



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNIDADES MILITARES IMPORTANTES (COLEGIOS, HOSPITALES, AEROPUERTOS) EN EL ECUADOR, BASADA EN LA GUÍA FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 – PARTE 1

AUTORES:

Aldana Chanataxi, Carlos Alberto
Arrieta Lema, Edwin Xavier
Luna Chávez, Bryan Mauricio

Obregón Álvarez, Javier Alexander
Morales Chacón, Cristian Germánico
Torres Benalcázar, Emilie Beatriz

DIRECTOR:

Toulkeridis Theofilos, Ph.D

MIEMBRO DEL TRIBUNAL:

Ing. Jorge Zúñiga, Mgs.



A lo largo de la historia del Ecuador

Dstrucción de ciudades como Riobamba 1797, Ibarra 1868

Muerte de más de 60000 personas, en terremotos

Falta de conciencia en la población, sobre peligro sísmico

Terremoto Manabí-Esmeraldas 16 de Abril 2016 – 7,8°

Pérdidas humanas y económicas

Colapso de estructuras de entidades civiles, fallas estructurales en unidades militares

Recuperación, Reconstrucción y estabilidad

Catástrofes causadas por eventos naturales

Terremotos, deslaves, deslizamientos, etc

Estudios que prevean la magnitud de daños y su mitigación

Salvaguardar la seguridad de las personas

Importancia del estudio de las estructuras militares

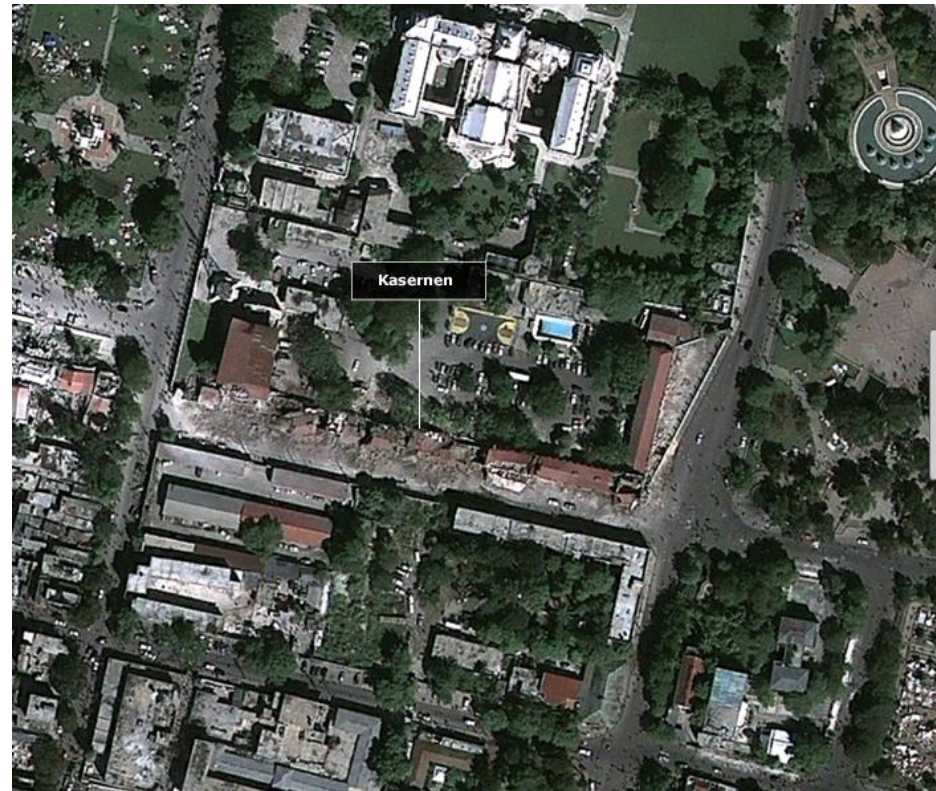
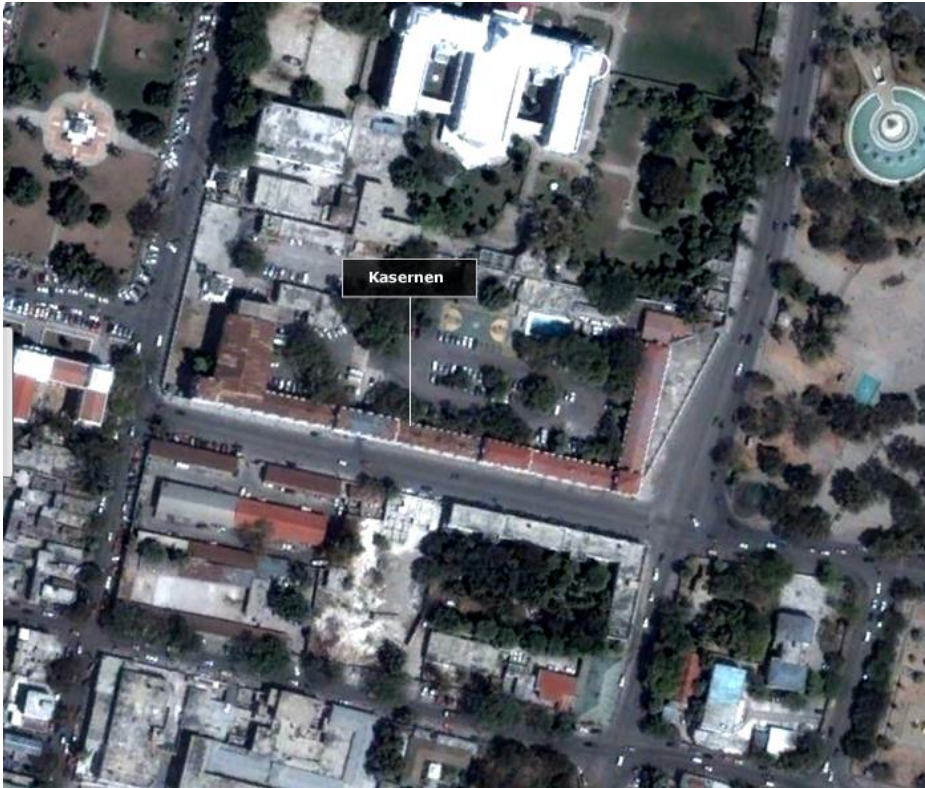
Zona de alto riesgo sísmico

Instalaciones construidas sin ningún código y diseño sismo resistente

Establecer respuestas de emergencia oportunas

DESPUÉS

ANTES



IMPORTANCIA

En Ecuador se presentan todas las formas de movimientos de la corteza – **LUGAR DE ALTO RIESGO SÍSMICO**

Unidades militares construidas con la CEC 77 y antes del código

Apoyo militar ante un desastre: personal e instalaciones

Evaluación preliminar de unidades militares para tomar medidas preventivas y correctivas

Concentración de esfuerzos en apoyo al Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias



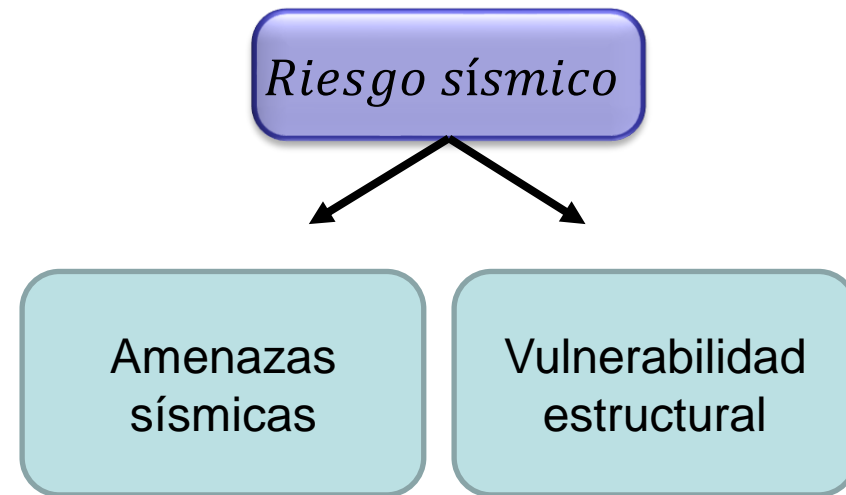
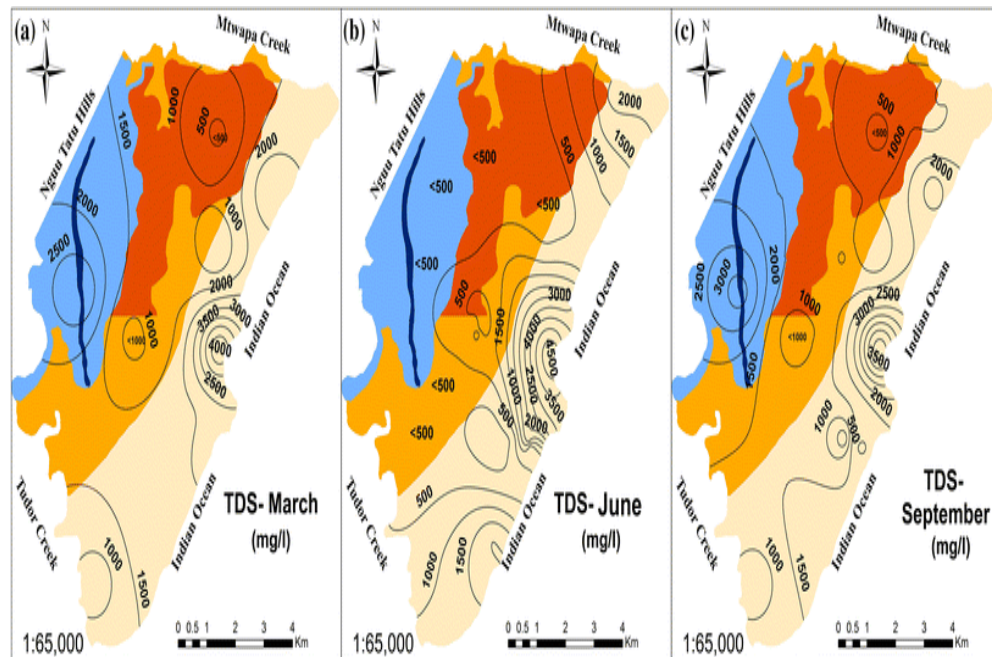
Objetivo General:

Aplicar la guía “Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en colegios, escuelas y aeropuertos militares en Salinas, Quito, Ambato y la Shell, basada en la guía FEMA P-1000” para evaluar el grado de vulnerabilidad, así como las debilidades existentes en las mismas.

Objetivos Específicos:

- Evaluar el grado existente de la sismo-resistencia de colegios, escuelas y aeropuertos militares en Salinas, Quito, Ambato y la Shell.
- Identificar y determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo global correspondiente a cada una de las edificaciones militares.
- Establecer comparaciones entre los resultados obtenidos.

Riesgo sísmico



Fuente: NEC-SE-DS, 2015

Caracterización del Riesgo sísmico

Métodos uniparamétricos:

- 5 estados de daño y el nulo



Método de índice o grado de vulnerabilidad (MIV)

Métodos multiparamétricos:

- 4 estados de daño y el nulo.



Uso de espectros de demanda

Vulnerabilidad

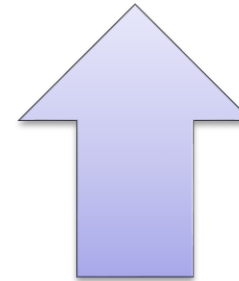


Vulnerabilidad física

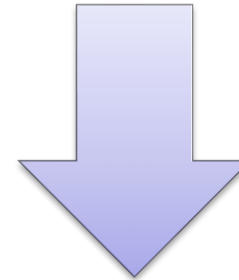


Vulnerabilidad funcional

Vulnerabilidad sísmica



Vulnerable a mayor escala



Vulnerable a menor escala

Evaluación de vulnerabilidad

Métodos Analíticos

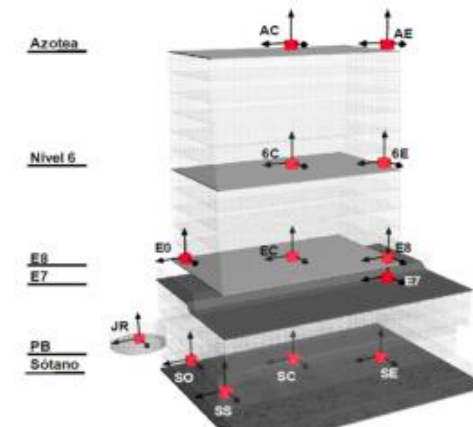
- Se puede realizar un análisis de riesgo sísmico, a gran escala

Métodos experimentales:

- Se realiza para ocasiones especiales



Edificio PC



Evaluación de vulnerabilidad

Métodos empíricos:

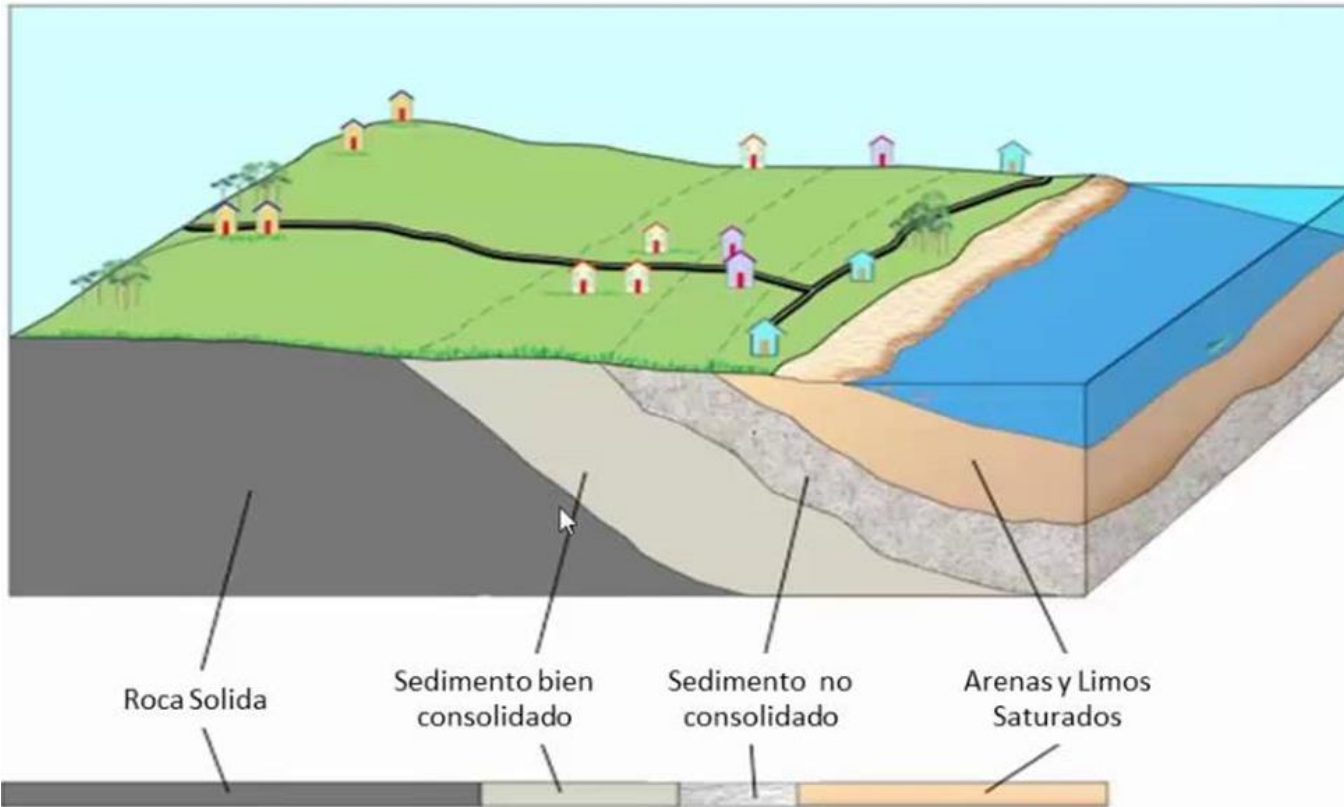
- Se basa en la experiencia adquirida

Métodos Híbridos

- Conjunción de los métodos anteriores
- Permite calibración del método analítica



Tipo de suelo



Interacción
Suelo-Estructura

Respuestas
dinámicas
diferentes según el
tipo de suelo

NEC-SE-DS: Peligro
Sísmico, diseño
sismo resistente y

NEC-SE-GC:
Geotecnia y Diseño
de Cimentaciones

Geología de las zonas de estudio: rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria, cangahua con sedimentos del Holceno, arcilloso muy profundo, ceniza, capas de pómez

Tipo de suelo

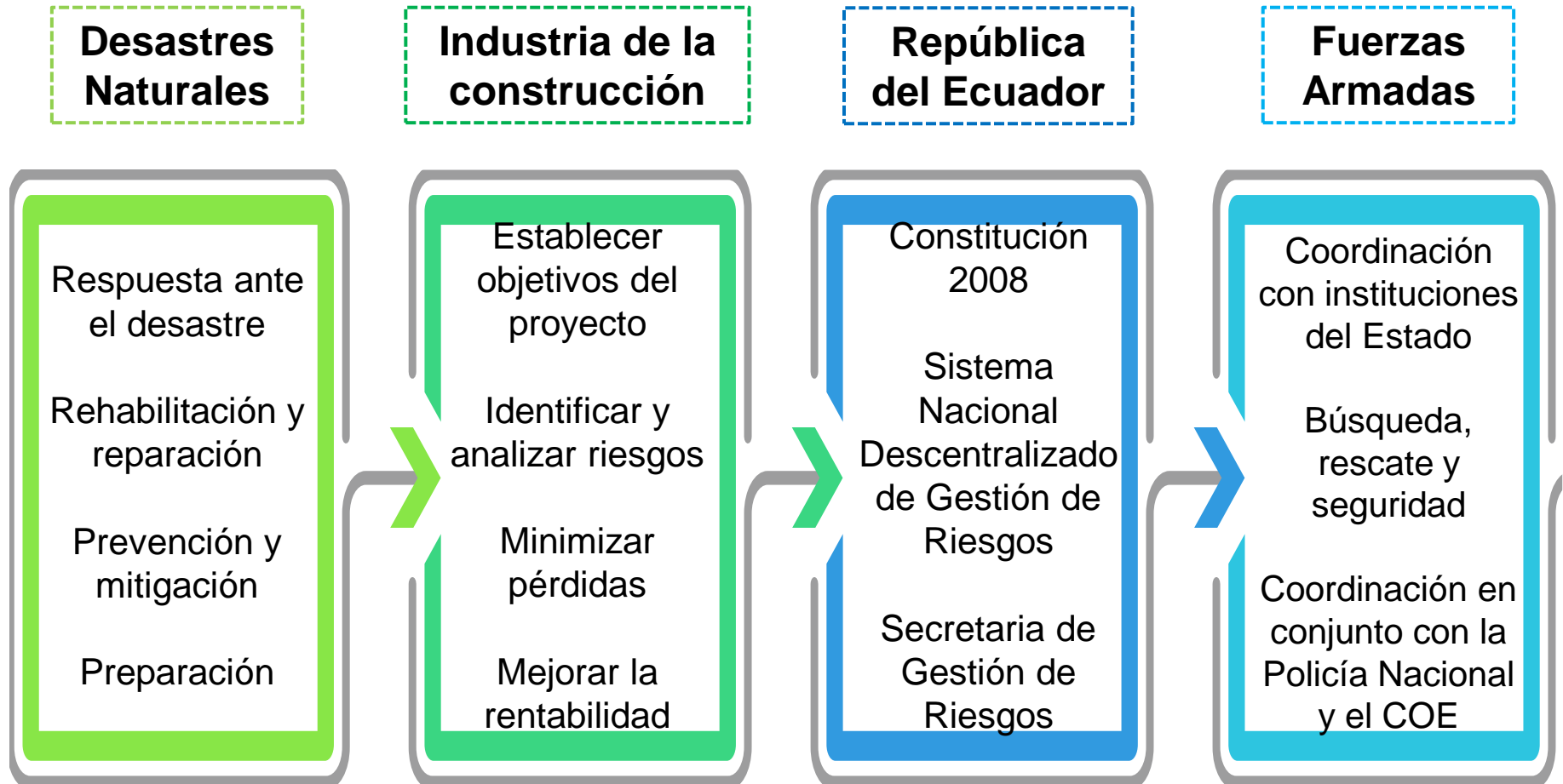
Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa

**Menor vulnerabilidad
Suelos duros**

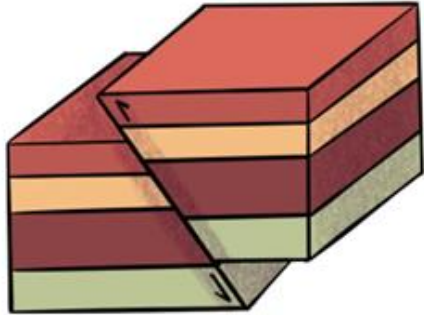
**Mayor vulnerabilidad
Suelos blandos**

Fuente: NEC-SE-DS: Tabla 2, 2015

Gestión de riesgos

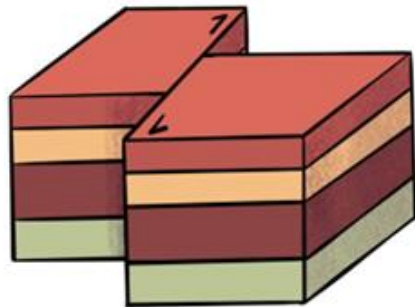
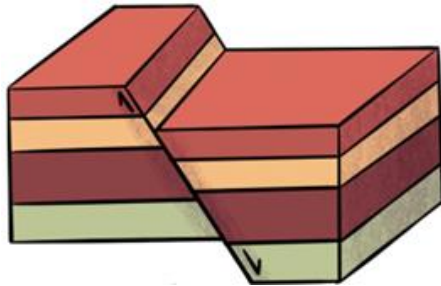


Fallas geológicas

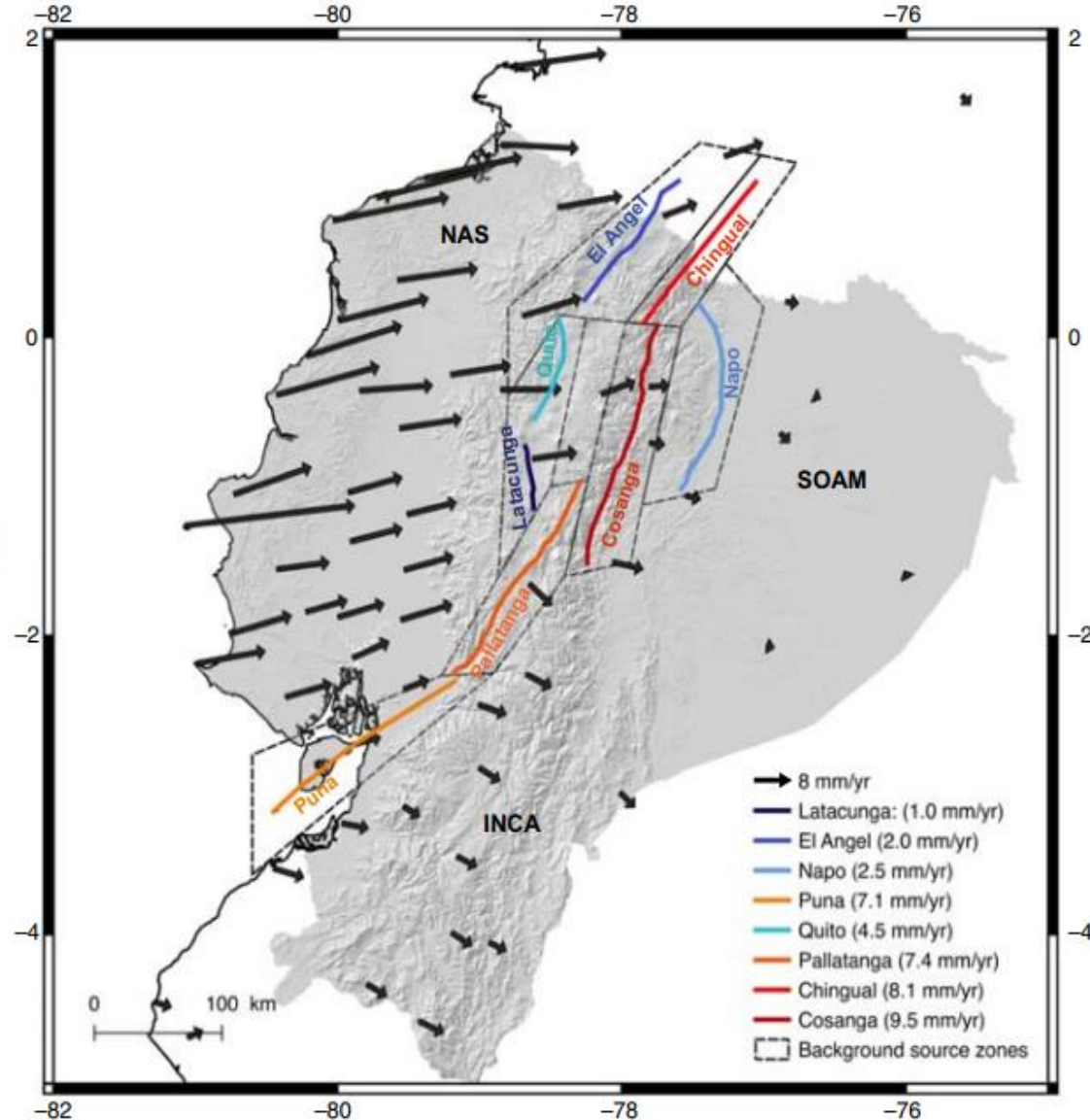


Inversa

Normal



De desgarre



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

Grupos de Vulnerabilidad $GV1$, $GV2$ y $GV3$

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

Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

Número de pisos

Tipo de edificio FEMA

Condición de golpeteo

Condición de adyacencia

Tipo de suelo



Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

Número de Pisos

Año de construcción

Altura

Grado

Post código

Post código

Período de transición

Período de transición
y pre código

\leq a 4 pisos

$>$ a 4 pisos

\leq a 3 pisos

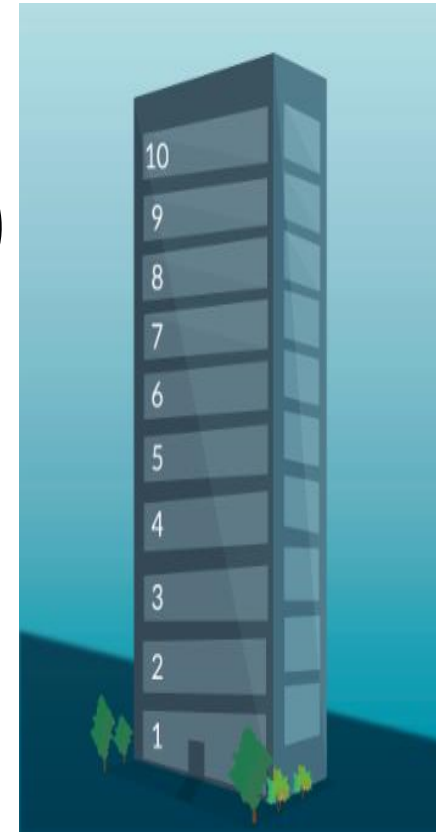
Condiciones no
contempladas

G_A : 20

G_B : 40

G_C : 60

G_D : 80



Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

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



Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

Condición de golpeteo

*Espacio de separación mínima = $\Delta (p) * 5 \text{ cm}$*

Condición

Grado

Sin presencia de edificios cercanos

Separación mayor a la mínima

Separación igual o menor a la mínima

Ausencia de juntas entre edificaciones

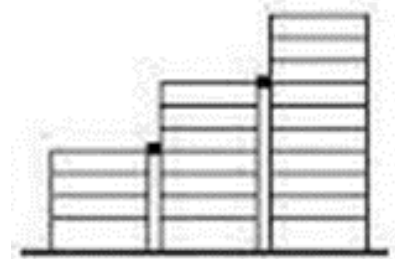


$G_A: 20$

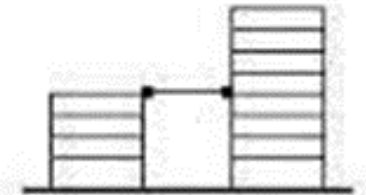
$G_B: 40$

$G_C: 60$

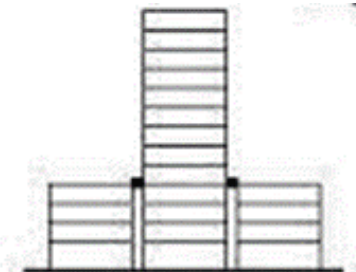
$G_D: 80$



Alturas Diferentes



Edificios Separados



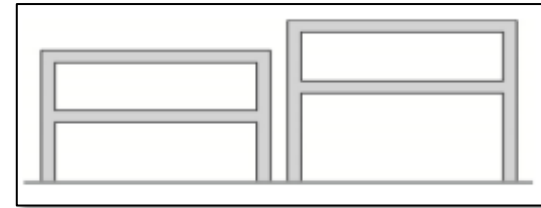
Edificio Alto entre Edificios Bajos

Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

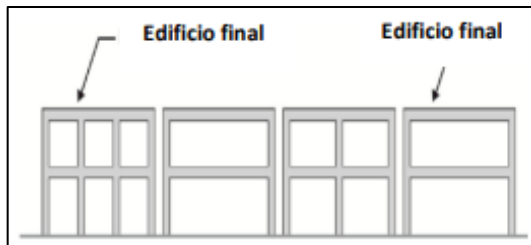
Condición de adyacencia

Sin presencia de edificios adyacentes

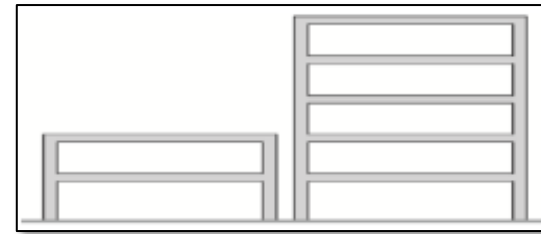
$G_A: 20$



$G_C: 60$



$G_B: 40$



$G_D: 80$

Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

Tipo de Suelo

$G_A: 20$

A y B

$G_B: 40$

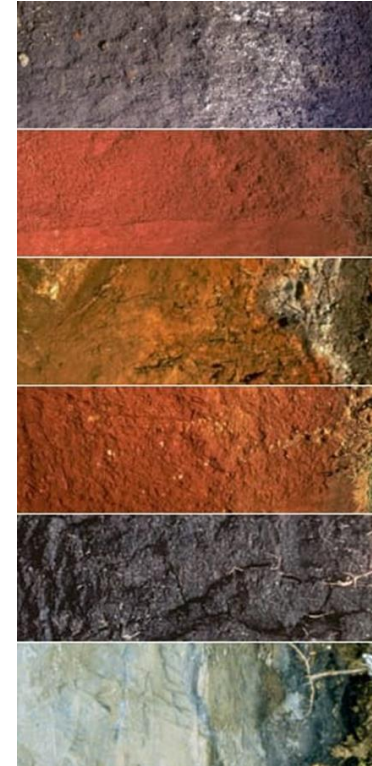
C

$G_C: 60$

D

$G_D: 80$

E y F



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Relación Largo-Ancho

Irregularidad en Planta

Irregularidad en Elevación

Ampliaciones Verticales y Horizontales

Patologías en Sistemas Estructurales

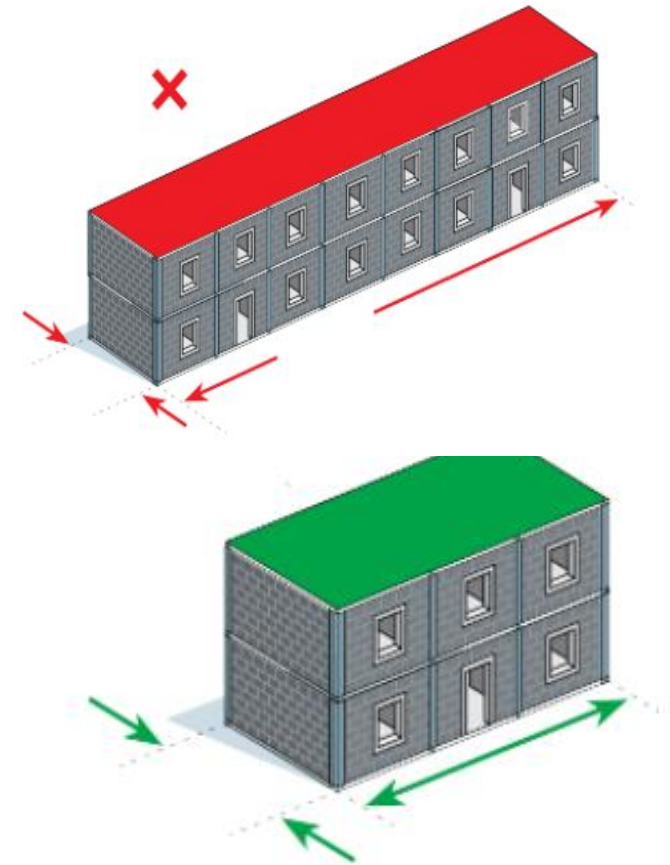
Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas

Patologías en Paredes



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Relación Largo - Ancho

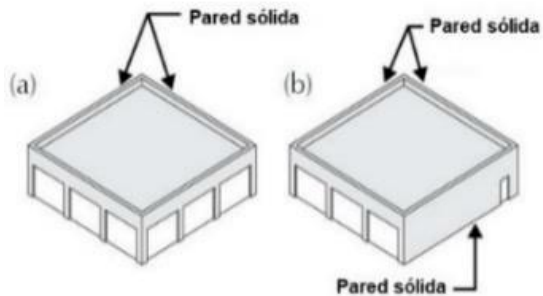


Condición	Grado
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4	$G_A:20$
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Uno de sus longitudes es próxima a 30m	$G_B:40$
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4	$G_C:60$
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4, no se identifica juntas de separación. Una de las longitudes supera los 30m	$G_D:80$

Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Irregularidades en Planta

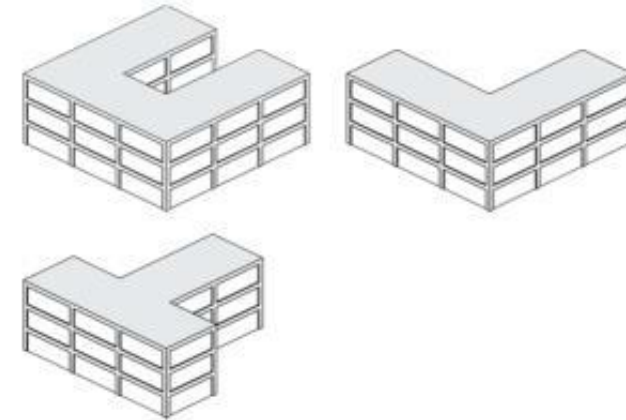
Torsión



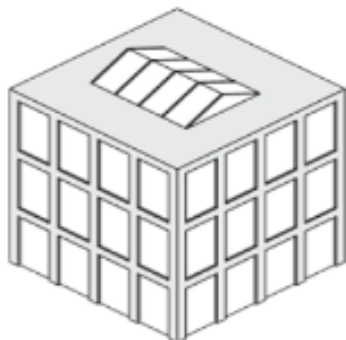
Sistemas no Paralelos



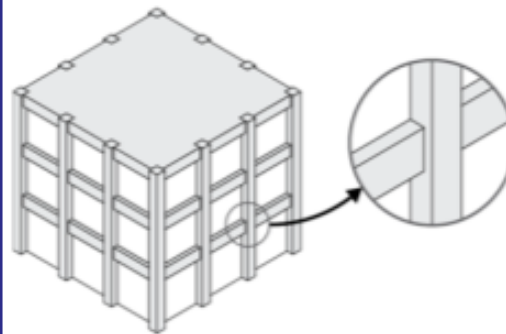
Esquina Reentrante



Abertura en Diafragma



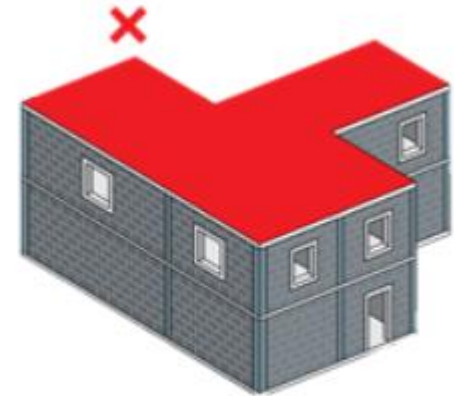
Vigas no Alineadas



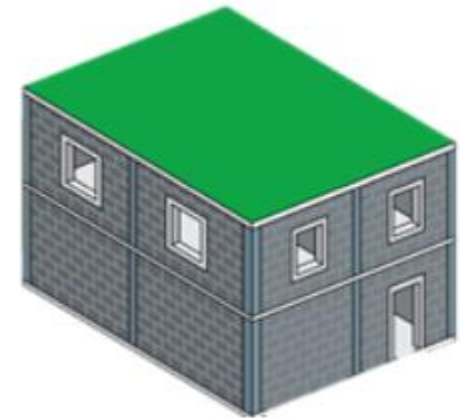
Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Irregularidades en Planta

Condición	Grado
La edificación es regular	$G_A:20$
La edificación presenta:	$G_B:40$
Vigas no alineadas con las columnas. Abertura en diafragmas	
La edificación presenta: esquinas reentrantes	$G_C:60$
La edificación presenta: Torsión. Sistemas no paralelos	$G_D:80$



FORMA IRREGULAR



FORMA REGULAR

Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Irregularidades en Elevación

Severa

- Columna corta
- Retroceso fuera del plano
- Piso blando y/o débil

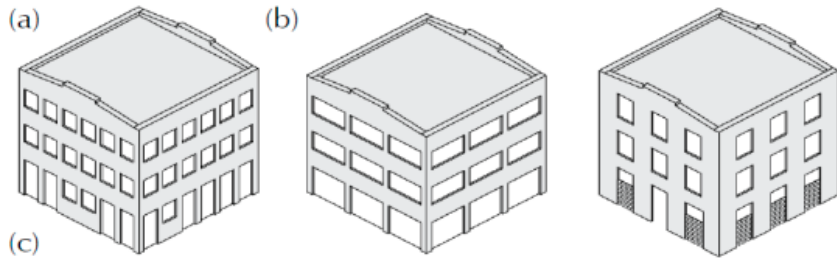
Moderada

- Sótano sin refuerzo
- Desnivel en terreno
- Retroceso en el plano
- niveles divididos

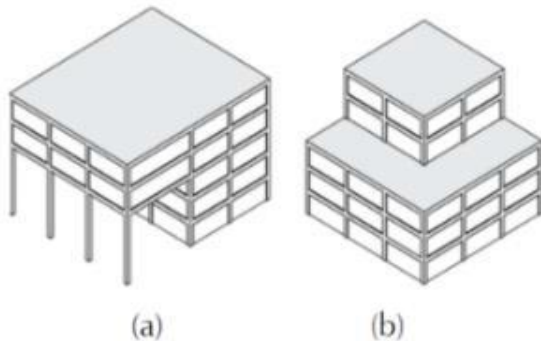
Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Irregularidades en Elevación

Columna Corta

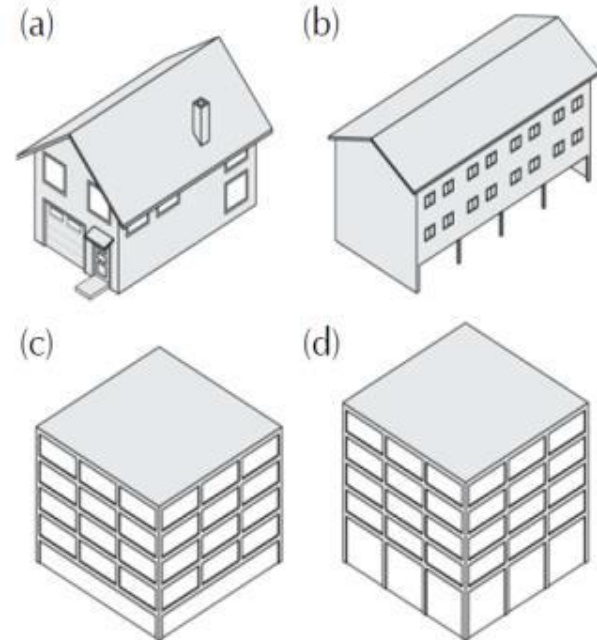


Retroceso fuera del Plano



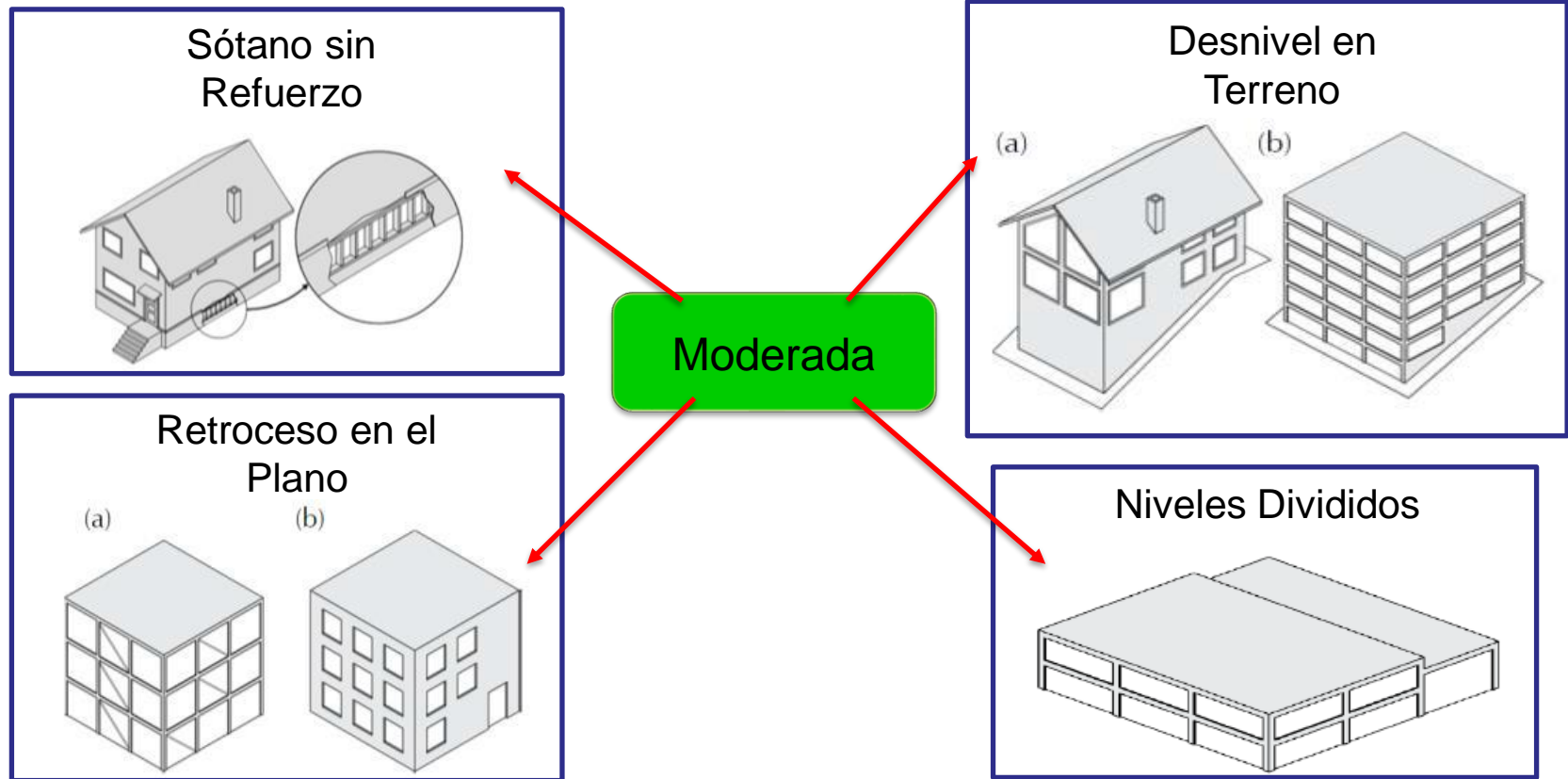
Severa

Piso blando y/o débil



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Irregularidades en Elevación



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Ampliaciones Verticales y Horizontales

Vertical

- Menor dimensión
- Menor configuración
- Sistema estructural diferente

Horizontal

- Diferente altura
- Diferente sistema estructural
- Edificio adicional pequeño
- Mismo sistema estructural

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	G _A : 20
Ampliación con un mismo sistema constructivo e igual número de plantas	G _B : 40
Edificio con igual sistema constructivo, pero con una diferencia de número de plantas. Ampliación con diferente sistema constructivo	G _C : 60
Ampliación con diferente sistema constructivo y diferencia en el número de plantas.	G _D : 80

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	G _A : 20
Ampliación de una planta más pequeña que la principal. Una o más plantas con la misma configuración en planta e igual sistema de construcción	G _B : 40
Una o más plantas con la misma configuración estructural que la principal, pero con diferente sistema constructivo	G _C : 60
Una o más plantas con diferentes configuraciones que la principal, y diferente sistema constructivo	G _D : 80

Vertical

Horizontal

Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Ampliaciones Verticales y Horizontales

Vertical

Menor
Dimensión



Misma
Configuración



Sistema Estructural
Diferente



horizontal

Diferente Altura



Diferente sistema
Estructural



Edificio adicional
Pequeño



Mismo sistema
Estructural



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Patologías en Sistemas Estructurales

Hormigón
Armado



Estructuras
Metálicas



Estructuras
de Madera



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Patologías en Sistemas Estructurales



Vigas

Armadura Positiva



Falla por Corte



Vigas de Madera



Armadura Negativa



Retracción del Hormigón



Vigas Metálicas

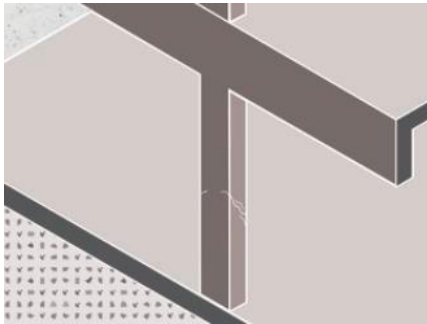


Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Patologías en Sistemas Estructurales

Columnas

H.A. Falla Armadura Positiva



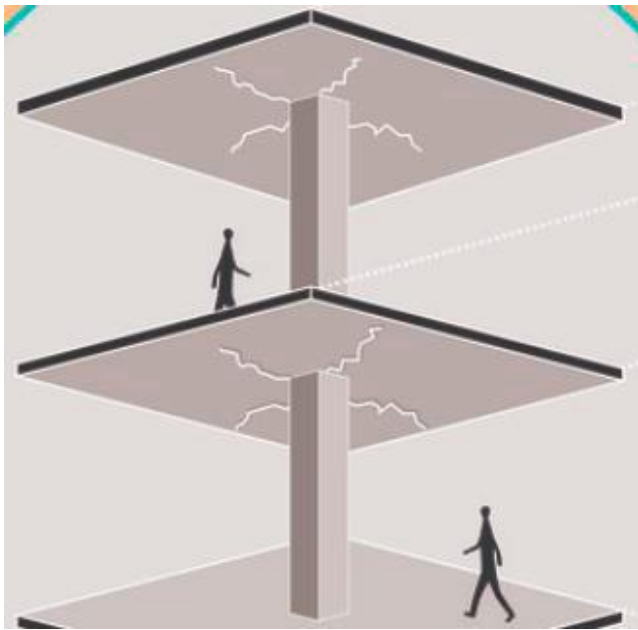
H.A. Falla Armadura Negativa



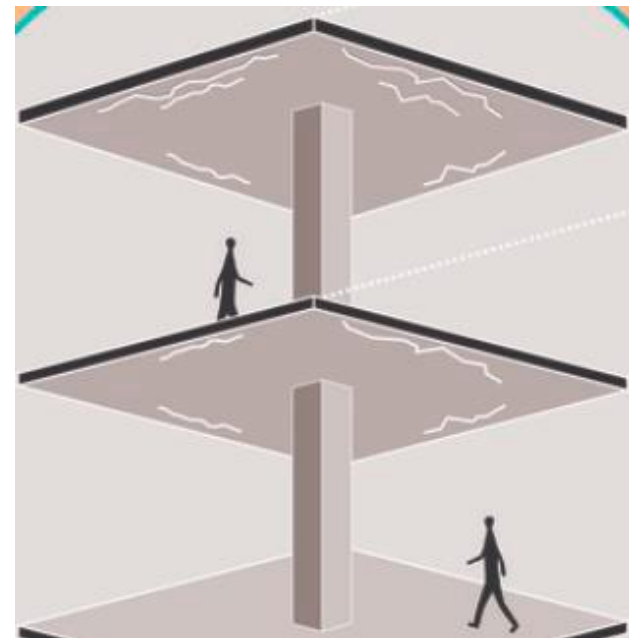
Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas.

Falla por Insuficiencia de Armadura Positiva



Grietas por Sobrecarga Excesiva



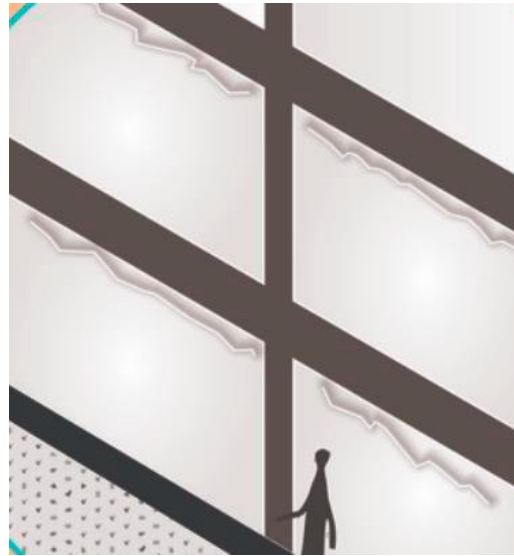
Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Patologías en Paredes.

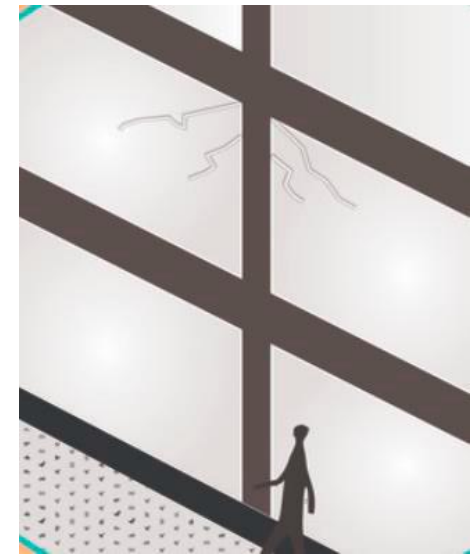
Grietas en esquinas de Ventanas y Puertas



Fracturas o grietas Horizontales o Verticales en fachadas



Fracturas o Grietas Inclinadas en fachadas



Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

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 (laminas metálicas y de madera)	G _D : 80



Grupo de Vulnerabilidad (GV3)

Elementos no estructurales exteriores

Elementos no estructurales interiores

Estado de conservación de la edificación

Estado de conservación de cubiertas

Puertas de salida o de emergencia

Ventanas

Accesibilidad inclusiva



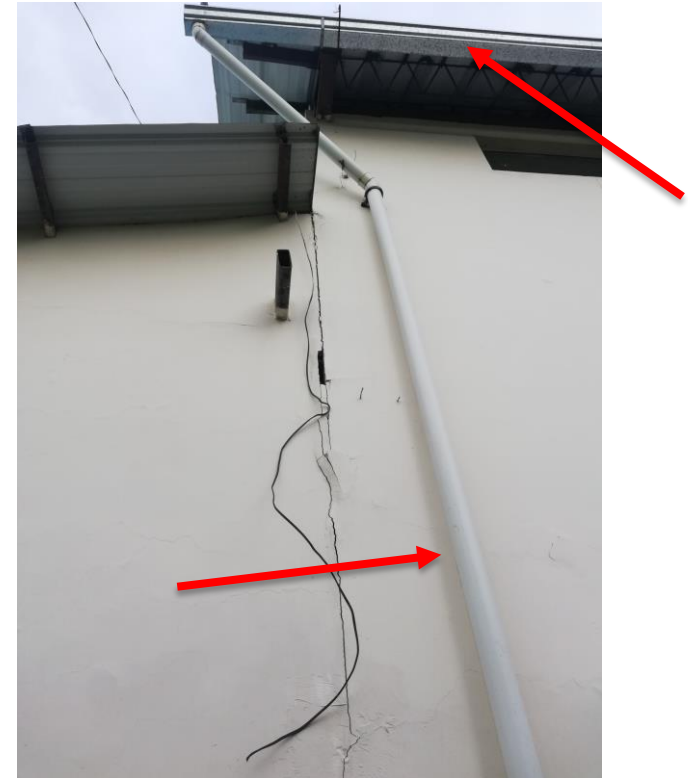
Grupo de Vulnerabilidad GV3

Elementos Exteriores No Estructurales

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.	$G_D: 80$

Grupo de Vulnerabilidad GV3

Elementos Exteriores No Estructurales



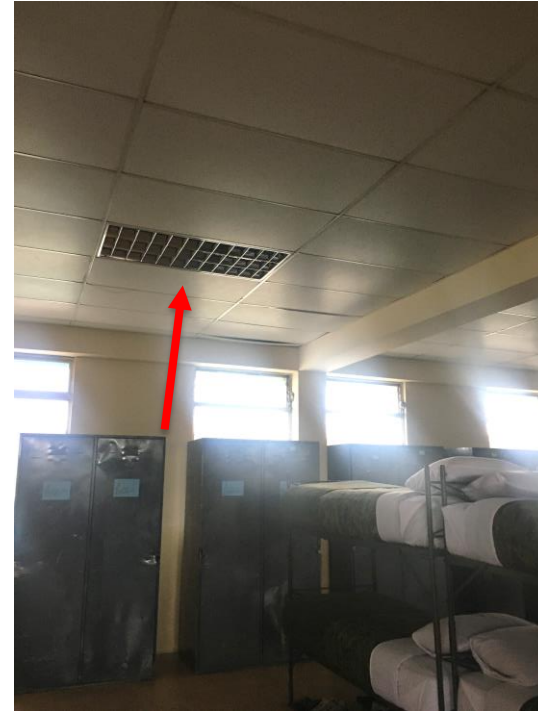
Grupo de Vulnerabilidad GV3

Elementos Interiores No Estructurales

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	$G_D: 80$

Grupo de Vulnerabilidad GV3

Elementos Interiores No Estructurales



Grupo de Vulnerabilidad GV3

Estado de conservación de la edificación

Estado de conservación de cubiertas

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

Grupo de Vulnerabilidad GV3

Puertas de salida o de emergencia

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	$G_D: 80$

Grupo de Vulnerabilidad GV3

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.	$G_D: 80$



Puntaje de Grado de Vulnerabilidad

I	Puntaje Base			
	12,5	22,5	45	55
Gv1	0,225	0,225	0,225	0,1875
Gv2	0,1125	0,1125	0,113	0,0938
Gv3	0,0375	0,0375	0,038	0,0313

Grado de Vulnerabilidad

$$V = GV + P. Base$$

Grupos de Vulnerabilidad (GV1, GV2, GV3)
 $GV = I_{GV1} * GV_1 + I_{GV2} * GV_2 + I_{GV3} * GV_3$

Puntaje Base

Grado de capacidad de respuesta (Cr)

Rango	Grado de Vulnerabilidad (V)	Observaciones
$60 < \text{valor} \leq 80$	Alto	Debe realizarse un análisis estructural.
$40 < \text{valor} \leq 60$	Medio	Evaluar mediante FEMA P-154, para descartar o confirmar la realización de un análisis estructural.
$20 < \text{valor} \leq 40$	Bajo	Tomar las recomendaciones emitidas por los evaluadores.

Elemento del Terreno (E)

Factor de incidencia por uso				
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 o dormitorios	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

Nivel de Exposición de la Amenaza (NE)

Nivel de exposición de la amenaza.

Muy alta (AMA).

1.00

Alta (AA).

0.83

Moderada-alta (AM2).

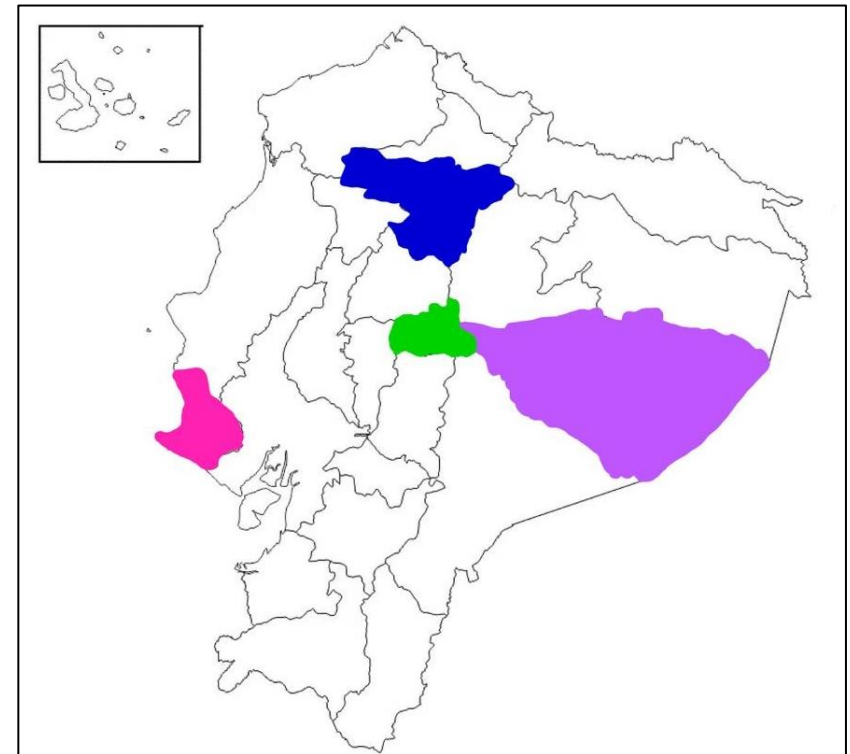
0.50

Moderada (AM).

0.25

Baja (AB).

0.17



Vulnerabilidad Total

$$V_{total} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

V total

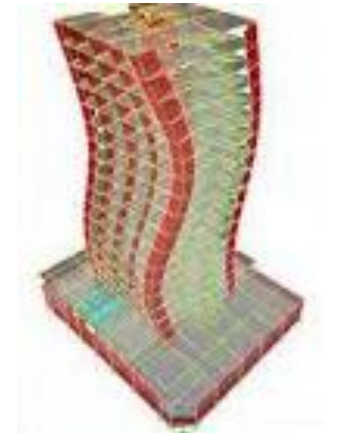
- Vulnerabilidad significativa de todo el recinto militar.

V_i

- Grado de vulnerabilidad de cada edificación.

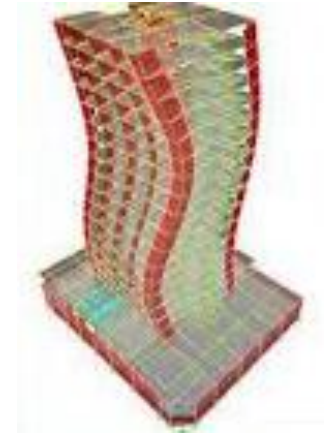
E_i

- Importancia de la edificación.



Coeficiente de capacidad

$$C = \frac{(Cr + 100) * (170 - Vt)}{13500}$$



Cr

- Capacidad de respuesta

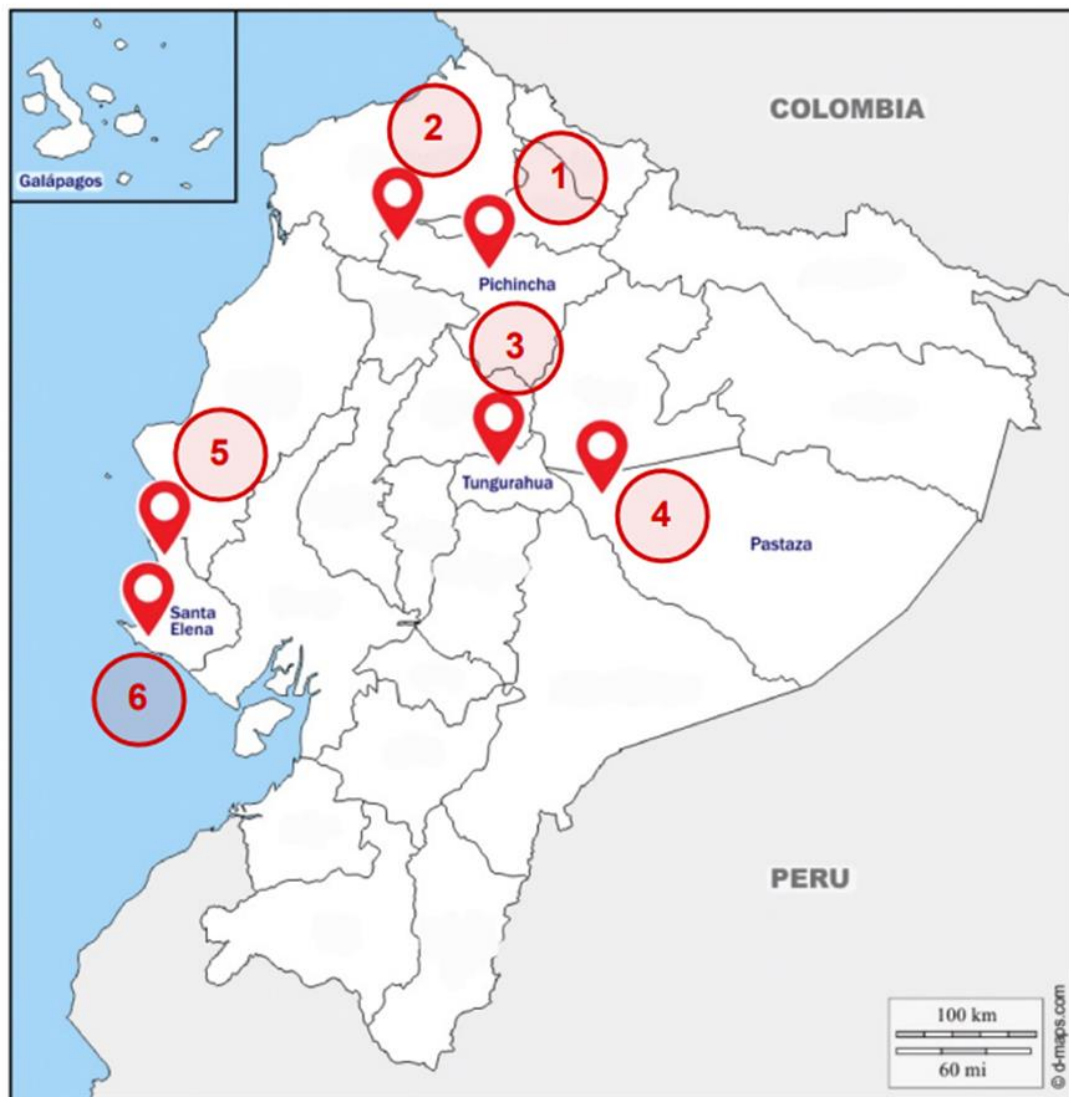
Vt

- Vulnerabilidad total de la estructura.

Riesgo Global

Nivel de Riesgo Global	Estimación del Riesgo Global	Categoría
$R_g \leq 15$	Bajo	A
$15 < R_g \leq 30$	Moderado	B
$30 < R_g \leq 45$	Moderado Alto	C
$45 < R_g \leq 75$	Alto	D
$75 < R_g \leq 100$	Muy Alto	E

UBICACIÓN DE UNIDADES MILITARES



1. Escuela superior Militar “ELOY ALFARO”
2. Colegio Militar N.º 1 “ELOY ALFARO”
3. Escuela de Formación de Soldados “VENCEDORES DEL CENEPA”
4. Escuela de IWIAS
5. Escuela Superior de Aviación “Cosme Rennella Barbatto”
6. Escuela Superior Naval “CMDTE RAFAEL MORÁN VALVERDE”

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Escuela Superior Militar De Aviación "Cosme Rennella Barbatto"	
Provincia:	Santa Elena	
Cantón:	Salinas	
Coordenadas:	500959 E	9756913 N
Número de estructuras:	3	

Edificación	Uso
ESMA 1	Residencia
ESMA 2	Hotel de Oficiales
ESMA 3	Comando



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Escuela Superior Militar "ELOY ALFARO"
Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Coordenadas:	779712 E 9990583 N
Número de estructuras:	18

Edif.	Uso
ESMIL 1	Edificio central, oficinas
ESMIL 2	Auditorio
ESMIL 3	Biblioteca, bar, cajero
ESMIL 4	Casino
ESMIL 5	Cocina
ESMIL 6	Dormitorios
ESMIL 7	Peluquería, almacén de cadetes
ESMIL 8	Policlínico
ESMIL 9	Coliseo
ESMIL 10	Piscina

Edif.	Uso
ESMIL 11	Comedor de oficiales instructores
ESMIL 12	Capilla
ESMIL 13	Dormitorios de oficiales
ESMIL 14	Vivienda Oficiales solteros
ESMIL 15	Mecánica
ESMIL 16	Cocina, comedor de cadetes
ESMIL 17	Dormitorios de cadetes
ESMIL 18	Aulas

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Escuela Superior Naval "CMTDE RAFAEL MORÁN VALVERDE"
Provincia:	Santa Elena
Cantón:	Salinas
Coordenadas:	501382 E 9757830 N
Cota de construcción aprox. promedio:	11 m.
Número de estructuras:	6

Edificación

Uso

E1	Primer Bloque de Dormitorios
E2	Segundo Bloque de Dormitorios
E3	Bloque Central
E4	Primer Bloque de Aulas
E5	Segundo Bloque de Aulas
E6	Tercer Bloque de Aulas

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"
Provincia:	Tungurahua
Cantón:	Ambato
Coordenadas:	767774 E 9866259 N
Número de estructuras:	30

Edificación

Uso

CENEPA 1	Piscina 1
CENEPA 2	Edificio Central
CENEPA 3	Casino de Oficiales
CENEPA 4	Área de Desalojo
CENEPA 5	Comedor 1

Edificación

Uso

CENEPA 6	Centro de Salud Urbano
CENEPA 7	Estacionamientos
CENEPA 8	Dormitorio de Oficiales 1
CENEPA 9	Dormitorio de Oficiales 2
CENEPA 10	Dormitorio de Oficiales 3

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES

Edificación	Uso	Edificación	Uso
CENEPA 11	Piscina 2	CENEPA 21	Aula Computación-Laboratorios
CENEPA 12	Gimnasio	CENEPA 22	Dormitorio Aspirantes, Instructores, Voluntarios
CENEPA 13	Bodegas	CENEPA 23	Material de Riesgo
CENEPA 14	Comedor 2	CENEPA 24	Aulas y Oficinas
CENEPA 15	Fisioterapia y Radicaciones	CENEPA 25	Dormitorios Especialistas
CENEPA 16	Farmacia	CENEPA 26	Cocina
CENEPA 17	Bodega de Intendencia	CENEPA 27	Dormitorios
CENEPA 18	Bodega 2	CENEPA 28	Dormitorios Mujeres
CENEPA 19	Bloque Administrativo	CENEPA 29	Dormitorios Aspirantes
CENEPA 20	Almacén Militar-Suministros	CENEPA 30	Dormitorio ESPE Mujeres

DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Escuela de IWIAS en la Shell	
Provincia:	Pastaza	
Cantón:	Shell	
Coordenadas:	826971 E	9833026 S
Número de estructuras:	6	

Edif.

Uso

IWIAS 1	Auditorio
IWIAS 2	Baños Hombres / Baños Mujeres
IWIAS 3	Bodega
IWIAS 4	Cocina
IWIAS 5	Comando
IWIAS 6	Dormitorios



DESCRIPCIÓN DE UNIDADES MILITARES



DATOS UNIDAD MILITAR

Unidad militar:	Colegio Militar N°1 "ELOY ALFARO"	
Provincia:	Pichincha	
Cantón:	Quito	
Coordenadas:	779335 E	9978246 N
Número de estructuras:	6	

Edif.	Uso
COMIL 1	Aulas
COMIL 2	Dormitorios
COMIL 3	Dormitorios
COMIL 4	Oficinas
COMIL 5	Bodega
COMIL 6	Coliseo

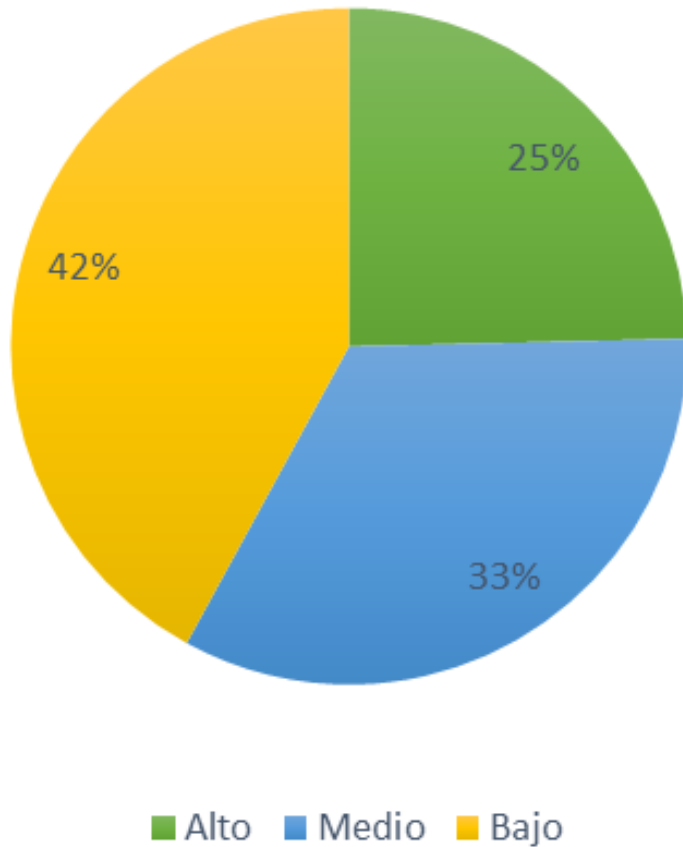


Vulnerabilidad Total

N°	Unidad militar	VT
1	Escuela Superior Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto"	58,14
2	Escuela Superior Militar "ELOY ALFARO"	56,17
3	Escuela Superior Naval	56,63
4	Escuela de Formacion de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"	46,41
5	Escuela de Iwias	60,90
6	Colegio Militar No. 1 "ELOY ALFARO"	64,95



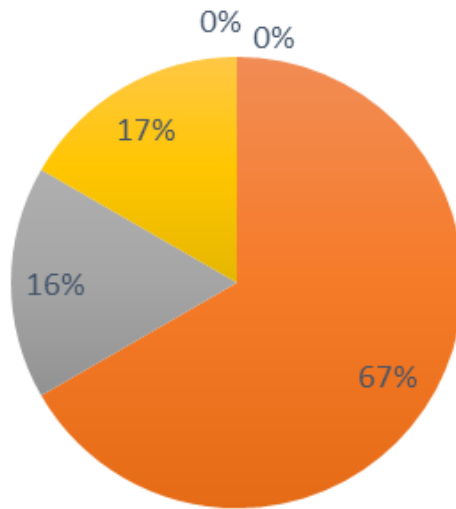
Vulnerabilidad por dependencia



Riesgo Global

N°	Unidad militar	Nivel de RG	Estimación del RG	Categoría
1	Escuela Superior Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto"	41,28	MODERADO ALTO	C
2	Escuela Superior Militar "ELOY ALFARO"	40,26	MODERADO ALTO	C
3	Escuela Superior Naval	39,67	MODERADO ALTO	C
4	Escuela de Formacion de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"	29,82	MODERADO	B
5	Escuela de Iwias	44,33	MODERADO ALTO	C
6	Colegio Militar No. 1 "ELOY ALFARO"	49,09	ALTO	D

Estimación del Riesgo Global



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



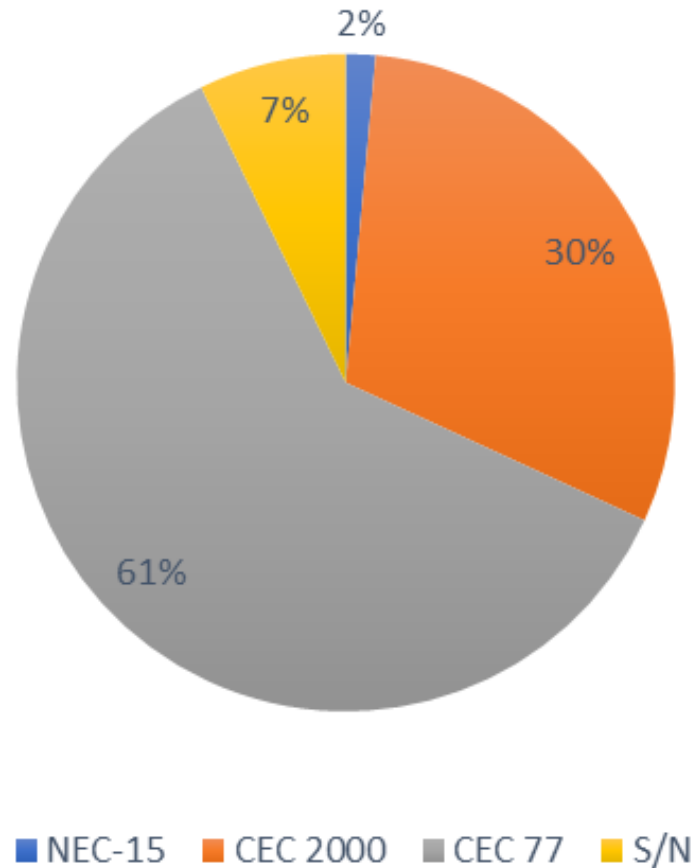
Norma de Construcción

Pobre desempeño
estructural CEC 77
Basado ACI 318-71

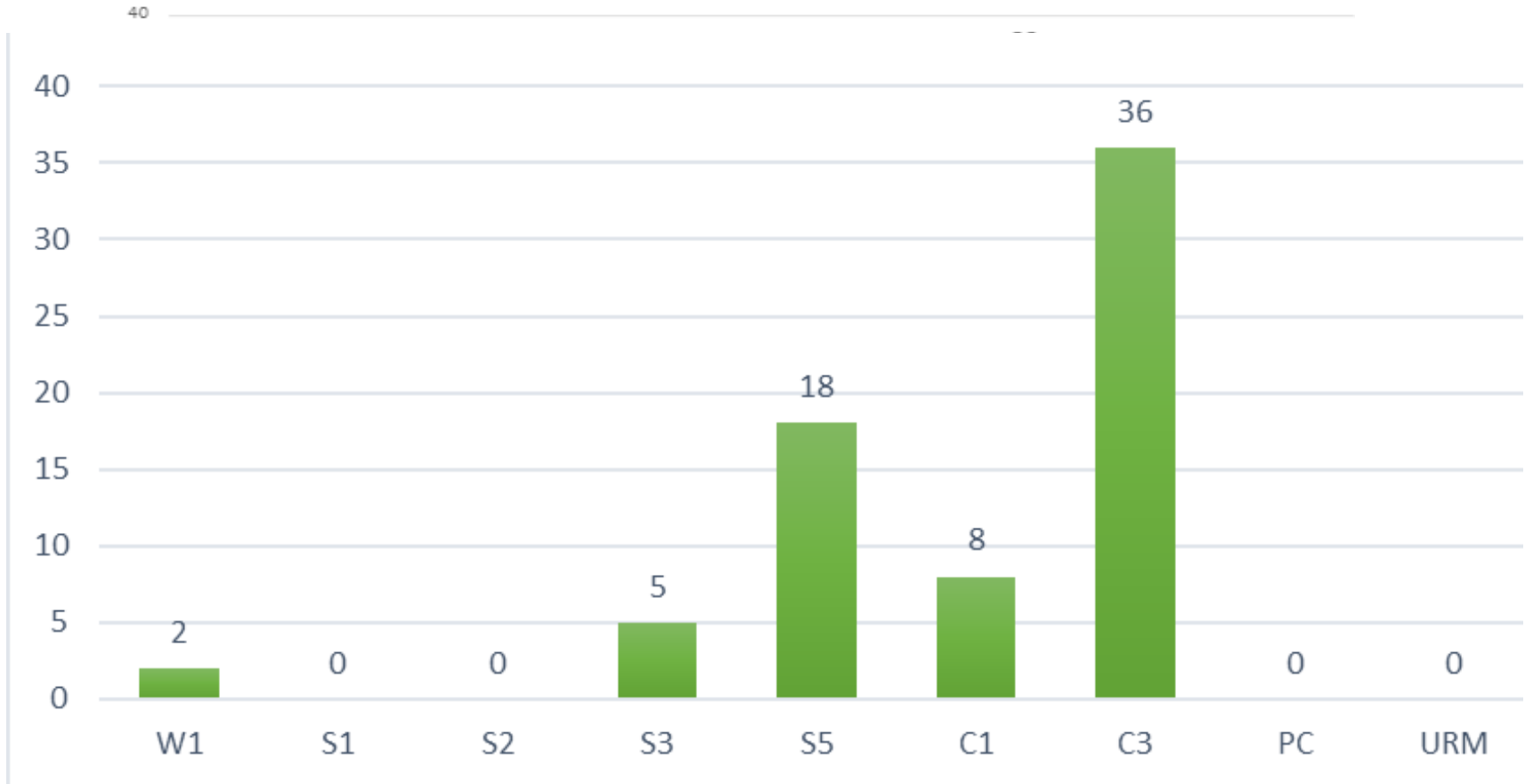
Moderado desempeño
estructural CEC 2000

Nulo desempeño
estructural A/N

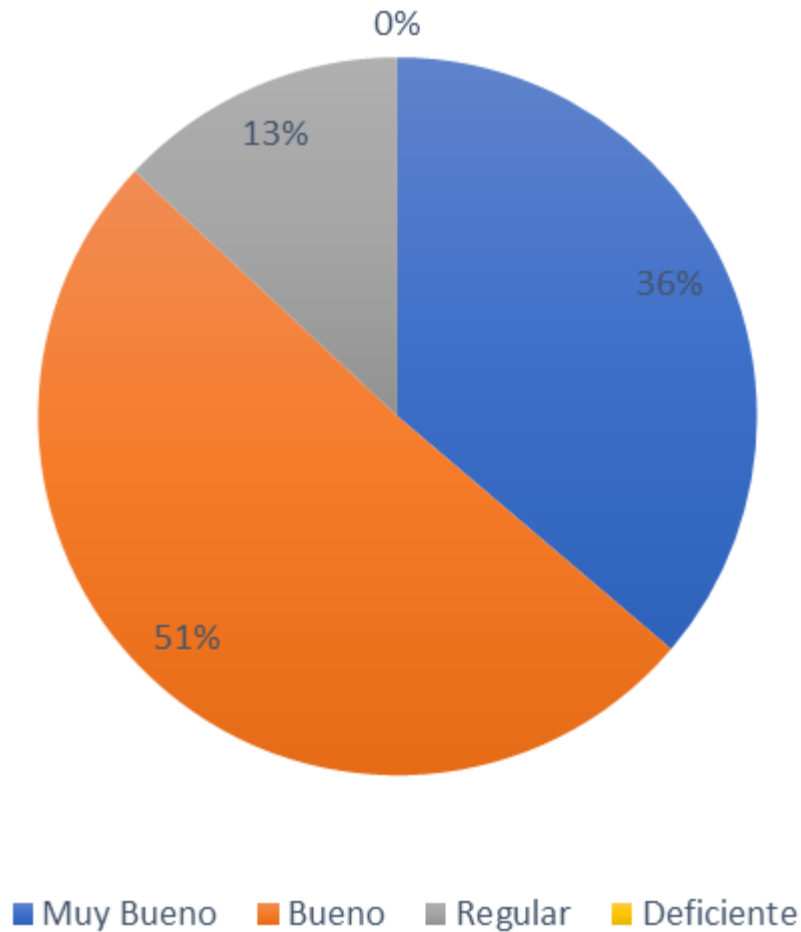
Buen desempeño
estructural NEC-15



Tipo de Edificaciones - FEMA



Estado de conservación



La guía para la evaluación de vulnerabilidad sísmica elaborada por Caizaguano y Ballesteros a pesar de que es una evaluación a primera vista, permite conocer el estado actual de las estructuras, además de estimar el valor del grado de vulnerabilidad y riesgo global, lo que permite categorizar a cada una de las unidades militares en base a la respuesta ante un evento sísmico, en tal virtud la guía fue aplicada en 6 unidades militares en Quito, Ambato, Salinas y la Shell, con un total de 69 dependencias de uso militar evaluadas.

Desde un punto de vista comparativo entre las diferentes escuelas evaluadas, se considera que la Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA" cuenta el porcentaje más bajo de edificaciones que muestran un Alto riesgo global, esto traducido en 3 unidades, mismas que deben ser estudiadas para la incorporación de medidas de prevención enfocadas principalmente en los grados de vulnerabilidad GV1 y GV2 debido a las patologías encontradas en vigas y paredes, además, se tratan de edificaciones que se encuentran en un período de transición con el CEC 77 y su grado de vulnerabilidad es considerablemente alto.

En términos de estimación del riesgo global, se determinó que de las 6 unidades militares evaluadas, el 67% que corresponde a 4 unidades militares presentan un riesgo global “Moderado Alto”; el 16,5% que corresponde a 1 unidad, muestran un riesgo global “Moderado”; y el 16,5% que corresponde a 1 unidad, muestran un riesgo global “Alto” en donde se debe incorporar medidas preventivas como: refuerzo de estructuras vulnerables y capacitar al personal militar y civil.

Al analizar el grado de vulnerabilidad por dependencias, se determinó que el 42% correspondientes a 29 dependencias reflejan un grado de vulnerabilidad Bajo; el 33% correspondientes a 23 dependencias reflejan un grado de vulnerabilidad Medio, siendo aquí en donde se debe evaluar a las edificaciones mediante la FEMA P-154; y el 25% correspondientes a 17 dependencias reflejan un grado de vulnerabilidad Alto, para lo cual se debe realizar un análisis estructural detallado siendo el caso del Colegio Militar No. 1 "ELOY ALFARO" y la Escuela de IWIAS los cual presentan la mayor cantidad de edificaciones con un grado de vulnerabilidad alto.

En base a los gráficos comparativos, se determinó que la normativa de construcción más utilizada en las unidades militares evaluadas corresponde a la CEC 77 con el 61% del total de las dependencias, mientras que únicamente el 2% corresponden a edificaciones construidas con la NEC-15; la mayor parte de edificaciones corresponden a construcciones de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada.

Finalmente se mediante la inspección visual a primera vista en paredes, columnas, vigas, losa, fachadas y cubiertas se determinó que el 51% de las 69 dependencias evaluadas se encuentran en un estado de conservación Bueno y únicamente el 36% y 13% reflejan un estado de conservación Muy Bueno y Regular respectivamente.

Cabe recalcar que este método de evaluación es rápido por lo que se recomienda complementarlo con otros análisis o estudios que ayuden a obtener resultados más efectivos.

Al momento de diseñar y construir una estructura se deberían considerar parámetros sismorresistentes con el objetivo de que sirvan como refugios seguros de evacuación en un futuro. Y en las estructuras que ya están construidas específicamente mejorar los accesos, uso de vidrios templados y escaleras internas haciéndolas más amplias, para evitar aglomeraciones, accidentes y se optimizaría el tiempo y fluidez de circulación del personal.

El uso de esta guía de evaluación preliminar debe ser aplicado en todas las unidades militares del Ejército en el Ecuador, ya que en estudios anteriores y en el presente se pudo detectar deficiencias físicas y ausencia de reforzamiento estructural en las edificaciones, que ante un evento sísmico en conjunto con su ubicación y tipo de suelo son altamente vulnerables.

Ante los resultados obtenidos es necesario que se realice una evaluación mediante la aplicación de la matriz FEMA P-154 para confirmar o descartar la realización de un análisis estructural detallado de las dependencias que presenten mayor vulnerabilidad, por otro lado se recomienda realizar un análisis estructural detallado a las dependencias que específicamente lo requieran, como es el caso de una dependencia en la Escuela Militar de Aviación, la cual está completamente abandonada y deshabilitada



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

