



**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**

Aldana Chanataxi, Carlos Alberto; Arrieta Lema, Edwin Xavier; Luna Chávez, Bryan  
Mauricio; Morales Chacón, Cristian Germánico; Obregón Álvarez, Javier Alexander y Torres  
Benalcázar, Emilie Beatriz

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

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

Dr. Toulkeridis, Theofilos

25 de agosto de 2022



Copia de Vulnerabilidad COPYLEAKS.docx

Scanned on: 20:21 August 25, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	0
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Omitted Words	3169



THEOFILOS  
TOULKERIDI



Website | Education | Businesses



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“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”** fue realizado por los señores **Aldana Chanataxi, Carlos Alberto; Arrieta Lema, Edwin Xavier; Luna Chávez, Bryan Mauricio; Morales Chacón, Cristian Germánico; Obregón Álvarez, Javier Alexander y Torres Benalcázar, Emilie Beatriz** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 25 de agosto de 2022

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**THEOFILOS  
TOULKERIDI**

**Dr. Toulkeridis, Theofilos**

C. C 1717885618



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros **Aldana Chanataxi, Carlos Alberto; Arrieta Lema, Edwin Xavier; Luna Chávez, Bryan Mauricio; Morales Chacón, Cristian Germánico; Obregón Álvarez, Javier Alexander y Torres Benalcázar, Emilie Beatriz**, con cédulas de ciudadanía n° 1716455280; 0605622935; 1718203290; 0604374884; 1722063706; 1726331745 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **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** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 25 de agosto de 2022

Firma  
  
**Aldana Chanataxi,**  
**Carlos Alberto**  
 C.C.: 1716455280

Firma  
  
**Arrieta Lema,**  
**Edwin Xavier**  
 C.C.:0605622935

Firma  
  
**Luna Chávez,**  
**Bryan Mauricio**  
 C.C.:1718203290

Firma  
  
**Obregón Álvarez,**  
**Javier Alexander**  
 C.C.:0604374884

Firma  
  
**Morales Chacón,**  
**Cristian Germánico**  
 C.C.:1722063706

Firma  
  
**Torres Benalcázar,**  
**Emilie Beatriz**  
 C.C.:1726331745



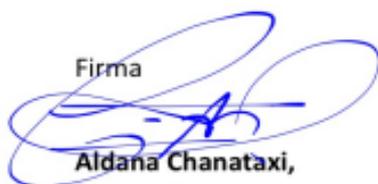
**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

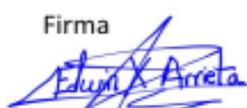
**Carrera de Ingeniería Civil**

**Autorización de Publicación**

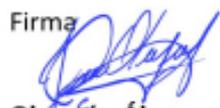
Nosotros **Aldana Chanataxi, Carlos Alberto; Arrieta Lema, Edwin Xavier; Luna Chávez, Bryan Mauricio; Morales Chacón, Cristian Germánico; Obregón Álvarez, Javier Alexander y Torres Benalcázar, Emilie Beatriz**, con cédulas de ciudadanía n° 1716455280; 0605622935; 1718203290; 0604374884; 1722063706; 1726331745, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **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** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 25 de agosto de 2022

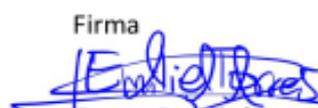
Firma  
  
**Aldana Chanataxi,**  
**Carlos Alberto**  
 C.C.: 1716455280

Firma  
  
**Arrieta Lema,**  
**Edwin Xavier**  
 C.C.:0605622935

Firma  
  
**Luna Chávez,**  
**Bryan Mauricio**  
 C.C.:1718203290

Firma  
  
**Obregón Álvarez,**  
**Javier Alexander**  
 C.C.:0604374884

Firma  
  
**Morales Chacón,**  
**Cristian Germánico**  
 C.C.:1722063706

Firma  
  
**Torres Benalcázar,**  
**Emilie Beatriz**  
 C.C.:1726331745

## Índice de contenidos

Índice de Tablas .....	11
Índice de Figuras .....	13
Resumen .....	16
Abstract.....	17
Generalidades .....	18
Planteamiento del problema .....	18
Antecedentes .....	19
Objetivos .....	21
Objetivo general:.....	21
Objetivos específicos .....	21
Marco Teórico.....	22
Riesgo sísmico .....	22
Caracterización del Riesgo Sísmico .....	22
Vulnerabilidad (V) .....	23
Evaluación de vulnerabilidad sísmica .....	23
Grupos de Vulnerabilidad (GV) .....	25
Puntaje base de Evaluación según la guía de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)..	26
(Pre Código) .....	27
Código Ecuatoriano de Construcción 1977 (Período de Transición) .....	27
Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) (Post código) .....	27
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno).....	28
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno).....	29
Parámetros de GV1 .....	30
Número de pisos .....	30
Tipo de edificio FEMA .....	31
Golpeteo y adyacencia.....	31
Tipo de Suelo.....	32
Gestión de Riesgos .....	32
Análisis de la capacidad de respuesta Cr .....	33
Elemento de terreno (E) .....	33
Complemento de vulnerabilidad .....	33
Nivel de exposición a la amenaza (NE) .....	34
Fallas geológicas.....	34
Vulnerabilidad Total.....	36

Coeficiente de capacidad .....	36
Riesgo global .....	36
Metodología.....	36
Puntaje Base .....	37
Grupos de Vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3 .....	37
Grupo de Vulnerabilidad (GV1).....	39
Número de Pisos .....	39
Tipo de Edificio FEMA .....	39
Condición de Golpeteo .....	43
Condición de Adyacencia .....	43
Tipo de Suelo.....	45
Grupo de Vulnerabilidad (GV2).....	47
Relación Largo Ancho.....	47
Irregularidades en Planta.....	48
Irregularidades en Elevación.....	49
Ampliaciones Verticales y Horizontales .....	52
Patologías en Vigas y Columnas.....	54
Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas .....	57
Patologías en Paredes .....	58
Imágenes 3D para el estudio de las patologías en las fachadas de las edificaciones.....	60
Grupo de Vulnerabilidad (GV3).....	62
Elementos Externos No Estructurales.....	62
Elementos Internos No Estructurales .....	63
Estado de Conservación de la Edificación.....	63
Estado de Conservación de Cubiertas.....	64
Puertas de Salida o Emergencia.....	65
Ventanas .....	66
Accesibilidad Universal .....	67
Puntaje de Grado de Vulnerabilidad.....	68
Capacidad de Respuesta .....	70
Resultados.....	72
Descripción de las Estructuras Evaluadas .....	72
Ubicación.....	72
Tipo de suelo.....	72
Evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	74
Escuela Superior Militar De Aviación “Cosme Rennella Barbatto” .....	74

ESMA 1: Residencia.....	75
ESMA 2: Hotel de oficiales .....	76
ESMA 3: Comando .....	77
Escuela superior militar “ELOY ALFARO” .....	79
ESMIL 1: Edificio central, oficinas .....	79
ESMIL 2: Auditorio .....	80
ESMIL 3: Biblioteca, Bar, Cajero .....	81
ESMIL 4: Casino .....	82
ESMIL 5: Cocina .....	83
ESMIL 6: Dormitorios .....	84
ESMIL 7: Peluquería, almacén de cadetes .....	85
ESMIL 8: Policlínico .....	86
ESMIL 9: Coliseo .....	87
ESMIL 10: Piscina.....	88
ESMIL 11: Comedor de oficiales instructores .....	89
ESMIL 12: Capilla.....	90
ESMIL 13: Dormitorios de oficiales .....	91
ESMIL 14: Vivienda Fiscal Oficiales solteros.....	92
ESMIL 15: Mecánica .....	92
ESMIL 16: Cocina, Comedor de Cadetes .....	93
ESMIL 17: Dormitorios 2da y 3ra compañía cadetes .....	94
ESMIL 18: Aulas .....	95
Imagen 3D para la inspección de fachadas del edificio central con Software DroneDeploy .....	96
Escuela Superior Naval “CMDTE RAFAEL MORÁN VALVERDE” .....	101
ESSUNA 1: Dos Bloques de Dormitorios .....	101
ESSUNA 2: Bloque Central.....	102
ESSUNA 3: Tres Bloques de Aulas .....	102
Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA" .....	104
CENEPA 1: Piscina 1.....	105
CENEPA 2: Edificio Central .....	106
CENEPA 3: Casino de Oficiales .....	107
CENEPA 4: Área desalojo.....	108
CENEPA 5: Comedor 1.....	108
CENEPA 6: Centro de Salud Urbano.....	108
CENEPA 7: Estacionamientos .....	109
CENEPA 8: Dormitorio de Oficiales 1 .....	111

CENEPA 9: Dormitorio de Oficiales 2 .....	112
CENEPA 10: Dormitorio de Oficiales 3 .....	113
CENEPA 11: Piscina 2.....	114
CENEPA 12: Gimnasio .....	115
CENEPA 13: Bodegas.....	116
CENEPA 14: Comedor 2.....	117
CENEPA 15: Fisioterapia y Radiaciones.....	118
CENEPA 16: Farmacia.....	119
CENEPA 17: Bodega de Intendencia .....	120
CENEPA 18: Bodega 2.....	121
CENEPA 19: Bloque Administrativo.....	122
CENEPA 20: Almacén Militar - Bodega de Suministros.....	123
CENEPA 21: Aulas de Computación - Laboratorios.....	124
CENEPA 22: Dormitorios Aspirantes, Instructores, Voluntarios .....	125
CENEPA 23: Material de Riesgo .....	126
CENEPA 24: Aulas y Oficinas .....	127
CENEPA 25: Dormitorios especialistas.....	128
CENEPA 26: Cocina.....	129
CENEPA 27: Dormitorio.....	129
CENEPA 28: Dormitorio mujeres.....	130
CENEPA 29: Dormitorios Aspirantes .....	131
CENEPA 30: Dormitorios Espe Mujeres .....	132
Colegio Militar N°1 “ELOY ALFARO”.....	135
COMIL 1: Edificio Central .....	136
COMIL 2: Aulas Sección Básica.....	136
COMIL 3: Aulas Bachillerato.....	137
COMIL 4: Coliseo .....	137
COMIL 5: Piscina.....	138
COMIL 6: Gimnasio – Aulas.....	138
Escuela de IWIAS.....	140
IWIAS 1: Auditorio.....	141
IWIAS 2: Baños hombres / Baños mujeres.....	142
IWIAS 3: Bodegas .....	142
IWIAS 4: Cocina .....	143
IWIAS 5: Comando .....	143
IWIAS 6: Dormitorios .....	144

Gráficos Comparativos.....	146
Conclusiones y Recomendaciones .....	149
Conclusiones .....	149
Recomendaciones .....	150
Referencias.....	152

## Índice de Tablas

Tabla 1 Zonas sísmicas NEC-15 .....	28
Tabla 2 Puntaje base según el Año de Construcción .....	37
Tabla 3 Grados de Vulnerabilidad .....	38
Tabla 4 Grados de vulnerabilidad para GV1, GV2 y GV3 .....	38
Tabla 5 Grados de vulnerabilidad por número de pisos .....	39
Tabla 6 Tipos de edificios FEMA .....	40
Tabla 7 Grados de vulnerabilidad por golpeteo .....	43
Tabla 8 Problemas de adyacencia en edificaciones .....	44
Tabla 9 Grados de vulnerabilidad por golpeteo .....	45
Tabla 10 Grados de vulnerabilidad por tipo de suelo .....	45
Tabla 11 Tipos de perfil de suelo según la NEC-15 .....	46
Tabla 12 Grados de vulnerabilidad por relación largo ancho .....	47
Tabla 13 Irregularidades en Planta .....	48
Tabla 14 Grados de vulnerabilidad por irregularidad en planta .....	49
Tabla 15 Irregularidades en elevación .....	50
Tabla 16 Grados de vulnerabilidad por irregularidad en elevación .....	51
Tabla 17 Guía para identificar ampliaciones verticales y horizontales .....	52
Tabla 18 Grados de vulnerabilidad por ampliaciones verticales .....	53
Tabla 19 Grados de vulnerabilidad por ampliaciones horizontales .....	54
Tabla 20 Tipos de condiciones para elementos metálicos .....	54
Tabla 21 Tipos de condiciones para elementos madera .....	55
Tabla 22 Grietas en vigas .....	55
Tabla 23 Grietas en columnas .....	56
Tabla 24 Grado de vulnerabilidad patologías en vigas .....	56
Tabla 25 Grado de vulnerabilidad patologías en columnas .....	57
Tabla 26 Grietas en losas .....	58
Tabla 27 Grado de vulnerabilidad por grietas en losas de entrepiso y cubiertas planas .....	58
Tabla 28 Grietas en columnas .....	59
Tabla 29 Grado de vulnerabilidad por patología en paredes .....	60
Tabla 30 Grado de vulnerabilidad de elementos externos no estructurales .....	62
Tabla 31 Grado de vulnerabilidad de elementos internos no estructurales .....	63
Tabla 32 Grado de Vulnerabilidad por Estado de la Edificación .....	64
Tabla 33 Grado de Vulnerabilidad por Estado de Conservación de Cubiertas .....	65
Tabla 34 Grado de Vulnerabilidad por Puertas de Salida o Emergencia .....	66
Tabla 35 Grado de Vulnerabilidad por Ventanas .....	66
Tabla 36 Grado de Vulnerabilidad por Accesibilidad Universal .....	68
Tabla 37 Factor de influencia para GV en función del puntaje base .....	69
Tabla 38 Grado de Vulnerabilidad Sísmica .....	70
Tabla 39 Grados de Capacidad de Respuesta .....	71
Tabla 40 Unidades Militares .....	72
Tabla 41 Tipo de Suelo .....	74
Tabla 42 Vulnerabilidad total de la Unidad .....	78
Tabla 43 Riesgo Global .....	78
Tabla 44 Vulnerabilidad total de la unidad .....	99
Tabla 45 Riesgo Global .....	100

Tabla 46 Vulnerabilidad total de la unidad .....	103
Tabla 47 Riesgo Global.....	104
Tabla 48 <i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	133
Tabla 49 <i>Riesgo Global</i> .....	135
Tabla 50 Vulnerabilidad total de la unidad .....	139
Tabla 51 Riesgo Global.....	140
Tabla 52 Vulnerabilidad total de la unidad .....	145
Tabla 53 Riesgo Global.....	145

## Índice de Figuras

Figura 1	<i>Capítulos de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15</i>	29
Figura 2	<i>Fallas geológicas</i>	35
Figura 3	<i>Tipos de suelos en las unidades militares evaluadas</i>	73
Figura 4	<i>Escuela Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto"</i>	75
Figura 5	<i>Residencia ESMA</i>	76
Figura 6	<i>Vista lateral Residencia ESMA</i>	76
Figura 7	<i>Hotel de Oficiales ESMA</i>	77
Figura 8	<i>Hotel de Oficiales ESMA</i>	77
Figura 9	<i>Comando ESMA</i>	78
Figura 10	<i>Escuela superior militar "ELOY ALFARO"</i>	79
Figura 11	<i>Edificio Central ESMIL</i>	80
Figura 12	<i>Edificio Central ESMIL</i>	80
Figura 13	<i>Auditorio ESMIL</i>	81
Figura 14	<i>Fachada este Biblioteca, Bar, Cajero ESMIL</i>	81
Figura 15	<i>Fachada sur Biblioteca, Bar, Cajero ESMIL</i>	82
Figura 16	<i>Casino de cadetes ESMIL</i>	82
Figura 17	<i>Ingreso al casino de cadetes ESMIL</i>	83
Figura 18	<i>Vista área de la cocina ESMIL</i>	83
Figura 19	<i>Fachada de la cocina ESMIL</i>	84
Figura 20	<i>Vista aérea de los dormitorios ESMIL</i>	84
Figura 21	<i>Dormitorio 1ra y 4ta compañía de cadetes ESMIL</i>	85
Figura 22	<i>Fachada este del almacén de cadetes ESMIL</i>	85
Figura 23	<i>Fachada norte del almacén de cadetes ESMIL</i>	86
Figura 24	<i>Foto área del policlínico ESMIL</i>	86
Figura 25	<i>Fachada del policlínico ESMIL</i>	87
Figura 26	<i>Vista aérea del coliseo ESMIL</i>	87
Figura 27	<i>Ingreso del coliseo ESMIL</i>	88
Figura 28	<i>Vista aérea de la piscina ESMIL</i>	88
Figura 29	<i>Ingreso de la piscina ESMIL</i>	89
Figura 30	<i>Ingreso del comedor de oficiales instructores ESMIL</i>	89
Figura 31	<i>Fachada del comedor de oficiales instructores ESMIL</i>	90
Figura 32	<i>Vista aérea de la capilla ESMIL</i>	90
Figura 33	<i>Fachada norte de la capilla ESMIL</i>	91
Figura 34	<i>Dormitorios de oficiales ESMIL</i>	91
Figura 35	<i>Fachada norte dormitorios oficiales instructores ESMIL</i>	92
Figura 36	<i>Vista aérea de la mecánica ESMIL</i>	93
Figura 37	<i>Fachada sur de la cocina y comedor ESMIL</i>	93
Figura 38	<i>Fachada norte de la cocina y comedor ESMIL</i>	94
Figura 39	<i>Vista aérea de los dormitorios ESMIL</i>	94
Figura 40	<i>Fachada este de los dormitorios ESMIL</i>	95
Figura 41	<i>Vista aérea de las aulas ESMIL</i>	95
Figura 42	<i>Fachada de las aulas ESMIL</i>	96
Figura 43	<i>Vista en planta de la imagen 3D ESMIL</i>	96
Figura 44	<i>Imagen 3D del edificio central ESMIL</i>	97
Figura 45	<i>Imagen 3D con las fotos secuenciales para la generación de imagen ESMIL</i>	97

Figura 46 Foto realizada con el dron para la inspección de fachadas y cubiertas ESMIL .....	98
Figura 47 Zoom al 50% para inspección de fachadas y cubiertas ESMIL .....	98
Figura 48 Zoom al 95% para la inspección de fachadas y cubiertas ESMIL .....	99
Figura 49 Escuela Superior Naval "CMDTE RAFAEL MORÁN VALVERDE" .....	101
Figura 50 Dormitorios ESSUNA.....	102
Figura 51 Aulas ESSUNA.....	103
Figura 52 Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA" .....	105
Figura 53 Piscina CENEPA.....	106
Figura 54 Fachada Edificio Central CENEPA .....	106
Figura 55 Vista Frontal Edificio Central CENEPA .....	107
Figura 56 Casino de Oficiales CENEPA.....	107
Figura 57 Vista frontal centro de salud urbano CENEPA.....	109
Figura 58 Vista Posterior centro de salud urbano CENEPA .....	109
Figura 59 Estacionamientos CENEPA .....	110
Figura 60 Estacionamientos CENEPA .....	110
Figura 61 Vista lateral dormitorios de oficiales 1 CENEPA.....	111
Figura 62 Vista frontal dormitorios de oficiales 1 CENEPA .....	112
Figura 63 Dormitorios de oficiales 2 CENEPA.....	113
Figura 64 Dormitorios de oficiales 3 CENEPA.....	114
Figura 65 Interior de piscina 2 CENEPA .....	115
Figura 66 Vista exterior piscina 2 CENEPA .....	115
Figura 67 Gimnasio CENEPA.....	116
Figura 68 Bodegas CENEPA .....	117
Figura 69 Comedor 2 CENEPA .....	118
Figura 70 Centro de fisioterapia y radiaciones CENEPA .....	119
Figura 71 Centro de fisioterapia y radiaciones CENEPA .....	119
Figura 72 Farmacias CENEPA .....	120
Figura 73 Farmacias CENEPA .....	120
Figura 74 Bodega de intendencia CENEPA .....	121
Figura 75 Bodegas 2 CENEPA .....	122
Figura 76 Bodegas 2 CENEPA .....	122
Figura 77 Bloque administrativo CENEPA .....	123
Figura 78 Almacén militar - Bodega de suministros CENEPA.....	124
Figura 79 Almacén militar - Bodega de suministros CENEPA.....	124
Figura 80 Vista Frontal Aulas - Laboratorios CENEPA .....	125
Figura 81 Vista Posterior Aulas - Laboratorios CENEPA .....	125
Figura 82 Dormitorios CENEPA.....	126
Figura 83 Material de riesgo CENEPA .....	127
Figura 84 Material de riesgo CENEPA .....	127
Figura 85 Aulas y oficinas CENEPA.....	128
Figura 86 Dormitorios especialistas CENEPA .....	129
Figura 87 Dormitorio CENEPA .....	130
Figura 88 Dormitorio mujeres CENEPA .....	131
Figura 89 Dormitorios Aspirantes CENEPA.....	132
Figura 90 Dormitorios ESPE mujeres CENEPA .....	133
Figura 91 Colegio Militar N°1 "ELOY ALFARO" .....	135
Figura 92 Edificio central COMIL .....	136
Figura 93 Aulas sección básica COMIL .....	136

Figura 94	<i>Aulas bachillerato COMIL</i> .....	137
Figura 95	<i>Coliseo COMIL</i> .....	137
Figura 96	<i>Piscina COMIL</i> .....	138
Figura 97	<i>Gimnasio - Aulas COMIL</i> .....	139
Figura 98	<i>Escuela de IWIAS</i> .....	141
Figura 99	<i>Auditorio IWIAS</i> .....	141
Figura 100	<i>Baños hombres y mujeres IWIAS</i> .....	142
Figura 101	<i>Bodegas IWIAS</i> .....	142
Figura 102	<i>Cocina IWIAS</i> .....	143
Figura 103	<i>Comando IWIAS</i> .....	144
Figura 104	<i>Dormitorios IWIAS</i> .....	144
Figura 105	<i>Estimación del Riesgo Global por recintos</i> .....	146
Figura 106	<i>Grado de Vulnerabilidad por Dependencias</i> .....	147
Figura 107	<i>Normativa de Construcción por Estructuras</i> .....	147
Figura 108	<i>Tipo de Edificaciones según la FEMA</i> .....	148
Figura 109	<i>Estado de Conservación de las Edificaciones</i> .....	148

## Resumen

En el presente estudio se desarrolla un análisis de vulnerabilidad sísmica mediante la “Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas, escuelas militares localizadas en la parroquia de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000” elaborada por Ballesteros y Caizaguano (2020), NEC-15, ASCE/SEI 41-17; esta guía se utilizó, aplicando a 6 instalaciones militares ubicadas en las ciudades de Quito, Ambato, Salinas y Shell, las cuales específicamente se direccionó a un colegio militar, y cinco escuelas de formación, en donde nos permite obtener el grado de vulnerabilidad según parámetros como elementos no estructurales interiores y exteriores, tipo de edificación según el FEMA, tipo de suelo y números de pisos.

Para la tipología de hormigón, aplicamos la metodología de Hazus, adaptada a Ecuador. Con estos datos obtenidos y definiendo los porcentajes de daños de dichas estructuras, finalmente llegamos a conocer el grado de vulnerabilidad de estas edificaciones y concluyendo con este estudio, nos encontramos con un alto riesgo sísmico global, mismas que deben ser estudiadas para la incorporación de gestión de riesgo y medidas de prevención basados en los grados de vulnerabilidad GV1 y GV2, debido a los daños encontrados en vigas, columnas y paredes de estas edificaciones.

*Palabras claves:* Vulnerabilidad, Unidades militares, Riesgo sísmico

### **Abstract**

In the present study a seismic vulnerability analysis is developed using the "Guide for the evaluation of the degree of seismic vulnerability of educational units, military schools located in the parish of Sangolquí, based on the FEMA P-1000 guide" elaborated by Ballesteros and Caizaguano (2020), NEC-15, ASCE/SEI 41-17; this guide was used, applying it to 6 military installations located in the cities of Quito, Ambato, Salinas and Shell, which specifically addressed a military college, and five training schools, where it allows us to obtain the degree of vulnerability according to parameters such as interior and exterior non-structural elements, type of building according to FEMA, type of soil and number of floors.

For the concrete typology, we applied the Hazus methodology, adapted to Ecuador. With these data obtained and defining the damage percentages of these structures, we finally got to know the degree of vulnerability of these buildings and concluding with this study, we found a high global seismic risk, which should be studied for the incorporation of risk management and prevention measures based on the degrees of vulnerability GV1 and GV2, due to the damage found in beams, columns and walls of these buildings.

*Keywords:* Vulnerability, Military units, Seismic risk

## Generalidades

### Planteamiento del problema

El territorio continental del Ecuador se encuentra en la zona volcánica norte de la cordillera de los Andes, en donde existe constante movimiento de la zona de subducción, en un promedio de 7cm/año en dirección este-noreste, este país forma parte del anillo de fuego de todo el pacífico, y en una cadena de volcanes que llega hasta Chile, zona de alta sensibilidad sísmica y de riesgos que asocian a esta característica geológica. (Gordillo, 2017)

Entre la historia de terremotos y sismos más dañinos en Ecuador son los asociados con las fallas dentro de la placa sudamericana, como es el Terremoto de Ecuador y Colombia en 1906 con una magnitud de 8 MS , el de Ambato en el año 1949 con una magnitud de 6,8 ML, y el más reciente y significativo el de Manabí y Esmeraldas en el 2016 con una magnitud de 7,8 MW (Chávez, 2016)

Por estas razones que se presentan en Ecuador y el mundo entero, se ha establecido normas para ser aplicadas a las estructuras dando seguridad a las personas que habitan en estas distintas ciudades. Estos diferentes desastres naturales se han ido dando según la historia, de diferentes magnitudes, empezando con un simple movimiento de tierras, hasta llegar a presentarse un terremoto de gran magnitud. Estos han causado grandes pérdidas humanas y económicas que retrasan la evolución de nuestro país. El daño potencial de un sismo está determinado por su peligro y vulnerabilidad.

Las medidas para evitar que los edificios se derrumben o sufran daños significativos durante un terremoto deben centrarse primero en la prevención. Esto se debe a que predecir el riesgo sísmico es difícil; por lo tanto, se deben tomar medidas adicionales después (Chávez, 2016).

Dadas las circunstancias, las técnicas de construcción han ido evolucionando puesto que se ha podido observar que este tipo de sismos han provocado daños y fisuras de diferente tamaño a elementos estructurales y no estructurales.

Estas medidas y técnicas adoptadas serán de gran utilidad en donde se dará a conocer las características relevantes de un evento sísmico de gran magnitud y su eventual afectación en términos de riesgo y daños, de tal manera que se puedan enfrentar y mitigar con las menores pérdidas posibles; por esta razón, se ha realizado un proyecto de vulnerabilidad sísmica en donde se evalúa en qué condiciones se encuentran las instalaciones de unidades educativas, escuelas superiores y hospitales militares. Ya que es fundamental, contar con estructuras sismorresistentes, las cuales den seguridad al personal militar y servidores públicos, en caso de presentarse un desastre natural.

### **Antecedentes**

En los últimos 460 años, Ecuador ha visto pérdidas masivas de vidas y propiedades debido a los terremotos. Esto sucedió en 1797 cuando Riobamba fue destruida por un evento sísmico, y nuevamente en 1868 cuando Ibarra fue destruida (Zambrano, 2019).

A pesar de estas pérdidas, no existe una conciencia de los ciudadanos, sobre el peligro sísmico que existe constantemente. Cada sismo que se presenta eventualmente ocasiona víctimas, las mismas que se pudieron evitar si se hubiese asimilado las experiencias dejadas por estos desastres naturales que se presentan repentinamente. Ecuador tiene su propio código de Normas de Construcción; NEC 2015 es la versión más reciente del código. Sin embargo, los edificios se construyeron sin un código antes de su existencia y muchos aún no cumplen con el código. Además, los constructores presuntamente cometen malas prácticas mientras construyen edificios (Torres, 2017).

La humanidad ha experimentado más terror y daños causados por fenómenos naturales que cualquier otra cosa. Durante mucho tiempo, la gente ha luchado para mitigar los efectos de los terremotos. Sin embargo, hay mucha información útil disponible para

reducir los daños causados por los terremotos. Aunque esta información no evita por completo que ocurran terremotos, puede evitar que se produzcan enormes cantidades de daños.

Repentinamente y a nivel mundial, se presentan catástrofes causadas hay muchos eventos naturales que pueden causar daños significativos a la propiedad y la vida. Estos incluyen terremotos, erupciones volcánicas, sequías, inundaciones, huracanes, movimientos de tierra, deslizamientos de tierra y maremotos. Debido a la gravedad potencial de estos eventos, es importante estudiar sus efectos y desarrollar métodos para mitigar el daño; para salvaguardar la seguridad de las personas y la pérdida económica que sufre el país antes, durante y después de este evento.

En el futuro, mediante estudios se esperan más eventos sísmicos debido a la colisión y posterior subducción de las placas continentales del Caribe y América del Sur con la placa oceánica de Nazca, se produce una importante actividad sísmica en las montañas de los Andes. Se ha formado una falla importante: el mega falla Guayaquil-Caracas. Esta línea de falla se encuentra debajo de varias ciudades con una gran población, incluidas Tulcán, Quito, Ibarra, Ambato, Riobamba, Latacunga y Bogotá. La megafalla Guayaquil-Caracas corre de norte a sur a lo largo de la Cordillera de los Andes en dirección SO-NE.

A lo largo de sus fallas geológicas de segundo orden, esta línea de falla es conocida con diferentes nombres en lugares específicos. Por ejemplo, se le conoce como Pallatanga en Riobamba y Lumbisí en Quito. Este mega falla de primer orden es responsable de muchos terremotos significativos a lo largo de la historia de Ecuador. Algunos de estos incluyen el terremoto de Riobamba de 1797, el terremoto de Ambato de 1949 y el terremoto de Ibarra de 1868. Además, el terremoto de Manabí-Esmeraldas de 1916 y el de Quito Guayllabamba de 1916 fueron causados por esta línea de falla.

La importancia del estudio de las estructuras militares y una de las más importantes como son sus escuelas de formación, unidades educativas y hospitales se fundamenta

principalmente en que se encuentran ubicados en una zona de alto riesgo sísmico, muchas de sus instalaciones fueron construidas sin ningún código, el cual no constaba de un diseño sísmico resistente.

Con estos estudios se pretende advertir a tiempo al gobierno e instituciones nacionales e internacionales sobre los posibles efectos que causa un riesgo sísmico, aplicando las nuevas normas y leyes, que han evolucionado sobre las experiencias adquiridas en diferentes años, de tal manera que el gobierno pueda establecer respuestas de emergencia oportunas.

## **Objetivos**

### ***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 sísmo-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.

## Marco Teórico

### Riesgo sísmico

El riesgo sísmico, según (Parra, 2016) es definido como la función de probabilidad de pérdidas asociadas a un área con elementos o conjuntos de ellos, como en el caso de una ciudad, producto de la acción de un evento sísmico (terremoto).

En términos matemáticos el riesgo sísmico, en términos generales, se define como:

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

Donde, la variable H representa la peligrosidad sísmica, que se asocia con el movimiento que se espera en la población ante el evento; V es la vulnerabilidad de las estructuras; E representa la exposición o densidad poblacional (conlleva estructuras y habitantes) y, C el costo de pérdidas.

En este contexto el riesgo sísmico se expresa en términos económicos de manera general, sin embargo, el índice de riesgo depende de la aplicación a la que se dirija el estudio por lo que puede presentarse en términos de porcentaje de daño estructural, número de víctimas, viviendas inhabilitadas, etc. (Parra, 2016).

Su evaluación es indispensable para reducir pérdidas potenciales por eventos sísmicos futuros y consta de tres componentes: amenaza sísmica, vulnerabilidad estructural y datos de exposición (Silva et al., 2015).

### Caracterización del Riesgo Sísmico

El riesgo sísmico es caracterizado de acuerdo a las condiciones del proyecto, así como los objetivos finales. En general, existen dos tipos de métodos los uniparamétricos y los multiparamétricos.

Los métodos uniparamétricos, también conocidos como métodos del Índice de Vulnerabilidad (MIV), cuantifican la acción sísmica por medio de solo un parámetro que,

generalmente es la intensidad macro sísmica, además que usualmente se comprenden cinco estados de daño diferentes del nulo.

Por otro lado, los métodos multiparamétricos presentan la acción del sismo con el uso de espectros de demanda y mediante espectros de capacidad para la resistencia sísmica de la estructura, en este caso se utiliza cuatro estados y el nulo; es importante recalcar que este método no debe ser utilizado en zonas que posean datos escasos de aceleración o con alta cuantificación de estructuras (Sánchez, 2016).

En el presente proyecto se aplican métodos uniparamétricos, con el índice de vulnerabilidad, para caracterizar el riesgo sísmico.

### **Vulnerabilidad (V)**

La vulnerabilidad se define como un grado de susceptibilidad ante determinado evento estudiado para el fin correspondiente. En el contexto de la investigación se hace referencia a la vulnerabilidad sísmica que es el grado de susceptibilidad de una edificación o conjunto de edificaciones a sufrir en mayor o menor escala un daño parcial o total, causando pérdidas funcionales que conllevan pérdidas humanas y materiales (Garcés, 2017).

La vulnerabilidad sísmica presenta dos componentes: la vulnerabilidad física, asociada a la predisposición de elementos estructurales (en términos de estado y conformación, configuración y forma, calidad y tipo de estructuras) y no estructurales (acabados, mampostería, instalaciones) y; la vulnerabilidad funcional referida a la capacidad de la edificación a prestar servicio en situación de emergencia, lo cual representa un daño directo a la seguridad ciudadana en caso de un evento sísmico con la falta de disponibilidad a los servicios en el momento (Garcés, 2017).

### **Evaluación de vulnerabilidad sísmica**

La vulnerabilidad sísmica se puede evaluar a partir de varios métodos y en la actualidad se desarrollan nuevas formas con el uso de tecnologías asociadas a la

investigación. Sin embargo, todas las formas de evaluar, en función de la información, se pueden asociar en cuatro grandes grupos: los métodos analíticos, empíricos, métodos experimentales, métodos empíricos y métodos que pueden tener mezcla de otros, llamados híbridos.

En el caso de los métodos analíticos, se definen como métodos con sustento matemático y computarizado, mediante el uso de modelos para evaluación sísmica, la principal ventaja que tiene es que se puede realizar un análisis de riesgo sísmico a gran escala que sería imposible de manera experimental por los costos asociados. Las desventajas son que, al ser numéricos, se trabaja con un índice de probabilidad y requieren muchos parámetros para la simulación (Calvi et al., 2006).

Los métodos experimentales se realizan en el caso de estructuras cuyo comportamiento no se puede medir fácilmente en la naturaleza o presenta condiciones especiales para definir la dinámica a través de ella y por ende el grado de vulnerabilidad existente, es así que se emplean distintos ensayos físico mecánicos para obtener las características del elemento o conjunto de elementos estudiados, se valoran las condiciones y características epistémicas posibles para establecer resultados certeros con un índice de confianza establecido dependiendo de la finalidad del proyecto realizado. La desventaja principal de los métodos experimentales es que deben considerarse todas las variables para realizar el análisis posterior de los modelos empleados, así como para el análisis de datos, por lo cual se pueden arrastrar errores a lo largo del procedimiento además que representa una inversión mayor (Calvi et al., 2006).

En los métodos empíricos es importante la historia sísmica y se basan en eventos ocurridos con anterioridad y a partir de ellos se miden las intensidades macro sísmicas. Estos enfoques empíricos constituyen las únicas amenazas sísmicas a gran escala que puede comenzar con posibles enfoques que se consideren razonables. La aplicación del concepto de relaciones daño-movimiento es un método para evaluar la vulnerabilidad sísmica que utiliza dos métodos empíricos principales. Este término proviene de observar

los daños causados por los terremotos y el posterior movimiento de las estructuras afectadas (Calvi et al., 2006).

Matrices (DPM), que expresan en forma discreta la probabilidad condicional de obtener un nivel de daño  $j$ , debido a un movimiento del suelo de intensidad  $i$ .

Funciones de vulnerabilidad, que son funciones continuas que expresan la probabilidad de superar un determinado estado de daño, dada una función de la intensidad del sismo, para lo cual se utiliza el enfoque Bayesiano.

Por otro lado, también se puede definir los métodos empíricos por clase de vulnerabilidad clasificando las estructuras por su tipología como es el caso de la guía FEMA P-1000 para el análisis de la vulnerabilidad sísmica donde también se aplican métodos de inspección visual con puntaje asociado a la gravedad existente para realizar un análisis comparativo y establecer el riesgo final.

Finalmente, los métodos híbridos se presentan como una conjunción de los métodos anteriores y se utilizan para optimizar los recursos de análisis, así como para mejorar la fiabilidad de los resultados existentes. Al aumentar el uso de datos de observación, los modelos híbridos pueden eliminar la necesidad de crear laboriosamente conjuntos completos de curvas de vulnerabilidad. Mediante este método, es posible calibrar modelos analíticos en áreas donde faltan datos sobre los niveles de daño. Además, los modelos híbridos pueden brindar un gran beneficio cuando se usan en regiones donde se carece de datos sobre los niveles de daño en diferentes intensidades (Calvi et al., 2006).

### **Grupos de Vulnerabilidad (GV)**

Los grupos de Vulnerabilidad permiten cuantificar los parámetros estructurales y no estructurales en una edificación para obtener una evaluación sísmica adecuada. Por tanto, existen tres grupos en la Guía de Evaluación según FEMA P-1000, los cuales se describen a continuación (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

GV1: corresponde a los aspectos generales de la estructura, en ella se describe el tipo de edificio construido en base a las especificaciones de la guía FEMA, el número de pisos existentes, presencia de edificios colindantes al evaluado, así como el perfil del suelo en la zona de estudio.

GV2: es la vulnerabilidad estructural en la edificación, en este grupo se evalúan los elementos estructurales tales como columnas, vigas, losas, muros de corte (en caso de existir) así como la relación largo-ancho, irregularidades existentes, patologías en mampostería o acabados de la construcción, lo cual asocia a elementos no estructurales.

GV3: vulnerabilidad de sistemas no estructurales, este grupo representa el estado de conservación de la estructura, condiciones de los elementos de entrada y salida, ventanales, tanques de agua, rejillas; todo el contenido de la edificación evaluada.

### **Puntaje base de Evaluación según la guía de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)**

El puntaje base de evaluación de la vulnerabilidad sísmica inicia con la definición de la normativa utilizada para la construcción de determinada edificación debido a que el objetivo principal de las normativas de construcción son el establecer parámetros de seguridad, control, diseño y mantenimiento de estructuras acorde al cumplimiento de los principios de habitabilidad como un derecho de los ciudadanos.

Por tanto, a partir del año de construcción de la edificación se puede asociar con la normativa utilizada; en Ecuador la Normativa Ecuatoriana de la Construcción es relativamente nueva, en comparación con las normativas extranjeras, por lo cual muchas edificaciones no fueron construidas con un código que afirme la seguridad de los usuarios.

Las puntuaciones se establecen a partir de la aparición del Código Ecuatoriano de la Construcción CEC77 que entró en vigencia en el año 1997, posterior a este, se ubica el Código Ecuatoriano de la Construcción del año 2000 CEC 2000 y, finalmente la actual normativa vigente NEC-15 (Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2015) promovida

por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI mediante el decreto Ejecutivo No.705. Es así que al CEC77 se lo conoce como el pre código, al CEC2000 el post código y la NEC-15 como el código moderno, relativamente y que está en proceso de actualización a la fecha.

### **(Pre Código)**

Mediante el Decreto Ejecutivo No.3970 se suscribe en el año 1977 la primera norma ecuatoriana para la construcción con la finalidad de controlar las construcciones informales y evitar el colapso de estructuras en caso de un evento sísmico porque se comenzó a observar la realidad sísmica del país.

### **Código Ecuatoriano de Construcción 1977 (Período de Transición)**

Durante el período de transición a partir de la visualización de una normativa de seguridad estructural, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) utiliza normativas internacionales para adaptarlas a las necesidades nacionales como son la normativa americana ACI, sin embargo, el código contenía información específica para estructuras de hasta tres pisos de altura sin adición de elementos prefabricados por lo cual se plantean actualizaciones (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) (Post código)**

La normativa CEC2000 se aprobó en marzo del 2001 por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y constaba de 12 capítulos describiendo el diseño sismorresistente.

En esta normativa se determinaba el cortante basal mediante la zona sísmica ligada a un factor Z y las zonas sísmicas se dividían en 4 grupos estudiados mediante el peligro sísmico y se presentan 4 perfiles de suelo por lo que se puede asociar un mejor comportamiento y se pretendía que las estructuras se comporten adecuadamente en el rango elástico con el control de las derivas acorde a las normativas internacionales (Correa Zuñiga, 2016).

### Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno)

Al aparecer actualizaciones de las normativas internacionales de construcción como la ACI, AISC, ANSI, etc. El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, con la colaboración de la Cámara de la Industria de la Construcción inician la actualización del CEC2000 y aparece la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 con el objetivo de mejorar los procesos constructivos y establecer una guía regulada que contenga los principios de diseño sismorresistentes (Correa Zuñiga, 2016).

Cuenta con 10 capítulos (figura) y en esta se presentan 6 zonas sísmicas y se clasifica para el suelo en categorías A hasta F con una caracterización del peligro sísmico como se presenta en la tabla a continuación:

**Tabla 1**

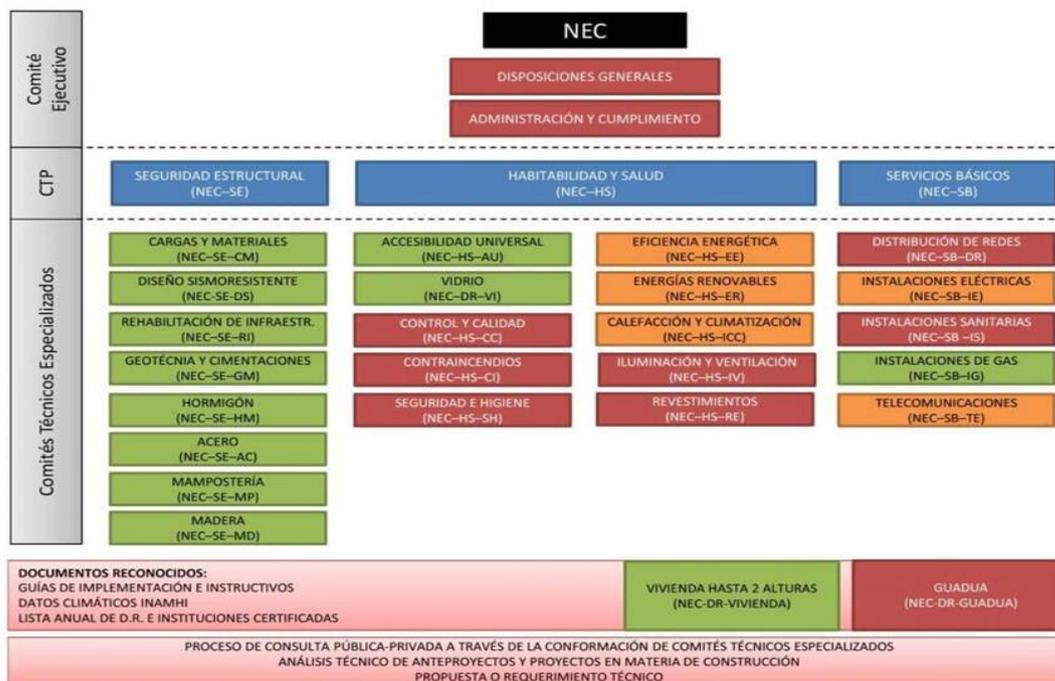
*Zonas sísmicas NEC-15*

<b>Zona sísmica</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>0.5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

*Nota.* Adaptado de (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

**Figura 1**

Capítulos de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15



*Nota.* Adaptado de (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

**Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno)**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción es un conjunto de normativas, donde se establecen los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir obligatoriamente todas las edificaciones a nivel nacional, durante todo el proceso constructivo (NEC, 2015).

Esta norma es la actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción, vigente desde el 2001 y está respaldada por nuevos estudios de sismicidad de la EPN-IGN, el contenido del documento es más amplio y se consideran otros factores que no estaban contemplados, tales como las cargas no sísmicas, clasificación de suelos, estudios geotécnicos, y la correlación con diferentes tipos de estructuras (hormigón, acero, mampostería, madera) (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Los primeros capítulos de la NEC-15 aprobados el 19 de agosto de 2014 son:

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)

- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente (4 partes)
- NEC-SE-RE: Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
- NEC-SE-MP: Mampostería Estructural

Los segundos capítulos de la NEC 15 aprobados el 10 de enero de 2015 son:

- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero
- NEC-SE-MD: Estructuras de Madera
- NEC-HS-VIDRIO: Vidrio
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5m (4 partes)

### **Parámetros de GV1**

Es uno de los tres grupos de vulnerabilidad y la primera calificación para la evaluación de vulnerabilidad sísmica en instituciones militares.

### ***Número de pisos***

El número habitual de pisos en recintos militares en el Ecuador es de uno hasta cuatro, además de que su vida útil es de varios años. Esto permite identificar que mientras más antigua sea la construcción y más número de pisos tenga, será más vulnerable frente a movimientos telúricos fuertes, cabe recalcar que gran parte de las construcciones en los recintos militares datan de antes de 1977, esto quiere decir que no fueron diseñadas con una norma para diseño sismo resistente (Aguirre Ramos et al., 2022).

Por ello se considera la relación entre la altura y año en la que fue construida la edificación para determinar su vulnerabilidad ante un sismo, las estructuras edificadas con el post código (CEC 2000) y especialmente las construidas con el código moderno (NEC 15) obtendrán las condiciones de vulnerabilidad más bajas, principalmente los edificios que tengan hasta un máximo de cuatro pisos, ya que en estas normativas ya se encuentra

implementado el diseño sismo resistente (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Tipo de edificio FEMA***

Para determinar el tipo de edificio FEMA, el evaluador debe ser capaz de identificar las características constructivo dentro de los recintos militares. En el caso de poder determinar la tipología de la edificación a primera vista, el evaluador deberá ir descartando los sistemas estructurales que no pertenezcan y se deberá determinar entre las opciones restantes la que más se acople a la estructura en estudio (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

En el Ecuador los tipos de estructuras que se presentan mayormente han sido divididas en 13 grupos presentados por la FEMA P-154 (2015).

### ***Golpeteo y adyacencia***

En los recintos militares donde fue la construcción de los primeros edificios no existían edificaciones adyacentes, sin embargo con el aumento de la población y la necesidad de nuevas estructuras para diferentes usos se han realizado ampliaciones que no contemplaban en los diseños originales por lo cual ahora si se aprecia una colindancia, en caso de un sismo estas edificaciones oscilarán y de no existir una separación suficiente entre los edificios, hay un riesgo de golpeteo mientras responden al movimiento telúrico, debido a esto se establece como otro factor de vulnerabilidad (Aguirre Ramos et al., 2022).

Otro factor de vulnerabilidad es el riesgo potencial de caída de elementos no estructurales exteriores e inclusive el propio edificio adyacente, en este contexto se debe considerar las separaciones mínimas de cada piso de diferencia dado el nivel de amenaza sísmica, con los datos de alturas y separaciones, se procede a determinar con la guía los dos criterios de evaluación, golpeteo y adyacencia (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Tipo de Suelo**

El tipo de suelo puede incidir de gran manera en los recintos militares, ya que, dadas las características de cada uno se tendrá una respuesta distinta al momento de un sismo. En el caso de los suelos no cohesivos puede ocurrir el fenómeno de licuefacción, este tipo de suelo es diferente a las arenas y gravas existentes en playas, cauces y llanuras aluviales (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Las normativas de construcción de varios países ya se ha implementado una tipología general por sus propias condiciones, por lo que Ecuador no es la excepción y presenta su propia tipología en La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 en dos de sus capítulos, NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente y NEC-SE-GC: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones, una clasificación para los perfiles de suelo (Fajardo Cartuche et al., 2021).

En la parte 1 de la norma NEC-SE-DS, 2015 en la Tabla 2, se encuentra la clasificación de los perfiles de suelos con sus características, parámetros y definiciones, en donde los suelos tipo A y B considerados como suelos duros, por ende, representan una menor vulnerabilidad, al contrario de los suelos tipo E y F los mismos que representan una mayor vulnerabilidad (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

La importancia de evaluar este factor radica en la interacción que existe entre el suelo y la estructura, más preciso la interacción entre el suelo y la cimentación principalmente cuando las cimentaciones se encuentran sobre suelos blandos, ya que puede producir un incremento en el desplazamiento total del sistema suelo - estructura debido a que la cimentación toma una parte de la deformación (Aguirre Ramos et al., 2022).

### **Gestión de Riesgos**

En Ecuador, la gestión de riesgos está incluida en la constitución desde 2008, el enfoque de reducción de riesgos se utilizó como propósito del proceso de respuesta y recuperación humanitaria para asumir la responsabilidad. Se crea el Sistema Nacional

Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNDGR), con su institución rectora la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) (Cornejo de Grunauer, 2014).

La participación de las FF.AA. en conjunto con la gestión de riesgos en un desastre natural es de suma importancia para la mitigación coordinarse con las agencias de seguridad ecuatorianas, además del propio país, antes de que ocurra un evento que sea negativo para el público (Mindiola y Toulkeridis, 2021).

### **Análisis de la capacidad de respuesta Cr**

La capacidad de respuesta se puede evaluar realizando una evaluación de forma general. a todo el recinto militar, ya que la forma de responder ante una emergencia debe ser el mismo para todos los recintos, se define a la capacidad de respuesta como “las consecuencias adversas pueden conducir a desastres; los recursos y habilidades demostrados ayudan a las poblaciones u organizaciones a hacer frente a estos eventos”. (Balón Ramos et al., 2018).

La Cr implica la gestión de diferentes recursos como humanos, financieros, así como insumos y equipos tanto en periodos normales como durante tiempos de crisis ante eventos adversos como puede ser un sismo (Balón Ramos et al., 2018).

### **Elemento de terreno (E)**

El elemento de terreno (E) se considera para cada uno de los edificios dentro de los recintos militares, ya que tienen cierto grado de importancia en función del tipo de edificación, su uso y el número de personas (entre estudiantes, profesores y personal en general) que se encuentra en un determinado momento, como un sismo no presenta una alerta de cuándo o como va a suceder, se debe considerar que la estructura estará ocupada en el momento del fenómeno natural (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Complemento de vulnerabilidad**

En el formulario de la guía de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020) establece que será necesaria una evaluación estructural detallada en el caso de existir:

golpeteo, riesgo de caída de edificios, riesgo geológico, en el caso de la presencia de taludes cercanos, deterioro e irregularidades graves tanto en planta como en elevación.

En la inspección visual a primera vista se pueden identificar los asentamientos al observar fisuras en mampostería, columnas, vigas o losas, inclinaciones o anomalías en las estructuras, esto es importante para la determinación del caso a tratar.

### **Nivel de exposición a la amenaza (NE)**

Es la probabilidad de que el recinto militar se encuentre en una zona de amenaza sísmica, si bien no todos tienen el mismo nivel de exposición a la amenaza, ya que unos están en zonas de mayor intensidad sísmica que otros. El efecto de la amenaza es diferente para cada uno de estos casos. Debido a esto, aparecen cuatro versiones distintas de la exposición: Amenaza Muy alta (AMA), Amenaza Alta (AA), Amenaza Media (AM) y Amenaza Baja (AB) (Torres Rites, 2016).

Como un antecedente general en las instituciones evaluadas se tiene la presencia de fallas geológicas

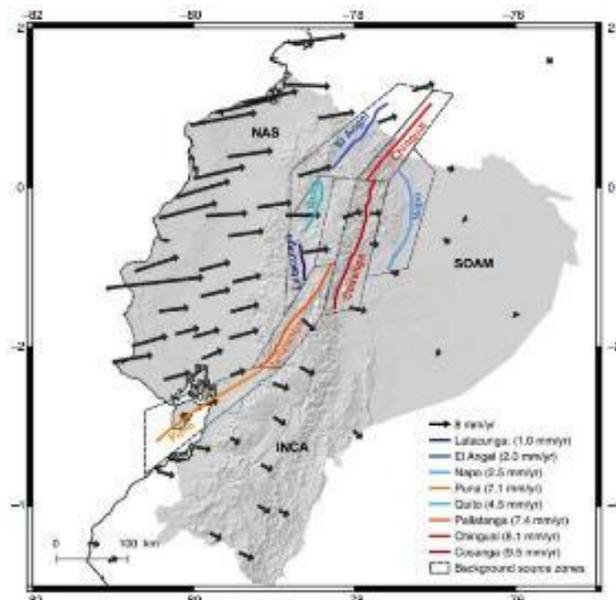
### **Fallas geológicas**

Se entiende por falla, a la fractura en la corteza terrestre, generalmente plana, creando una discontinuidad o desplazamiento entre los bloques de piedra, este tipo de roturas se generan cuando la fuerza del movimiento tectónico vence la resistencia del suelo.

Las principales ciudades de Ecuador se construyeron sobre fallas geológicas ciegas sin afloramientos visibles. Debido a esto, el país se encuentra en una zona sísmica peligrosa (Aguiar Falconí, 2017; Aguiar Falconí et al., 2017; Aguiar Falconí & Rivas Medina, 2018).

## Figura 2

### Fallas geológicas



Nota. Tomado de (Beauval et al., 2018).

Específicamente, “La megafalla de Guayaquil-Caracas se encuentra directamente debajo de la capital de Ecuador, Quito. Esta falla ha generado fracturas de segundo y tercer orden que afectan el área metropolitana de la ciudad” (Acosta et al., 2016, p. 35).

Con los resultados obtenidos en el estudio de (Acosta et al., 2016), demuestran que en la ciudad de Quito existe una gran cantidad de fallas, por lo cual es importante tomar en cuenta la presencia de estos fenómenos geológicos que a menudo nos resultan irrelevantes.

Por la gran cantidad de fallas existentes en la capital del Ecuador, se le considera un sistema de fallas del tipo inversa, es decir, donde uno de los bloques (Quito) se levanta respecto a otro (Valles), y consiste en un sistema transcurrente con rumbo NS, donde su afloramiento en la superficie es un segmento de pliegues con una longitud de traza mayor a los 60 km (Yepes, 2014; Chicaiza Bósquez, 2016).

Por otro lado en Ambato, son tres las fallas geológicas que se encuentran bajo la ciudad, estas son la de Huachi, Ambato y Totorá, con una longitud de traza mayor a 12 km,

por lo cual las hace muy peligrosas, ya que en el caso de un sismo de magnitud 6.5, donde su epicentro se ubique bajo la ciudad o muy cercano a esta puede ser altamente destructivos, por esta razón se debe realizar un buen diseño sísmico de estructuras y para ello es necesario conocer el Espectro de Diseño (DBE), el cual se usa para diseñar los elementos estructurales y el Espectro Máximo Considerado (MCE), para saber cuáles son los desplazamientos y derivas de piso (Aguilar Falconí & Rivas Medina, 2018).

### **Vulnerabilidad Total**

“El daño que un terremoto hace a una estructura se mide por la importancia del edificio y cuántas personas lo usan regularmente. Esta medida se llama factor sísmico” (Fajardo Cartuche et al., 2021, p. 33).

### **Coefficiente de capacidad**

Es un valor que indica la afectación total que aumenta o disminuye la vulnerabilidad total de la estructura en función de su capacidad de respuesta (Fajardo Cartuche et al., 2021).

### **Riesgo global**

Es el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las estructuras y los defectos sobre la economía ante un desastre natural, en este caso un sismo, considerando los parámetros ya antes mencionados como son: capacidad de respuesta, nivel de exposición a la amenaza y vulnerabilidad total (Cardona Arboleda, 2001).

### **Metodología**

La metodología aplicada para el presente estudio es empírica, es decir, de inspección y puntaje para los distintos recintos militares. La tabla contenida en el estudio se utiliza para calcular la vulnerabilidad total de un edificio. Las observaciones más significativas se realizaron con respecto a los edificios; esto permitió el cálculo de los Puntajes Base GV1, GV2 y GV3. Estos puntajes miden la vulnerabilidad y la capacidad de un edificio para responder a los factores de estrés. Al establecer estos puntajes, es posible estimar el riesgo general que representan las dependencias.

## Puntaje Base

El puntaje base está en función de la construcción de la estructura, donde mientras más antigua sea, mayor vulnerabilidad tendrá, esto debido a que su construcción no tuvo una normativa de referencia o está ya quedó obsoleta. En este contexto, las construcciones realizadas en base a la normativa vigente (NEC 15) son las que se estima que tienen menor vulnerabilidad (Aguirre Ramos et al., 2022).

Una de las primeras normas que se utilizó para el diseño de edificios en el Ecuador es el CEC 77, seguido del CEC 2000 y finalmente la NEC-15 (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 2**

*Puntaje base según el Año de Construcción*

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 1978-1999 (CEC 77)	Deficiente desempeño	45
Antes del año 1977 (Sin Norma)	Nulo desempeño	55

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

## Grupos de Vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3

Cada grupo de vulnerabilidad evalúa parámetros distintos, en el GV1 son los aspectos generales de cada recinto militar, el GV2 la vulnerabilidad estructural y el GV3 la vulnerabilidad de sistemas no estructurales (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Cada uno de los parámetros se evalúa con 4 grados ( $G_A$ ,  $G_B$ ,  $G_C$  y  $G_D$ ) que tienen un diferente valor dependiendo de las características presentes en cada estructura. El porcentaje más bajo es  $G_A$  (20), y este va aumentando respectivamente hasta el más alto que es  $G_D$  (80) (Aguirre Ramos et al., 2022).

**Tabla 3***Grados de Vulnerabilidad*

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
G <sub>A</sub>	Representa una vulnerabilidad baja	20
G <sub>B</sub>	Representa una vulnerabilidad media	40
G <sub>C</sub>	Representa una vulnerabilidad alta	60
G <sub>D</sub>	Representa una vulnerabilidad muy alta	80

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Los grupos de vulnerabilidad GV1, GV2 Y GV3 presentan sus componentes para poder evaluar con cuatro grados que son G<sub>A</sub>, G<sub>B</sub>, G<sub>C</sub> y G<sub>D</sub>; cada una tiene un puntaje porcentual de vulnerabilidad que incide en la estructura.

El porcentaje de menor valor es G<sub>A</sub> (20), dichos valores van aumentando progresivamente hasta llegar a un G<sub>D</sub> (80), por ello en la tabla 1 a presentar agrupamos los diferentes grados de vulnerabilidad.

**Tabla 4***Grados de vulnerabilidad para GV1, GV2 y GV3*

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
G <sub>A</sub>	Representa una vulnerabilidad baja	20
G <sub>B</sub>	Representa una vulnerabilidad media	40
G <sub>C</sub>	Representa una vulnerabilidad alta	60
G <sub>D</sub>	Representa una vulnerabilidad muy alta	80

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

## Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

### Número de Pisos

Este parámetro lo podemos determinar mediante los planos arquitectónicos donde nos detalla las plantas de elevación que presenta la edificación; como también se lo puede apreciar en campo visualmente y teniendo el número de pisos respectivos.

Según el código NEC 15, el año más reciente en que se puede construir un edificio con construcción resistente a terremotos es el año en que se implementó el código. Por lo tanto, los edificios construidos con NEC 15 solo pueden tener 4 pisos de altura (Aguirre Ramos et al., 2022).

Las estructuras de post código, o NEC-15, tienen una puntuación de vulnerabilidad más baja. Esto se debe a que solo pueden tener hasta 4 pisos. Cualquier edificio que utilice el código CEC-77 en la fase de transición se considera altamente vulnerable. Estos edificios solo pueden tener hasta 3 pisos. (Aguirre Ramos et al., 2022).

**Tabla 5**

*Grados de vulnerabilidad por número de pisos*

<b>Año de Construcción</b>	<b>Altura</b>	<b>Grado</b>
Post código	Menor a 4 pisos	G <sub>A</sub> :20
Post código	Mayor a 4 pisos	G <sub>B</sub> :40
Período de transición	Menor a 3 pisos	G <sub>C</sub> :60
Periodo de transición y pre-código	Condiciones no contempladas	G <sub>D</sub> :80

Nota. Recuperado de (FEMA, 2016)

### Tipo de Edificio FEMA

Para el análisis de este parámetro se debe realizar de manera visual en campo para tener las características de la edificación y así describir el tipo de edificación FEMA y con ellos logramos tener el grado de vulnerabilidad.

En el caso que no se logre obtener las características de la edificación, tenemos que seleccionar por descarte una tipología que se relacione con la tabla establecida por la FEMA.

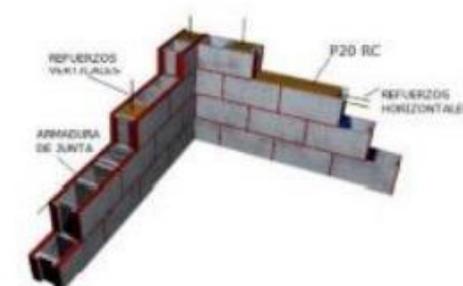
A continuación, se presenta la tabla 3 para determinar el grado de vulnerabilidad según el tipo de edificación FEMA

**Tabla 6**

*Tipos de edificios FEMA*

<b>Grados de Vulnerabilidad</b>	<b>Tipo de edificación FEMA</b>	<b>Gráfico</b>
GA	Estructura liviana de manera simple o multi-viviendas de uno más pisos (W1)	
GB	Estructura de acero resistente a momento (S1)	
	Estructuras metálicas livianas (S3)	

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
GC	Estructuras de acero con arriostramiento (S2)	
	Estructuras con marcos de acero y muros de corte fabricados in situ (S4)	
	Estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5)	
	Edificios con muros de corte de hormigón armado (C2)	
GD	Estructuras de hormigón armado con marcos resistentes a momento (C1)	

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
Estructuras de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada (C3)		
Estructuras de hormigón prefabricado (PC)		
Estructuras de albañilería reforzada con diafragmas flexibles de piso y techo (RM)		
Estructuras de pared de apoyo no reforzada (URM)		

*Nota.* En caso de que la edificación sea mixta (MX) se debe considerar el sistema constructivo principal y más crítico (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Condición de Golpeteo**

Cuando tenemos dos estructuras adyacentes corren el riesgo ante un movimiento sísmico que estas sufran daños estructurales por no tener una separación considerada y poseer diferentes elevaciones.

Para considerar la separación entre dos edificaciones adyacentes se calcula con la fórmula que se presenta a continuación:

$$\Delta = \#pisos_B - \#pisos_A$$

$$S = \Delta * 5 \text{ cm}$$

Donde:

$\Delta$ : Diferencia de pisos existente entre las edificaciones.

S: Separación mínima que debe tener la junta entre las estructuras.

### **Tabla 7**

#### *Grados de vulnerabilidad por golpeteo*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
No presenta edificios cercanos que pueden causar problemas de golpeteo	G <sub>A</sub> :20
El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación mayor al mínimo [ $\Delta(p) \times 5 \text{ cm}$ ]	G <sub>B</sub> :40
El edificio adyacente se encuentra de separación menor igual al mínimo [ $\Delta(p) \times 5 \text{ cm}$ ]	G <sub>C</sub> :60
Ausencia de juntas entre edificaciones contiguas, en caso de presencia de suelos de diferente calidad	G <sub>D</sub> :80

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Condición de Adyacencia**

Para la evaluación de este parámetro debemos tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La proximidad del edificio a otras estructuras puede causar efectos de impacto significativos (Aguirre Ramos et al., 2022).
- Los edificios al final de una fila de tres o más edificios son los que tienen más estrés. Debido a que no tienen un edificio alado adyacente para ayudar a compensar la presión, estos edificios experimentan más peso que los que están en el medio de una fila (Correa Zuñiga, 2016).
- La separación de cada piso por más de 60 centímetros aumenta considerablemente el riesgo de daño y derrumbe del edificio. Esto se debe a que una colisión entre dos edificios durante un sismo puede afectar directamente a sus paredes y columnas (Correa Zuñiga, 2016).
- Los edificios más pequeños sufren el mayor daño cuando son dos o más pisos más altos que el edificio contiguo (Correa Zuñiga, 2016).

**Tabla 8***Problemas de adyacencia en edificaciones*

Condición	Gráfico
Separación vertical de pisos adyacentes	
Edificios con más de dos pisos de alto	
Edificio final celdas	

*Nota.* Recuperado de (FEMA, 2016)

**Tabla 9***Grados de vulnerabilidad por golpeteo*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
No presenta edificios cercanos que puedan causar problema de golpeteo	G <sub>A</sub> :20
El edificio se encuentra al final de una fila de más de tres edificios	G <sub>B</sub> :40
Nivel de pisos entre edificios es de más de 60 cm en vertical	G <sub>C</sub> :60
Existe un edificio adyacente con más de dos plantas de diferencia en el edificio evaluado	G <sub>D</sub> :80

*Nota.* Recuperado (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tipo de Suelo**

Para determinar este parámetro debemos conocer sobre qué tipo de suelo esta plantada la estructura debido a que cuando se presenta un movimiento sísmico dichas edificaciones pueden sufrir diferentes niveles de daños estructurales.

Teniendo en cuenta que en (CAMICON, 2015) se establece que se tienen seis tipos de suelo (A, B, C, D, E y F).

**Tabla 10***Grados de vulnerabilidad por tipo de suelo*

<b>Tipo de perfil de suelo</b>	<b>Grado de vulnerabilidad</b>
Tipo A y Tipo B	G <sub>A</sub> :20
Tipo C	G <sub>B</sub> :40
Tipo D	G <sub>C</sub> :60
Tipo F	G <sub>D</sub> :80

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tabla 11

Tipos de perfil de suelo según la NEC-15

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_{S_{30}} \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} \geq V_{S_{30}} \geq 760 \text{ m/s}$
C	a) Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	a) $760 \text{ m/s} \geq V_{S_{30}} \geq 360 \text{ m/s}$ b. 1) $N \geq 50$ b. 2) $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
	b) Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	
D	a) Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte	a) $360 \text{ m/s} \geq V_{S_{30}} \geq 180 \text{ m/s}$ b. 1) $50 > N \geq 15$
	b) Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	b. 2) $100 \text{ KPa} > S_u \geq 50 \text{ KPa}$
E	a) Perfiles de suelos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte	a) $V_{S_{30}} < 180 \text{ m/s}$ b. 1) $IP > 20$
	b) Perfil que contiene un espesor total mayor de 3 m de arcillas blandas	b. 2) $w \geq 40\%$ b. 3) $S_u < 50 \text{ KPa}$
F	F1: Suelos susceptibles a falla o colapso por excitación sísmica. Suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o pobremente cementados	
	F2: Turba o arcillas orgánicas ( $H > 3\text{m}$ )	
	F3: Arcillas de muy alta plasticidad ( $H > 7.5\text{m}$ e $IP > 75$ )	
	F4: Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana – blanda ( $H > 30\text{m}$ )	
	F5: Suelos con contrastes de impedancia dentro de los primeros 30m sobre del perfil del subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones de velocidades de ondas de corte	
	F6: Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Nota. Recuperado de (CAMICON, 2015)

## Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

### *Relación Largo Ancho*

La longitud de la planta de un edificio afecta en gran medida su comportamiento estructural. Los edificios con plantas alargadas hacen que aumente la demanda de resistencia y flexibilidad. Esto se debe a que los edificios que tienen planos largos experimentan movimientos de rotación, que pueden causar daños significativos durante un terremoto. Diferentes puntos de la estructura se ven afectados de manera diferente por los terremotos cuando un edificio tiene una planta larga (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

La NEC 15 requiere que la relación largo-ancho de una estructura no sea mayor a 4. Su longitud no puede exceder los 30 metros. Si lo hace, entonces el edificio debe ser separado en secciones más pequeñas que no excedan los 30 metros. Esta regla existe porque las estructuras grandes pueden volverse peligrosamente inestables (Aguirre Ramos et al., 2022).

### **Tabla 12**

#### *Grados de vulnerabilidad por relación largo ancho*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4	G <sub>A</sub> :20
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Una de sus longitudes es próxima a 30m	G <sub>B</sub> :40
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4	G <sub>C</sub> :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 <sub>D</sub> :80

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Irregularidades en Planta***

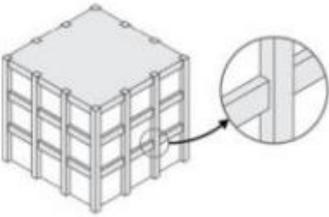
Las irregularidades planificadas surgen por una variedad de razones, muchas de las cuales se deben a las condiciones de construcción o al uso de la tierra disponible (Alamgro Oña & Paredes Jaramillo, 2016).

La vulnerabilidad de la estructura de un edificio depende de cuáles de las siguientes características estén presentes en el edificio. De mayor a menor son diafragmas con agujeros, reingreso en esquina, sistemas no paralelos e irregularidad torsional (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 13**

### *Irregularidades en Planta*

Condición	Gráfico
Torsión	
Sistemas no paralelos	
Esquina reentrante	
Abertura en diafragma	

Condición	Gráfico
Vigas no alineadas con las columnas	

*Nota.* Recuperado de (FEMA, 2016).

**Tabla 14**

*Grados de vulnerabilidad por irregularidad 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	$G_D:80$

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Irregularidades en Elevación***

Las irregularidades en elevación hacen referencia principalmente a la configuración con la que cuentan, en su defecto también a los sistemas que resisten a las fuerzas ejercidas lateralmente.

Las irregularidades en la estructura debido a imperfecciones pueden causar efectos dramáticos en su comportamiento y desempeño. Estos efectos pueden causar daños, fallas o incluso el colapso de toda la estructura. Este efecto se produce por la concentración de demandas en determinados elementos o plantas (Alamgro Oña & Paredes Jaramillo, 2016).

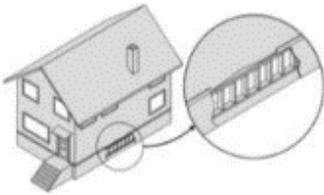
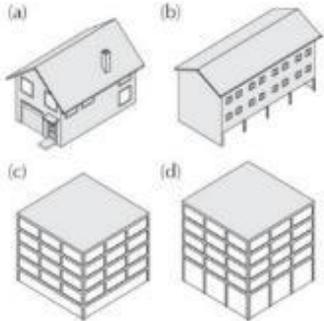
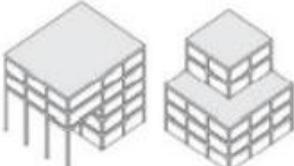
El grado de vulnerabilidad de la estructura se determinará teniendo en cuenta si la edificación manifiesta cualquiera de las siguientes tipologías que se enumeran a

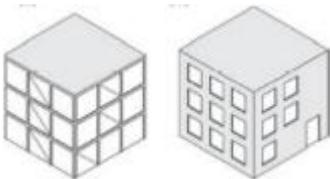
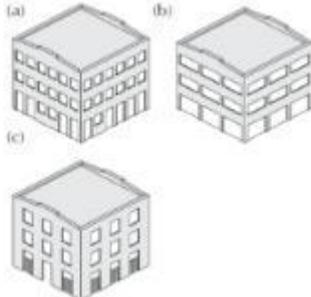
continuación tomando en cuenta la mayor repercusión desde lo más crítico hasta lo menos nocivo;

- retroceso fuera del plano,
- piso blando,
- columnas cortas,
- retroceso en plano,
- pared de sótano sin refuerzo,
- desnivel en el terreno severo,
- niveles divididos y desnivel de terreno moderado (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

**Tabla 15**

*Irregularidades en elevación*

Condición	Gráfico
Pared de sótano sin refuerzo	
Piso blando y/o débil	
Retroceso fuera del plano	

Condición	Gráfico
Retroceso en el plano	
Columna corta	
Niveles divididos	

Nota. Recuperado de (FEMA, 2016).

**Tabla 16**

*Grados de vulnerabilidad por irregularidad en elevación*

Condición	Grado
La edificación es regular	$G_A: 20$
La edificación presenta: Desnivel de terreno moderada o niveles divididos	$G_B: 40$
La edificación presenta: Desnivel de terreno severo (pendiente mayor 14%) o retroceso en el plano o pared de sótano sin refuerzo	$G_C: 60$
La edificación presenta: Columnas cortas o Piso blando / débil o Retroceso fuera del plano	$G_D: 80$

Nota. Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Ampliaciones Verticales y Horizontales***

Una de las características más frecuentes con el transcurrir de los años después de la construcción de una edificación, es la de realizar ampliaciones sean estas horizontales o verticales, siendo una de las justificaciones la necesidad de lograr obtener mayor espacio dentro de las mismas. La evaluación del grado de vulnerabilidad es de acuerdo a las circunstancias y características de las ampliaciones realizadas.

**Tabla 17**

*Guía para identificar ampliaciones verticales y horizontales*

<b>Orientación</b>	<b>Gráfico</b>
Vertical (1) Planta de menor dimensión que la principal.	
Vertical (2) Más de una planta adicional con la misma configuración en planta y sistema estructural que el edificio original.	
Vertical (3) Más de una planta adicional con un sistema estructural diferente	
Horizontal (1) Edificio adicional del mismo tipo constructivo y número de pisos que el original. Dimensión horizontal del edificio estrecho menor o igual al 50% de la longitud del edificio más ancho.	

Orientación	Gráfico
Horizontal (2) Edificio adicional con diferente altura que el original.	
Horizontal (3) Edificio adicional con diferente tipo de construcción que el original.	
Horizontal (4) Edificio adicional pequeño, que está apoyado en el edificio original para soporte de gravedad.	

*Nota.* Recuperado de (FEMA, 2016).

**Tabla 18**

*Grados de vulnerabilidad por ampliaciones verticales*

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	$G_D: 80$

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 19***Grados de vulnerabilidad por ampliaciones horizontales*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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.	$G_D: 80$

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Patologías en Vigas y Columnas***

Dentro del sistema estructural las vigas y columnas tienen un papel preponderante, por lo que la evaluación se la debe realizar visualmente in situ para obtener el estado de dichos elementos. Se debe hacer hincapié en el material del que se encuentran constituidos sean estos acero, hormigón o madera, y en base a esta característica se verificará el grado de vulnerabilidad de las grietas o diferentes fisuras que se puedan presentar.

**Tabla 20***Tipos de condiciones para elementos metálicos*

<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tipo III</b>
Corrosión localizada	Corrosión por picadura (pitting)	Corrosión uniforme, par galvánico (soldaduras, placas)
	Aireación diferencial	Juego de uniones
	Erosión por abrasión	Efecto de fatiga
	Efectos de fuego	

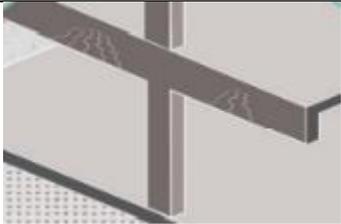
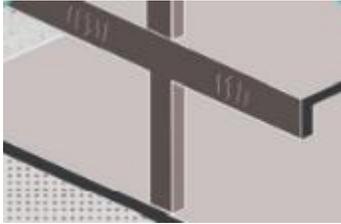
*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 21***Tipos de condiciones para elementos madera*

<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tipo III</b>
Degradación leve de la madera	Degradación parcial de la madera	Degradación grave de madera
Pudrición leve de madera	Aireación diferencial Pudrición parcial de madera	Pudrición grave de madera Juego de uniones Efecto de fuego en madera Humedad en madera

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 22***Grietas en vigas*

<b>Condición</b>	<b>Gráfico</b>
Grietas en viga por insuficiencia de armadura positiva	
Grietas en viga por insuficiencia de armadura negativa	
Grietas en viga por corte	
Grietas en viga por retracción del hormigón	

*Nota.* Recuperado de (Souza, 2021).

**Tabla 23***Grietas en columnas*

Condición	Gráfico
Grietas en columnas por represión en la fundación	
Grietas en columnas por insuficiencia de estribos	

*Nota.* Recuperado de (Souza, 2021).

**Tabla 24***Grado de vulnerabilidad patologías en vigas*

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	$G_A: 20$
Grietas por retracción de hormigón, afectaciones tipo I (metálica o madera)	$G_B: 40$
Grietas en vigas por insuficiencia de armaduras positiva o negativa, afectaciones tipo II (metálica o madera)	$G_C: 60$
Grietas en viga por corte, afectaciones tipo III (metálica o madera), vigas flejadas	$G_D: 80$

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 25***Grado de vulnerabilidad patologías en columnas*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
Columnas sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica o madera)	$G_B: 40$
Grietas en columnas por represión en la fundación	
afectaciones tipo II (metálica o madera)	$G_C: 60$
Grietas en columnas por insuficiencia de estribos, afectaciones tipo III (metálica o madera)	$G_D: 80$

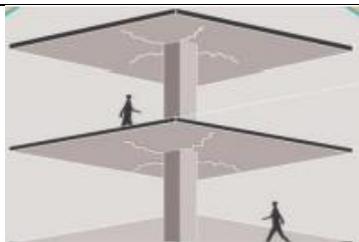
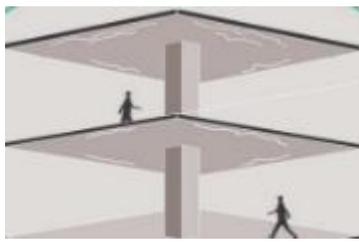
*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas***

Dentro del tipo de losas de entrepiso que se pueden presentar, existe gran variedad con el único fin de reducir al máximo el peso de la estructura, estas pueden ser con placa colaborante de acero, construcciones mixtas tal es el caso específico del Steel-deck, todas con un solo objetivo principal de tener la capacidad de soportar las cargas a las cuales se encuentran expuestos. En cuanto a la madera existe también algunos tipos de entablados.

Sin embargo, para la verificación visual en el campo y llegar a un resultado de la vulnerabilidad de las losas de entrepiso y cubiertas se debe tomar en cuenta el material con el cual están constituidas de igual manera que tipo de patologías presenta sean estas las grietas o diferentes afectaciones que se puedan evidenciar.

**Tabla 26***Grietas en losas*

Condición	Gráfico
Grietas en losas por insuficiencia de armadura positiva	
Grietas en losas por sobrecarga excesiva	

*Nota.* Recuperado de (Souza, 2021).

**Tabla 27***Grado de vulnerabilidad por grietas en losas de entrepiso y cubiertas planas*

Condición	Grado
Losas sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica, acero, madera)	$G_B: 40$
Grietas en losa por insuficiencia de armadura, Afectaciones tipo II (metálica, acero, madera)	$G_C: 60$
Grietas en losas por sobrecarga excesiva, afectaciones tipo III (metálica, acero, madera), deformación de la losa	$G_D: 80$

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

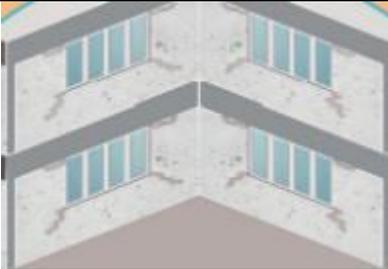
***Patologías en Paredes***

Como ya se había mencionado antes, para poder realizar un análisis y verificación visual óptima, se debe constatar de que material están contruidos los elementos, en este caso de que tipo de material está hecha la mampostería, de esta manera se puede dar un juicio de la gravedad de las afectaciones o circunstancias en las que se encuentran las paredes, dentro de este material se puede mencionar que se puede ser mampuesto de

bloques prefabricados de cemento, ladrillos, piedras irregulares. Posterior a este análisis se verifica las posibles fisuras presentes en la mampostería, una de las afectaciones más comunes es el de la humedad.

**Tabla 28**

*Grietas en columnas*

Condición	Gráfico
Grietas en esquinas de ventanas y puertas	
Fracturas o grietas horizontales o verticales en fachadas	
Fracturas o grietas inclinadas en fachadas	

*Nota.* Recuperado de (Souza, 2021).

**Tabla 29***Grado de vulnerabilidad por patología en paredes*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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 horizontales o verticales en fachadas, afectaciones tipo II (laminas metálicas y de madera), humedad generalizada, acción de hongos y moho.	$G_D: 80$

*Nota.* Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Imágenes 3D para el estudio de las patologías en las fachadas de las edificaciones**

De un tiempo acá la forma de realizar un estudio ha cambiado, este cambio ha ido de la mano con la tecnología, se sabe que el mundo tecnológico crece a pasos agigantados, es así como dentro del área de la construcción se ha adaptado a los cambios y se han ido actualizando las formas de hacer juntos de la mano la parte técnica de la construcción, así como de la tecnología en dicha área.

Para la inspección de patologías en las fachadas o lugares inaccesibles se ha convertido una de las armas más importantes al momento de generar información sobre fachadas, al mismo tiempo que es un camino no explorado al cien por ciento.

Para un correcto estudio de una inspección en su arranque, es el análisis que se realiza a las patologías que generan afectaciones en el hormigón armado, para posterior a ello realizar una rehabilitación en el sistema estructural de las edificaciones. Pero para llegar a resolver los problemas estructurales y las posibles afectaciones que tiene una

construcción, se debe realizar un estudio minucioso de las circunstancias en la que se encuentra la fachada y su posible proceso hasta la afectación como tal, siendo esta un tipo de sistema de prevención de su avance y la recuperación de los espacios afectados a tiempo con el único objetivo de alargar la vida útil de la edificación en estudio.

Para el presente estudio se encontraron varias afectaciones dentro de las fachadas de los edificios en los que se realizaron varios análisis, para lo cual se usó como principal herramienta para la inspección un dron de la marca Dji, modelo mini 2 del año 2022.

Dentro de la verificación de fachadas y cubiertas que llega a ser una de las formas más eficientes de realizar las inspecciones, es necesario hacer notar la reducción notable en cuanto al tiempo que conllevaría realizar dicho estudio sin el dron, generando una ganancia significativa de recursos.

Hay que recalcar que para tener resultados y conclusiones positivas de estas inspecciones con el dron se debe tener una experiencia de trabajo, así como también experiencia de vuelo, ya que no cualquiera puede realizar una inspección con un nivel de detalle óptimo para llegar a cumplir con los objetivos planteados.

Dentro de las características a resaltar la inspección de fachadas y cubiertas es la visualización de las imágenes las veces que sean necesarias para llegar a las conclusiones esperadas.

La eliminación de peligro directamente relacionado con el recurso humano, ya que es no se necesita de ninguna persona realizar una inspección en la cual tenga que llegar a lugares de gran altura como tejados, techos que en su mayoría se encuentran en lugares inaccesibles.

Uno de los puntos de inflexión en este campo es el tratamiento que se les da a las fotos obtenidas por el dron, para poder llegar a una imagen 3D de un edificio empieza por el procesamiento de imágenes en un software.

Las fotos son verificadas para su posterior tratamiento en el software, de esta manera alcanzar y lograr los resultados más eficientes para verificar, inspeccionar, identificar y cuantificar las afectaciones en las fachadas de los edificios en estudio.

### **Grupo de Vulnerabilidad (GV3)**

#### ***Elementos Externos No Estructurales***

Con la presencia de elementos externos no estructurales al momento de un evento sísmico estos deben ser considerados debido a la probabilidad de caída y obstrucción del paso de las personas al instante de evacuar la edificación, dentro de los elementos externos no estructurales se encuentran cisternas, astas de banderas, ventiladores, cisternas, chimeneas, etc. Dentro del estudio de las edificaciones es necesario la verificación visual para constatar la presencia de los mencionados y su correcta fijación, dependiendo de esto el grado de vulnerabilidad (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### **Tabla 30**

#### *Grado de vulnerabilidad de elementos externos no estructurales*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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.	$G_D: 80$

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### **Elementos Internos No Estructurales**

Elementos como archiveros, cielos falsos, instalaciones eléctricas, estantes, etc.; son considerados dentro de esta categoría ya que al igual que en el caso anterior, estos pueden obstaculizar el paso de las personas al momento de un evento sísmico. Dentro del estudio de las edificaciones es necesario la verificación visual para constatar la presencia de los mencionados y su correcta fijación, dependiendo de esto el grado de vulnerabilidad. (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

**Tabla 31**

*Grado de vulnerabilidad de elementos internos no estructurales*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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	$G_D: 80$

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### **Estado de Conservación de la Edificación**

Por medio de este requisito se puede evaluar de forma general el estado de elementos estructurales, mamposterías y demás elementos no estructurales que en conjunto conformen la estructura estudiada. La evaluación del estado de conservación se encuentra a juicio del evaluador en función de 4 categorías: Muy bueno, Bueno, Regular y Deficiente; siendo Muy Bueno el puntaje adecuado para una estructura y Deficiente el que se espera evitar (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**Tabla 32***Grado de Vulnerabilidad por Estado de la Edificación*

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

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### ***Estado de Conservación de Cubiertas***

A través del material analizado en (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020) existen cubiertas a dos aguas (se caracterizan por sus sistemas de drenaje, ventilación y adaptabilidad a diferentes propuestas dentro del ámbito arquitectónico), cubiertas a cuatro aguas (Conformada por 4 faldones, idónea en áreas con grandes ventiscas), cubierta con faldones mansarda (se trata de una obra compleja debido a su inclinación), cubierta plana (de sencilla construcción y con cierto grado de inclinación apenas perceptible), cubierta a un agua (empleada en ampliaciones), cubierta en mariposa (adecuada respecto a términos arquitectónicos pero problemático debido a su funcionamiento con el agua lluvia), cubierta abuhardillada ( funcional para generar espacios interiores) y cubiertas de pabellón (funcional en relación a espacios poligonales).

Todas estas cubiertas deben ser analizadas en función del criterio del evaluador, además de los materiales empleados y considerando zonas con amplia visibilidad para la observación de las mismas.

**Tabla 33***Grado de Vulnerabilidad por Estado de Conservación de Cubiertas*

<b>Estado de Conservación de las Cubiertas</b>	<b>Grado</b>
Muy Bueno	$G_A: 20$
Bueno	$G_B: 40$
Regular	$G_C: 60$
Deficiente	$G_D: 80$

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### ***Puertas de Salida o Emergencia***

Existen puntos importantes y técnicos dentro de puertas de salida o emergencia debido a su uso dentro de eventos que requieran evacuaciones, estos se encuentran reflejados dentro del Acuerdo al Consejo Metropolitano de Quito del año 2003 donde se menciona qué:

- Las puertas deben tener un ancho mínimo libre de 0.90m y altura 2.05m.
- Las puertas deben contar con un ángulo de apertura máximo entre 135° y 180° y deben ser abatibles hacia el exterior sin que sus hojas obstruyan pasillos o escaleras. En caso de obstaculizar el paso se recomienda la colocación de puertas corredizas o plegables.
- Se recomienda eliminar y dejar de utilizar cerraduras tipo pomo, y dar paso a cerraduras tipo palanca o de accionamiento, o automáticas.
- En puertas debe dejarse un espacio libre cerca de la apertura (0.45 - 0.55 m), la profundidad del espacio libre debe ser de 1.20 m adicional al barrido de la puerta.
- Las agarraderas de las puertas y sus cerraduras deben ser fáciles de manipular por las personas con discapacidad y movilidad reducida; las puertas deben tener una barra horizontal ubicada entre 0.80 m y 1.20 m (de preferencia 0.90 m) a nivel del suelo.

Considerando cada uno de los puntos, se asignarán los porcentajes en función del número de puertas que cumplan con los requisitos solicitados.

**Tabla 34**

*Grado de Vulnerabilidad por Puertas de Salida o Emergencia*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
75-100% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_A: 20$
50-74% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_B: 40$
25-49% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_C: 60$
0-24% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_D: 80$

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

**Ventanas**

Al considerarse como posibles salidas de emergencia, estas deben cumplir con ciertas características que prioricen a personas en sillas de rueda, personas de talla baja y niños, además, al tener que ser destruidas, deben construirse con vidrio templado para evitar daños en las personas que cruzarán a través de ellas.

Dentro de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020) se menciona que para los ángulos de visión tanto hacia arriba como abajo tiene que ser de  $30^\circ$  considerando a una persona ambulante con un promedio de altura de 1,60 m, pero se condiciona con el nivel del ojo de una persona sedente que cuenta con un promedio de 1,2 m.

**Tabla**

**35**

*Grado de Vulnerabilidad por Ventanas*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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	$G_D: 80$

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### **Accesibilidad Universal**

Respecto a lo mencionado por (EL CONSEJO METROPOLITANO DE QUITO, 2003) se deben cumplir con parámetros importantes para una correcta y segura accesibilidad a las edificaciones estudiadas, teniendo en cuenta:

Rampas: Al ser una pieza fundamental para el tránsito humano debe cumplir con las siguientes características:

- Las pendientes longitudinales máximas para los tramos de rampa entre descansos, está en función de la longitud de los mismos y varía del 6 al 12%.
- La pendiente transversal máxima de rampa es del 2%
- Para una cómoda movilidad, el ancho mínimo de la rampa debe ser de 0,90 m. Cuando haya un giro de 90° se incrementa a 1,00 m y si el giro es superior a 90° debe tener un mínimo de 1,20 m.
- Emplear pasamanos intermedios si el ancho de la rampa es mayor a 1.80 m.
- Cuando el desnivel que la rampa está salvando es mayor a 20 cm se deben utilizar bordillos.
- Cada 15 m de proyección horizontal de la rampa debe haber como mínimo un descanso.

Escaleras: Al ser el método de solución más común para conectar desniveles, debe cumplir con características importantes para facilitar y permitir una correcta y segura movilidad de los usuarios:

- El ancho mínimo de escaleras debe ser de 1,20 m
- Las contrahuellas deben tener una altura máxima de 18 cm.
- Las escaleras tendrán tramos continuos sin descanso hasta un máximo de diez escalones.
- Se deben incorporar pasamanos a ambos lados y que sean continuos a lo largo del tramo de las escaleras.

- El ancho entre pasamanos debe ser de 1,00 m y la distancia de este a la pared debe ser de 5 cm.
- La dimensión de la huella viene dada por la fórmula:

$$b = 0,64 - 2 * (a)$$

Donde:

b: Dimensión de la huella

a: Altura de la contrahuella

**Tabla 36**

*Grado de Vulnerabilidad por Accesibilidad Universal*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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.	$G_D: 80$

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### **Puntaje de Grado de Vulnerabilidad**

Los puntajes de vulnerabilidad permiten que el evaluador reconozca los riesgos a los que se enfrenta una estructura a niveles estructurales, no estructurales, geológicos o de alguna otra índole. Este se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$V = GV + P. Base$$

Donde:

V: Grado de Vulnerabilidad

P. Base: Puntaje Base

GV: Grupos de vulnerabilidad, cabe mencionar que el GV1 y GV2 cuentan con un nivel de vulnerabilidad más alto en comparación con el GV3, cada uno de estos grados de vulnerabilidad se ven alterados por factores de influencia que se encuentran en función del P. Base y del GV como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

*Factor de influencia para GV en función del puntaje base*

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

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

El GV se obtiene al sumar los grupos de vulnerabilidad influenciados por el índice mencionado previamente:

$$GV = I_{GV1} * GV_1 + I_{GV2} * GV_2 + I_{GV3} * GV_3$$

**Tabla 38***Grado de Vulnerabilidad Sísmica*

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

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

**Capacidad de Respuesta**

La evaluación de este punto viene ligada a la respuesta que se genera al momento de una emergencia ya que la respuesta humana es un pilar fundamental dentro de eventos sísmicos ya que de ello depende la disminución de eventos fatales dentro de las instalaciones. El conocimiento frente a estos escenarios genera un fuerte importante que en conjunto con las evaluaciones previas forma un frente unido y positivo. (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

A continuación, se detalla una tabla que registra la capacidad de respuesta frente a este tipo de eventos y cómo lo más idóneo es un puntaje de 80 ya que se genera un equilibrio adecuado entre el conocimiento, la rapidez y la claridad frente a la situación mientras que 20 es el puntaje más bajo y representa una pobre planificación de los diferentes grupos humanos involucrados al tratarse de reaccionar adecuadamente en un evento sísmico:

**Tabla 39***Grados de Capacidad de Respuesta*

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>G<sub>A</sub></b>	Cumple satisfactoriamente, elaborado e implementado.	80
<b>G<sub>B</sub></b>	Parcial, aceptable, elaborado, pero no implementado.	60
<b>G<sub>C</sub></b>	En proceso, escaso, mínimo, existe, pero es deficiente.	40
<b>G<sub>D</sub></b>	No cumple, no ha sido planificado, no elaborado, está junto al factor de riesgo.	20

Nota: Recuperado de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

## Resultados

### Descripción de las Estructuras Evaluadas

#### Ubicación

Cada una de las unidades militares cuentan con un riesgo centralizado dentro de sus propias instalaciones debido a que se tratan de construcciones apartadas de edificaciones civiles. Las unidades militares evaluadas fueron 6 ubicadas en Quito, Shell, Ambato y Salcedo mediante el uso de la guía FEMA P-1000.

**Tabla 40**

#### Unidades Militares

N°	Unidad militar	Ubicación	Latitud	Longitud	Cota
1	Escuela Superior Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto "	Salinas	500957	9756852	13 m.
2	Escuela Superior Militar "ELOY ALFARO"	Quito	779712	9990583	2655 m.
3	Escuela Superior Naval	Salinas	501382	9757830	11 m.
4	Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"	Ambato	767774	9866259	2613 m.
5	Escuela de Iwias	Shell	826971	9833026	1042 m.
6	Colegio Militar No. 1 "ELOY ALFARO"	Quito	779335	9978246	2785 m.

#### Tipo de suelo

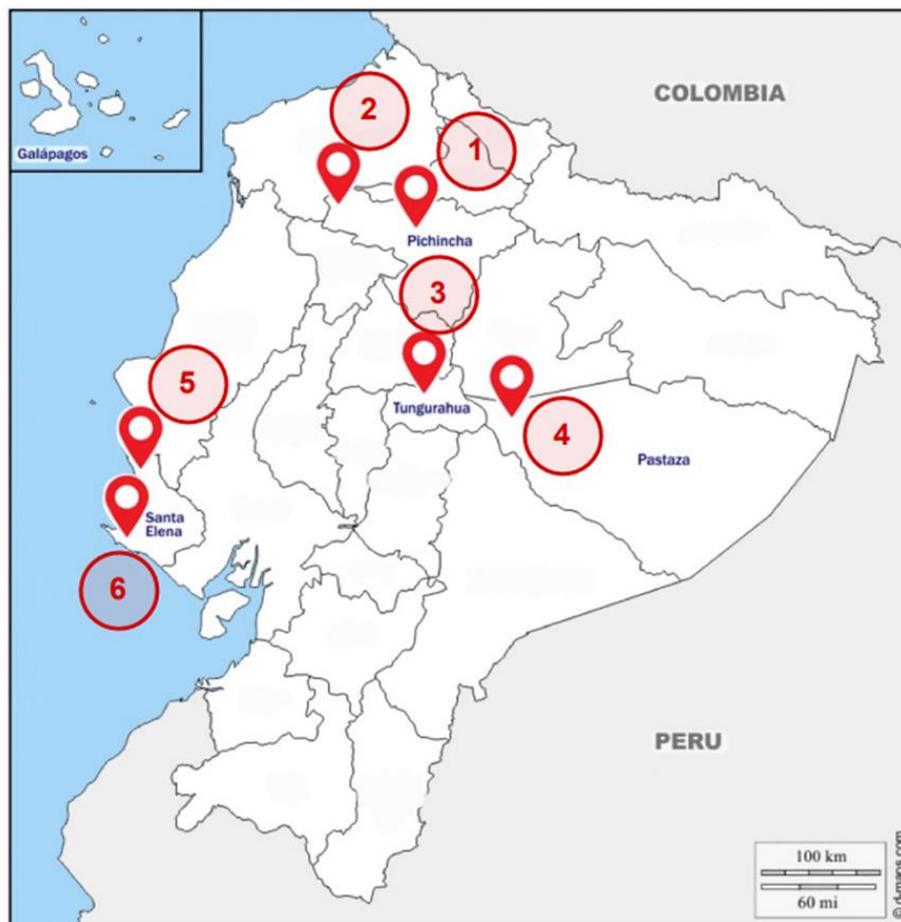
La mayoría de las unidades militares se encuentran en un sector de gran incidencia, puesto que en un evento sísmico cada una de ella tendrá reacciones diferentes, mediante la

NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) se tiene las características tipológicas de perfiles de los suelos para el diseño sísmico, en donde es un parámetro de nuestra evaluación de estudio.

Con los mapas geológicos podemos determinar la ubicación de las unidades militares y así determinar la geología del sitio como también tener el perfil que se describe en la siguiente tabla.

### Figura 3

*Tipos de suelos en las unidades militares evaluadas*



### Leyenda

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"

**Tabla 41***Tipo de Suelo*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Geología (Tipo de Suelo)</b>	<b>Perfil</b>
1	Escuela Superior Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto"	Rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria.	D
2	Escuela Superior Militar "ELOY ALFARO"	Cangahua con sedimentos del Holceno	D
3	Escuela Superior Naval "CMDTE RAFAEL MORÁN VALVERDE"	Rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria.	D
4	Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"	Ceniza, Cangahua	D
5	Escuela de Iwias	Arcilloso muy profundo	F
6	Colegio Militar No. 1 "ELOY ALFARO"	Cenizas y capas de pómez, Cangahua	D

**Evaluación de la vulnerabilidad sísmica****Escuela Superior Militar De Aviación "Cosme Rennella Barbatto"**

Datos generales de la unidad:

Provincia: Santa Elena

Cantón: Salinas

Ubicación georreferenciada: 500959 E  
9756913 N

Número de estructuras: 3

#### Figura 4

*Escuela Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto"*



Datos de los edificios que conforman:

#### ***ESMA 1: Residencia***

La edificación de esta estructura data de alrededor de 51 años, considerándose una construcción de hormigón armado y mampostería con ladrillo, pertenece a la clase C3, presenta irregularidad en planta, debido al año de construcción presenta patologías tipo I en losas y humedad en la cubierta, no existe vidrio templado en las ventanas ni accesos inclusivos, el estado de conservación de la estructura es buena.

**Figura 5***Residencia ESMA***Figura 6***Vista lateral Residencia ESMA****ESMA 2: Hotel de oficiales***

La edificación de esta estructura data de alrededor de 51 años, considerándose una construcción con estructuras de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3, existe un elemento no estructural (poste de luz) adyacente con más de 60 cm en vertical, presenta patologías tipo I en losas y humedad en la cubierta, no existe vidrio templado en las ventanas ni accesos inclusivos, el estado de conservación de la estructura es buena.

**Figura 7***Hotel de Oficiales ESMA***Figura 8***Hotel de Oficiales ESMA***ESMA 3: Comando**

Considerándose una construcción con estructuras de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3, no existe vidrio templado en las ventanas ni accesos inclusivos en la estructura, el estado de conservación de la estructura es muy buena.

**Figura 9***Comando ESMA***Tabla 42***Vulnerabilidad total de la Unidad*

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Residencia	69,76	4	279,04	
E2	Hotel de Oficiales	68,27	4	273,06	58,14
E3	Comando	36,40	4	145,60	
<b>TOTAL</b>		<b>174,42</b>	<b>12,00</b>	<b>697,70</b>	

**Tabla 43***Riesgo Global*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1,41	
Riesgo Global (Rg)	41,28	<b>ALTO - C</b>

## Escuela superior militar “ELOY ALFARO”

Datos generales de la unidad:

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Ubicación georreferenciada:	779708 E
	9990583 N
Número de estructuras:	18

### Figura 10

*Escuela superior militar “ELOY ALFARO”*



Datos de los edificios que conforman:

#### ***ESMIL 1: Edificio central, oficinas***

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el

espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

### **Figura 11**

*Edificio Central ESMIL*



### **Figura 12**

*Edificio Central ESMIL*



### **ESMIL 2: Auditorio**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el

espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

### **Figura 13**

*Auditorio ESMIL*



### **ESMIL 3: Biblioteca, Bar, Cajero**

La Edificación fue construida hace más de 20 años, materializada en su totalidad por pórticos de hormigón armado, de esta manera según la FEMA seria catalogada como C1, cuando se aplica carga se debe considerar la formación de rotulas al no tener un refuerzo en la viga.

### **Figura 14**

*Fachada este Biblioteca, Bar, Cajero ESMIL*



**Figura 15**

*Fachada sur Biblioteca, Bar, Cajero ESMIL*

**ESMIL 4: Casino**

La Edificación fue construida hace más de 20 años, materializada en su totalidad por pórticos de hormigón armado, de esta manera según la FEMA seria catalogada como C1, cuando se aplica carga se debe considerar la formación de rotulas al no tener un refuerzo en la viga.

**Figura 16**

*Casino de cadetes ESMIL*



**Figura 17**

*Ingreso al casino de cadetes ESMIL*

**ESMIL 5: Cocina**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada en su mayoría por pórticos que tienen la capacidad de resistir momento en dirección transversal de igual manera en la dirección longitudinal presenta pórticos arriostrados por columnas y vigas de hormigón armado, insuficiente capacidad en la parte de los tirantes de tensión, dando como resultado un alargamiento considerable y a la postre daños importantes durante movimientos telúricos de esta manera según la FEMA seria catalogada como S3.

**Figura 18**

*Vista área de la cocina ESMIL*



**Figura 19**

*Fachada de la cocina ESMIL*

**ESMIL 6: Dormitorios**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 20**

*Vista aérea de los dormitorios ESMIL*



**Figura 21***Dormitorio 1ra y 4ta compañía de cadetes ESMIL***ESMIL 7: Peluquería, almacén de cadetes**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 22***Fachada este del almacén de cadetes ESMIL*

**Figura 23***Fachada norte del almacén de cadetes ESMIL***ESMIL 8: Policlínico**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 24***Foto área del policlínico ESMIL*

**Figura 25**

*Fachada del policlínico ESMIL*

**ESMIL 9: Coliseo**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada en su mayoría por pórticos que tienen la capacidad de resistir momento en dirección transversal de igual manera en la dirección longitudinal presenta pórticos arriostrados por columnas y vigas de hormigón armado, insuficiente capacidad en la parte de los tirantes de tensión, dando como resultado un alargamiento considerable y a la postre daños importantes durante movimientos telúricos de esta manera según la FEMA sería catalogada como S3.

**Figura 26**

*Vista aérea del coliseo ESMIL*



**Figura 27***Ingreso del coliseo ESMIL***ESMIL 10: Piscina**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada en su mayoría por pórticos que tienen la capacidad de resistir momento en dirección transversal de igual manera en la dirección longitudinal presenta pórticos arriostrados por columnas y vigas de hormigón armado, insuficiente capacidad en la parte de los tirantes de tensión, dando como resultado un alargamiento considerable y a la postre daños importantes durante movimientos telúricos de esta manera según la FEMA seria catalogada como S3.

**Figura 28***Vista aérea de la piscina ESMIL*

**Figura 29**

*Ingreso de la piscina ESMIL*

**ESMIL 11: Comedor de oficiales instructores**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 30**

*Ingreso del comedor de oficiales instructores ESMIL*



**Figura 31***Fachada del comedor de oficiales instructores ESMIL***ESMIL 12: Capilla**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 32***Vista aérea de la capilla ESMIL*

**Figura 33***Fachada norte de la capilla ESMIL***ESMIL 13: Dormitorios de oficiales**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 34***Dormitorios de oficiales ESMIL*

**ESMIL 14: Vivienda Fiscal Oficiales solteros**

La Edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 35**

*Fachada norte dormitorios oficiales instructores ESMIL*

**ESMIL 15: Mecánica**

La Edificación fue construida hace más de 20 años, materializada en su totalidad por pórticos de hormigón armado, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C1, cuando se aplica carga se debe considerar la formación de rotulas al no tener un refuerzo en la viga.

**Figura 36**

*Vista aérea de la mecánica ESMIL*

**ESMIL 16: Cocina, Comedor de Cadetes**

La Edificación fue construida hace más de 20 años, materializada en su totalidad por pórticos de hormigón armado, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C1, cuando se aplica carga se debe considerar la formación de rotulas al no tener un refuerzo en la viga.

**Figura 37**

*Fachada sur de la cocina y comedor ESMIL*



**Figura 38**

*Fachada norte de la cocina y comedor ESMIL*

***ESMIL 17: Dormitorios 2da y 3ra compañía cadetes***

La edificación fue construida hace más de 30 años, materializada por columnas y vigas de hormigón armado, en la parte estructural de la construcción se suman muros portantes, la mampostería está conformada en su mayoría sin varillas de acero, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C3, una característica importante es el espesor de las paredes pueden llegar a tener el mismo que de las columnas y vigas de concreto.

**Figura 39**

*Vista aérea de los dormitorios ESMIL*



**Figura 40**

*Fachada este de los dormitorios ESMIL*

**ESMIL 18: Aulas**

La Edificación fue construida hace más de 20 años, materializada en su totalidad por pórticos de hormigón armado, de esta manera según la FEMA sería catalogada como C1, cuando se aplica carga se debe considerar la formación de rotulas al no tener un refuerzo en la viga.

**Figura 41**

*Vista aérea de las aulas ESMIL*



## Figura 42

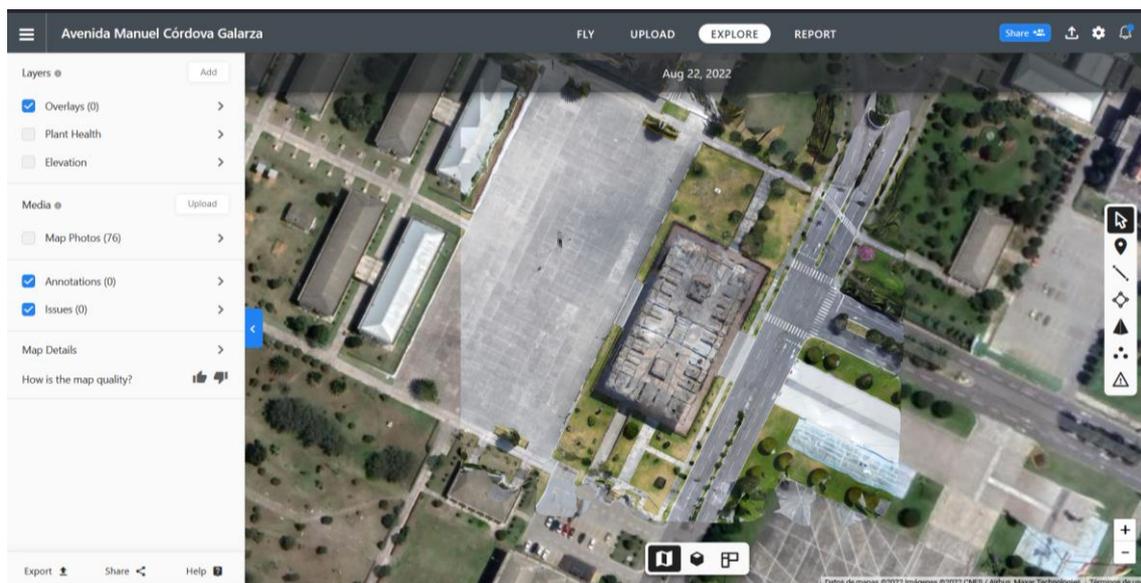
*Fachada de las aulas ESMIL*



***Imagen 3D para la inspección de fachadas del edificio central con Software DroneDeploy***

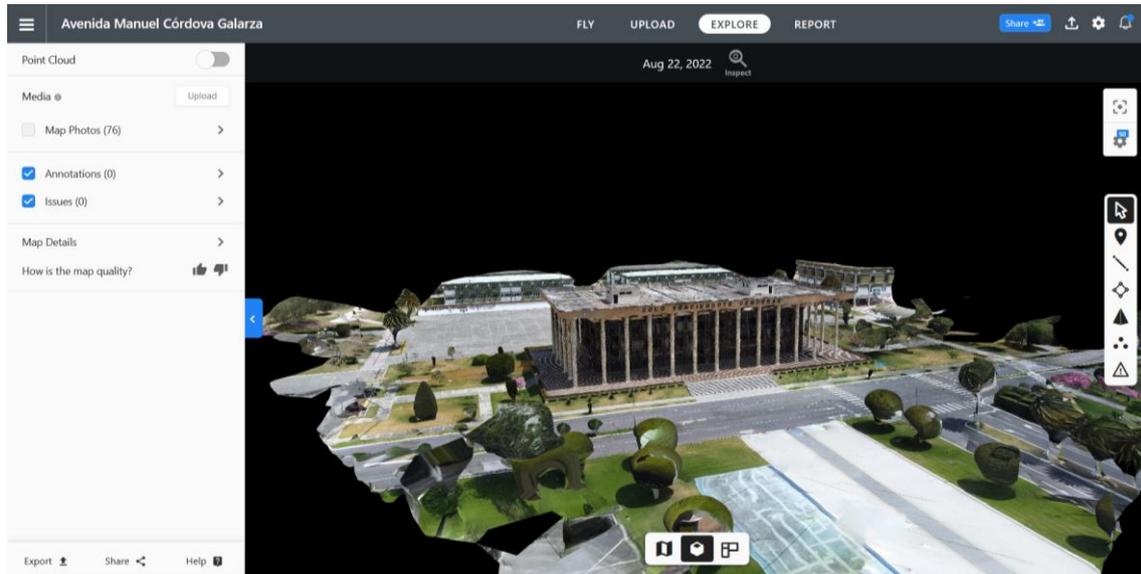
## Figura 43

*Vista en planta de la imagen 3D ESMIL*

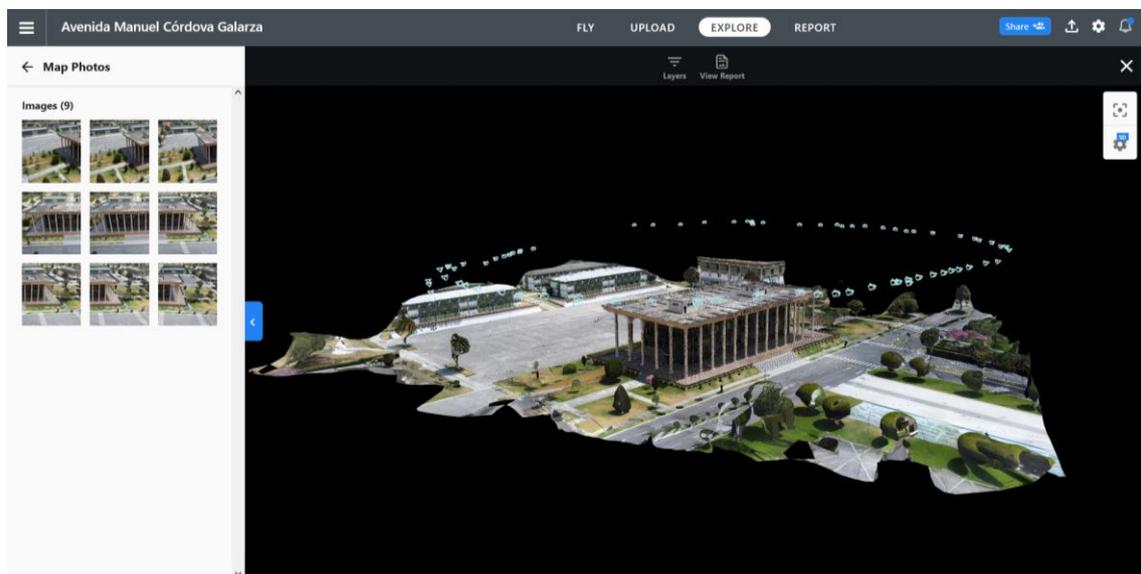


**Figura 44**

*Imagen 3D del edificio central ESMIL*

**Figura 45**

*Imagen 3D con las fotos secuenciales para la generación de imagen ESMIL*

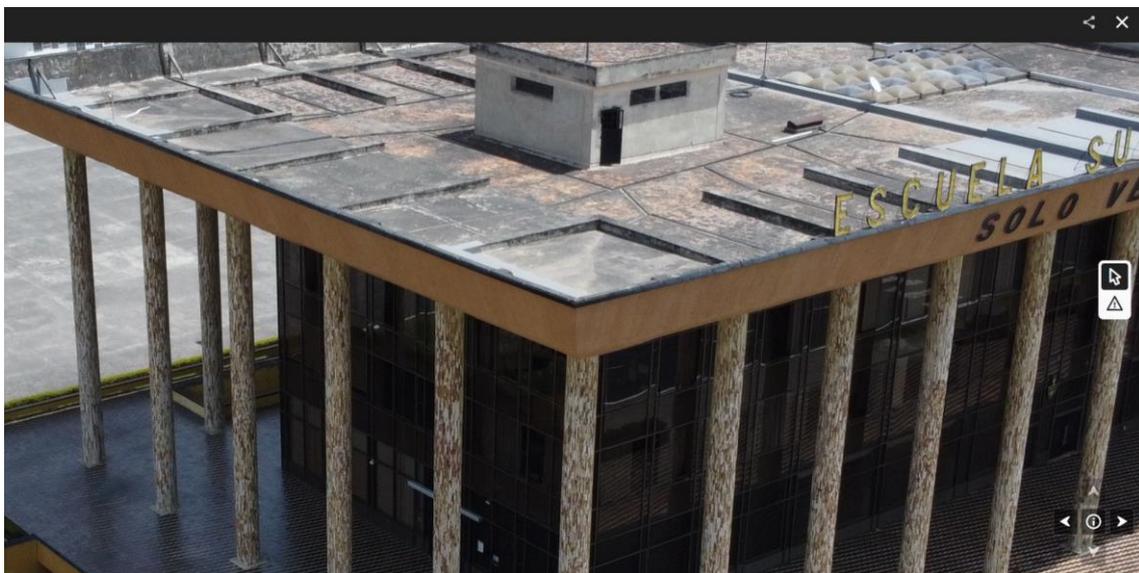


**Figura 46**

*Foto realizada con el dron para la inspección de fachadas y cubiertas ESMIL*

**Figura 47**

*Zoom al 50% para inspección de fachadas y cubiertas ESMIL*



**Figura 48**

*Zoom al 95% para la inspección de fachadas y cubiertas ESMIL*

**Tabla 44**

*Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Recepción, Oficinas	59.32	5	296.60	
E2	Auditorio	61.37	5	306.86	
E3	Mini Marquet y Biblioteca	36.39	4	145.57	
E4	Comedor	36.71	5	183.57	
E5	Cocinas	59.25	4	237.01	
E6	Dormitorios	39.24	6	235.46	
E7	Peluquería y Cabinas	69.45	2	138.90	56.17
E8	Consultorios, Habitaciones y laboratorios	63.07	5	315.33	
E9	Coliseo	58.13	6	348.80	
E10	Piscina	58.13	5	290.67	
E11	Comedor	60.87	5	304.35	
E12	Iglesia	74.24	4	296.97	
E13	Dormitorios	69.43	4	277.71	

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E14	Dormitorios	63.43	6	380.56	
E15	Auto centro, oficinas	60.01	1	60.01	
E16	Bodega	60.01	1	60.01	
E17	Comedor, Dormitorios	59.76	6	358.54	
E18	Aulas	57.85	6	347.09	
<b>TOTAL</b>		<b>1046.616</b>	<b>80.00</b>	<b>4584.00</b>	

**Tabla 45***Riesgo Global*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1.419186	
Riesgo Global (Rg)	40.37525	<b>MODERADO ALTO - C</b>

## Escuela Superior Naval “CMDTE RAFAEL MORÁN VALVERDE”

Datos generales de la unidad:

Provincia: Santa Elena

Catón: Salinas

Ubicación georreferenciada: 501382 E

9757830 N

Número de estructuras: 6

### Figura 49

*Escuela Superior Naval “CMDTE RAFAEL MORÁN VALVERDE”*



Datos de los edificios que conforman:

### ***ESSUNA 1: Dos Bloques de Dormitorios***

La estructura inspeccionada tiene aproximadamente 40 años de uso, su estructura es de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada que cuenta con 3 plantas, cuenta con una edificación adyacente con separación mayor al mínimo, es una edificación regular en planta y elevación, no presenta ampliaciones verticales ni horizontales, sus elementos estructurales como vigas, columnas y losas no presentan patologías, sus paredes se encuentran en muy buen estado sin patologías, no presenta elementos no estructurales exteriores altos exteriores, los elementos no estructurales interiores tienen una adecuada colocación e implementación, cubiertas en muy buen estado, salidas de

emergencia cumplen los criterios básicos de diseño, ventanas con otro tipo de material y sin implementación de accesibilidad inclusiva, teniendo un bloque en muy buen estado.

### **Figura 50**

*Dormitorios ESSUNA*



### ***ESSUNA 2: Bloque Central***

La edificación tiene una vida útil de aproximadamente 40 años de uso, compuesta de hormigón armado relleno de mampostería no reforzada de 3 plantas, el edificio es adyacente pero cumple con la separación mayor al mínimo, presenta regularidad en planta y elevación, no cuenta con ampliaciones verticales ni horizontales, no presenta patologías en vigas, columnas, losas y paredes; no presenta elementos no estructurales e interiores, las cubiertas se encuentran en muy buen estado, las salidas de emergencia cumplen con los requisitos básicos de diseño, las ventanas no son vidrios templados y la accesibilidad inclusiva no se ha implementado, teniendo una conservación muy buena de la edificación.

### ***ESSUNA 3: Tres Bloques de Aulas***

La estructura tiene un uso aproximadamente de 40 años, compuesta de hormigón armado relleno de mampostería no reforzada de 2 plantas, no presenta edificios cercanos que puedan ocasionar golpeteo, es una estructura regular en planta y elevación, la

estructura no presenta ampliaciones verticales ni horizontales. Las vigas, columnas, losas y paredes no presentan patologías; existe elementos no estructurales exteriores con una adecuada colocación, no presenta elementos estructurales no interiores, las cubiertas se encuentran en muy buen estado, las puertas de emergencia cumplen con los requisitos básicos, las ventanas no tienen vidrios templados y la accesibilidad inclusiva no fue implementado. Teniendo una conservación de la edificación en muy buen estado.

### Figura 51

*Aulas ESSUNA*



**Tabla 46**

Vulnerabilidad total de la unidad

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
1	Dormitorio 1	56,12	4	224,49	
2	Dormitorio 2	56,12	4	224,49	
3	Bloque Central	56,12	4	224,49	
4	Aula 1	57,13	4	228,52	56,63
5	Aula 2	57,13	4	228,52	
6	Aula 3	57,13	4	228,52	
<b>TOTAL</b>		<b>339,76</b>	<b>24,00</b>	<b>1359,04</b>	

**Tabla 47**

Riesgo Global

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1,43	
Riesgo Global (Rg)	39,67	<b>MODERADO ALTO - C</b>

**Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"**

Datos generales de la unidad:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Ubicación georreferenciada: 767774 E

9866259 N

Número de estructuras: 30

**Figura 52**

*Escuela de Formación de Soldados "VENCEDORES DEL CENEPA"*



Datos de los edificios que conforman:

***CENEPA 1: Piscina 1***

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada como una construcción mixta con cubierta de acero y un revestimiento de chapa ondulada, cuenta con una relación de largo-ancho menor a 4 y una de sus longitudes se encuentra próxima a 30 m, cuenta con irregularidad en planta debido a esquinas reentrantes así como irregularidad en elevación, además de contar con una ampliación que se apega al sistema constructivo utilizado inicialmente, las puertas de salida o de emergencia no son las adecuadas, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado y existe una nula presencia de accesos inclusivos.

**Figura 53***Piscina CENEPA***CENEPA 2: Edificio Central**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, no posee edificaciones cercanas que puedan causar problemas de golpeteo, la estructura no posee irregularidad en planta y elevación, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado y no existen accesos inclusivos.

**Figura 54***Fachada Edificio Central CENEPA*

**Figura 55***Vista Frontal Edificio Central CENEPA***CENEPA 3: Casino de Oficiales**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada que cuenta con una sola planta, no posee edificaciones cercanas que puedan causar problemas de golpeteo, su relación largo ancho es menor a 4 pero una de sus longitudes se aproxima a 30m, existen patologías en columnas y vigas, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado y no existen accesos inclusivos.

**Figura 56***Casino de Oficiales CENEPA*

**CENEPA 4: Área desalojo**

La edificación tiene aproximadamente 40 años de funcionamiento, teniendo una estructura de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada, no presenta edificios cercanos que puedan generar problemas de golpeteo y adyacencia, la relación largo ancho es menor a cuatro, tenemos regularidades en planta y elevación, no cuenta con ampliaciones horizontales y verticales, sus elementos estructurales vigas, columnas y losas no presentan patologías, las paredes presentan grietas en las fachadas, no hay elementos estructurales exteriores ni interiores que puedan generar problemas de colapso estructural, la cubierta se encuentra en muy buen estado, las ventas, puertas de emergencia y accesibilidad inclusiva cumple con los requisitos básicos de diseño y podemos considerar una estructura que se encuentra en muy buen estado.

**CENEPA 5: Comedor 1**

La estructura cuenta con aproximadamente 20 años de uso, presenta una estructura de cuatro pisos de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o adyacencia, la edificación posee una relación largo ancho menor a 4m, presenta una edificación regular en planta y elevación, no presenta ampliaciones, no presenta patologías en las vigas, columnas y losas, en las paredes presenta fracturas o grietas en fachadas, no hay presencia de elementos estructurales exteriores e interiores, las puertas, ventanas y accesibilidad cumplen con los requisitos básicos, teniendo una edificación de conservación muy buena.

**CENEPA 6: Centro de Salud Urbano**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada que cuenta con una sola planta, no posee edificaciones cercanas que puedan causar problemas de golpeteo, su relación largo ancho (27mx15m, aproximadamente) es menor a 4 pero una de sus longitudes se aproxima a 30m, la estructura no posee irregularidad en planta y

elevación, existen patologías en paredes debido a grietas presentes en esquinas de ventanas, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado.

### **Figura 57**

*Vista frontal centro de salud urbano CENEPA*



### **Figura 58**

*Vista Posterior centro de salud urbano CENEPA*



### **CENEPA 7: Estacionamientos**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, no posee edificaciones cercanas que puedan causar problemas de golpeteo, su relación largo ancho (30mx17m, aproximadamente) es menor a 4 pero una de sus longitudes se aproxima a

30m, la estructura no posee irregularidad en planta y elevación, además de no contar con ampliaciones verticales pero si cuenta con una ampliación horizontal con el mismo sistema constructivo e igual número de plantas, hay presencia de patologías en paredes debido a presencia de humedad y grietas en esquinas de ventanas, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado.

### Figura 59

*Estacionamientos CENEPA*



### Figura 60

*Estacionamientos CENEPA*



**CENEPA 8: Dormitorio de Oficiales 1**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada como una estructura con pórticos de acero con paredes de mampostería de relleno sin refuerzo, su cubierta es metálica, su relación largo ancho (11mx10m, aproximadamente) es menor a 4, la estructura no posee irregularidad en planta y elevación, además de no contar con ampliaciones verticales u horizontales, existen patologías en paredes debido a grietas presentes en esquinas de ventanas y puertas, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado, existen elementos no estructurales exteriores correctamente fijados que no presentan inconvenientes, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

**Figura 61**

*Vista lateral dormitorios de oficiales 1 CENEPA*



**Figura 62**

*Vista frontal dormitorios de oficiales 1 CENEPA*

***CENEPA 9: Dormitorio de Oficiales 2***

La estructura evaluada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada como una estructura con pórticos de acero con paredes de mampostería de relleno sin refuerzo, su cubierta es metálica, su relación largo ancho (11mx10m, aproximadamente) es menor a 4, la estructura no posee irregularidad en planta y elevación, además de no contar con ampliaciones verticales u horizontales, existen patologías en paredes debido a grietas presentes en esquinas de ventanas y puertas, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado, existen elementos no estructurales exteriores correctamente fijados que no presentan inconvenientes, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

**Figura 63***Dormitorios de oficiales 2 CENEPA****CENEPA 10: Dormitorio de Oficiales 3***

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada como una estructura con pórticos de acero con paredes de mampostería de relleno sin refuerzo, su cubierta es metálica, su relación largo ancho (20mx12.5m, aproximadamente) es menor a 4, la estructura posee irregularidad en planta debido a esquinas reentrantes e irregularidad en elevación por niveles divididos, además de no contar con ampliaciones verticales u horizontales, se evidencia patologías en las columnas debido a fisuras, existen patologías en paredes debido a grietas presentes en esquinas de ventanas y puertas, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado, existen elementos no estructurales exteriormente fijados que no presentan inconvenientes, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

**Figura 64**

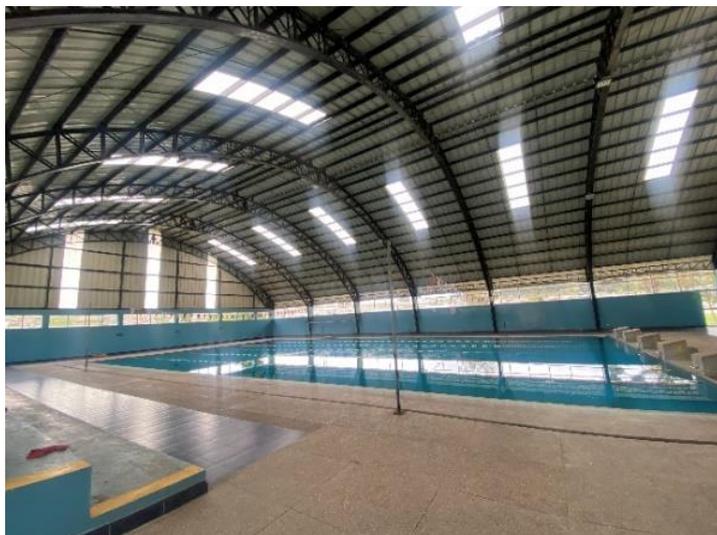
*Dormitorios de oficiales 3 CENEPA*

***CENEPA 11: Piscina 2***

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada como una construcción mixta con cubierta de acero y un revestimiento de chapa ondulada, cuenta con una relación de largo-ancho menor a 4 y una de sus longitudes se encuentra próxima a 30 m, cuenta con un edificio adyacente, mismo que no cumple con la distancia mínima de separación, no cuenta con irregularidad en planta así como irregularidad en elevación, existen patologías en paredes debido a fracturas o grietas horizontales en la fachada, cuenta con la presencia de un elemento con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico, las puertas de salida o de emergencia no son las adecuadas, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado y existe una nula presencia de accesos inclusivos.

**Figura 65**

*Interior de piscina 2 CENEPA*

**Figura 66**

*Vista exterior piscina 2 CENEPA*



### **CENEPA 12: Gimnasio**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, se toma en cuenta condiciones de golpeteo ya que un edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación mayor al mínimo mientras que en las condiciones de adyacencia existe un edificio adyacente con más de dos plantas, la edificación cuenta con una relación largo-

ancho menor a 4, es regular en planta y en elevación, existen patologías en paredes debido a grietas presentes en esquinas de ventanas y puertas, las ventanas no cumplen con el requerimiento de ser de vidrio templado, cuenta con la presencia de un elemento con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado y no existen accesos inclusivos.

### **Figura 67**

*Gimnasio CENEPA*



### **CENEPA 13: Bodegas**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, se trata de una estructura con pórticos de acero con paredes de mampostería no reforzada, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la relación largo-ancho es inferior a 4, no es irregular en planta y en elevación, posee patologías en vigas debido a grietas por retracción de hormigón, patología en columnas debido a fisuras, no existen patologías en la cubierta metálica y las paredes presentan fracturas en la fachada, cuenta con la presencia de un elemento con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado,

las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

### **Figura 68**

*Bodegas CENEPA*



#### **CENEPA 14: Comedor 2**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la relación largo-ancho es inferior a 4, es irregular en planta debido a esquinas reentrantes y no presenta irregularidad en elevación, existen patologías en vigas debido a grietas por retracción del hormigón, se observan patologías en paredes debido a fracturas en la fachada, cuenta con la presencia de un elemento con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

**Figura 69***Comedor 2 CENEPA****CENEPA 15: Fisioterapia y Radiaciones***

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo y cubierta metálica, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la relación largo-ancho es inferior a 4, no presenta irregularidad en planta y elevación, se observa patologías en columnas debido a fisuras presentes en la estructura y patologías en paredes por grietas en esquinas de ventanas y puertas, cuenta con la presencia de un elemento con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y las ventanas no están fabricadas en vidrio templado.

**Figura 70**

*Centro de fisioterapia y radiaciones CENEPA*

**Figura 71**

*Centro de fisioterapia y radiaciones CENEPA*



### **CENEPA 16: Farmacia**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo y cubierta metálica, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la edificación posee una relación largo-ancho menor a 4m, no presenta irregularidad en planta y elevación, presenta patologías en vigas debido a grietas por retracción de hormigón, además de patología en columnas por fisuras y patologías en paredes por grietas en esquinas de ventanas y puertas, las ventanas no están

fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

### Figura 72

*Farmacias CENEPA*



### Figura 73

*Farmacias CENEPA*



### **CENEPA 17: Bodega de Intendencia**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo y cubierta metálica, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la edificación posee una relación largo-ancho (38m x 13.50m) menor a 4m y una de sus longitudes es próxima a 4, no presenta irregularidad en

planta y elevación, presenta patología en columnas por fisuras y patologías en paredes por grietas en esquinas de ventanas y puertas, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

### **Figura 74**

*Bodega de intendencia CENEPA*



### **CENEPA 18: Bodega 2**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 40 años de uso, se trata de una estructura con pórticos de acero con paredes de mampostería no reforzada, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la edificación posee una relación largo-ancho menor a 4m, no presenta irregularidad en planta y elevación, existen patologías en paredes por grietas en esquinas de ventanas y puertas, se encuentran elementos no estructurales exteriores con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

**Figura 75**

*Bodegas 2 CENEPA*

**Figura 76**

*Bodegas 2 CENEPA*



### ***CENEPA 19: Bloque Administrativo***

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo, existe condición de golpeteo debido a la presencia de un edificio adyacente que se encuentra a un espacio de separación igual al mínimo, cuenta con

edificaciones adyacentes con nivel de piso mayor a 60cm de forma vertical, la edificación posee una relación largo-ancho menor a 4m, no presenta irregularidad en planta y elevación, existen patologías en paredes por grietas en la fachada, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

### **Figura 77**

*Bloque administrativo CENEPA*



### **CENEPA 20: Almacén Militar - Bodega de Suministros**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo y cubierta metálica, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la edificación posee una relación largo-ancho (17.25m x 14.25m) menor a 4m, no presenta irregularidad en planta y elevación, presenta patologías en vigas debido a grietas por retracción de hormigón, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y existe una deficiente implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva.

**Figura 78**

*Almacén militar - Bodega de suministros CENEPA*

**Figura 79**

*Almacén militar - Bodega de suministros CENEPA*



### ***CENEPA 21: Aulas de Computación - Laboratorios***

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo y cubierta metálica, existe condición de golpeteo, la edificación posee una relación largo-ancho (38.25m x 14.25m) menor a 4m y una de sus longitudes es próxima a 30m, no presenta irregularidad en planta y elevación, presenta patologías en vigas debido a grietas por retracción de hormigón, existen elementos no estructurales

exteriores con adecuada fijación, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

### **Figura 80**

*Vista Frontal Aulas - Laboratorios CENEPA*



### **Figura 81**

*Vista Posterior Aulas - Laboratorios CENEPA*



### **CENEPA 22: Dormitorios Aspirantes, Instructores, Voluntarios**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la edificación posee una relación largo-ancho menor a 4m y una de sus longitudes es próxima

a 30m, no presenta irregularidad en planta y elevación, se observan patologías en paredes por grietas en esquinas de ventanas y puertas, existen elementos no estructurales interiores (cielo falso) que presentan una adecuada colocación e implementación, la mayoría de las puertas de salida de emergencia cumplen con los requisitos básicos, las ventanas no están fabricadas en vidrio templado y no existen accesos inclusivos.

## **Figura 82**

### *Dormitorios CENEPA*



### **CENEPA 23: Material de Riesgo**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo, no presenta edificios cercanos que puedan causar problemas de golpeteo o de adyacencia, la edificación posee una relación largo-ancho menor a 4m, no presenta irregularidad en planta y elevación, no existen patologías visibles en los elementos estructurales, la estructura cumple con las normas básicas establecidas.

**Figura 83**

*Material de riesgo CENEPA*

**Figura 84**

*Material de riesgo CENEPA*



### **CENEPA 24: Aulas y Oficinas**

La estructura inspeccionada cuenta con aproximadamente 20 años de uso, considerada una construcción con pórticos de hormigón armado con mampostería de relleno sin refuerzo, cuenta con edificaciones adyacentes con nivel de piso mayor a 60cm de forma vertical, la edificación posee una relación largo-ancho (35m x 14m) menor a 4m y una de sus longitudes es próxima a 30 m, no presenta irregularidad en planta y elevación, no existen patologías visibles en los elementos estructurales, las ventanas no están

fabricadas en vidrio templado, las puertas de salida o emergencia no cumplen con los requisitos básicos y no existen accesos inclusivos.

### **Figura 85**

*Aulas y oficinas CENEPA*



### ***CENEPA 25: Dormitorios especialistas***

La estructura analizada tiene aproximadamente 40 años de uso, presenta un estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada,, no presenta problemas de golpeteo ni de adyacencia, tenemos una relación largo ancho menor a cuatro, no presenta problemas de irregularidades en planta y elevación, es una estructura que no presenta ampliaciones verticales ni horizontales, sus elementos estructurales como columnas, vigas y losas no presenten patologías, en lo que respecta a paredes presenta grietas horizontales o verticales en fachadas, no presenta elementos estructurales exteriores ni interiores, sus cubiertas se encuentran en perfecto estado, las ventanas, puertas de emergencias y accesibilidad inclusiva cumplen con los requisitos básicos, presentando una estructura en muy buen estado.

**Figura 86***Dormitorios especialistas CENEPA***CENEPA 26: Cocina**

La presente construcción tiene aproximadamente 7 años de funcionamiento, tenemos una edificación menor de cuatro pisos, su estructura es liviana de madera simple, no presenta edificios cercanos que puedan causar golpeteo ni adyacencia, su relación largo – ancho es menor a cuatro, la edificación es regular tanto en elevación y planta, no presenta ampliaciones verticales y horizontales, en sus elementos estructurales como columnas, losas y vigas no presentan patologías, mientras que en sus paredes presentan grietas en fachadas, no hay presencia de elementos estructurales exteriores e interiores, sus cubiertas se encuentran en perfecto estado, lo que respecta a puertas de emergencias, ventanas y accesibilidad inclusiva presentan los requisitos básicos, teniendo una estructura en muy buen estado.

**CENEPA 27: Dormitorio**

La estructura cuenta con aproximadamente 20 años de uso, presenta una estructura menor a cuatro pisos compuesta de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada, no presenta problemas de golpeteo ni adyacencia, la relación largo – ancho es menor a cuatro, tenemos una edificación regular tanto en planta como en elevación, no presenta ampliaciones verticales ni horizontales, no presenta patologías en vigas, columnas

y losas; en paredes presenta grietas en las fachadas, no hay presencia de elementos estructurales exteriores ni interiores que puedan generar colapsos en la estructura, las cubiertas se encuentran en un estado muy bueno, las salidas de emergencias, ventanas y accesibilidad inclusiva cumplen con los requisitos básicos, considerando a esta estructura en muy buen estado.

### **Figura 87**

*Dormitorio CENEPA*



### ***CENEPA 28: Dormitorio mujeres***

La estructura cuenta con aproximadamente 20 años de uso, tenemos una edificación de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada, no presenta edificios cercanos que puedan ocasionar golpeteo ni adyacencia, la relación largo ancho menor a cuatro, tenemos una estructura regular en planta y elevación, no tiene ampliaciones verticales ni horizontales, sus elementos estructurales tanto en vigas, losas y columnas no presentan patologías, mientras que sus paredes cuentan con grietas en fachadas, no hay problemas de colapso porque no presenta elementos estructurales exteriores e interiores, las ventanas cuentan con vidrio templado, las puertas de emergencia y accesibilidad inclusiva presentan los requisitos básicos, considerando a la estructura que se encuentra en muy buen estado.

**Figura 88***Dormitorio mujeres CENEPA****CENEPA 29: Dormitorios Aspirantes***

La edificación inspeccionada tiene un uso aproximado de 40 años, esta estructura está compuesta por hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada, no tiene problemas de golpeteo ni adyacencia, la relación largo – ancho es menor a cuatro, presenta regularidad tanto en planta y elevación, no tiene ampliaciones verticales ni horizontales, no presenta patologías en columnas, losas y paredes; no hay presencia de elementos estructurales exteriores e interiores que puedan colapsar a la estructura, las cubiertas se encuentran en muy buen estado, las puertas de emergencias, ventanas y accesibilidad inclusiva cumplen con los requisitos básicos, considerando a la estructura en muy buen estado.

**Figura 89***Dormitorios Aspirantes CENEPA****CENEPA 30: Dormitorios Espe Mujeres***

La estructura cuenta con aproximadamente 40 años de funcionamiento, tenemos una estructura menor a cuatro pisos, compuesta de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada, no presenta problemas de golpeteo ni adyacencia ya que no se encuentra cercano a otras edificaciones, la relación largo – ancho es menor a cuatro, tenemos una edificación regular en planta y elevación; no cuenta con ampliaciones verticales ni horizontales, sus vigas, columnas y losas no cuentan con patologías, en sus paredes presentan grietas en sus fachadas, los elementos estructurales interiores y exteriores no presentan inconvenientes que puedan generar colapsos, las puertas de emergencias, ventanas y accesibilidad inclusiva cumplen con los requisitos básicos, cubiertas en buen estado, considerando en general una estructura que se encuentra en muy buen estado.

**Figura 90***Dormitorios ESPE mujeres CENEPA***Tabla 48***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
1	Piscina 1	37,76	5,00	188,80	
2	Edificio Central	57,46	6,00	344,76	
3	Casino de Oficiales	59,26	4,00	237,04	
4	Área de Desalojo	59,07	1,00	59,07	
5	Comedor 1	36,80	4,00	147,20	
6	Centro de Salud Urbano	59,07	5,00	295,35	
7	Estacionamientos	59,33	1,00	59,33	46,41
8	Dormitorio de Oficiales 1	37,41	5,00	187,04	
9	Dormitorio de Oficiales 2	37,41	5,00	187,04	
10	Dormitorio de Oficiales 3	37,72	5,00	188,61	
11	Piscina 2	37,33	5,00	186,65	
12	Gimnasio	41,58	4,00	166,31	

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
13	Bodegas	37,46	4,00	149,86	
14	Comedor 2	37,25	4,00	149,00	
15	Fisioterapia y Radicaciones	60,19	5,00	300,95	
16	Farmacia	60,77	5,00	303,84	
17	Bodega de Intendencia	60,30	4,00	241,19	
18	Bodega 2	59,47	4,00	237,90	
19	Bloque Administrativo	38,51	4,00	154,06	
20	Almacén Militar-Suministros	37,41	4,00	149,63	
21	Aula Computación-Laboratorios	39,67	4,00	158,68	
22	Dormitorio Aspirantes, Instructores, Voluntarios	37,66	5,00	188,29	
23	Material de Riesgo	34,50	1,00	34,50	
24	Aulas y Oficinas	39,31	5,00	196,57	
25	Dormitorios Especialistas	57,27	5,00	286,35	
26	Cocina	22,30	4,00	89,20	
27	Dormitorios	34,99	5,00	174,95	
28	Dormitorios Mujeres	59,32	5,00	296,61	
29	Dormitorios Aspirantes	58,82	5,00	294,10	
30	Dormitorio ESPE Mujeres	57,52	5,00	287,61	
	<b>TOTAL</b>	<b>1392,92</b>	<b>128,00</b>	<b>5940,45</b>	

**Tabla 49***Riesgo Global*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,56	
Riesgo Global (Rg)	29,82	<b>MODERADO - B</b>

**Colegio Militar N°1 “ELOY ALFARO”**

Datos generales de la estructura:

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Ubicación georreferenciada: 779335 E

9978245 N

Número de estructuras: 6

**Figura 91***Colegio Militar N°1 “ELOY ALFARO”*

Datos de los edificios que conforman:

### **COMIL 1: Edificio Central**

La construcción presentada tiene alrededor de 120 años, considerándose una construcción con una estructura con marcos resistentes a momentos (C1) según FEMA y mampostería no reforzada, de tres plantas, irregular en planta (presencia de esquinas reentrantes), posee edificaciones cercanas separadas con un espacio mayor al mínimo. No presenta afectaciones en vigas, columnas y losas.

### **Figura 92**

*Edificio central COMIL*



### **COMIL 2: Aulas Sección Básica**

La construcción tiene aproximadamente 90 años, se considera una estructura de hormigón armado con marcos resistentes a momentos (C1) según FEMA de 3 plantas y mampostería no reforzada, regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes. La estructura presenta grietas en vigas por corte, además grietas inclinadas y verticales en paredes.

### **Figura 93**

*Aulas sección básica COMIL*



**COMIL 3: Aulas Bachillerato**

La construcción tiene aproximadamente 90 años, se considera una estructura de hormigón armado con marcos resistentes a momentos (C1) según FEMA y mampostería no reforzada de 3 plantas, regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes. La estructura presenta afectaciones en vigas por retracción de hormigón y en columnas presenta fisuras.

**Figura 94**

*Aulas bachillerato COMIL*

**COMIL 4: Coliseo**

La construcción tiene aproximadamente 90 años, según FEMA, esta construcción es de mampostería de ladrillo sin armar combinada con vigas y columnas de diferentes materiales. No presenta irregularidad en planta ni elevación. No existen construcciones adyacentes.

**Figura 95**

*Coliseo COMIL*



**COMIL 5: Piscina**

La construcción tiene aproximadamente 25 años, se considera una construcción metálica liviana (S3) según FEMA, presentando una irregularidad en planta debido a sistemas paralelos y en elevación por presentar columna corta. No existen construcciones adyacentes. Presente problema de humedad en las paredes.

**Figura 96**

*Piscina COMIL*

**COMIL 6: Gimnasio – Aulas**

La construcción presentada tiene alrededor de 90 años, considerándose una construcción con una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA, regular en planta y elevación, posee edificaciones cercanas separadas con un espacio mayor al mínimo. Presenta fisuras en columnas y paredes.

**Figura 97***Gimnasio - Aulas COMIL***Tabla 50**

Vulnerabilidad total de la unidad

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
1	Edificio Central	69,46	4	277,83	
2	Aulas Sección Básica	63,61	6	381,65	
3	Aulas Bachillerato	63,61	6	381,65	64,95
4	Coliseo	67,03	5	335,17	

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
5	Piscina	58,86	5	294,30	
6	Gimnasio	69,46	4	277,83	
<b>TOTAL</b>		<b>392,02</b>	<b>30,00</b>	<b>1948,41</b>	

**Tabla 51**

Riesgo Global

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1,32	
Riesgo Global (Rg)	49,09	<b>ALTO - D</b>

**Escuela de IWIAS**

Datos generales de la unidad:

Provincia	Pastaza
Cantón:	Shell
Ubicación georreferenciada:	826971 E
	9833026 N
Número de estructuras:	6

**Figura 98***Escuela de IWIAS*

Datos de los edificios que conforman:

***IWIAS 1: Auditorio***

La construcción presentada tiene alrededor de 40 años, considerándose una construcción con una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA de 2 platas, regular en planta y elevación, no presenta edificios adyacentes cercanos. Las vigas y columnas no presentan patologías. Las paredes presentan fisuras y humedad.

**Figura 99***Auditorio IWIAS*

***IWIAS 2: Baños hombres / Baños mujeres***

La construcción presentada tiene alrededor de 40 años, considerándose una construcción con una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA de una planta, regular en planta y elevación, no presenta edificios adyacentes cercanos. Las vigas no presentan patologías, las columnas presentan fisuras. Las paredes presentan fisuras y humedad.

**Figura 100**

*Baños hombres y mujeres IWIAS*

***IWIAS 3: Bodegas***

La construcción presentada tiene alrededor de 40 años, considerándose una construcción con una estructura liviana de madera simple o multi-viviendas de dos pisos (W1) según FEMA, de una planta regular en planta y elevación, no presenta edificios adyacentes cercanos. Las vigas, columnas y losa no presentan patologías. Las paredes presentan fisuras y humedad.

**Figura 101**

*Bodegas IWIAS*



***IWIAS 4: Cocina***

La construcción presentada tiene alrededor de 40 años, considerándose una construcción con una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA, regular en planta y elevación, no presenta edificios adyacentes cercanos. Las vigas presentan grietas por retracción de hormigón, las columnas presentan fisuras las paredes presentan grietas en esquinas de verticales y puertas, así como humedad localizada.

**Figura 102**

*Cocina IWIAS*

***IWIAS 5: Comando***

La construcción presentada tiene alrededor de 40 años, considerándose una construcción con una estructura de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada (C3) según FEMA, de una planta, regular en planta y elevación, no presenta edificios adyacentes cercanos. Presenta una ampliación vertical de una planta más pequeña que la principal. Las vigas, columnas y losas no presentan patologías. Las paredes presentan grietas.

**Figura 103**

*Comando IWIAS*

***IWIAS 6: Dormitorios***

La construcción presentada tiene alrededor de 40 años, considerándose una construcción con una estructura de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada (C3) según FEMA, regular en planta y elevación, no presenta edificios adyacentes cercanos. Presenta una ampliación horizontal con un mismo sistema constructivo e igual número de plantas. Las vigas y losas no presentan patologías. Las columnas presentan fisuras. Las paredes presentan grietas en esquinas de ventanas y puertas, así como humedad localizada.

**Figura 104**

*Dormitorios IWIAS*



**Tabla 52**

Vulnerabilidad total de la unidad

<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
1	Auditorio	60,88	6	365,26	
2	Baños	61,02	2	122,03	
3	Bodegas	61,16	1	61,16	60,90
4	Cocina	58,93	3	176,80	
5	Comando	61,67	4	246,67	
6	Dormitorios	61,52	4	246,08	
<b>TOTAL</b>		<b>365,18</b>	<b>20,00</b>	<b>1218,01</b>	

**Tabla 53**

Riesgo Global

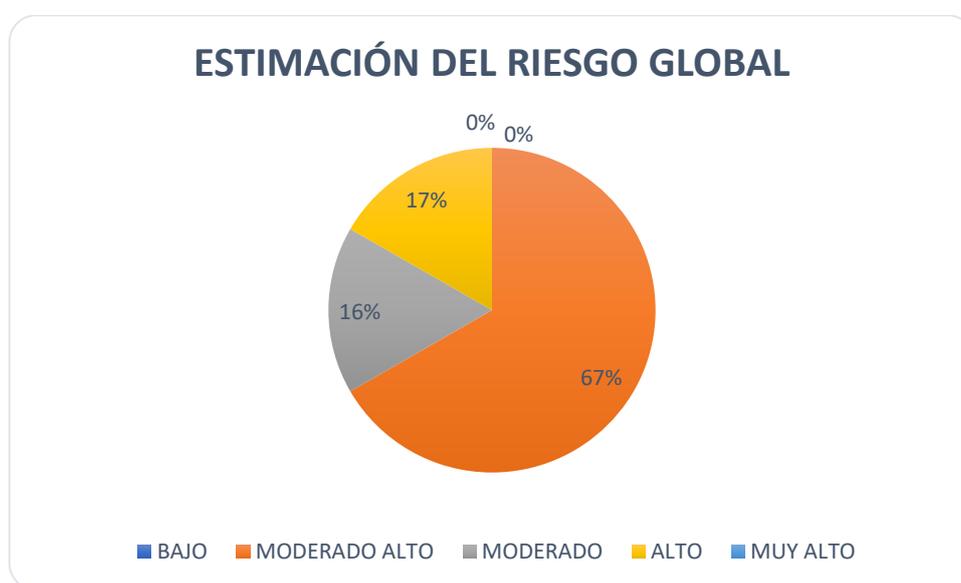
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coefficiente de capacidad (C)	1,37	
Riesgo Global (Rg)	44,33	<b>MODERADO ALTO - C</b>

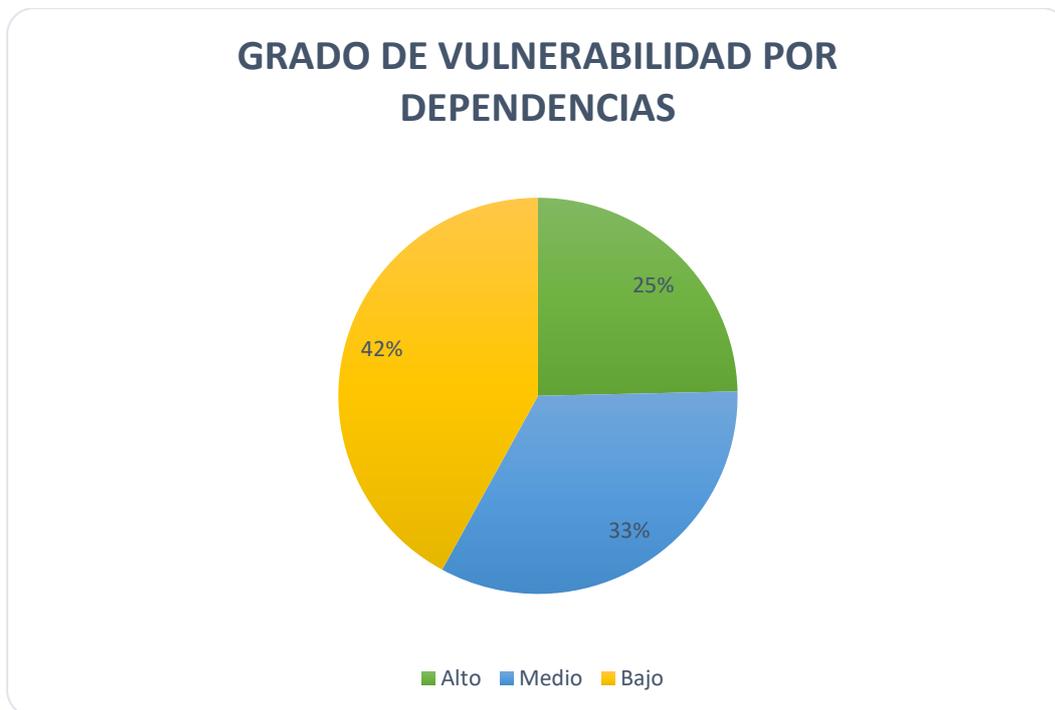
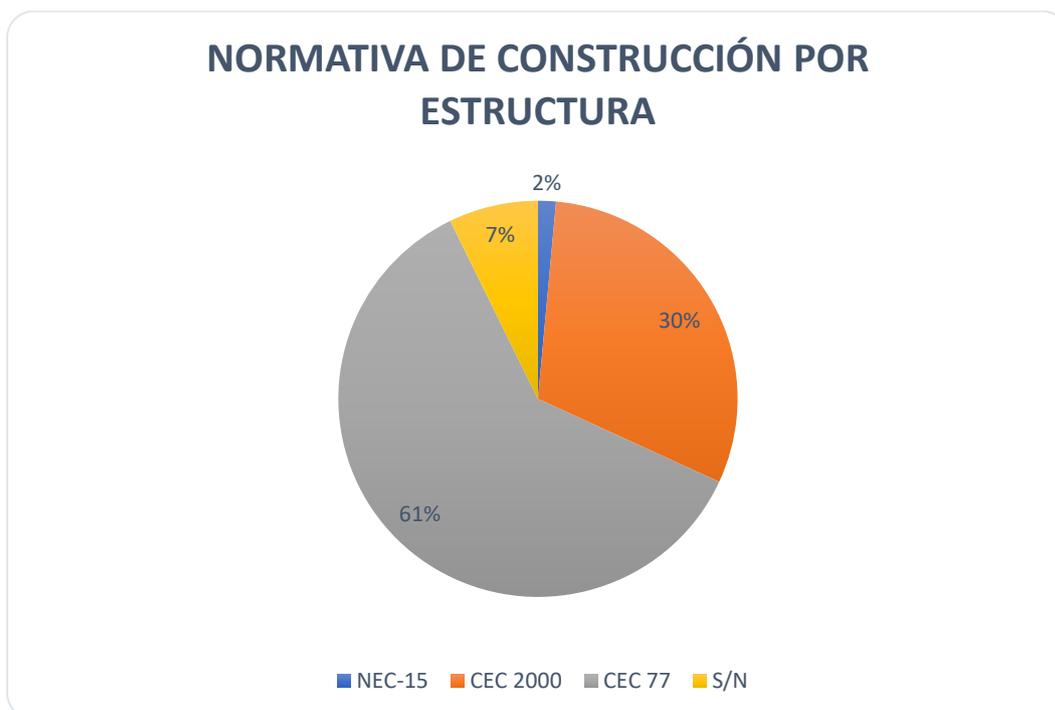
### Gráficos Comparativos

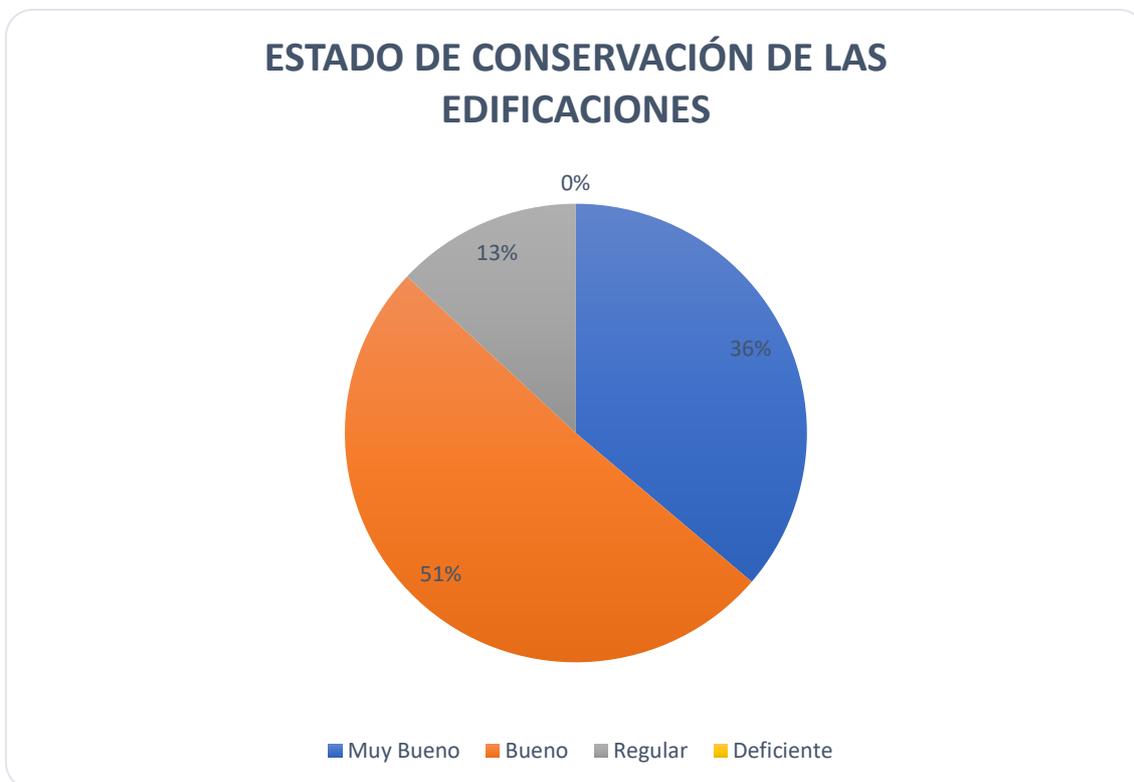
Una vez tabulados los resultados de las evaluaciones en las unidades militares en Quito, Salinas, Shell y Ambato, se procede a la comparación grafica de los resultados en base a la estimación del riesgo global por unidades militares, grado de vulnerabilidad por dependencias, normativa de construcción usada y tipo de estructura en cada edificación evaluada.

#### Figura 105

*Estimación del Riesgo Global por recintos*



**Figura 106***Grado de Vulnerabilidad por Dependencias***Figura 107***Normativa de Construcción por Estructuras*

**Figura 108***Tipo de Edificaciones según la FEMA***Figura 109***Estado de Conservación de las Edificaciones*

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

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.

### **Recomendaciones**

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.

## Referencias

- Acosta, A., Guerrero, D., León, R., Oña, P., Cruz, M., & Toulkeridis, T. (2016). Calificación y Cuantificación de fallas geológicas en el Distrito Metropolitano de Quito. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1(3), 35 - 42. <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/09/art5.pdf>
- Aguiar Falconí, R., & Rivas Medina, A. (2018). *Microzonificación Sísmica de Ambato*. Municipalidad de Ambato. [https://www.researchgate.net/publication/327039910\\_Libro\\_Microzonificacion\\_Sismica\\_de\\_Ambato](https://www.researchgate.net/publication/327039910_Libro_Microzonificacion_Sismica_de_Ambato)
- Aguirre Ramos, K. A., Andrango Vallejos, S. A., Armijos Arcos, J. A., Boada Padilla, A. J., Díaz Escobar, J. D., Mejía Cárdenas, E. S., . . . Trujillo Cadena, C. E. (2022). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades y recintos militares en el valle interandino entre Tulcán y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000*. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/29046>
- Alamgro Oña, P. A., & Paredes Jaramillo, E. X. (2016). Quito.
- Ballesteros Salazar, K., & Caizaguano Montero, D. (17 de Agosto de 2020). *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000. Estudio de caso*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/22553/1/T-ESPE-043869.pdf>
- Balón Ramos, I., Reyes Perero, A., Tomalá González, L., & Rodríguez Moreira, D. (2018). Componentes principales y su aplicación para el cálculo de la vulnerabilidad socioeconómica caso cantones de la provincia de Carchi 2010. *Revista de Planeación y Control Microfinanciero*, 4(14), 16 - 22. [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Planeacion\\_y\\_Control\\_Microfinanciero/volumen14/Revista\\_de\\_Planeaci%C3%B3n\\_y\\_Control\\_Microfinanciero\\_V4\\_N14.pdf#page=31](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Planeacion_y_Control_Microfinanciero/volumen14/Revista_de_Planeaci%C3%B3n_y_Control_Microfinanciero_V4_N14.pdf#page=31)
- Calvi, G., Magenes, G., Pinho, R., Bommer, J., Restrepo, L., & Crowley, H. (2006). *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*.
- CAMICON, M. &. (2015). *PELIGRO SÍSMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- Cardona Arboleda, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. <http://hdl.handle.net/10803/6219>
- Chávez, B. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito – Ecuador y riesgo de pérdida. En B. A. Chávez Ordóñez, *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito – Ecuador y riesgo de pérdida* (págs. 2-3). Quito: Quito, 2016.
- Cornejo de Grunauer, M. D. (2014). *Ecuador avanza en gestión de riesgos*. [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Logros-SGR\\_finalok.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Logros-SGR_finalok.pdf)

- Correa Zuñiga, C. (2016). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES LUEGO DE UN EVENTO SÍSMICO. Guayaquil. EL CONSEJO METROPOLITANO DE QUITO. (2003). *ORDENANZA 3457*. Quito.
- Fajardo Cartuche, C. N., Guevara Álvarez, P. M., Herrera Garcés, K. K., Ochoa Campoverde, C. V., & Torres Orellana, J. S. (2021). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000*. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24239>
- FEMA. (2016). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook.
- Garcés, J. (2017). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Gordillo, S. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015). En S. Gordillo, *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015)*. (págs. 2-3). Quito: UCE.
- Parra, H. (2016). *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador Continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Programa de Doctorado en Ingeniería Geográfica.
- Sánchez, C. (2016). *Aplicación de métodos probabilistas en la evaluación del riesgo sísmico del Distrito del Eixample (Barcelona)*. Barcelona: Escola de Camins, UPC BARCELONATECH.
- Silva, V., Crowley, H., Varum, H., Crowley, H., & Pinho, R. (2015). *Seismic risk assessment for mainland Portugal*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10518-014-9630-0>
- Souza, J. C. (25 de Junio de 2021). *¿Qué significan las grietas en las estructuras de hormigón?* <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/880210/que-significan-las-grietas-en-las-estructuras-de-hormigon>
- Torres Rites, D. (2016). *Instructivo para elaborar el Diagnóstico de Riesgos*. Ministerio de Educación del Ecuador. [https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Libro2.1-Instructivo-para-elaborar-el-Diagnostico\\_SIGR-E.pdf](https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Libro2.1-Instructivo-para-elaborar-el-Diagnostico_SIGR-E.pdf)
- Torres, J. (2017). *Estado central, gobierno local y población ambateña en la reconstrucción de la urbe tras el terremoto del 5 de agosto de 1949*. Universidad Andina Simón Bolívar. Programa de Maestría.: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5859/1/T2429-MH-Torres-Estado.pdf>
- Zambrano, C. (2019). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y ANÁLISIS DE POSIBLE INTERVENCIÓN Y REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO VENUS LOOR UBICADO EN EL CANTÓN PEDERNALES. En C. ZAMBRANO, *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y ANÁLISIS DE POSIBLE INTERVENCIÓN Y REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO VENUS LOOR UBICADO EN EL CANTÓN PEDERNALES*. (pág. 19). Manabí: Manabí, 2019.