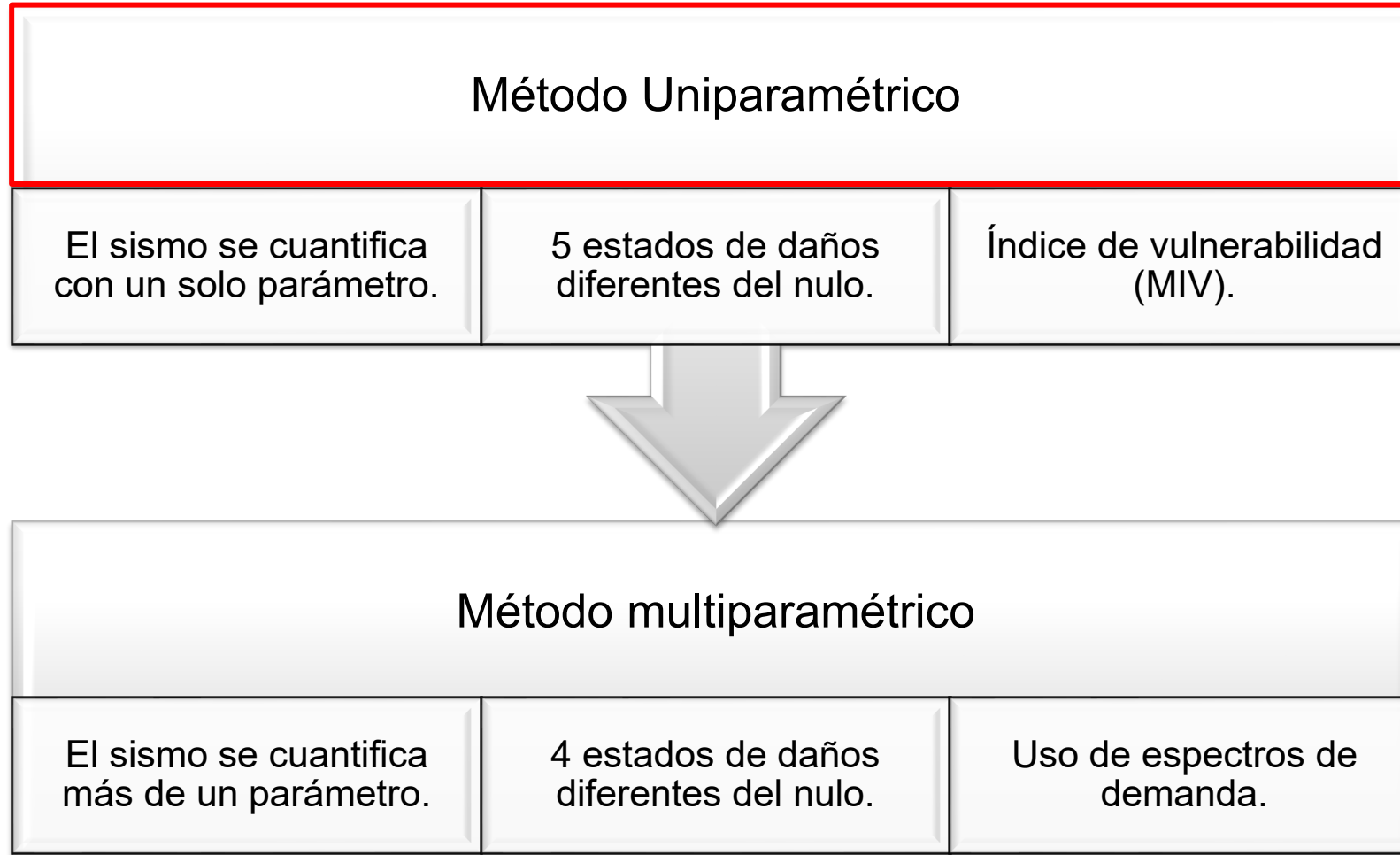
E= densidad poblacional de la zona afectada.

C= Costo de pérdidas de vidas humanas.

Fuente: Instituto Geofísico EPN, 2013

MARCO TEÓRICO

Caracterización del Riesgo sísmico



MARCO TEÓRICO

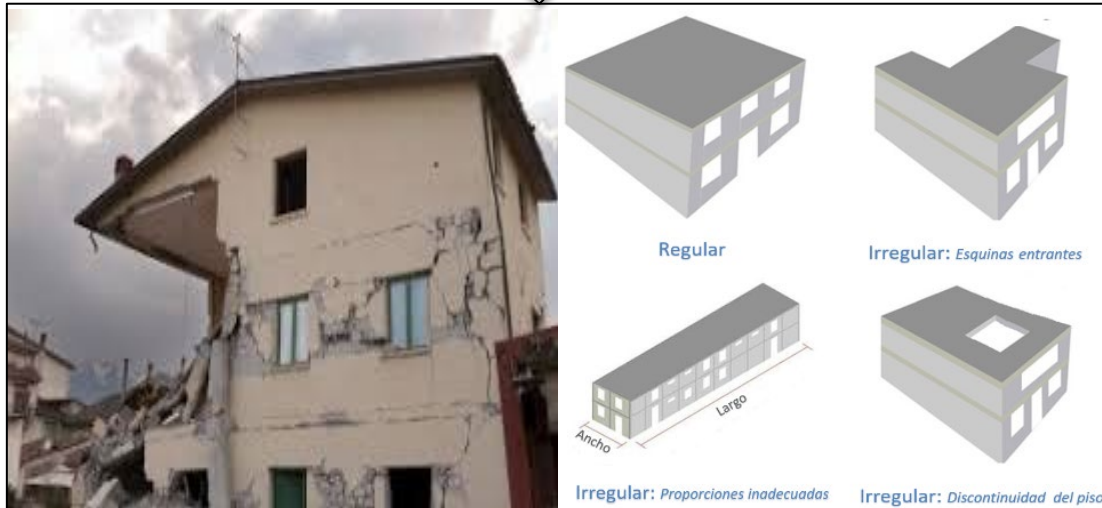
Vulnerabilidad (V)

Se define como un grado de susceptibilidad ante una amenaza, es decir el riesgo al que se encuentran expuesto las comunidades.

mayor escala \leftarrow Vulnerabilidad \rightarrow menor escala

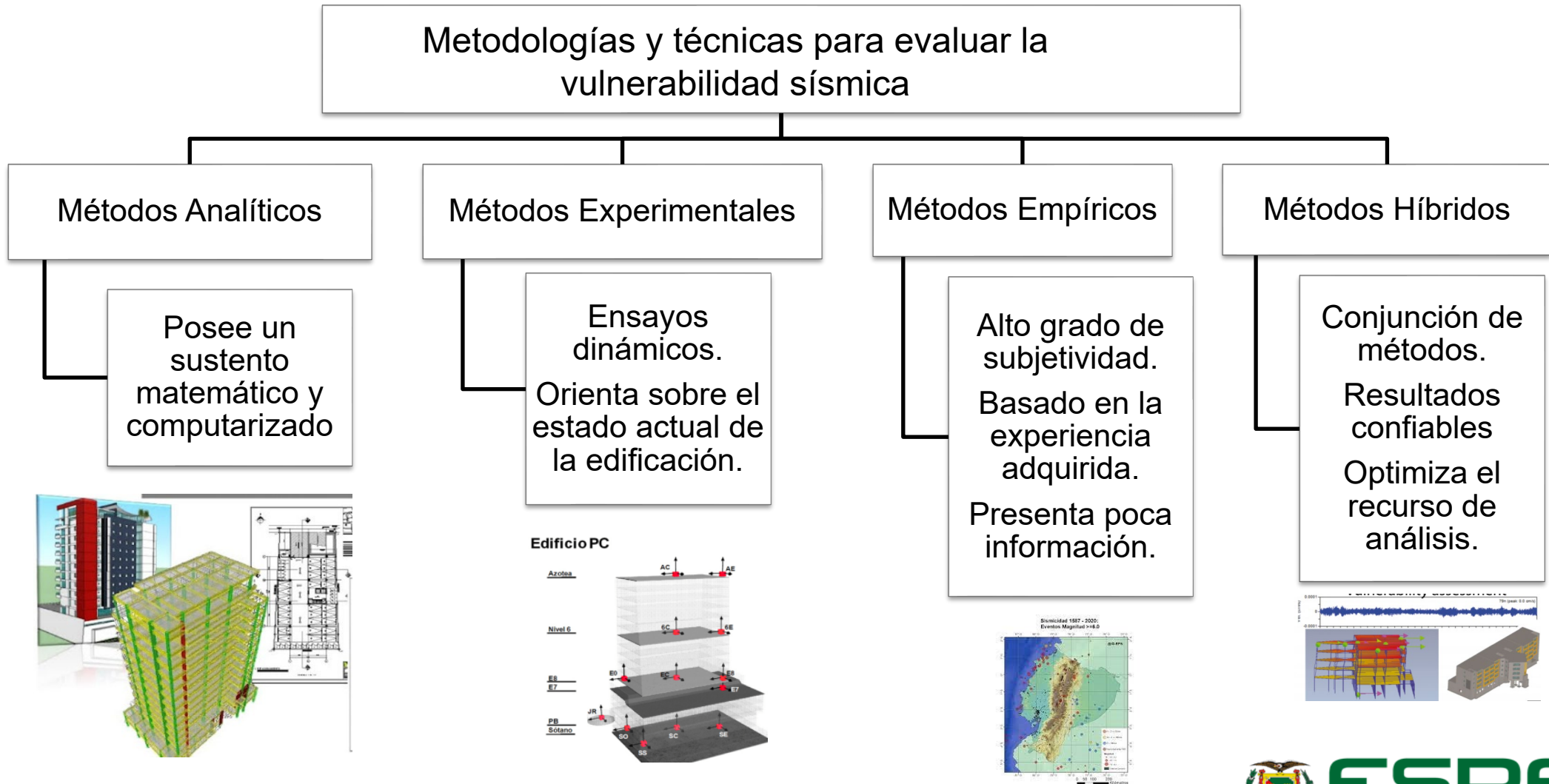
Vulnerabilidad Estructural

Vulnerabilidad Funcional



MARCO TEÓRICO

Evaluación de vulnerabilidad sísmica.

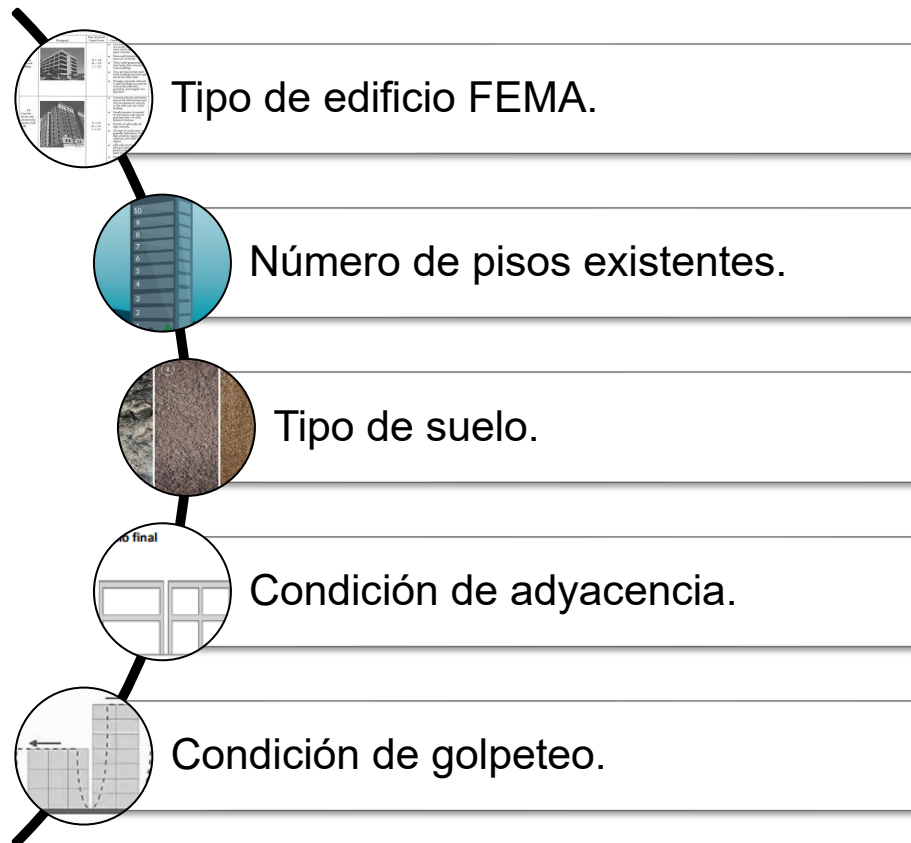


MARCO TEÓRICO

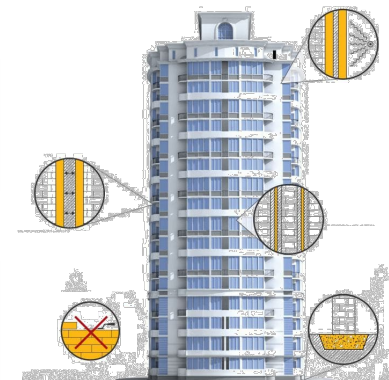
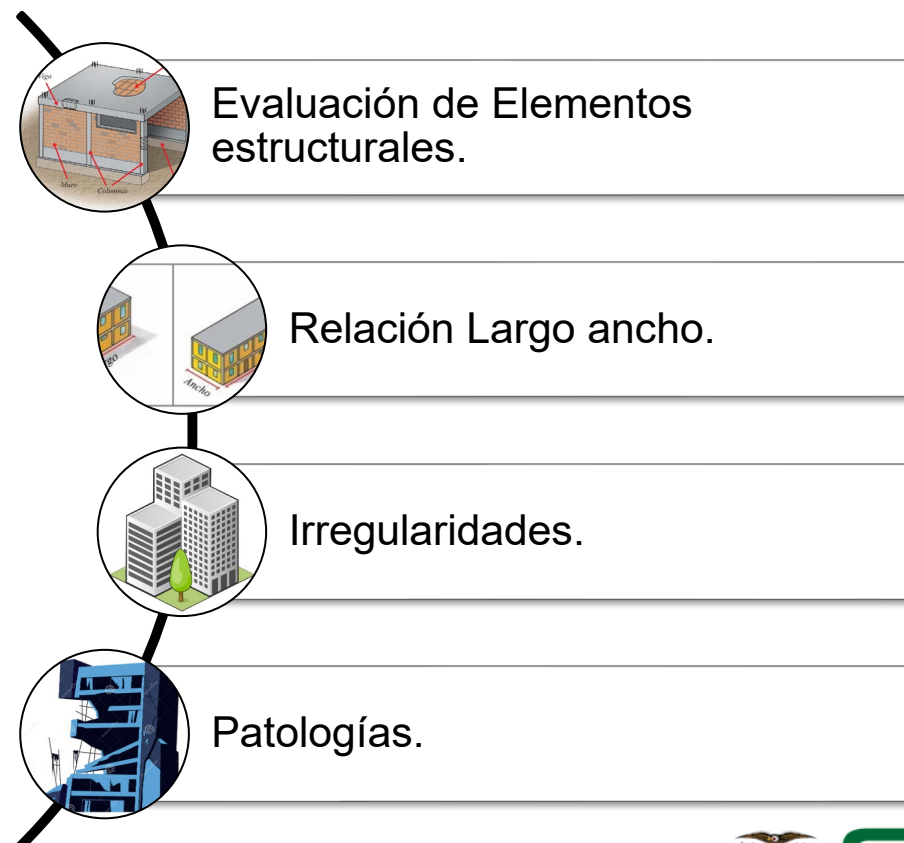
Grupos de vulnerabilidad (GV)

A continuación, se describe tres grupos de vulnerabilidad según la Guía de Evaluación FEMA P-1000 que se pueden cuantificar.

Grupo de vulnerabilidad (GV1)

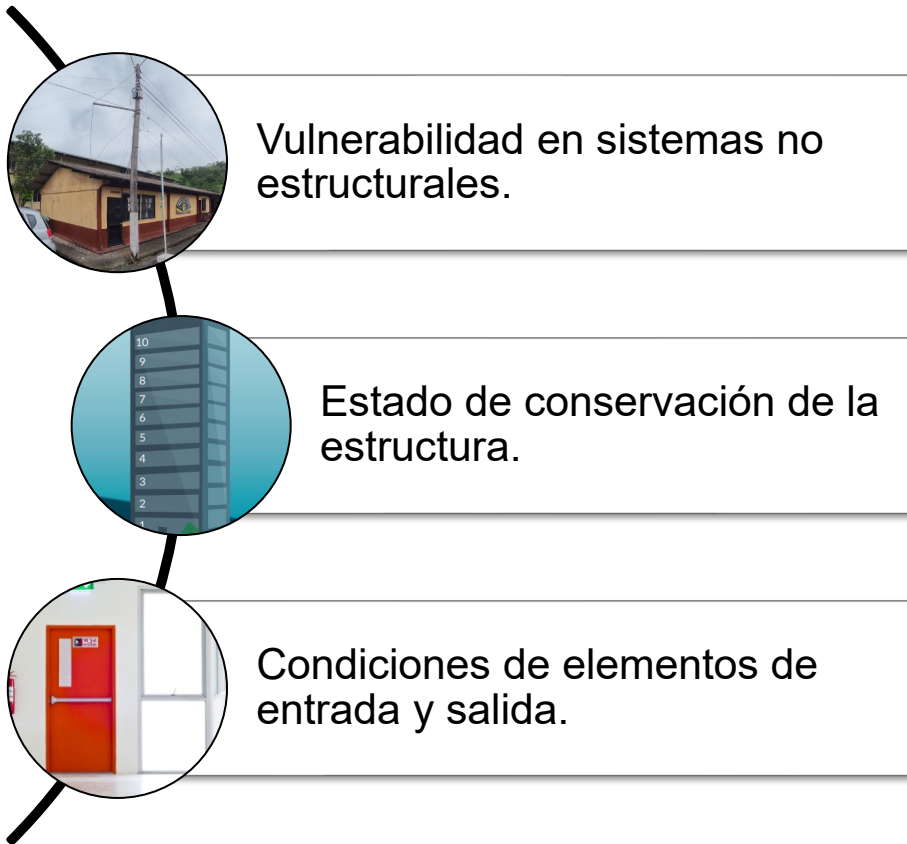


Grupo de vulnerabilidad (GV2)



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV3)



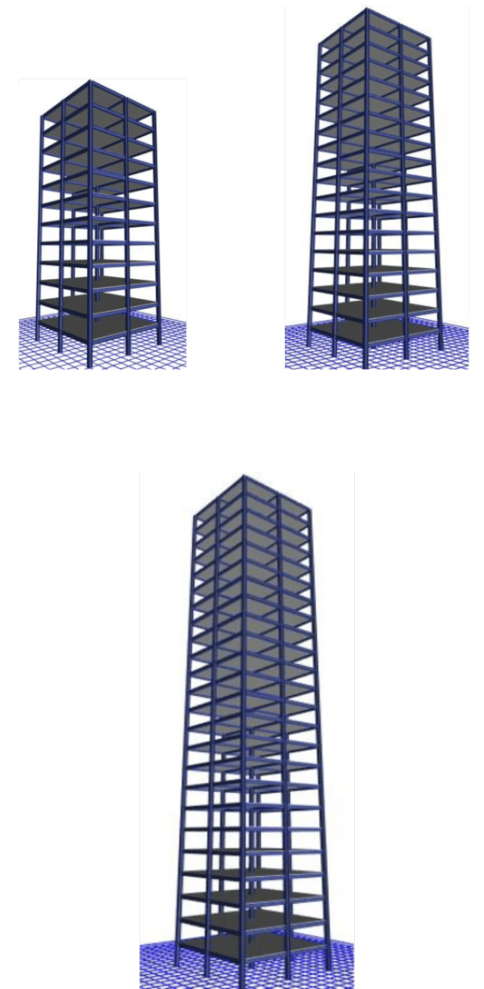
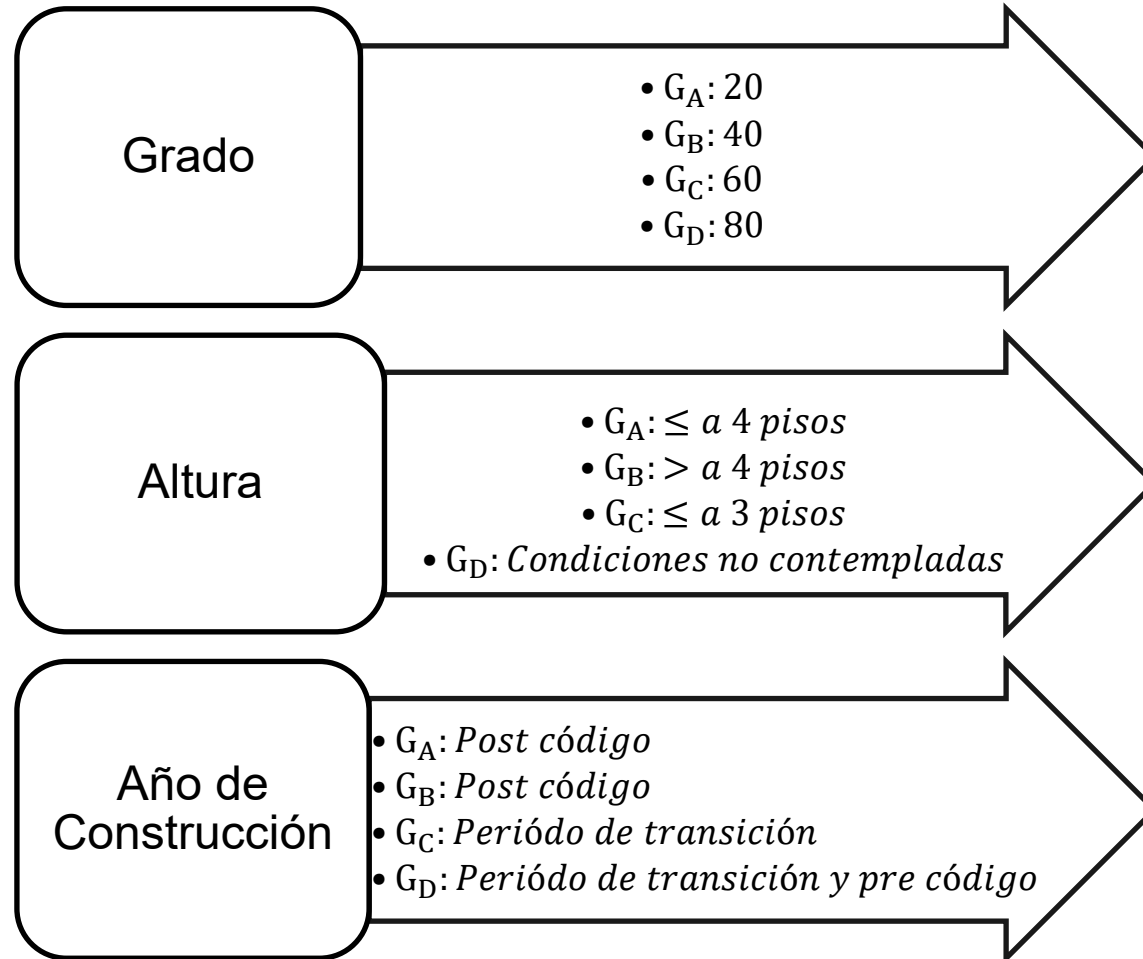
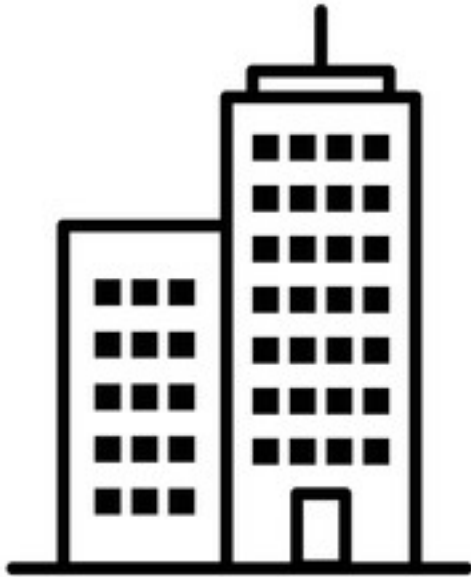
Grado	Descripción	Puntaje
G_A	Representa una vulnerabilidad baja	20
G_B	Representa una vulnerabilidad media	40
G_C	Representa una vulnerabilidad alta	60
G_D	Representa una vulnerabilidad muy alta	80

Cada uno de los grupos de vulnerabilidad posee distintas variables a evaluar con 4 grados (G_A , G_B , G_C y G_D) que tienen un diferente porcentaje dependiendo de la vulnerabilidad que se repercute en estructura.

MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 1)

Número de Pisos



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 1)

Tipo de edificio FEMA



$G_A: 20$
W1



$G_B: 40$
S1
S3



$G_C: 60$
S2
S4
S5
C2



$G_D: 80$
C1
C3
PC
RM
URM

MARCO TEÓRICO

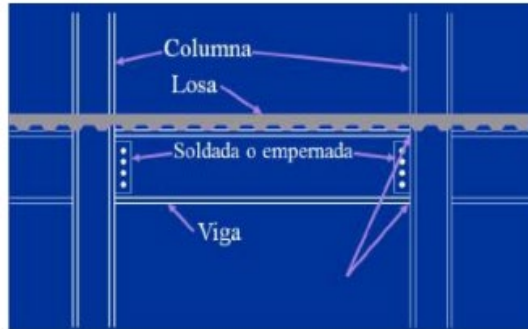
Grupos de vulnerabilidad (GV 1)

Tipo de edificio FEMA

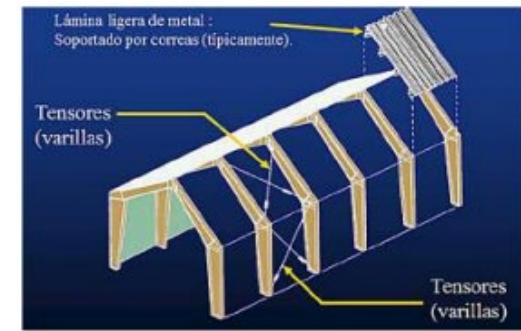
W1



S1



S3

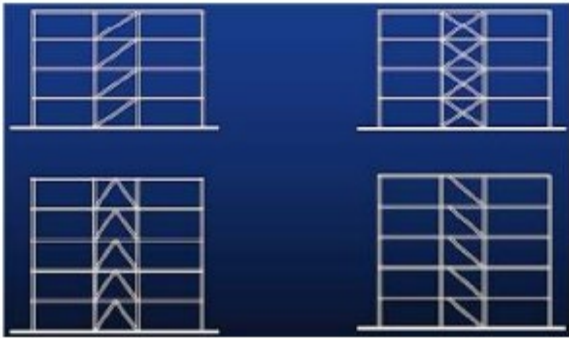


MARCO TEÓRICO

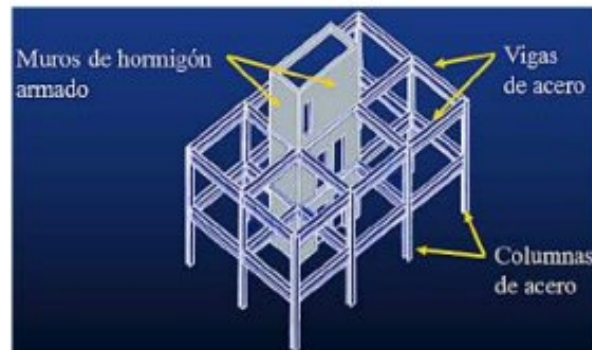
Grupo de vulnerabilidad (GV 1)

Tipo de edificio FEMA

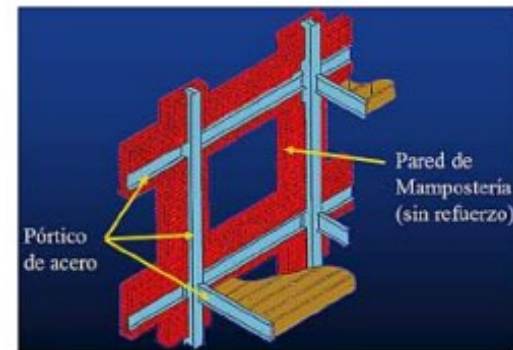
S2



S4



S5



C2

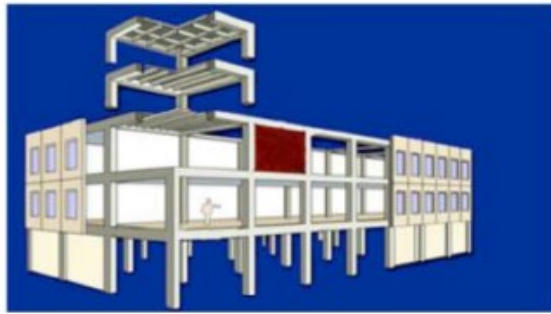


MARCO TEÓRICO

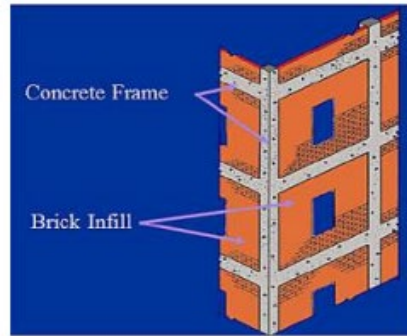
Grupo de vulnerabilidad (GV 1)

Tipo de edificio FEMA

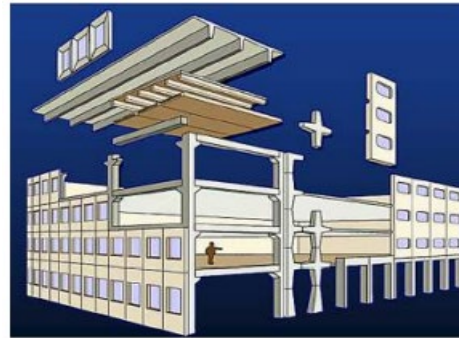
C1



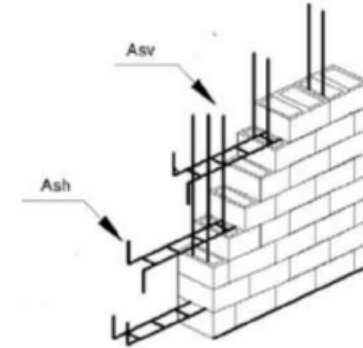
C3



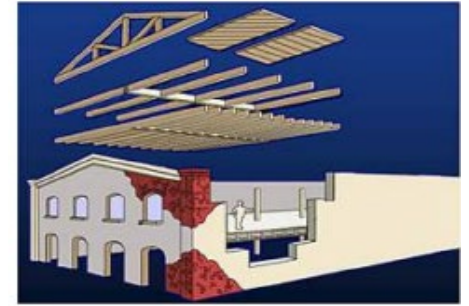
PC



RM

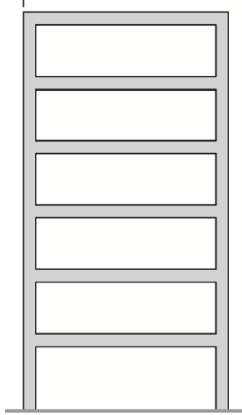


URM

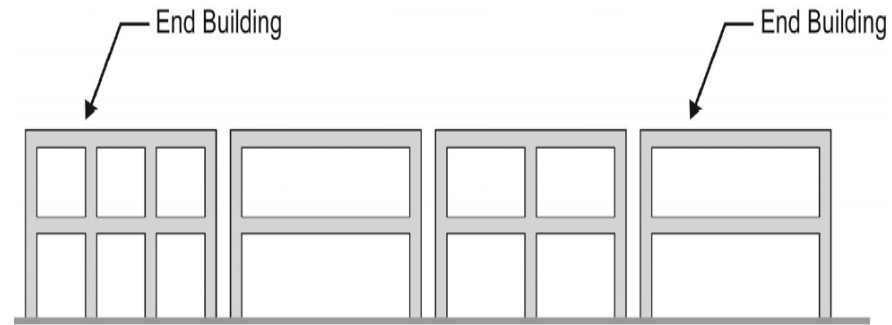


MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 1)

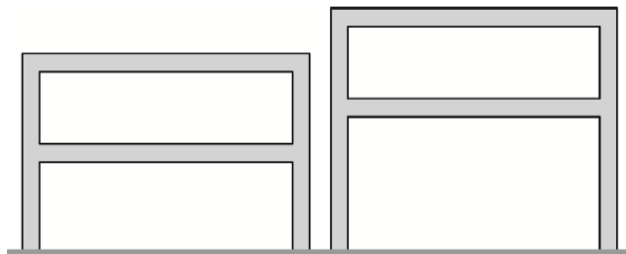


$G_A: 20$
No tiene
presencia de
edificios
cercanos

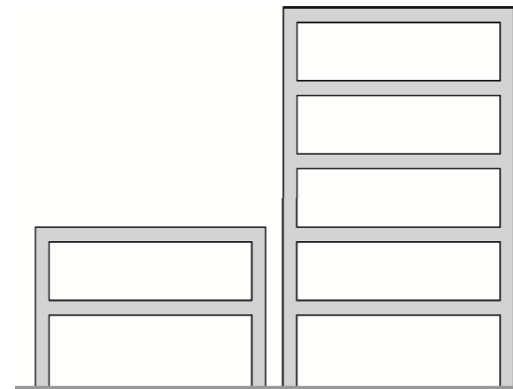


Adyacencia

$G_B: 40$
Se encuentra en
una fila de más
de tres edificios



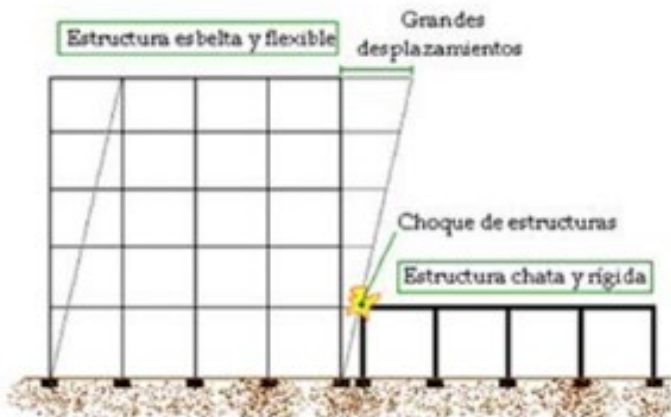
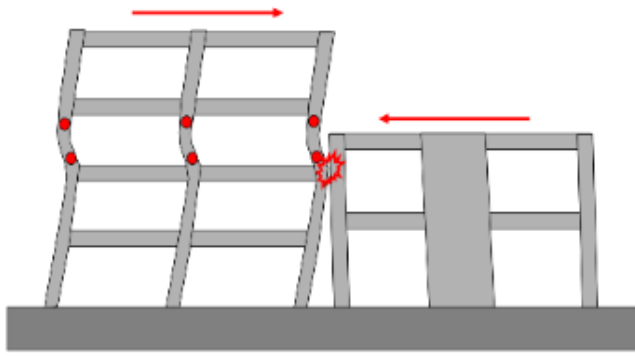
$G_C: 60$
Nivel de pisos
entre edificios de
más de 60 cm en
vertical



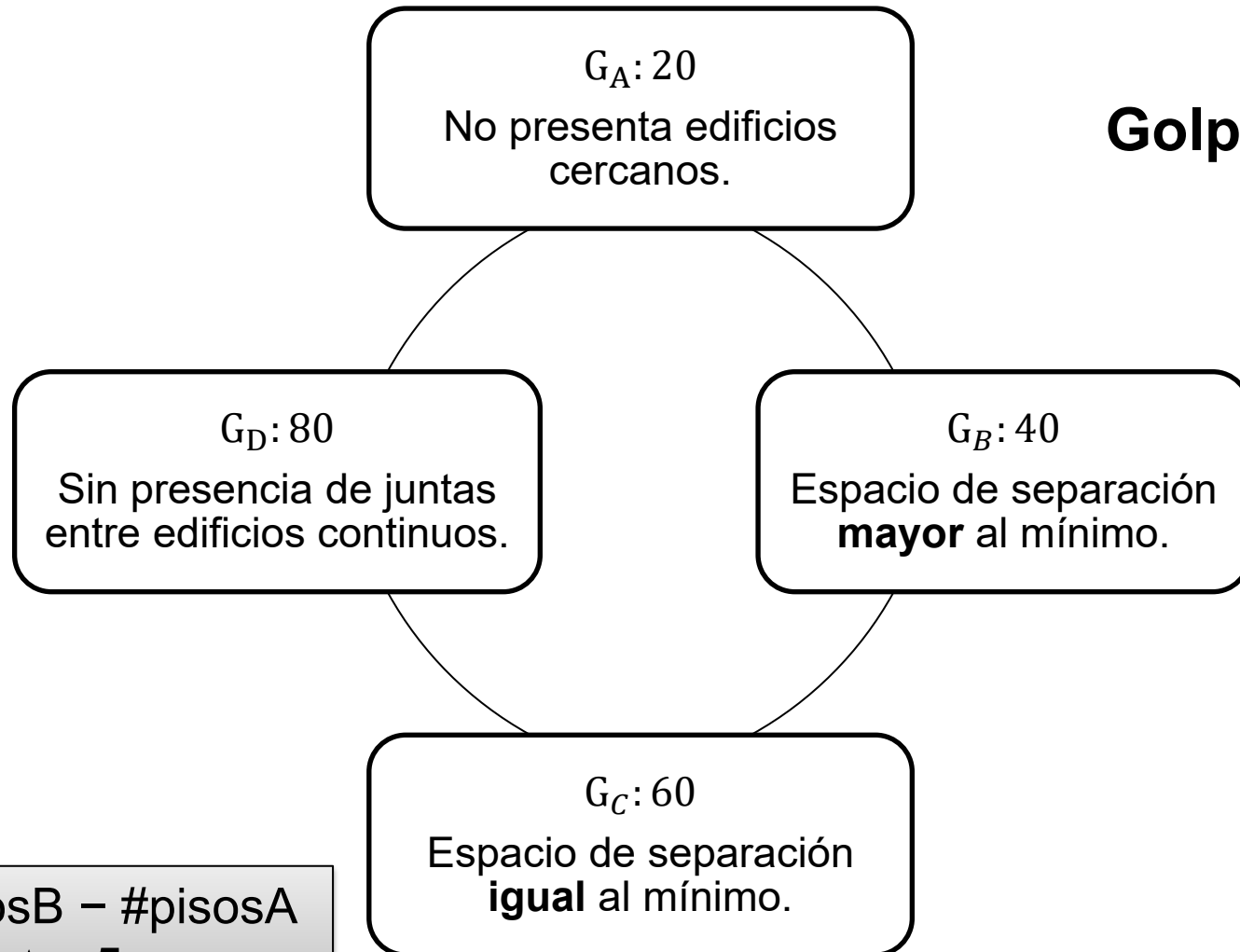
$G_D: 80$
Edificio
adyacente con
más de dos
plantas

MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 1)



$$\Delta = \#pisosB - \#pisosA$$
$$S = \Delta * 5 \text{ cm}$$



Golpeteo

MARCO TEÓRICO

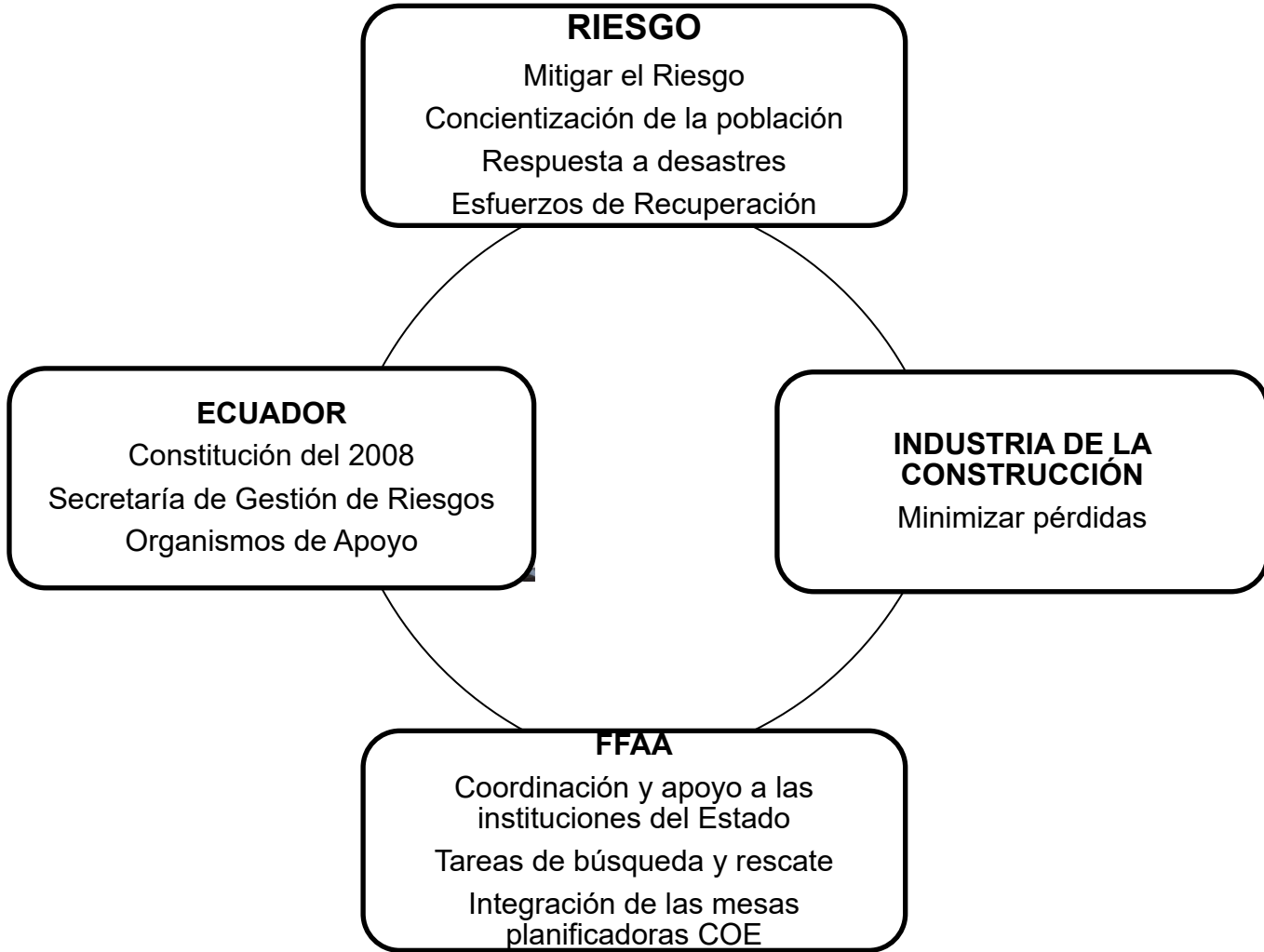
Grupos de vulnerabilidad (GV 1)

Tipo de Suelo

$G_A: 20$	Tipo A y B
$G_B: 40$	Tipo C
$G_C: 60$	Tipo D
$G_D: 80$	Tipo E y F

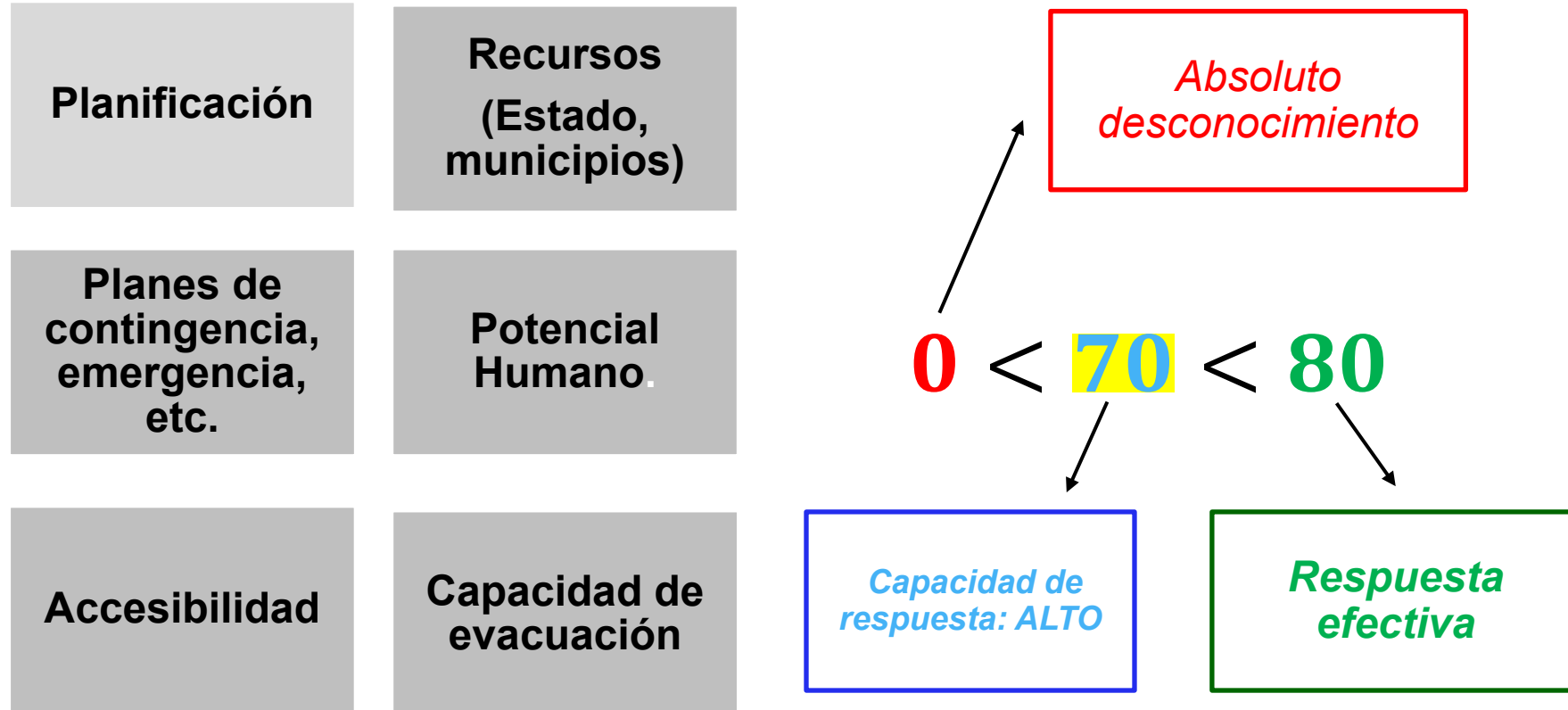
MARCO TEÓRICO

Gestión de Riesgos



MARCO TEÓRICO

Capacidad de Respuesta (Cr)



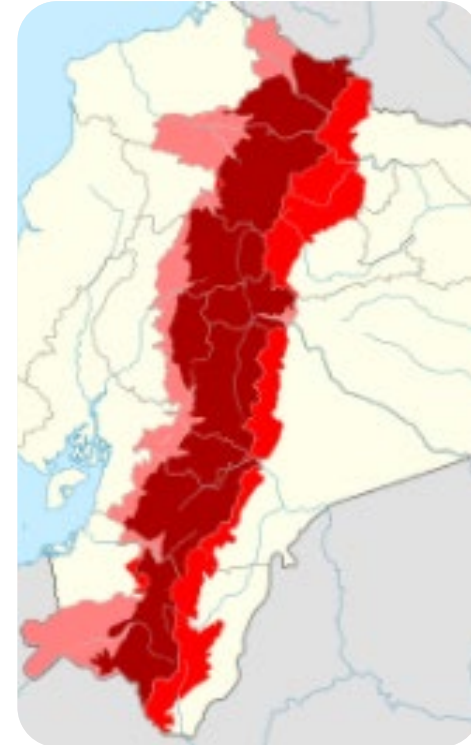
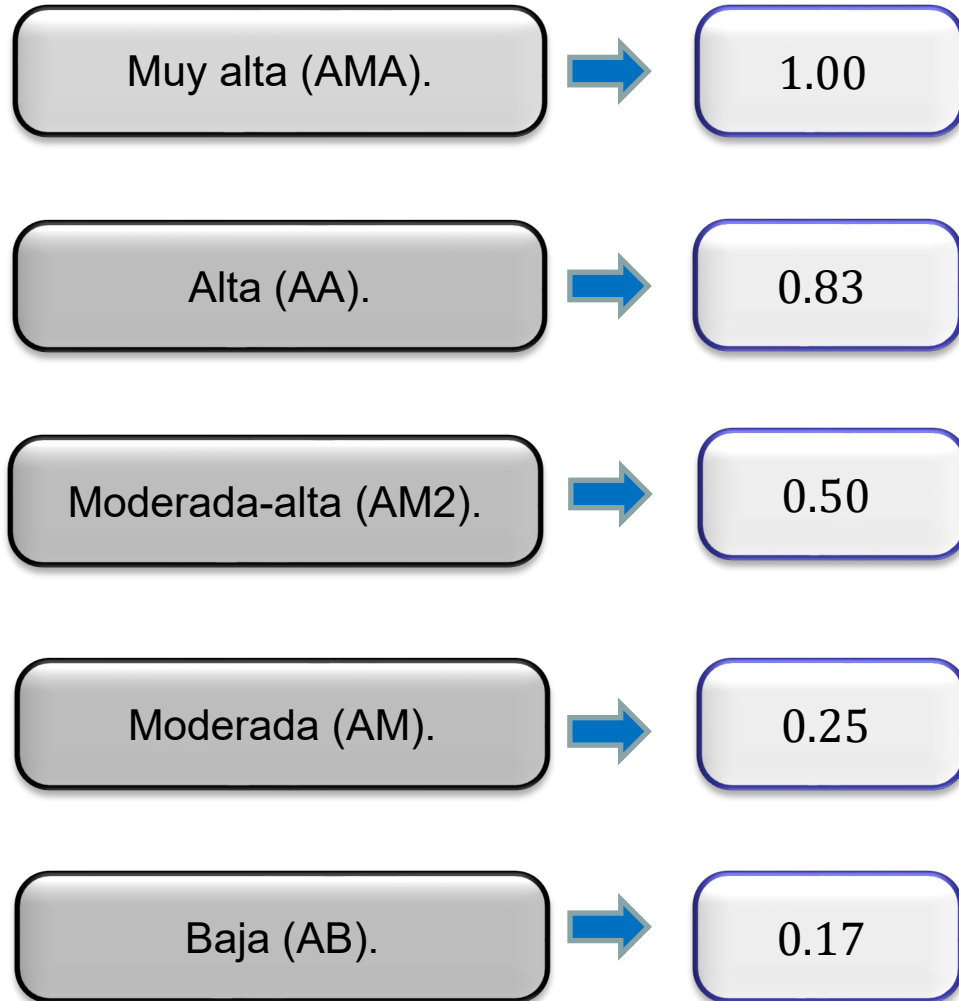
MARCO TEÓRICO

Elementos del Terreno (E)

Uso	Población de la edificación			
	De 1 a 10	De 10 a 50	De 50 a 100	Más de 100
Enfermería	5	5	5	5
Aulas/Dormitorios	3	4	5	6
Laboratorios	3	4	5	6
Oficinas	3	4	5	N/A
Comedor	2	4	5	N/A
Baños	2	3	N/A	N/A
Bodega	1	N/A	N/A	N/A
Coliseo	N/A	4	5	6

MARCO TEÓRICO

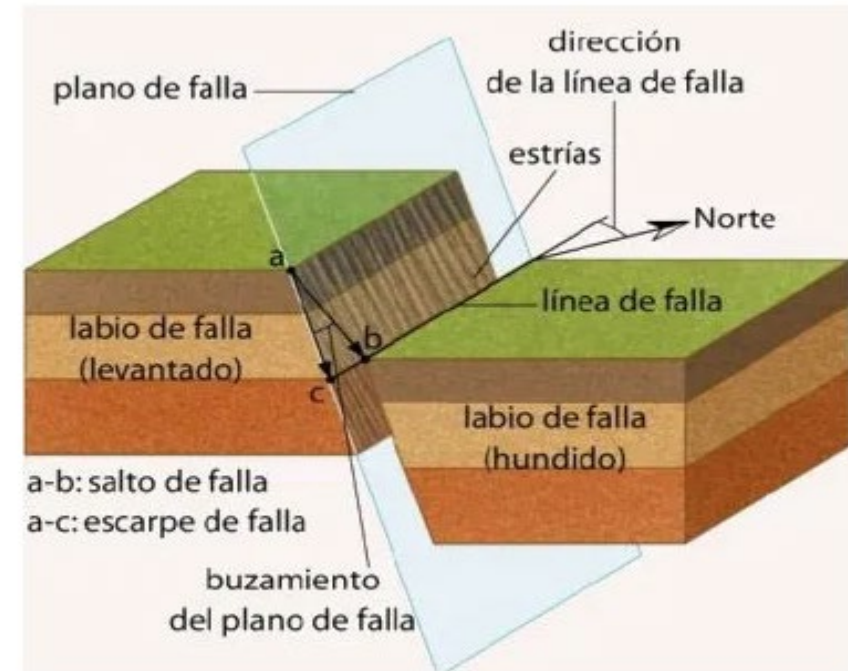
Nivel de Exposición de la Amenaza (NE)



MARCO TEÓRICO

Fallas geológicas

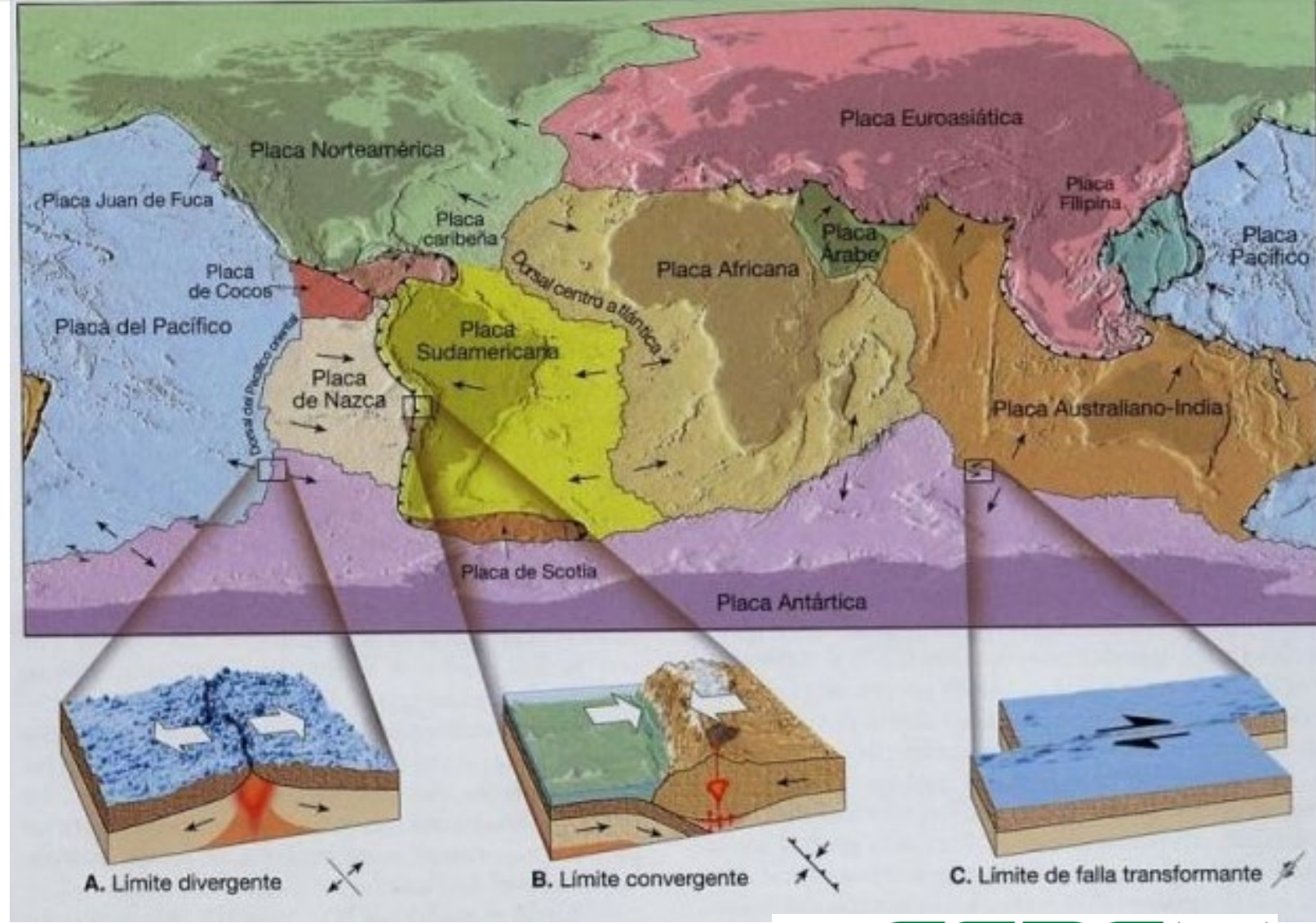
- Falla Geológica se define a la fractura en la corteza terrestre.



MARCO TEÓRICO

Fallas Geológicas

Las principales deformaciones que tienen lugar en las placas están asociadas a sus límites, que son las zonas donde entran en contacto unas con otras.

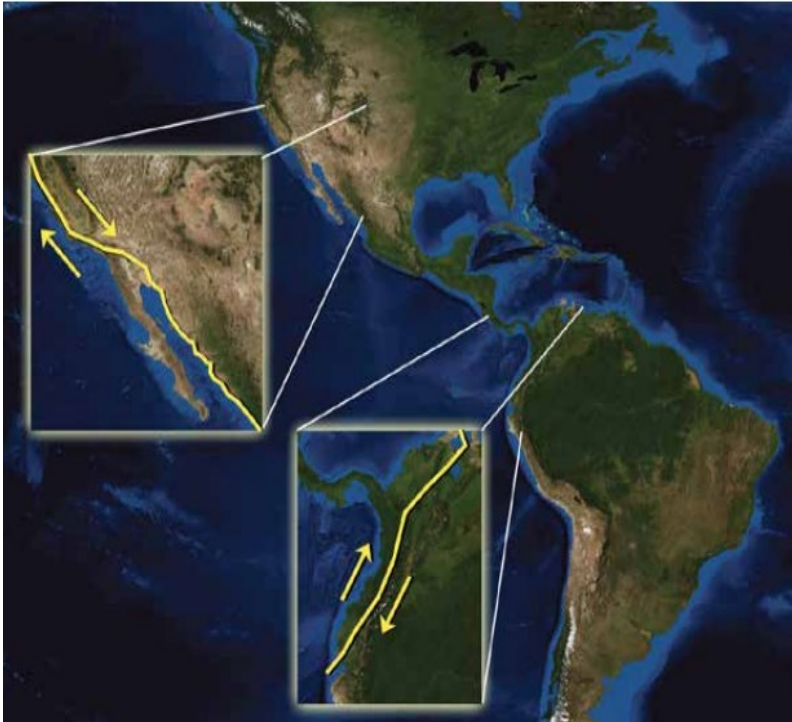


MARCO TEÓRICO

Fallas geológicas

Visión sobre dos fallas geológicas emblemáticas en las Américas.

- Caracas- Guayaquil.
- 15 volcanes.



Falla de Quito

- Sur-Norte.
- 400 metros de diferencia.
- Sismo en 1587.
- Carece de estudios geológicos.



MARCO TEÓRICO



Vulnerabilidad
Total

Coeficiente de
capacidad



Riesgo global

Puntaje Base



Rango de año	Desempeño estructural	Puntaje base
Después del año 2015 (NEC 15)	Buen desempeño	12,5
Entre 2000-2014 (CEC 2000)	Moderado desempeño	22,5
Entre 1977-1999 (CEC 77)	Deficiente desempeño	45
Antes del año 1977 (sin normativa)	Nulo desempeño	55



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 2)



Relación largo ancho.



Irregularidades en planta y elevación



Ampliaciones verticales y horizontales.



Patologías en sistemas estructurales.



Patologías en losas y cubiertas



Patologías en paredes

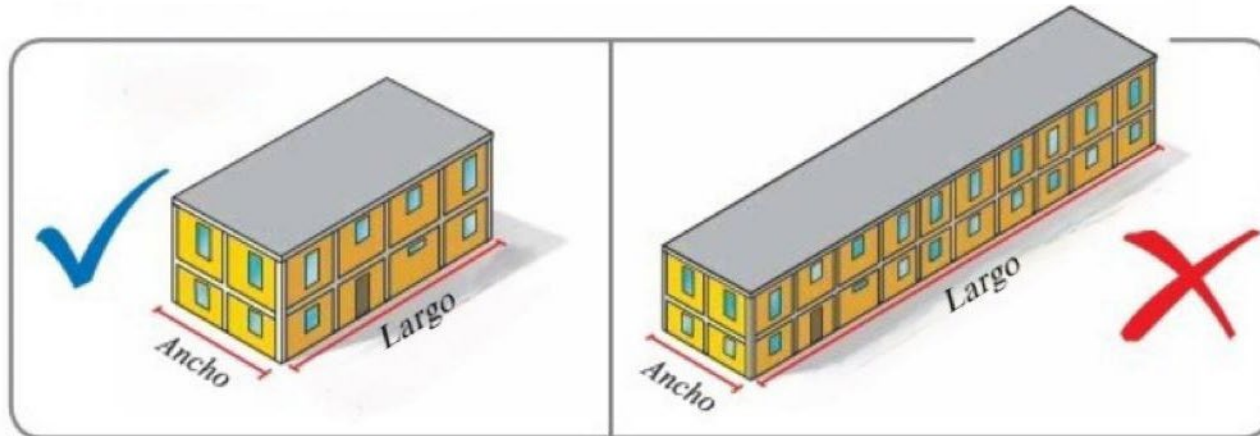


MARCO TEÓRICO

Grupos de vulnerabilidad (GV 2)

Largo-ancho

Condición	Grado
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4	GA:20
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Una de sus longitudes es próxima a 30m	GB:40
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4	Gc:60
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4, no se identifica juntas de separación. Una de las longitudes supera los 30m	GD:80

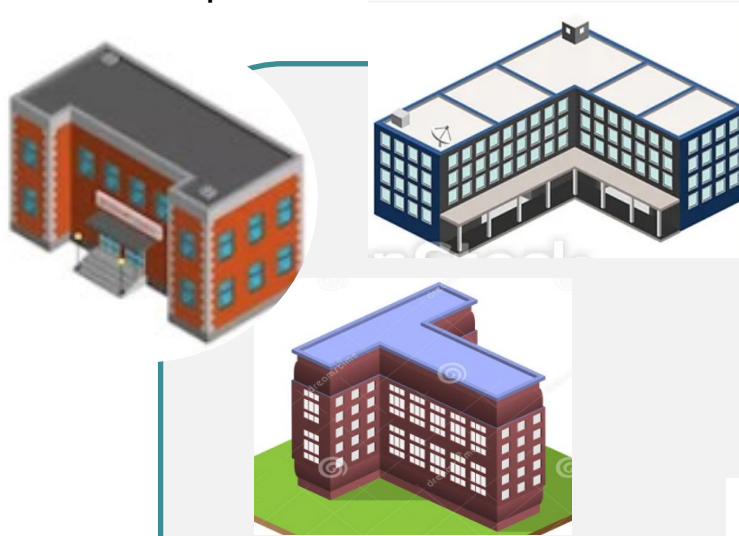


MARCO TEÓRICO

Grupos de vulnerabilidad (GV 2)

Irregularidades en planta

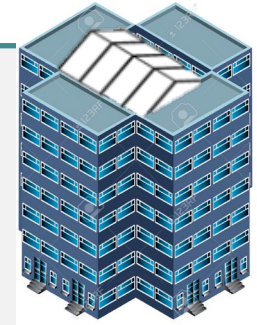
Esquina reentrante



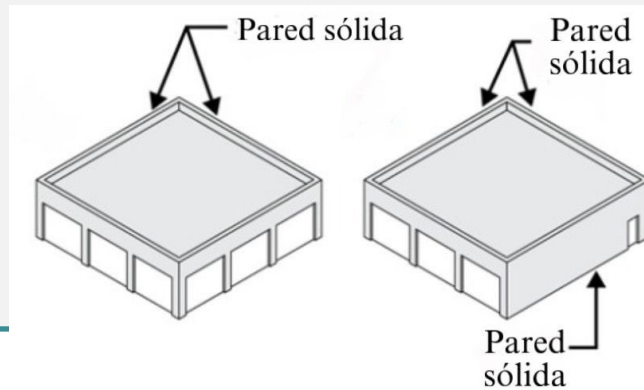
Sistemas no Paralelos



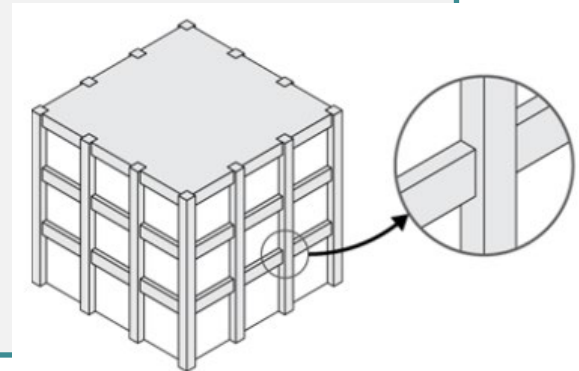
Apertura Diafragma



Torsión



Vigas no alineadas

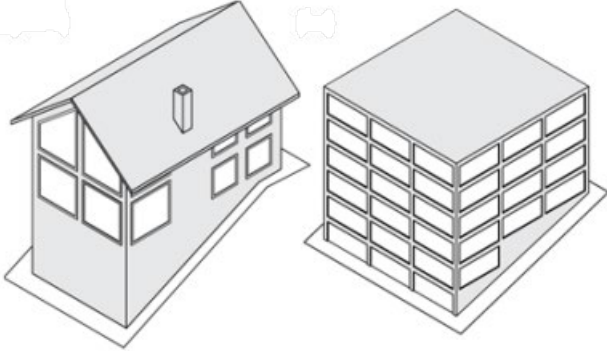


MARCO TEÓRICO

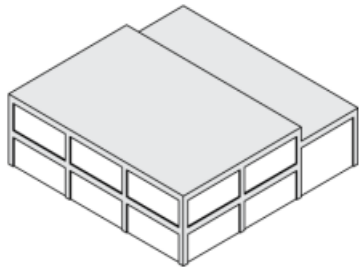
Grupo de vulnerabilidad (GV 2)

Irregularidades en elevación

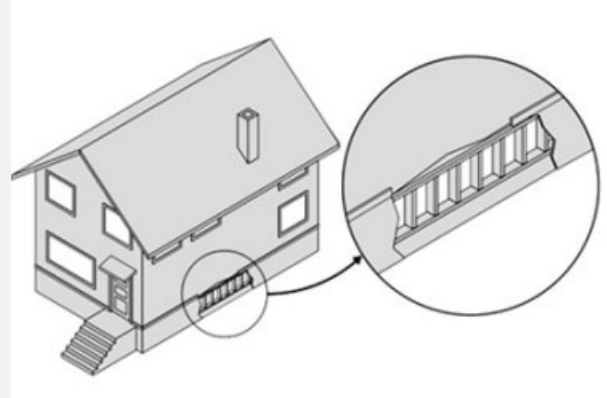
Desnivel en Terreno



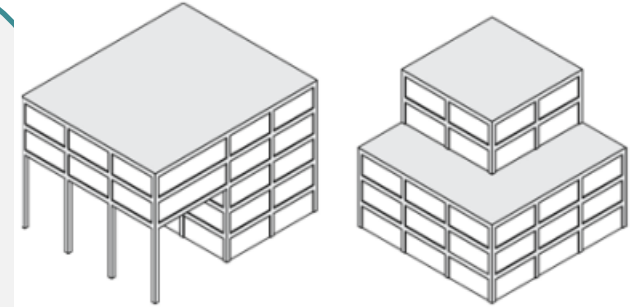
Niveles Divididos



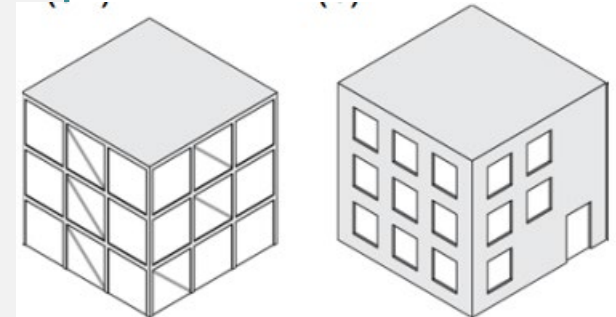
Sótano sin Refuerzo



Retroceso fuera del Plano



Retroceso en el Plano

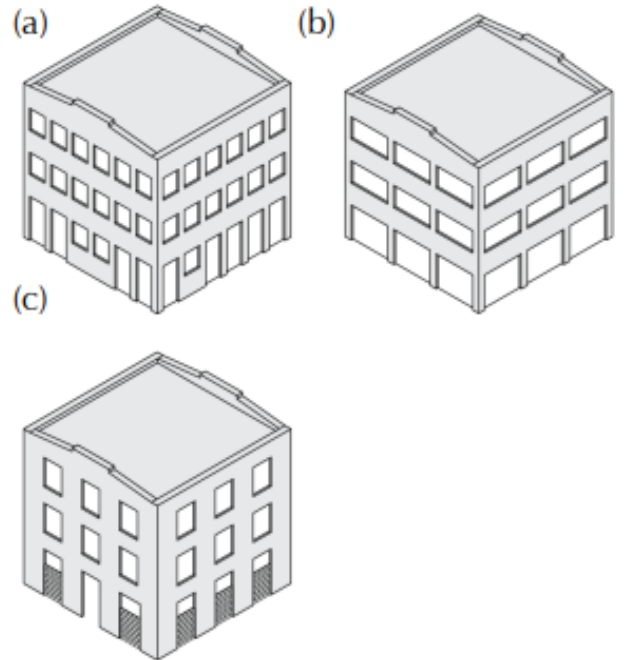


MARCO TEÓRICO

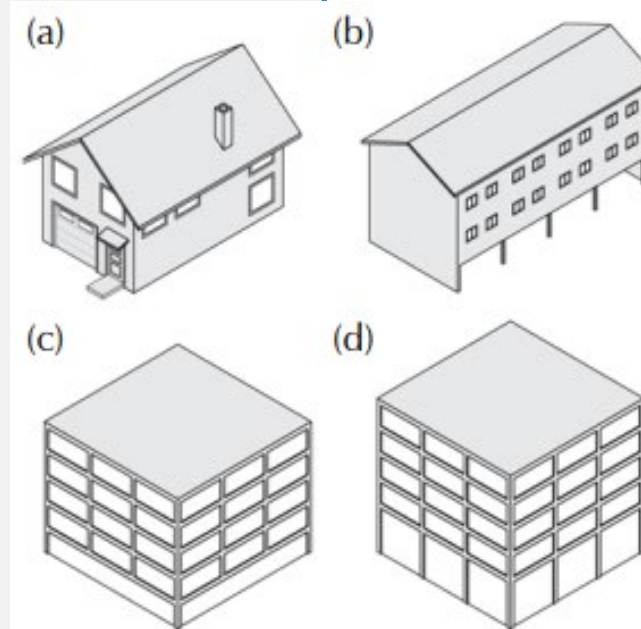
Grupo de vulnerabilidad (GV 2)

Irregularidades en elevación

Columna Corta



Piso blando y/o débil



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 2)

Ampliaciones Verticales y Horizontales

Misma Configuración



Menor Dimensión



Sistema Estructural
Diferente



Diferente Sistema
Estructural



Edificio pequeño
adicional



Diferente Altura



Mismo sistema
Estructural

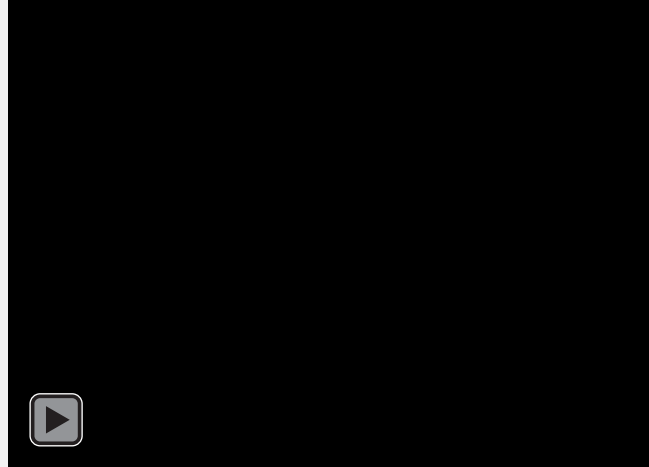


MARCO TEÓRICO

Grupos de vulnerabilidad (GV 2)

Patologías en Sistemas Estructurales

Hormigón Armado



Estructuras metálicas



Estructuras de madera



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 2)

Patologías en Sistemas Estructurales

VIGAS

Grietas en viga por corte



Insuficiencia de armadura positiva



Retracción del hormigón



Insuficiencia de armadura negativa



COLUMNAS

H.A. Falla Armadura Positiva



H.A. Falla Armadura Negativa

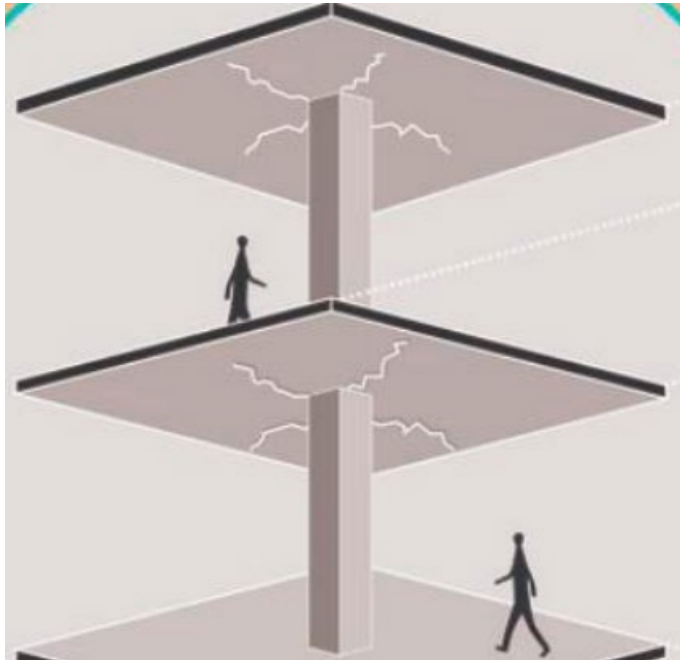


MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 2)

Patologías en Losas y Cubiertas

Grietas en losa por insuficiencia de armadura positiva



Grietas en losa por sobrecarga excesiva



MARCO TEÓRICO

Grupos de vulnerabilidad (GV 2)

Patologías en Paredes

Condición	Grado
Paredes sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada, afectaciones tipo I (laminas metálicas y de madera)	$G_B: 40$
Fractura o grietas horizontales o verticales en fachadas, afectaciones tipo II (laminas metálicas y de madera), humedad generalizada, acción de hongos y moho.	$G_C: 60$
Fractura o grietas inclinadas en fachadas, afectaciones tipo III (Láminas metálicas y de madera).	$G_D: 80$



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 3)



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 3)

Elementos no estructurales exteriores

Condición	Grado
No hay presencia de elementos no estructurales elevados.	$G_A: 20$
Los elementos no estructurales observados se encuentran con adecuada colocación, fijación, o buen empotramiento con la estructura.	$G_B: 40$
Los elementos no estructurales observados se encuentran con inadecuada colocación, fijación, o buen empotramiento con la estructura.	$G_C: 60$
Los elementos no estructurales observados se encuentran con un alto riesgo de caída ante un movimiento sísmico.	$G_D: 80$



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 3)

Elementos no estructurales interiores

Condición	Grado
Los elementos no estructurales internos presentan una adecuada colocación e implementación.	$G_A: 20$
Los elementos no estructurales internos presentan una deficiente colocación e implementación.	$G_B: 40$
Los elementos no estructurales internos presentan una mala colocación e implementación	$G_C: 60$
Los elementos no estructurales internos se encuentran con un alto riesgo de caída ante un movimiento sísmico	$G_D: 80$



MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 3)

Estado de conservación de la edificación y cubiertas.

Estado de Conservación	Grado
Muy Bueno	$G_A: 20$
Bueno	$G_B: 40$
Regular	$G_C: 60$
Deficiente	$G_D: 80$



MARCO TEÓRICO

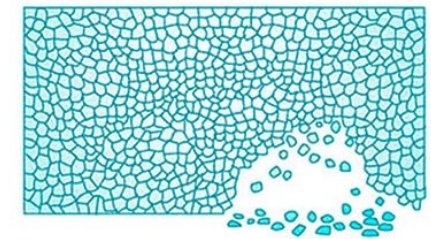
Grupo de vulnerabilidad (GV 3)

Puertas de salida o de emergencia y ventanas

Condición	Grado
75-100% cumplen con los requisitos básicos	$G_A: 20$
50-74% cumplen con los requisitos básicos	$G_B: 40$
25-49% cumplen con los requisitos básicos	$G_C: 60$
0-24% cumplen con los requisitos básicos	$G_D: 80$



Rotura de Vidrio Normal



Rotura de Vidrio Templado

MARCO TEÓRICO

Grupo de vulnerabilidad (GV 3)

Accesibilidad inclusiva

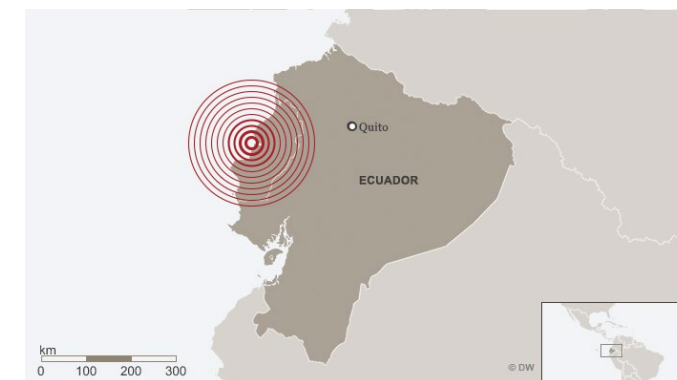
Condición	Grado
Se identifica satisfactoriamente las normas básicas para accesibilidad inclusiva.	$G_A: 20$
Deficiente implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva.	$G_B: 40$
En proceso de implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva.	$G_C: 60$
No se ha implementado ninguna norma básica para accesibilidad inclusiva.	$G_D: 80$



RESULTADOS

Ubicación de las Unidades Militares

N°	Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Cota
1	Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E	Manta	536037	9894833	18 m
2	Aeropuerto del Ala de Combate N° 23 F.A.E	Manta	535768	9894927	16 m
3	Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"	Puyo	832265	9834919	931 m
4	Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"	Shell	826831	9833544	1051 m
5	Hospital de Especialidades FF.AA N° 1	Quito	778985	9976449	2818 m
6	Depósito Conjunto de Municiones "CORAZÓN"	Machachi	765290	9945582	3241 m
7	Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E	Guayaquil	624141	9760799	3 m
8	Base Aérea "TAURA"	Naranjal	648359	9751139	11 m
9	Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"	Machala	648578	9754526	05 m
10	Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"	Machala	622653	9635047	13 m
11	Hospital Básico 1 BI "EL ORO"	Machala	631964	9631707	26 m
12	Ala de Transportes N° 11 F.A.E	Latacunga	764960	9897986	2782 m
13	Hospital Básico - LATACUNGA	Latacunga	764880	9898242	2782 m
14	Hospital Básico 11 BCB "GALÁPAGOS"	Riobamba	760964	9816743	2788 m
15	Colegio Militar N° 4 "ABDÓN CALDERÓN"	Cuenca	726893	9681879	2509 m
16	Depósito Conjunto de Municiones "SUR"	Saraguro	376253	9792411	2485 m
17	Brigada de Selva N° 19 "NAPO"	Coca	279703	9946728	264 m
18	Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"	Coca	279934	9946930	262 m
19	Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"	Coca	279934	9946930	254 m
20	Brigada de Selva N° 21 "CÓNDOR"	Patuca	804358	9695331	543 m
21	Hospital de Brigada N° 7 "LOJA"	Loja	699636	9558172	2065 m



TIPO DE SUELO

N°	Nombre	Geología (Tipo de Suelo)	Perfil
1	Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E	Rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria	D
2	Aeropuerto del Ala de Combate N° 23 F.A.E	Rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria	D
3	Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"	Arcilloso muy profundo	F
4	Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"	Arcilloso muy profundo	F
5	Hospital de Especialidades FF.AA N° 1	Cenizas y capas de pómez, Cangahua	D
6	Depósito Conjunto de Municiones "CORAZÓN"	Depósito lagunar de ceniza, Cangahua	D
7	Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E	Sedimento de grano fino predominando limos y arcillas	E
8	Base Aérea "TAURA"	Depósitos de la llanura aluvial (arcillas aluviales)	E
9	Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"	Depósitos de la llanura aluvial (arcillas aluviales)	E
10	Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"	Sedimento de grano fino predominando limos y arcillas	E
11	Hospital Básico 1 BI "EL ORO"	Sedimento de grano fino predominando limos y arcillas	E
12	Ala de Transportes N° 11 F.A.E	Lahar del Cotopaxi, Holoceno	D
13	Hospital Básico - LATACUNGA	Lahar del Cotopaxi, Holoceno	D
14	Hospital Básico 11 BCB "GALÁPAGOS"	Conglomerado, formación Riobamba, Pleistoceno	D
15	Colegio Militar N° 4 "ABDÓN CALDERÓN"	Roca de rigidez media (gravas y arenas)	B
16	Depósito Conjunto de Municiones "SUR"	Depósito lagunar de ceniza, Cangahua	D
17	Brigada de Selva N° 19 "NAPO"	Areniscas, lutitas, tobas	E
18	Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"	Areniscas, lutitas, tobas	E
19	Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"	Areniscas, lutitas, tobas	E
20	Brigada de Selva N° 21 "CÓNDOR"	Arcilloso muy profundo	F
21	Hospital de Brigada N° 7 "LOJA"	Conglomerado con pocas areniscas	C



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Aeropuerto del ALA DE COMBATE N° 23 F.A.E
Provincia:	Manabí
Cantón:	Manta
Coordenadas:	535768 E 989492 S
Cota de construcción aprox. promedio:	16 m.
Número de estructuras:	5

Edificación	Uso
E1	Terminal aéreo ALA 23
E2	Oficina Comando
E3	Oficina Grupo Base N° 23
E4	Oficina de Compras Públicas
E5	Villas de Aerotécnicos Base Aérea

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES

DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:

Aeropuerto del ALA DE
COMBATE N° 23 F.A.E



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES

DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:

Aeropuerto del ALA DE
COMBATE N° 23 F.A.E



VULNERABILIDAD TOTAL					
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Terminal aéreo ala N° 23	61,88	4	247,52	61,96
E2	Oficina Comando	61,52	4	246,08	
E3	Oficina Grupo Base N° 234	65,09	3	195,26	
E4	Oficina Compras Públicas	61,45	5	307,24	
E5	Villas Aérotecnicos Base Aérea	61,02	5	305,09	
TOTAL		310,96	21,00	1301,21	

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Hospital Básico 7BI "LOJA"	
Provincia:	Loja	
Cantón:	Loja	
Coordenadas:	699636 E	9558172 S
Cota de construcción aprox. promedio:	265 m.	
Número de estructuras:	1	



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



VULNERABILIDAD TOTAL					
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Estructura Principal	71,74	5	358,68	71,74
TOTAL		71,74	5	358,68	

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



Edificación	Uso
E1	Edificio Administrativo
E2	Bar
E3	Bloque de Aulas tipo 1
E4	Bloque de Aulas tipo 2
E5	Gimnasio
E6	Bloque de Aulas tipo 3
E7	Bloque de Aulas tipo 4
E8	Cancha cubierta

DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Colegio Militar N° 3 "Héroes del 41"	
Provincia:	El Oro	
Cantón:	El Cambio	
Coordenadas:	622653	9635047
Cota de construcción aprox. promedio:	13 m.	
Número de estructuras:	8	



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Hospital de Especialidades de las FF.AA N°1
Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Coordenadas:	Lat 778985 Long 9976449
Cota de construcción aprox. promedio:	2818 m.
Número de estructuras:	8

Edificación	Uso
E1	Edificio de Consulta Externa
E2	Edificio Administrativo
E3	Dormitorio de Voluntarios
E4	Bodega de Insumos médicos
E5	Edificio de hospitalización
E6	Bodega de materiales, Partes y Repuestos

Edificación	Uso
E7	Bodega de Seguridad, Salud y Ambiente
E8	Bodega de desechos infecciosos

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



Riesgo global



VULNERABILIDAD TOTAL

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Edificio de Consulta Externa	70,07	5	350,34	
E2	Edificio Administrativo	69,19	4	276,77	
E3	Dormitorio de Voluntarios	66,19	4	264,77	
E4	Bodega de Insumos médicos	66,19	1	66,19	
E5	Edificio de hospitalización	65,90	6	395,37	67,48
	Bodega de materiales, Partes y				
E6	Repuestos	66,19	1	66,19	
E7	Bodega de Seguridad, Salud y Ambiente	66,19	1	66,19	
	Bodega de desechos infecciosos	66,19	1	66,19	
TOTAL		536,12	23,00	1552,04	

RIESGO GLOBAL

Parámetro	Valor	Observación
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1,29099456	
Riesgo Global (Rg)	52,2696581	ALTO - D



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES

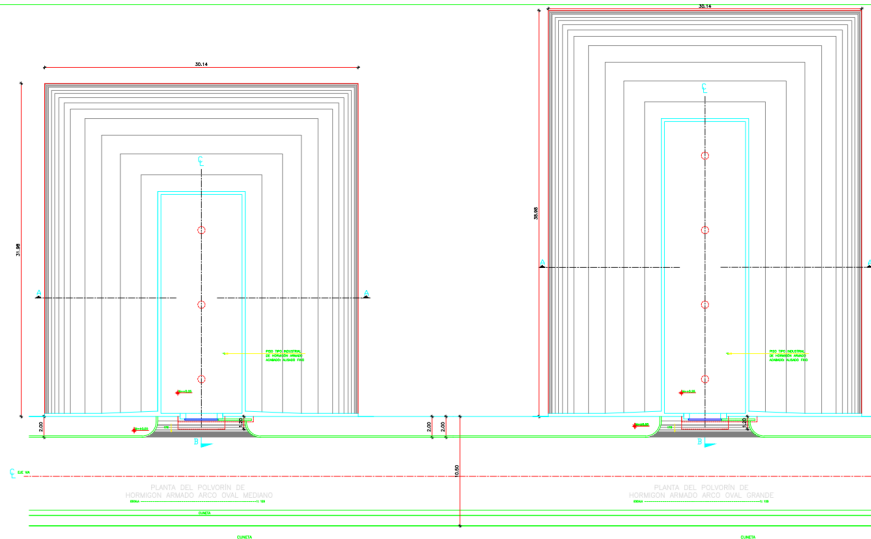
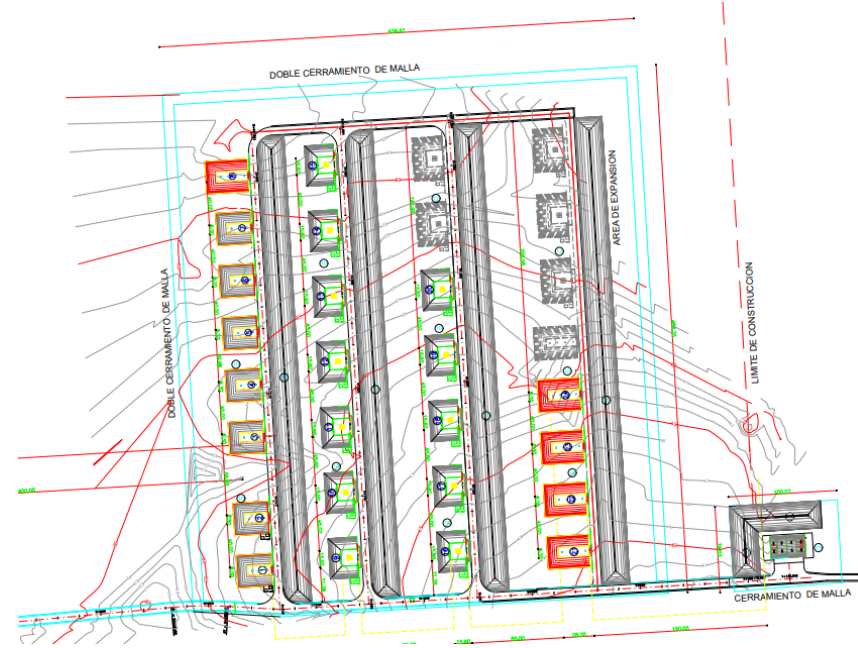


DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Depósito conjunto de municiones "EL CORAZON"
Provincia:	Pichincha
Cantón:	Mejía
Coordenadas:	Lat 765290 Long9945582
Cota de construcción aprox. promedio:	3241 m.
Número de estructuras:	2

Edificación	Uso
E1	Depósito de municiones y explosivos N.1
E2	Depósito de municiones y explosivos N.2

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



VULNERABILIDAD TOTAL

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Deposito de munición y explosivo	35,64	1	35,64	35,64
E2	Depósito de Municiones y explosivos N.2	35,64	1	35,64	
TOTAL		71,27	2,00	71,27	

RIESGO GLOBAL

Parámetro	Valor	Observación
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1,69199471	
Riesgo Global (Rg)	21,0613627	MODERADO - B

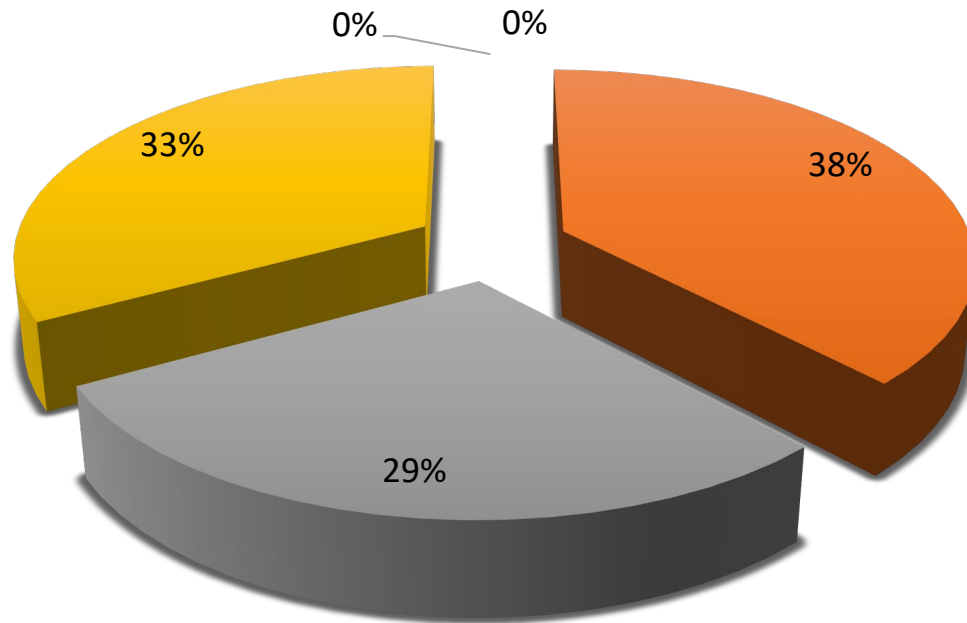


N°	Nombre	Vulnerabilidad Total
1	Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E	60,73
2	Aeropuerto del Ala de Combate N° 23 F.A.E	61,96
3	Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"	60,87
4	Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"	62,16
5	Hospital de Especialidades FF.AA N° 1	67,48
6	Depósito Conjunto de Municiones "CORAZÓN"	35,64
7	Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E	62,16
8	Base Aérea "TAURA"	62,83
9	Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"	35,64
10	Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"	61,05
11	Hospital Básico 1 BI "EL ORO"	63,51
12	Ala de Transportes N° 11 F.A.E	52,06
13	Hospital Básico - LATACUNGA	59,80
14	Hospital Básico 11 BCB "GALÁPAGOS"	37,55
15	Colegio Militar N° 4 "ABDÓN CALDERÓN"	59,98
16	Depósito Conjunto de Municiones "SUR"	35,64
17	Brigada de Selva N° 19 "NAPO"	60,38
18	Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"	37,66
19	Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"	35,64
20	Brigada de Selva N° 21 "CÓNDOR"	60,36
21	Hospital de Brigada N° 7 "LOJA"	71,74

N°	Unidad Militar	Riesgo Global	Estimación	Categoría
1	Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E	44,13	MODERADO ALTO	C
2	Aeropuerto del Ala de Combate N° 23 F.A.E	45,54	ALTO	D
3	Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"	44,29	MODERADO ALTO	C
4	Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"	45,77	ALTO	D
5	Hospital de Especialidades FF.AA N° 1	52,26	ALTO	D
6	Depósito Conjunto de Municiones "CORAZÓN"	21,06	MODERADO	B
7	Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E	45,76	ALTO	D
8	Base Aérea "TAURA"	46,55	ALTO	D
9	Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"	21,06	MODERADO	B
10	Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"	44,49	MODERADO ALTO	C
11	Hospital Básico 1 BI "EL ORO"	47,36	ALTO	D
12	Ala de Transportes N° 11 F.A.E	35,05	MODERADO ALTO	C
13	Hospital Básico - LATACUNGA	43,08	MODERADO ALTO	C
14	Hospital Básico 11 BCB "GALÁPAGOS"	22,51	MODERADO	B
15	Colegio Militar N° 4 "ABDÓN CALDERÓN"	43,29	MODERADO ALTO	C
16	Depósito Conjunto de Municiones "SUR"	21,06	MODERADO	B
17	Brigada de Selva N° 19 "NAPO"	43,74	MODERADO ALTO	C
18	Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"	22,59	MODERADO	B
19	Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"	21,06	MODERADO	B
20	Brigada de Selva N° 21 "CÓNDOR"	43,71	MODERADO ALTO	C
21	Hospital de Brigada N° 7 "LOJA"	57,97	ALTO	D

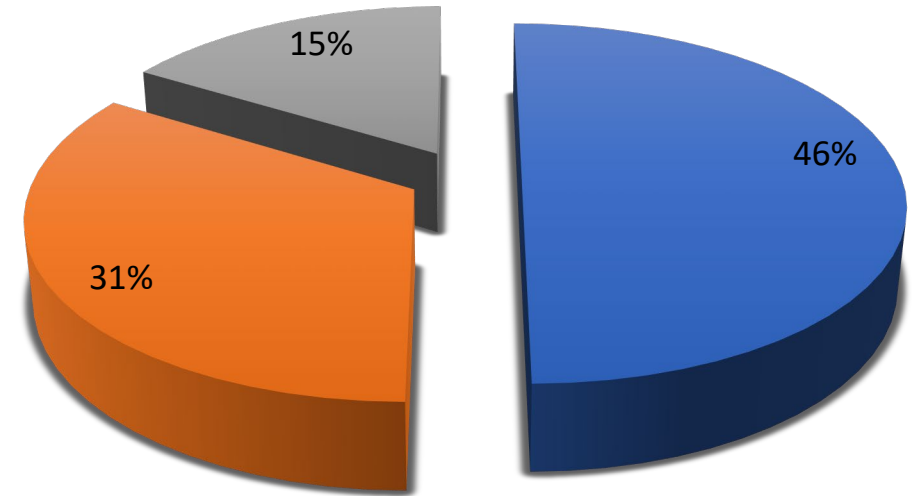
GRAFICOS COMPARATIVOS

ESTIMACIÓN DEL RIESGO GLOBAL



■ BAJO ■ MODERADAMENTE ALTO ■ MODERADO ■ ALTO ■ MUY ALTO

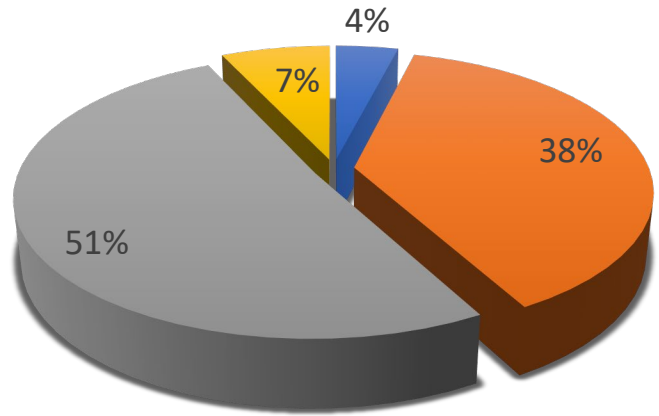
GRADO DE VULNERABILIDAD POR DEPENDENCIAS



■ ALTO ■ MEDIO ■ BAJO

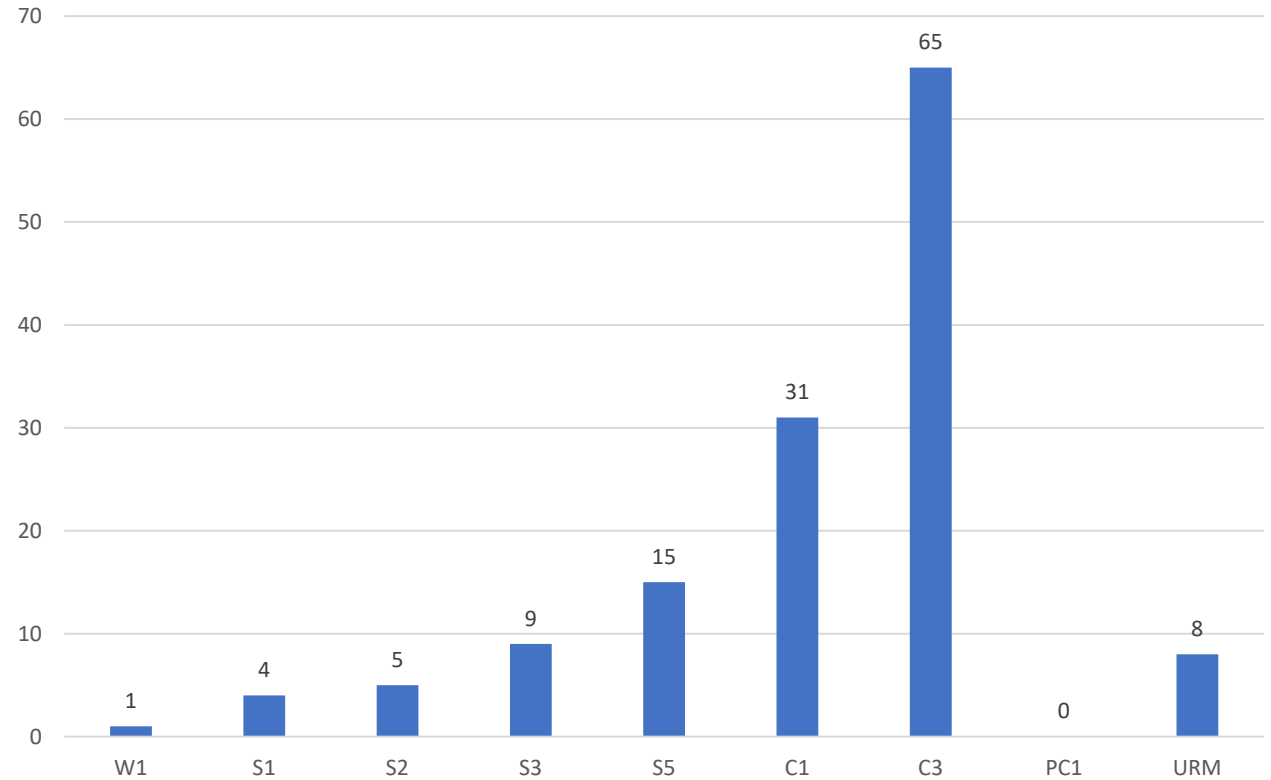
GRAFICOS COMPARATIVOS

NORMA DE CONSTRUCCIÓN POR DEPENDENCIAS



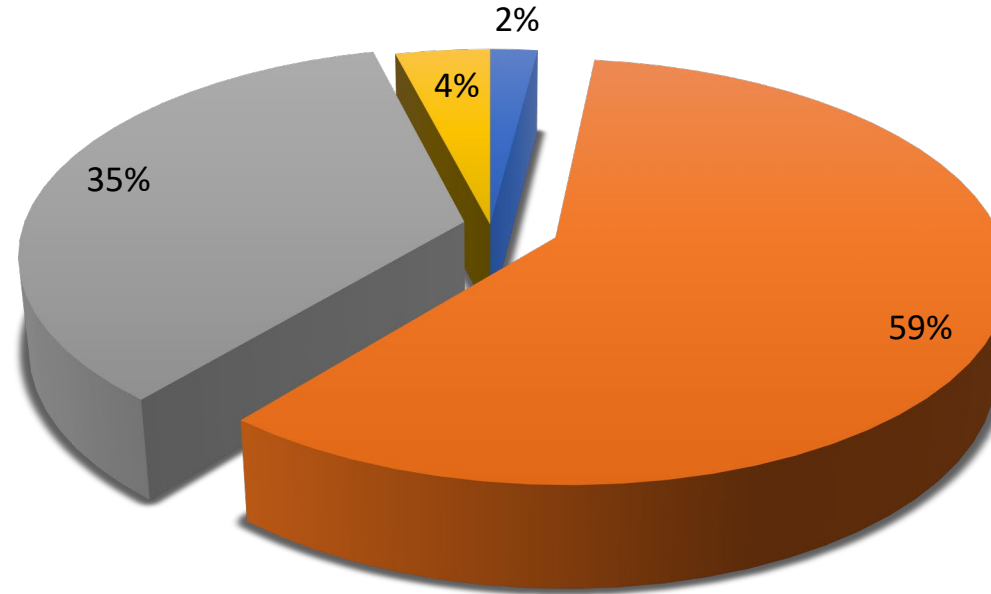
■ NEC-15 ■ CEC 2000 ■ CEC 77 ■ S/N

TIPO DE EDIFICACIONES SEGÚN FEMA



GRÁFICOS COMPARATIVOS

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE EDIFICACIONES



■ MUY BUENO ■ BUENO ■ REGULAR ■ DEFICIENTE

CONCLUSIONES

- La herramienta para el análisis de vulnerabilidad sísmica elaborada por Caizaguano y Ballesteros permite identificar el estado actual de las estructuras evaluadas; determina el valor del **grado de vulnerabilidad sísmica** y además nos permite conocer el **riesgo global**.
- La herramienta descrita anteriormente fue utilizada para la evaluación de **21 unidades militares** localizadas en diferentes sectores del país dando un total de **138 dependencias evaluadas**.
- En cuanto a la estimación del riesgo global, el 38% representa a **8 unidades** militares que indican un riesgo global **“Moderado Alto”**; el 29% que representa a **6 unidades**, indican un riesgo global **“Moderado”**; y el 38% que representa a **7 unidades**, que nos indican **un riesgo global “Alto”**, las cuales se debe tomar en consideración para una evaluación más exhaustiva, lo cual determinara la elaboración de un plan de acción de lo más adecuado para evitar posibles desastres.

CONCLUSIONES

- Se determina que el **46%** refleja un grado de vulnerabilidad alto, un 31% un grado de vulnerabilidad medio y un **15%** un grado de vulnerabilidad bajo.
- En cuanto a normas de construcción destacan **CEC 77 con un 51%**, CEC 2000 con un 38%, S/N un 7% y NEC 15 un 4%.
- El **59%** de las instalaciones militares evaluadas evidencian un buen estado de conservación, el 35% un estado regular, un 4% un estado deficiente y un 2% un muy estado lo cual corresponde principalmente a instalaciones recientemente remodeladas o construidas.

RECOMENDACIONES

- La evaluación preliminar, se la debe realizar a todas las entidades del estado que juegan un papel importante para una gestión de riesgos de lo más efectiva en caso de que se produzca una o varias catástrofes en el territorio nacional.
- Con los resultados obtenidos se recomienda el uso de la matriz **FEMA P-154** para confirmar o descartar un análisis estructural detallado de las dependencias que presentan mayores novedades.

“LA FUERZA DE LA NATURALEZA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LO QUE
CONOCEMOS, PERO INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LO QUE ESPERAMOS DE ELLA”

JOSÉ GARCÍA



GRACIAS





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

“Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de Unidades Militares de interés (colegios, hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 parte final.

Autores: Cabrera Torres, Alejandra Carolina; Endara Benavides, Francisco Fabián; Gavilánez Jaya, William Fernando; Heredia Timbila, Stalin Jorge; Llanos Quimbiulco, Lesly Mishell; Moyón Gusqui, Manuel Fabian; Núñez Pintado, Jairo Fidel; Tayupanda Maza, Madelaine Bethsabe

Director:

Dr. Toulkeridis, Theofilos

Sangolquí, 2023

