



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

Cabrera Torres, Alejandra Carolina; Endara Benavides, Francisco Fabian; Gavilanez Jaya, William Fernando; Heredia Timbila, Stalin Jorge; Llanos Quimbiulco, Lesly Mishell; Moyón Gusqui, Manuel Fabian; Nuñez Pintado, Jairo Fidel; Tayupanda Maza, Madelaine Bethsabe.

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

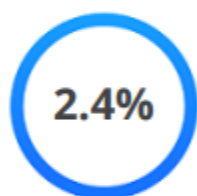
04 de marzo del 2023

## Reporte de la herramienta de verificación de contenidos



VULNERABILIDAD\_SÍSMICA\_PARTE\_FINAL.pdf

Scanned on: 22:53 March 1, 2023 UTC



Overall similarity score



Results found



Total words in text

	Word count
Identical	569
Minor Changes	0
Paraphrased	0
Omitted	6545



REPORTE DE VERIFICACION DE CONTENIDOS para:  
THEOFILOS  
FOULKERIDIS

## Certificación



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

**Carrera de Ingeniería Civil**

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de Unidades Militares de interés (colegios, hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 parte final.”, fue realizado por los estudiantes **Cabrera Torres, Alejandra Carolina; Endara Benavides, Francisco Fabian; Gavilanez Jaya, William Fernando; Heredia Timbila, Stalin Jorge; Llanos Quimbiulco, Lesly Mishell; Moyón Gusqui, Manuel Fabian; Nuñez Pintado, Jairo Fidel; Tayupanda Maza, Madelaine Bethsabe**; el mismo que ha sido revisado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido, por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 02 de Marzo del 2023**



---

**Dr. Toulkeridis, Theofilos**

**C.C: 1717885618**



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

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Cabrera Torres, Alejandra Carolina; Endara Benavides, Francisco Fabián; Gaviláñez Jaya, William Fernando; Heredia Timbila, Stalin Jorge; Llanos Quimbiulco, Lesly Mishell; Moyón Gusqui, Manuel Fabian; Núñez Pintado, Jairo Fidel; Tayupanda Maza, Madelaine Bethsabe**, con cédula de identidad n° 0106085640, 0502728744, 0603564287, 1724380702, 1726425919, 0603214693, 1718027525, 1726162082, declaramos que el contenido, ideas y criterios de trabajo de Integración Curricular "**Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de Unidades Militares de interés (colegios, hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 parte final.**" es de nuestra autoría y responsabilidad cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 02 Marzo del 2023**

  
**Cabrera Torres,  
 Alejandra Carolina**  
 C.C: 0106085640

  
**Endara Benavides,  
 Francisco Fabián**  
 C.C: 0502728744

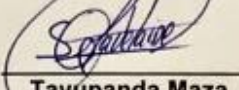
  
**Gaviláñez Jaya,  
 William Fernando**  
 C.C: 0603564287

  
**Heredia Timbila,  
 Stalin Jorge**  
 C.C: 1724380702

  
**Llanos Quimbiulco,  
 Lesly Mishell**  
 C.C: 1726425919

  
**Moyón Gusqui,  
 Manuel Fabian**  
 C.C: 0603214693

  
**Núñez Pintado,  
 Jairo Fidel**  
 C.C: 1718027525

  
**Tayupanda Maza,  
 Madelaine Bethsabe**  
 C.C: 1726162082



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Nosotros, **Cabrera Torres, Alejandra Carolina; Endara Benavides, Francisco Fabian; Gavilanez Jaya, William Fernando; Heredia Timbila, Stalin Jorge; Llanos Quimbiulco, Lesly Mishell; Moyón Gusqui, Manuel Fabian; Nuñez Pintado, Jairo Fidel; Tayupanda Maza, Madelaine Bethsabe**, con cédula de identidad n° 0106085640, 0502728744, 0603564287, 1726425919, 1724380702, 0603214693, 1718027525, 1726162082, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Integración Curricular "Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de Unidades Militares de interés (colegios, hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 parte final." en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 02 de Marzo del 2023

  
**Cabrera Torres,  
 Alejandra Carolina**  
 C.C: 0106085640

  
**Endara Benavides,  
 Francisco Fabián**  
 C.C: 0502728744

  
**Gavilanez Jaya,  
 William Fernando**  
 C.C: 0603564287

  
**Heredia Timbila,  
 Stalin Jorge**  
 C.C: 1724380702

  
**Llanos Quimbiulco,  
 Lesly Mishell**  
 C.C: 1726425919

  
**Moyón Gusqui,  
 Manuel Fabian**  
 C.C: 0603214693

  
**Nuñez Pintado,  
 Jairo Fidel**  
 C.C: 1718027525

  
**Tayupanda Maza,  
 Madelaine Bethsabe**  
 C.C: 1726162082

### **Dedicatoria**

A Dios quien ha sido nuestra guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado hasta el día de hoy.

A nuestros padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más ,gracias por inculcar el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

A nuestros hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar en todo momento gracias.

A toda nuestra familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de una u otra forma nos acompañan en todos nuestros sueños y metas.

Finalmente dedicamos esta tesis a todas nuestras amigas, por apoyarnos, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

### **Agradecimiento**

Nuestro profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que por confiar en nosotros, abrimos las puertas y permitir realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

De igual manera nuestros agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a nuestros profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que podamos crecer día a día como profesionales, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente expresar nuestro más grande y sincero agradecimiento al DR. Toulkeridis, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo

## Índice de contenidos

Reporte de la herramienta de verificación de contenidos .....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Resumen .....	17
Abstract .....	18
Generalidades.....	19
Planteamiento del problema .....	19
Antecedentes.....	20
Objetivos .....	24
<i>Objetivo general</i> .....	24
<i>Objetivos específicos</i> .....	24
Marco Teórico.....	25
Riesgo sísmico .....	25
Caracterización del Riesgo Sísmico .....	26
Vulnerabilidad (V) .....	27
<i>Evaluación de vulnerabilidad sísmica</i> .....	28
<i>Grupos de Vulnerabilidad (GV)</i> .....	30
(Pre Código).....	32
<i>Código Ecuatoriano de Construcción 1977 (Período de Transición)</i> .....	32
<i>Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) (Post código)</i> .....	33
<i>Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno)</i> .....	34
Parámetros de GV1 .....	35



<i>Número de pisos</i> .....	36
<i>Tipo de edificio FEMA</i> .....	36
<i>Condición de golpeteo y adyacencia</i> .....	36
<i>Tipo de Suelo</i> .....	37
Gestión de Riesgos .....	38
Análisis de la capacidad de respuesta Cr .....	39
Elemento de terreno (E) .....	39
Nivel de exposición a la amenaza (NE) .....	39
<i>Fallas geológicas</i> .....	40
Coeficiente de capacidad .....	42
Riesgo global.....	42
Puntaje Base .....	42
Grupos de Vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3 .....	43
<i>Grupo de Vulnerabilidad (GV1)</i> .....	43
<i>Año de Construcción</i> .....	44
<i>Número de Pisos</i> .....	44
<i>Tipo de Edificio FEMA</i> .....	45
<i>Grupo de Vulnerabilidad (GV2)</i> .....	53
<i>Relación Largo Ancho</i> .....	53
<i>Irregularidades en Planta</i> .....	55
<i>Irregularidades en Elevación</i> .....	57
<i>Ampliaciones Verticales y Horizontales</i> .....	59
<i>Patologías en Vigas y Columnas</i> .....	62
<i>Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas</i> .....	65
<i>Patologías en Paredes</i> .....	67
Puntaje de Grado de Vulnerabilidad .....	73
Elemento del terreno (E).....	75
Nivel de exposición de la amenaza (NE) .....	75

Vulnerabilidad Total .....	76
Coeficiente de capacidad .....	76
Riesgo Global .....	77
Resultados .....	78
<i>Tipo de suelo</i> .....	80
<i>Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E</i> .....	81
<i>Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"</i> .....	86
<i>Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"</i> .....	88
<i>Hospital de Especialidades FF.AA N° 1</i> .....	90
<i>Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E</i> .....	95
<i>Base Aérea "TAURA"</i> .....	96
<i>Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"</i> .....	97
<i>Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"</i> .....	99
<i>Hospital Básico 1 BI "EL ORO"</i> .....	102
<i>Ala de Transportes N° 11 F.A.E</i> .....	106
<i>Hospital Básico - LATACUNGA</i> .....	112
<i>Depósito Conjunto de Municiones "SUR"</i> .....	122
<i>Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"</i> .....	124
<i>Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"</i> .....	126
<i>Hospital de Brigada N° 7 "LOJA"</i> .....	133
Gráficos comparativos .....	135
Conclusiones .....	138
Recomendaciones .....	139
Bibliografía .....	140
Apéndices .....	147

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Filosofía de diseño</i> .....	33
<b>Tabla 2</b> <i>Zonas sísmicas NEC-15</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Puntaje base según el Año de Construcción</i> .....	42
<b>Tabla 4</b> <i>Grados de Vulnerabilidad</i> .....	43
<b>Tabla 5</b> <i>Grados de vulnerabilidad por número de pisos</i> .....	45
<b>Tabla 6</b> <i>Tipos de edificios FEMA</i> .....	46
<b>Tabla 7</b> <i>Grados de vulnerabilidad por golpeteo</i> .....	49
<b>Tabla 8</b> <i>Problemas de adyacencia en edificaciones</i> .....	51
<b>Tabla 9</b> <i>Grados de vulnerabilidad por golpeteo</i> .....	51
<b>Tabla 10</b> <i>Grados de vulnerabilidad por tipo de suelo</i> .....	52
<b>Tabla 11</b> <i>Tipos de perfil de suelo según la NEC-15</i> .....	52
<b>Tabla 12</b> <i>Grados de vulnerabilidad por relación largo ancho</i> .....	54
<b>Tabla 13</b> <i>Irregularidades en Planta</i> .....	55
<b>Tabla 14</b> <i>Grados de vulnerabilidad por irregularidad en planta</i> .....	56
<b>Tabla 15</b> <i>Irregularidades en elevación</i> .....	58
<b>Tabla 16</b> <i>Grados de vulnerabilidad por irregularidad en elevación</i> .....	59
<b>Tabla 17</b> <i>Guía para identificar ampliaciones verticales y horizontales</i> .....	60
<b>Tabla 18</b> <i>Grados de vulnerabilidad por ampliaciones verticales</i> .....	61
<b>Tabla 19</b> <i>Grados de vulnerabilidad por ampliaciones horizontales</i> .....	61
<b>Tabla 20</b> <i>Tipos de condiciones para elementos metálicos</i> .....	62
<b>Tabla 21</b> <i>Tipos de condiciones para elementos madera</i> .....	63
<b>Tabla 22</b> <i>Grietas en vigas</i> .....	63
<b>Tabla 23</b> <i>Grietas en columnas</i> .....	64
<b>Tabla 24</b> <i>Grado de vulnerabilidad patologías en vigas</i> .....	64
<b>Tabla 25</b> <i>Grado de vulnerabilidad patologías en columnas</i> .....	65
<b>Tabla 26</b> <i>Grietas en losas</i> .....	66

<b>Tabla 27</b>	<i>Grado de vulnerabilidad por grietas</i> .....	66
<b>Tabla 28</b>	<i>Grietas en paredes</i> .....	67
<b>Tabla 29</b>	<i>Grado de vulnerabilidad por patología en paredes</i> .....	68
<b>Tabla 30</b>	<i>Grado de vulnerabilidad de elementos externos no estructurales</i> .....	68
<b>Tabla 31</b>	<i>Grado de vulnerabilidad de elementos internos no estructurales</i> .....	69
<b>Tabla 32</b>	<i>Grado de Vulnerabilidad por Estado de la Edificación</i> .....	70
<b>Tabla 33</b>	<i>Grado de Vulnerabilidad por Estado de Conservación de Cubiertas</i> .....	70
<b>Tabla 34</b>	<i>Grado de Vulnerabilidad por Puertas de Salida o Emergencia</i> .....	71
<b>Tabla 35</b>	<i>Grado de Vulnerabilidad por Ventanas</i> .....	72
<b>Tabla 36</b>	<i>Grado de Vulnerabilidad por Accesibilidad Universal</i> .....	73
<b>Tabla 37</b>	<i>Factor de influencia para GV en función del puntaje base</i> .....	74
<b>Tabla 38</b>	<i>Grado de Vulnerabilidad Sísmica</i> .....	74
<b>Tabla 39</b>	<i>Importancia de edificación según elemento de terreno</i> .....	75
<b>Tabla 40</b>	<i>Nivel de exposición a la amenaza</i> .....	76
<b>Tabla 41</b>	<i>Categoría de unidades militares según el Riesgo Global</i> .....	77
<b>Tabla 42</b>	<i>Unidades Militares</i> .....	79
<b>Tabla 43</b>	<i>Tipo de Suelo</i> .....	80
<b>Tabla 44</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	81
<b>Tabla 45</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	82
<b>Tabla 46</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	82
<b>Tabla 47</b>	<i>Riesgo global</i> .....	83
<b>Tabla 48</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	83
<b>Tabla 49</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	83
<b>Tabla 50</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	86
<b>Tabla 51</b>	<i>Riesgo global</i> .....	86
<b>Tabla 52</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	86
<b>Tabla 53</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	87
<b>Tabla 54</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	88

<b>Tabla 55</b>	<i>Riesgo global</i> .....	88
<b>Tabla 56</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	88
<b>Tabla 57</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	89
<b>Tabla 58</b>	<i>Riesgo global</i> .....	89
<b>Tabla 59</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	90
<b>Tabla 60</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	90
<b>Tabla 61</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	92
<b>Tabla 62</b>	<i>Riesgo global</i> .....	93
<b>Tabla 63</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	93
<b>Tabla 64</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	93
<b>Tabla 65</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	94
<b>Tabla 66</b>	<i>Riesgo global</i> .....	95
<b>Tabla 67</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	95
<b>Tabla 68</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	95
<b>Tabla 69</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	96
<b>Tabla 70</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	97
<b>Tabla 71</b>	<i>Riesgo global</i> .....	97
<b>Tabla 72</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	97
<b>Tabla 73</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	98
<b>Tabla 74</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	98
<b>Tabla 75</b>	<i>Riesgo global</i> .....	98
<b>Tabla 76</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	99
<b>Tabla 77</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	99
<b>Tabla 78</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	101
<b>Tabla 79</b>	<i>Riesgo global</i> .....	102
<b>Tabla 80</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	102
<b>Tabla 81</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	102
<b>Tabla 82</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	105

<b>Tabla 83</b>	<i>Riesgo global</i> .....	106
<b>Tabla 84</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	106
<b>Tabla 85</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	107
<b>Tabla 86</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	111
<b>Tabla 87</b>	<i>Riesgo global</i> .....	111
<b>Tabla 88</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	112
<b>Tabla 89</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	112
<b>Tabla 90</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	113
<b>Tabla 91</b>	<i>Riesgo global</i> .....	113
<b>Tabla 92</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	113
<b>Tabla 93</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	114
<b>Tabla 94</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	115
<b>Tabla 95</b>	<i>Riesgo global</i> .....	116
<b>Tabla 96</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	116
<b>Tabla 97</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	116
<b>Tabla 98</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	121
<b>Tabla 99</b>	<i>Riesgo global</i> .....	121
<b>Tabla 100</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	122
<b>Tabla 101</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	122
<b>Tabla 102</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	123
<b>Tabla 103</b>	<i>Riesgo global</i> .....	123
<b>Tabla 104</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	123
<b>Tabla 105</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	124
<b>Tabla 106</b>	<i>Riesgo global</i> .....	124
<b>Tabla 107</b>	<i>Datos generales de la unidad</i> .....	125
<b>Tabla 108</b>	<i>Datos de los edificios que conforma</i> .....	125
<b>Tabla 109</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad</i> .....	125
<b>Tabla 110</b>	<i>Riesgo global</i> .....	126

<b>Tabla 111</b>	<i>Datos generales de la unidad.....</i>	126
<b>Tabla 112</b>	<i>Datos de los edificios que conforma.....</i>	127
<b>Tabla 113</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad .....</i>	127
<b>Tabla 114</b>	<i>Riesgo global.....</i>	127
<b>Tabla 115</b>	<i>Datos generales de la unidad.....</i>	128
<b>Tabla 116</b>	<i>Dependencia.....</i>	128
<b>Tabla 117</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad .....</i>	133
<b>Tabla 118</b>	<i>Riesgo global.....</i>	133
<b>Tabla 119</b>	<i>Datos generales de la unidad.....</i>	133
<b>Tabla 120</b>	<i>Datos de los edificios que conforma.....</i>	134
<b>Tabla 121</b>	<i>Vulnerabilidad total de la unidad .....</i>	135
<b>Tabla 122</b>	<i>Riesgo global.....</i>	135

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Capítulos de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15.....</i>	35
<b>Figura 2</b>	<i>Fallas .....</i>	41
<b>Figura 3</b>	<i>Observación Número de pisos en edificación.....</i>	44
<b>Figura 4</b>	<i>Condición de Golpeteo en Estructuras .....</i>	49
<b>Figura 5</b>	<i>Condición de adyacencia en Estructuras.....</i>	50
<b>Figura 6</b>	<i>Relación Largo-Ancho en Estructuras .....</i>	54
<b>Figura 7</b>	<i>Riesgo laboral .....</i>	136
<b>Figura 8</b>	<i>Grado de vulnerabilidad .....</i>	136
<b>Figura 9</b>	<i>Normativa de Construcción por Estructuras .....</i>	136
<b>Figura 10</b>	<i>Tipo de Edificaciones según la FEMA .....</i>	137
<b>Figura 11</b>	<i>Estado de Conservación de las Edificaciones .....</i>	137



## Resumen

Para el presente estudio se utilizó la “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” elaborada por Ballesteros y Caizaguano (2020), la cual nos permite obtener el grado de vulnerabilidad sísmica según diferentes parámetros tales como el análisis de los elementos estructurales y no estructurales, el tipo de suelo. Número de pisos y el tipo de edificación según el FEMA.

Esta guía fue utilizada y aplicada para evaluar veinte y un (21) dependencias militares acantonadas en las ciudades de Manta, Puyo, Shell, Quito, Machachi, Guayaquil, Naranjal, Machala, Riobamba, Latacunga, Cuenca, Saraguro, Coca, Patuca y Loja, en la cuales se alojan unidades militares, hospitales militares, bases aéreas, y depósitos conjuntos de municiones.

Con la obtención de resultados se pudo determinar tres rangos de vulnerabilidad sísmica, alto, medio y bajo.

Con la obtención de los resultados se logra determinar tres rangos de vulnerabilidad sísmica, alto, medio y bajo, los cuales nos permitirá recomendar que se debe realizar o no un análisis estructural más detallado; en tal virtud se puede evaluar a la edificación de acuerdo a la vulnerabilidad sísmica obtenida mediante FEMA P-154, y con los resultados obtenidos tomar las decisiones más adecuadas para cada una de las estructuras evaluadas.

*Palabras claves:* vulnerabilidad sísmica, unidades militares, riesgo sísmico.

### **Abstract**

For the present study, the "Guide for the evaluation of the degree of seismic vulnerability of educational units located in the parish of Sangolquí, based on the FEMA P-1000 guide" prepared by Ballesteros and Caizaguano (2020), which allows us to obtain the degree of seismic vulnerability according to different parameters such as the analysis of structural and non-structural elements, the type of soil. Number of floors and type of building according to FEMA.

This guide was used and applied to evaluate twenty-one (21) military units stationed in the cities of Manta, Puyo, Shell, Quito, Machachi, Guayaquil, Naranjal, Machala, Riobamba, Latacunga, Cuenca, Saraguro, Coca, Patuca and Loja. , in which military units, military hospitals, air bases, and joint ammunition depots are housed.

With the obtaining of results, it was possible to determine three ranges of seismic vulnerability, high, medium and low, which will allow us to

With the obtaining of the results, it is possible to determine three ranges of seismic vulnerability, high, medium and low, which will allow us to recommend that a more detailed structural analysis should be carried out or not; Therefore, the building can be evaluated according to the seismic vulnerability obtained through FEMA P-154, and with the results obtained, make the most appropriate decisions for each of the structures evaluated.

*Keywords:* seismic vulnerability, military units, seismic risk.

## Generalidades

### Planteamiento del problema

El Ecuador debido a su situación geográfica se encuentra ubicado en el Cinturón de fuego del Pacífico, alrededor de una cadena de volcanes que llegan hasta Chile zona de alto riesgo sísmico, debido a esto el territorio Ecuatoriano presenta constantes movimientos en la zona de subducción, tipo ortogonal que se da entre la placa Nazca y la placa continental Sudamericana, en un promedio de 7cm/año en dirección este-noreste, convirtiéndolo en uno de los países con mayor actividad sísmica a nivel mundial (Edwin Duque, José Tamay, Henry Rojas, 2018).

A lo largo de la historia Ecuador ha presentado sismos potenciales que han causado mucho daño especialmente asociados con las fallas presentadas en la placa sudamericana, entre los más importantes se encuentra el Terremoto ocurrido en Esmeraldas en 1906 el cual alcanzo una magnitud de 8 MS, el de Ambato dado el 5 de Agosto de 1949 con una magnitud de 6,8 ML, el de Bahía de Caráquez en 1997 con una magnitud de 7,1 y el sismo más reciente es el ocurrido el 16 de abril del 2016 en Manabí y Esmeraldas con una magnitud de 7,8 MW y tuvo mucho impacto ya que ocasiono pérdidas humanas y económicas dejando en evidencia las falencias en el ámbito constructivo especialmente en el diseño sismo resistente de las estructuras ,dado que se presentó un gran porcentaje de construcciones ilegales. (Pimbo, 2021)

Dado estas circunstancias en Ecuador y en el mundo entero, se han establecido normas que deben ser aplicadas en el ámbito constructivo de manera que garanticen y proporcionen seguridad a los ciudadanos. Estos diversos fenómenos naturales se han ido presentando de manera diferente ya sea empezando con un pequeño movimiento en la tierra o manifestándose de manera destructiva ocasionando un terremoto de gran magnitud.

Existen diversas formas de mitigar y evitar el colapso de los edificios la principal es la prevención e informar a los ciudadanos el riesgo que existe al construir de manera ilegal ya que siempre se debe analizar todos los parámetros ya que predecir el riesgo sísmico es difícil; por lo tanto, se deben tomar medidas adicionales después (Chávez, 2016).

## **Antecedentes**

Ciudad de México, 19 de septiembre de 1985. Siendo las 7:19 horas un sismo de magnitud de magnitud 8,1 sacude a la capital mexicana, devasta la zona centro de la ciudad, provoca serios daños en cientos de edificios y causa la muerte de miles de personas. No se supo exactamente la cifra real de fallecidos, pero la Cruz Roja Mexicana estima que fueron más de 10.000 víctimas mortales. Tampoco se conoce el número preciso de personas damnificadas y afectadas psicológicamente por el terremoto.

A raíz de este fenómeno natural, en México se elaboraron nuevos reglamentos para que pequeñas casas y grandes edificios sean construidos de manera tal que resistan movimientos telúricos de gran magnitud, como el acaecido aquel aciago 19 de septiembre de 1985. Lo curioso de este caso es que la mayoría de construcciones afectadas fueron relativamente nuevas, mientras las casas y palacios edificados en la época colonial casi no sufrieron daños.

Entonces surgió la necesidad de estudiar la composición del suelo antes iniciar cualquier tipo de construcción, por ejemplo, los expertos manifiestan que en los lugares donde hubo devastación, el suelo se compone fundamentalmente de arcilla; además, es bien conocido que un buen porcentaje del actual centro de la capital mexicana fue zona lacustre en la época prehispánica y en cierto período de la época colonial.

La ciudadanía y movimientos sociales del país azteca tomaron conciencia y visualizaron la importancia de establecer una cultura de protección civil frente a diversos fenómenos como terremotos, aluviones, inundaciones, huracanes e, inclusive, incendios. Por lo menos una vez al año se realizan simulacros de evacuación, auxilio y ayuda en centros educativos, dependencias públicas y empresas, en donde hay personas capacitadas para realizar este tipo de labores en casos de desastres naturales.

Otro terremoto que causó conmoción a nivel mundial fue el que ocurrió en Haití. Fue un sismo de 7 grados en la escala de Richter, claro que fue un grado menos del

ocurrido en México DF, pero la devastación fue mucho mayor y cobró más de ¡200.000 víctimas mortales! Se destruyeron totalmente importantes edificios como el Hotel Christopher (de tres estrellas) que servía de sede al Centro de Comando de la Misión de Estabilización de las Naciones Unidas (MINUSTAH); también colapsaron el Palacio de los Ministros, el de la Protección Civil y otras edificaciones que acogían a entidades municipales y gubernamentales. La tragedia haitiana nos ha dejado lecciones sobre la precariedad de las construcciones que pueden generar miles de víctimas en un terremoto.

Uno de los casos emblemáticos de aquel terremoto fue el colapso del Hotel Christopher. Desde allí dirigían las actividades de estabilización política de Haití el jefe, subjefe y demás miembros de la misión militar encargada de velar el orden en ese país caribeño. El Hotel Christopher era el único en Puerto Príncipe que cumplía ciertos requisitos que exigía la Misión, requisitos referentes a suficiente energía eléctrica, agua y espacio; pero no cumplía los parámetros técnicos exigidos en una construcción segura, antisísmica. Cuando sucedió el movimiento telúrico, el personal de la MINUSTAH se encontraba dentro del edificio, en cuestión de segundos quedaron bajo los escombros el jefe de la Misión y 37 miembros de la ONU.

Aparte de la seguridad antisísmica que deben tener las construcciones civiles; las edificaciones militares como helipuertos, calles, carreteras, aeropuertos, sitios de evacuación, etc., con mucha mayor razón deben presentar elevadísimos estándares de seguridad contra terremotos u otros fenómenos naturales que atenten la vida de personas y destrucción de bienes materiales. Las Fuerzas Armadas deben estar bien preparadas hasta en los aspectos señalados para prestar su contingente y ayuda, de manera óptima y exitosa, a la población y bienes afectados.

Uno de los casos dignos de mención es el japonés: por su condición geográfica y característica de país desarrollado, Japón corre el riesgo de sufrir terremotos, tsunamis y afectaciones a su central nuclear de Fukushima. En este país asiático se produjo en el año 2011 un terremoto de magnitud 9 y un tsunami que llegó a tener olas de hasta 10 metros

de altura, la planta nuclear fue seriamente afectada. Lo que es peor: el asfalto de la pista del aeródromo militar de la Fuerza Aérea de Autodefensa de Japón sufrió graves daños, como consecuencia de ello se destruyeron algunas naves y se produjeron fuertes inundaciones. Con la pista dañada, el personal militar se vio eventualmente impedido de realizar una pronta y eficaz ayuda a la población.

Ecuador se encuentra en el CINTURÓN DE FUEGO DEL PACÍFICO, ubicación que lo expone a sufrir, en el momento menos pensado, movimientos telúricos de pequeñas y grandes magnitudes en cualquier sitio de nuestro territorio, esto se debe a la ocurrencia de fenómenos de subducción por la interacción de las placas Nazca y Sudamericana. Esta subducción (proceso por el que una placa litosférica oceánica se hunde bajo otra placa, ya sea oceánica o continental) genera importantes fallas geológicas como las que ocurren en cierta zona de los Andes, por ejemplo, desde Riobamba hasta el sur de Colombia.

Las fallas que se producen en la zona mencionada se denominan fallas inversas que, según los geólogos, resultan de esfuerzos compresivos que dan lugar a una singular forma del relieve terrestre con pliegues en crecimiento. El sistema de fallas inversas se localiza en Ambato, Latacunga, Quito, Otavalo, Urcuquí y Mira. El sistema se dirige al norte con estructuras transcurrentes y componentes inversos, pero al llegar a Colombia vuelve a tener componentes compresivos. A lo largo del sistema se cree que hay una tasa de movimiento entre 1.5 a 2 mm/año, sin embargo, en la capital ecuatoriana hay una tasa de movimiento entre 4 mm/año hasta 4 mm / año (A. Alvarado, et al., 2019).

En lo que respecta al estudio de la Geología, nuestro país es un verdadero laboratorio geológico, aquí se puede estudiar los distintos movimientos de la corteza terrestre, pues tenemos tres tipos de placas: divergentes, convergentes y transcurrentes, lo cual convierte al Ecuador en una zona de alto riesgo sísmico. Puede suceder, y han sucedido, terremotos por el choque y subducción entre la placa de Nazca y las continentales del Caribe y Sudamérica. A ello hay que agregar la presencia de la mega

falla Guayaquil- Caracas de primer orden y que da lugar a fallas de segundo orden como las de Pallatanga, Lumbisí, Pomasqui, Guayllabamba, etc. La Mega falla Guayaquil- Caracas ha provocado fuertes terremotos como los que acaecieron en Riobamba en 1797, en Ibarra en 1868, en Ambato y Pelileo en 1949, Manabí-Esmeraldas en 1916, Quito- Guayllabamba en 1916, etc. La mega falla Guayaquil-Caracas pasa por debajo de ciudades serranas con gran cantidad poblacional como Riobamba, Ambato, Latacunga, Quito, Otavalo, Ibarra y Tulcán.

Ya vimos que en cualquier momento pueden presentarse sismos de grandes magnitudes en Ecuador, por lo tanto, hay que aplicar las directrices o normas sismo resistentes, expuestas en la normativa vigente del actual código de construcción (NEC 15). Antes de construir una casa, un edificio, un helipuerto, una carretera o una vía de cualquier tipo hay que poner mucha atención en los aspectos técnicos y sistemas constructivos tendientes a evitar cuantiosos daños y víctimas en un terremoto.

Poniendo como ejemplo lo sucedido en Japón durante el sismo del año 2011, es necesario recordar que muchas edificaciones militares (escuelas de formación, hospitales, unidades educativas...) de nuestro país fueron construidas bajo las normas del primer código ecuatoriano de construcción (CCE 77), aquellos reglamentos no exigían diseños antisísmicos resistentes, lo mismo sucede con muchas construcciones civiles; por lo que ya han sonado las alarmas respecto a este particular; inclusive muchos edificios de nuestras FFAA fueron construidos antes de la elaboración del primer código ecuatoriano de construcción. Los cuarteles militares deben estar en seguros y en óptimas condiciones para alojar a damnificados por causa de los terremotos.

Por tal motivo surge la imperiosa necesidad de corregir e identificar el grado de vulnerabilidad, las falencias estructurales y no estructurales que podrían tener las construcciones militares antiguas con el objetivo de evitar el colapso total de las edificaciones y brindar seguridad al personal castrense y civil en caso de un fuerte movimiento telúrico que puede ocurrir en el momento menos pensado, pues la colisión y

posterior subducción de las placas continentales del Caribe y América del Sur con la placa de Nazca da como resultado los temblores de tierra en las montañas y valles andinos. Los terremotos antes mencionados fueron provocados fundamentalmente por las fallas de segundo orden que se encuentran en la mayor parte de nuestra cordillera de Los Andes.

Es importante que tanto el Gobierno Nacional, así como el resto de gobiernos seccionales tomen muy en cuenta el potencial alto grado de sismicidad ocasionado por la acción de las placas tectónicas, la mega falla y las fallas de segundo orden para que lleven adelante campañas de concientización, prevención o ejercicios anuales de evacuación (como en México) en el caso de que se presenten fenómenos naturales de origen sísmico. Muchas personas hacen caso omiso al código de Normas de Construcción (el más actual es el NEC 2015) y realizan la irresponsable construcción de sus viviendas, sin observar las mínimas normas técnicas de seguridad antisísmica.

Para hacer frente a las consecuencias o reducir los daños de un movimiento telúrico de gran magnitud los soldados, más aún los ingenieros militares, debemos poseer información útil y disponible al respecto, y así estar preparados junto a la Policía, Cruz Roja, personal médico, Bomberos y parte de la sociedad civil para minimizar pérdidas humanas, asistir a la población afectada y salvaguardar o restablecer la seguridad pública y el mantenimiento del orden en nuestro querido Ecuador.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

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

### ***Objetivos específicos***

- Evaluar el grado existente de la sismo-resistencia de unidades militares en Guayaquil, Machala, Shell, El Coca, Puyo Latacunga, Loja.



- Identificar y determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo global correspondiente a cada una de las edificaciones militares.
- Establecer comparaciones entre los resultados obtenidos.

### **Marco Teórico**

#### **Riesgo sísmico**

Según la RAE, riesgo significa: Posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño.

Ejemplo, "En caso de un terremoto de gran magnitud con epicentro en el Centro Histórico, el 70% de las edificaciones de Quito tienen alto riesgo de colapsar, causar la pérdida de miles de víctimas humanas y animales, afectar en varios millones de dólares a la economía y provocar severos daños ambientales en toda la ciudad".

Con este ejemplo estoy graficando el concepto de Riesgo Sísmico, tomando en cuenta que nuestro país, y en particular la capital ecuatoriana, se encuentran en una zona de alta peligrosidad sísmica y es menester prestar toda la atención a este tipo de riesgo para minimizar los efectos dañinos de un posible y fuerte terremoto  $R = H * V * E * C^*$ , es el término matemático que caracteriza al riesgo sísmico. A continuación, veamos su significado:

Variable H significa la peligrosidad natural (Hazard en inglés significa peligro o propensión a sufrir de algo), en el caso que nos ocupa sería un terremoto potencialmente dañino que sucede en lugar específico y durante un intervalo específico de tiempo y la reacción de la población frente al movimiento sísmico.

Variable V es la vulnerabilidad de estructuras o grado de pérdidas materiales como casas, edificios, calles, carreteras, aeropuertos, etc. La vulnerabilidad se expresa en diferentes escalas que pueden ir desde 0 (sin daños) hasta 1 (pérdida total).

Variable E expresa la densidad poblacional del lugar en donde se produce el movimiento telúrico. En esta variable se toma en cuenta, además de la población, las

actividades económicas, servicios públicos (luz, agua, alcantarillado, etc.) del sitio en donde ha ocurrido u ocurrirá el fenómeno natural.

Variable C nos indica el costo de pérdidas en vidas humanas; daños en calles, puentes, carreteras, aeropuertos; y daños estructurales en grandes y pequeñas edificaciones.

Es muy necesario e importante estudiar, investigar y evaluar el riesgo sísmico para minimizar las pérdidas humanas y económicas que puede sufrir una ciudad o cualquier localidad en caso de un inminente terremoto. La evaluación del riesgo sísmico consta de tres componentes: amenaza sísmica, vulnerabilidad estructural y datos de exposición. La evaluación del riesgo sísmico está orientado fundamentalmente en términos económicos correspondientes a cuantificar el número de muertos, heridos y damnificados; el porcentaje de daños estructurales, destrucción de edificaciones.

### **Caracterización del Riesgo Sísmico**

Para caracterizar el riesgo sísmico, dependiendo del tipo de proyecto y objetivos finales que los investigadores se propongan realizar, se utilizan dos métodos: el uniparamétrico y el multiparamétrico.

El método uniparamétrico, como su nombre lo indica, se usa para cuantificar el sismo con un solo parámetro, índice o grado de vulnerabilidad que generalmente es la intensidad macro sísmica que abarca cinco estados de daño diferentes del nulo. La escala macro sísmica es la regla para medir la capacidad destructiva de un terremoto. A este método también se lo conoce como Índice de Vulnerabilidad (MIV).

El método multiparamétrico es aquel modelo que usa más de un parámetro para cuantificar la acción sísmica. Es importante advertir que este método no debe ser utilizado en zonas que posean pocos datos de aceleración o con alta cuantificación de estructuras.

La manera más frecuente de definir el terremoto de forma multiparamétrica es en términos espectrales. Hay espectros de demanda y espectros de capacidad para la

resistencia sísmica de la estructura. En el método multiparamétrico se utiliza cuatro estados diferentes del nulo.

En el proyecto que estamos trabajando hemos decidido utilizar el método uniparamétrico junto con el índice de vulnerabilidad, de tal manera que se pueda caracterizar el riesgo sísmico.

### **Vulnerabilidad (V)**

De manera general la vulnerabilidad se define como un grado de susceptibilidad ante una amenaza es decir es el riesgo al que se encuentran expuesto las comunidades. En el entorno del estudio se hace referencia a la vulnerabilidad sísmica que es el grado de capacidad que tienen las estructuras para soportar un evento sísmico es decir es el nivel de daño que puede sufrir una edificio ya sea esta mayor, menor o parcial ,Para que una estructura presente menor vulnerabilidad sísmica depende de muchos factores ,pero esencialmente se debe a la configuración de los elementos estructurales, la resistencia de los materiales empleados y la calidad con la que se construyó (Pimbo, 2021).

La vulnerabilidad sísmica presenta dos componentes: la vulnerabilidad estructural, asociada a la presencia de un sismo que afecta a vigas, columnas, losas, muros y cimentación de manera que se producen fallas haciendo que estos elementos pierdan resistencia y se comporten de forma deficiente, muchos estudios han llegado a comprobar que las estructuras que presentan mayor vulnerabilidad son las que tienen forma irregular ya sea en planta o en elevación ,por ello la norma ecuatoriana de la construcción provee la información de la configuración estructural y de las formas irregulares que se deben evita (Pimbo, 2021); De existir daños estructurales se recomienda la utilización de algunos métodos de reforzamiento como son el uso de muros estructurales, encamisado de columnas y vigas , contrafuertes entre otros.

La vulnerabilidad funcional se refiere a la vulnerabilidad que se puede producir en el exterior de una infraestructura ya sea la red de agua potable, red de luz eléctrica,

sistema contra incendios, alcantarillado es decir es la capacidad de la edificación a prestar servicio en situación de emergencia, esto representa un daño directo a la seguridad de los ciudadanos en caso de que se presentara un sismo y no se disponga se estos servicios (Paucar, 2021).

### ***Evaluación de vulnerabilidad sísmica***

Existen diversas metodologías y técnicas para evaluar la vulnerabilidad sísmica y han sido creadas debido a la necesidad de tener una guía útil y de uso inmediato luego de la presencia de un sismo. Entre los métodos de evaluación más frecuentes se encuentran cuatro grandes grupos: los métodos analíticos, empíricos, métodos experimentales, métodos empíricos y métodos que pueden tener mezcla de otros, llamados híbridos.

Los métodos analíticos, se definen como métodos más detallados es decir poseen un sustento matemático y computarizado abarcando un análisis no lineal, determinan la magnitud del evento sísmico basados en la medida instrumental de la energía elástica liberada durante el fenómeno de propagación sísmica de ondas en el interior sobre la corteza terrestre ,La principal ventaja de este método es que realiza un análisis sísmico a mayor escala a diferencia de los otros métodos en los cuales implicaría mayor costo. una de las desventajas es que se trabaja con un índice de probabilidad y requieren parámetros adicionales para la simulación (Arteaga, 2016).

Los métodos experimentales emplean ensayos dinámicos que permiten determinar las propiedades de la estructura, por lo general se realizan ensayos “in situ” para determinar las propiedades dinámicas y otros parámetros de la estructura analizada, por ello se realizan en estructuras cuyo comportamiento no se puede evaluar de manera fácil en la naturaleza o muestra aspectos especiales para definir la dinámica de la estructura. La desventaja principal de los métodos experimentales es que sus resultados no son precisos, pero permiten determinar el estado de la edificación y los efectos que posiblemente tenga ante un sismo (Paucar, 2021).

Los métodos empíricos presentan un alto grado de subjetividad basándose en sucesos ya ocurridos en sismos anteriores y a partir de estos se miden las intensidades macro sísmicas. Por lo general se usan cuando se presenta muy poca información de la zona de estudio y se realiza un análisis por desempeño, tiene un enfoque menos exigente y menos costoso e incluye los métodos de inspección y puntaje (Calvi et al., 2006).

Los Métodos de inspección y puntaje permiten evaluar las deficiencias sísmicas de un edificio, mediante valores numéricos que se da a cada componente que es ponderado en función de su importancia determinando un índice de vulnerabilidad, estos métodos son muy subjetivos nos proporciona una evaluación preliminar y es suficiente para jerarquizar el nivel de vulnerabilidad sin embargo para edificaciones de mayor importancia es esencial complementar con otras metodologías ya sea analítica o experimental.

Las matrices de probabilidad de daño (MPD) expresan de manera discreta, la probabilidad condicional de medir un determinado nivel de daño, para cada tipo de estructura sujeta a un sismo con un determinado nivel de severidad (Braga et al., 1986).

Metodología de evaluación e inspección visual simplificada de acuerdo a la NEC 2015, fue desarrollada con la finalidad que los especialistas clasifiquen las edificaciones existentes en tres categorías (baja vulnerabilidad, media vulnerabilidad y alta vulnerabilidad), Se debe tomar en cuenta que Ecuador está ubicado en un zona altamente sísmica, esta metodología se lo realiza de manera inmediata siempre y cuando la persona encargada cuente con conocimientos previos del tema, ya que su trabajo posterior es llenar un formulario que permite categorizar la edificación a través de un puntaje el cual nos permite evaluar si se necesita un estudio más detallado de la estructura analizada .

Métodos de caracterización o por clase de vulnerabilidad, clasifican las edificaciones según su tipología basándose en la experiencia de terremotos significativos

por ejemplo la EMS-98 (Ballesteros & Caizaguano, 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., 2020).

Finalmente, los métodos híbridos que se definen como una conjunción de los métodos descritos con anterioridad y se usan para obtener resultados confiables del grado de vulnerabilidad permitiendo optimizar el recurso de análisis. Ya que al aumentar la utilización de datos de observación los métodos híbridos pueden eliminar la necesidad de crear un conjunto complejo de curvas de vulnerabilidad. A través de este método, se puede valorar modelos analíticos en áreas donde faltan datos sobre los niveles de daño (Calvi et al., 2006).

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

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

GV1: indica los aspectos generales de la edificación, describe el tipo de edificio construido de acuerdo a la especificación de la guía FEMA, el número de pisos existentes, y si existen presencia de edificios adyacentes, así como el tipo de perfil del suelo presente en la zona de estudio.

GV2: vulnerabilidad estructural en la estructura, este grupo evalúa los elementos estructurales (columnas, vigas, losas y muros de corte (en caso de existir)) al igual que la relación largo-ancho, además se verifica si existe irregularidades ya sea en planta o en elevación, o patologías en elementos no estructurales.

GV3: vulnerabilidad de sistemas no estructurales, refleja el estado de conservación de la estructura, condiciones de los elementos que permiten la entrada y salida, por ejemplo, ventanales, puertas, depósitos de agua, rejillas; es decir todo lo que contiene la edificación evaluada.

El terremoto de Ambato- Pelileo, acaecido el 5 de agosto de 1949, cobró la vida de 6.000 personas. En este evento natural, el cantón Pelileo desapareció prácticamente del mapa. En Ambato, la hermosa catedral colonial y otras iglesias se desplomaron al igual que otros edificios, dejando sepultados centenares de víctimas en los escombros. A raíz de este sombrío suceso, el gobierno ecuatoriano emitió un Código Nacional de la Construcción en 1951, que fue calificado de obligatorio en todo el país. En ese código había normas para construcciones sismo-resistentes, pero, por algunas razones esas reglas no fueron aplicadas por todos los constructores o instituciones del gobierno.

Hasta fines de la década de 1970 la mayoría de edificaciones, tanto civiles como militares, eran construidas de manera informal, anti técnica y de mala calidad, lo cual constituía o constituye un grave peligro para la integridad física de civiles y militares en caso de producirse movimientos sísmicos de grandes magnitudes, más aún si tomamos en cuenta que vivimos en un país ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico y a merced de los movimientos o colisiones de placas tectónicas, mega fallas, fallas de segundo orden y frecuentes actividades de volcanes activos.

En la provincia de Cotopaxi, el 6 de octubre de 1976, hubo un movimiento telúrico con características de terremoto que dejó un saldo trágico de 8 muertos entre los moradores de los sectores mayormente afectados. Un año después, en 1977, se expide el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 1977), considerada por muchos como la primera norma de construcción.

Después del Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977 se emitieron otras normas: en el año de 1997 (CEC 97), en el 2000 (CEC 2000), y, finalmente, la Norma Ecuatoriana de Construcción del 2015 (NEC 2015). Cabe señalar que un buen porcentaje de edificaciones de los recintos militares no fueron construidas con las normas que actualmente se exige en el NEC 2015; inclusive, muchos edificios que se desplomaron en el terremoto del 16 de abril del 2016 (que afectó a Manabí y Esmeraldas) fueron construidos bajo las normas del CEC 1977.

Hoy contamos con mayor tecnología que nos permite analizar el comportamiento sísmico de los edificios; así mismo, podemos detectar el grado de vulnerabilidad de las edificaciones, tomando en cuenta el año en que fueron construidas. También tenemos muy claro que los edificios hay que construirlos basándonos en los parámetros contenidos en la American Society of Civil Engineers en donde se menciona un 2 % de excedencia después de un terremoto.

En lo que respecta a las edificaciones de los recintos militares construidas hace muchos atrás, es urgente e importante hacer un análisis de su desempeño sísmico, para ello debemos tomar como referencia las tecnologías contenidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, en la cual existen parámetros de seguridad, control, diseño y mantenimiento de estructuras. Aplicando aquellas normas, que deben ser actualizadas con el paso del tiempo, estaremos minimizando daños en las estructuras y evitando que las personas que estén dentro de un edificio pierdan sus vidas a causa de un violento sismo que puede suceder en cualquier momento.

### **(Pre Código)**

Debido a la situación sísmica del Ecuador, en el año de 1997 a través del Decreto Ejecutivo No. 3970 se firma la primera Norma Ecuatoriana para la Construcción, con el objetivo de evitar el colapso de las estructuras durante un evento sísmico y para controlar las construcciones informales.

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

En nuestro país las construcciones eran informales sin ningún tipo de control o supervisión técnica de calidad. Al evidenciar el colapso de edificaciones por movimientos sísmicos considerables se genera desconfianza y miedo en la población de esta forma entra en vigor en junio de 1977 la que sería la primera norma ecuatoriana para la construcción, por lo cual las instalaciones militares que fueron construidas antes de este año.

“En esta normativa se planteó el objetivo de mejorar la seguridad y calidad de las construcciones, así también como resguardar la vida de sus habitantes. A partir de este



código se creó la Guía popular de Construcción Sismo Resistente, tratando únicamente con edificaciones hasta de tres pisos, y que no contengan elementos prefabricados o preesforzados” (Fajardo et al., 2021).

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

La primera evidencia practica de la norma ecuatoriana de la construcción fue el 4 de agosto de 1998 con el sismo en Bahía de Caráquez, ya que como resultado de este sismo varias estructuras colapsaron y se vio un deficiente desempeño ante un movimiento telúrico, por esta razón se anexo el capítulo 12 del Código Orgánico de la Construcción el cual se oficializo en marzo del 2001 por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

En esta normativa da como especificaciones básicas que sus derivas de piso sean menores a las admisibles también determina que el cortante basal mediante la zona sísmica ligada a un factor  $Z$  a su vez que las edificaciones sean capaces de disparar energía en el rango elástico también determina que las zonas sísmicas se dividían en 4 grupos definidos por el peligro sísmico (Correa Zuñiga, 2016).

### **Tabla 1**

#### *Filosofía de diseño*

<b>Tipo de terremoto</b>	<b>Objetivo</b>
Terremotos leves y frecuentes	Prevenir daños en elementos estructurales y no estructurales
Terremotos moderados y poco frecuentes	Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales
Terremotos severos y que rara vez ocurren	Evitar el colapso de la estructura procurando salvaguardar la vida de las personas

*Nota.* Tomado de *Filosofía del diseño para terremotos* (p. 15), por Carranza

Quinatoa, 2016, Elementos DIS Correa.

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

Con las actualizaciones presentadas en las normativas internacionales de construcción tales como ACI, AISC, ANSI, etc.

El miércoles 6 de abril del 2011, mediante Decreto Ejecutivo N° 705, con registro oficial N°421 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 el Comité Ejecutivo de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 con el objetivo de establecer los requisitos mínimos para diseño y con esto mejorar los procesos constructivos a través de una guía que cuenta con 10 capítulos con 6 zonas para el diseño sismorresistentes respaldada por nuevos estudios de sismicidad de la EPN-IGN y una clasificación del suelo en categorías de A hasta F (Correa Zuñiga, 2016).

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).

Tabla 2

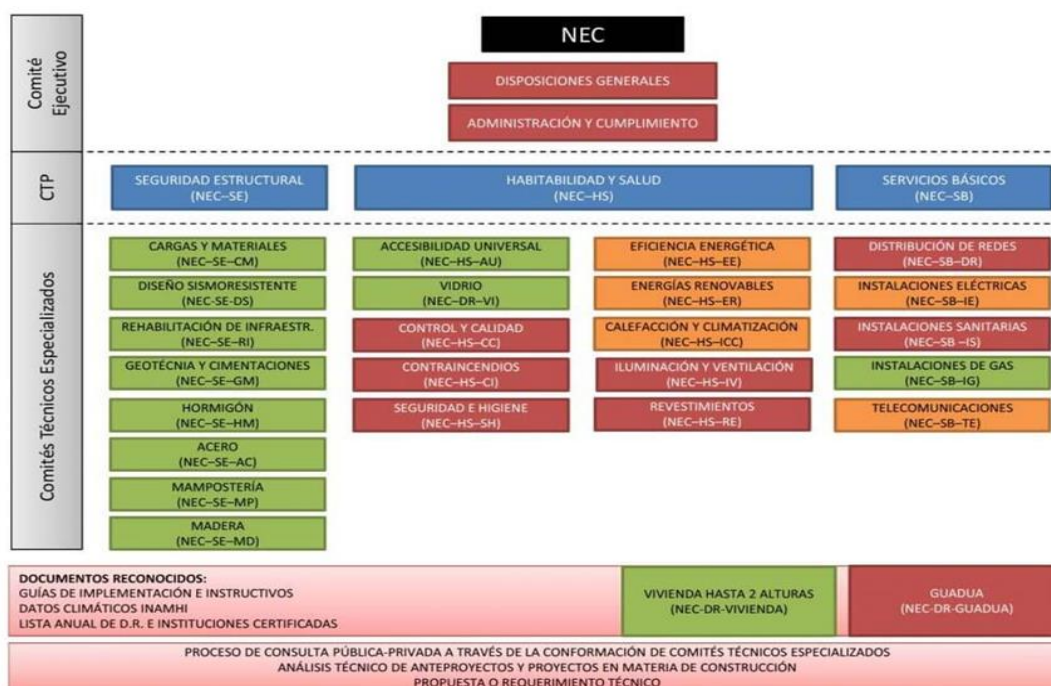
## Zonas sísmicas NEC-15

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
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. Tomado de *Filosofía del diseño para terremotos* (p. 15), por Carranza Quinatoa, 2016, Elementos DIS Correa.

Figura 1

## Capítulos de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15



Nota. Tomado de *Capítulos NEC-15* (p.12) por Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015, INEC.

## Parámetros de GV1

Es la primera calificación para la evaluación de vulnerabilidad sísmica en instituciones militares dentro de los tres grupos de vulnerabilidad mediante la guía de Ballesteros & Caizaguano (2020)

### ***Número de pisos***

En Ecuador el número de pisos habitual en instalaciones en recintos militares es de uno hasta cuatro, construidos con la finalidad que su vida útil sea de varios años. Con esto es posible considerar como factor de vulnerabilidad que mientras mayor la antigüedad y número de pisos de la construcción, será más vulnerable frente a un movimiento telúrico, considerando que las instalaciones de los recintos militares son construidas antes del año de 1997, debemos considerar que su diseño no fue basado en una norma que prevea daños sísmicos (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

Mientras que las estructuras edificadas con el post código (CEC 2000) y especialmente las construidas con el código moderno (NEC-15) la cual contempla los requisitos para obtener una mejor respuesta ante un movimiento telúrico en especial los edificios con un máximo de cuatro pisos (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

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

El evaluador al tener de la capacidad de identificar las características constructivas de las instalaciones en los recintos militares en base al tipo de edificio FEMA. En caso de no poder acceder a las edificaciones y determinar la tipología, el evaluador deberá realizar un descarte de los sistemas a los que no pertenezca la edificación y se deberá considerar entre las opciones restantes la que más se acople a la estructura en estudio (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Los tipos de estructuras que se presentan en Ecuador han sido divididos en 13 grupos presentados por la FEMA P-154 (2015).

### ***Condición de golpeteo y adyacencia***

En los recintos militares no es común observar edificaciones adyacentes en sus edificaciones originales, sin embargo, en las adecuaciones o construcciones de nuevas instalaciones con la finalidad de realizar ampliaciones por el aumento poblacional del personal de las unidades, se identifica la existencia de colindancia entre estructuras y en caso de un sismo estas provocarán oscilaciones que al no existir una separación adecuada entre los edificios, produce un riesgo de golpeteo como respuesta al movimiento telúrico,

debido a esto se establece como otro factor de vulnerabilidad (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

El riesgo potencial de la caída de elementos no estructurales exteriores o de la misma estructura que se encuentra adyacente se considera como otro factor de vulnerabilidad, por eso se debe establecer la diferencia de separación mínima de cada piso como un nivel de amenaza sísmica, con los datos obtenidos de alturas y separaciones, con la guía se procede a determinar los dos criterios de evaluación, golpeteo y adyacencia (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

### ***Tipo de Suelo***

La importancia de evaluar este factor está en la interacción que existe entre el suelo y la estructura, los esfuerzos y deformaciones que se presentan causado por la rigidez de los materiales empleados. La interacción entre el suelo y la cimentación es vital en el diseño sísmico resistente de la estructura cuando las cimentaciones se encuentran sobre suelos blandos, produciendo un incremento en el desplazamiento total del sistema suelo - estructura debido a que la cimentación toma una parte de la deformación (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

El tipo de suelo inciden en las instalaciones de los recintos militares, ya que, dadas según sus características la respuesta será distinta al momento de un sismo. Como en el caso de los suelos no cohesivos se puede presentar un 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).

En varios países las normativas de construcción han implementado una tipología general por sus propias condiciones, por esta razón el Ecuador presenta su propia tipología en La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 presenta en dos de sus capítulos (Peligro Sísmico; Diseño Sismo Resistente, NEC-SE-DS y Geotecnia y Cimentaciones, NEC-SE-GC) y una clasificación para los perfiles de suelo donde los perfiles A y B son considerados como suelos duros, por lo tanto, representan una menor vulnerabilidad, caso contrario, los suelos E y F los mismos que representan una mayor vulnerabilidad. (Fajardo

Cartuche, Guevara Álvarez, Herrera Garcés, Ochoa Campoverde, & Torres Orellana, 2021)  
(Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

### **Gestión de Riesgos**

Entendemos como riesgo al estado objetivo latente que nos anuncia la probabilidad de la ocurrencia de eventos considerados negativos, los cuales nos pueden ocasionar probables daños y pérdidas futuras. Es un contexto que puede acarrear una reducción o disminución en las opciones de desarrollo pleno de algún elemento de la estructura social y económica de una población (Lavell,2003)

A partir de este concepto definimos a la gestión de riesgo como aquellos saberes disciplinarios que permiten identificar, comprender, generar, gestionar, impulsar y consolidar procesos sociales e institucionales orientados hacia la disminución o asunción del fenómeno en sus distintas manifestaciones. (Toulkeridis, 2015)

En resumen, la gestión del riesgo es un proceso de planificación estratégica que incluye el conocimiento científico y del contexto del fenómeno (marco legal, institucional, actores, intereses), de las amenazas (terremotos, sismos, erupciones volcánicas, etc.) de las vulnerabilidades y de los riesgos. (PNUD,2007)

La participación de las FF.AA. en apoyo a la gestión de riesgos en un desastre natural a lo largo de la historia ha sido y será de vital importancia para la mitigación de un evento adverso y es primordial coordinar con las instituciones del Estado responsables de la seguridad del país y la población ecuatoriana. Su apoyo debe ser total sobre todo en las tareas de búsqueda, rescate y seguridad cuando suceda el desastre; apoyo a la Policía Nacional en seguridad interna y control del orden público; de ser posible, apoyo a todas las instituciones del Estado en tareas de reconstrucción. En los diferentes COE's que se crean deberá ser parte de las mesas planificadoras para ayudar con todo sus medios materiales y humanos a la mitigación del desastre (Mindiola y Toulkeridis, 2021).

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

La capacidad de respuesta (Cr) es un conjunto de elementos, principios y actividades asociadas con la respuesta de emergencia y la recuperación de los impactos de corto y largo plazo ocasionados por eventos sísmicos (Hajibabae et al., 2014).

Para Definir la capacidad de respuesta se toma en cuenta aspectos como la planificación, los recursos, la accesibilidad y la capacidad de evacuación en cada zona. La Cr representa el nivel de disponibilidad de recursos humanos, físicos y equipos que se puede disponer y utilizar en las diferentes etapas del fenómeno para reducir las consecuencias de los sismos (Hajibabae et al., 2013).

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

Según la guía de Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica propuesta por Ballesteros Salazar y Caizaguano Montero (2020), el elemento de terreno (E) es un factor de suma importancia que se relaciona directamente con el tipo de edificación que se va analizar, su ocupación, la población presente dentro de ella frente a la manifestación de un fenómeno natural. Se considera un coeficiente de capacidad, el cual se obtiene valorando la Capacidad de Respuesta de toda la institución evaluada.

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

Se refiere a todos los elementos en riesgo como población, edificaciones, actividades económicas, servicios públicos e infraestructura expuestos ante un eventual sismo. Contemplado dentro de un área delimitada por el radio de afectación (Mazón Pachacama & Reinoso Salinas, 2020).

Según la guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras publicada en el 2016, para determinar el nivel de exposición ante una amenaza que tiene un lugar determinado. Dicho grado de exposición se puede representar como un nivel de aceleración horizontal a nivel de la roca para un periodo de tiempo determinado para luego estimar la respuesta dinámica del subsuelo que sobre-yace a la roca para así determinar la demanda sísmica esperada en la superficie. Los estudios de amenaza sísmica proporcionan datos básicos que permiten diseñar nuevas estructuras o hacer una revisión de las ya

existentes. Cabe anotar, que debido a la variabilidad del fenómeno sísmico y del desconocimiento de datos más completos, los resultados obtenidos tienen un nivel de incertidumbre determinado, el cual se tiene en cuenta en el proceso de evaluación.

### ***Fallas geológicas***

Algunos estudios sugieren que los límites de los Andes del Norte están controlados por mega fallas (Campbell, 1974; Pennington, 1981). Las observaciones de campo muestran que los principales sistemas de fallas son oblicuos a los Andes ecuatorianos, comenzando en el Golfo de Guayaquil y atravesando las cadenas hacia el borde oriental de la Cordillera Real en el norte de Ecuador (Soulas et al., 1991).

Estas dos fallas principales NE-SO muestran una morfología de deslizamiento de rumbo y características cinemáticas significativas y probablemente sean responsables de los principales terremotos históricos en Ecuador (Eguez et al., 2003). Entre estas fallas, el movimiento de deslizamiento es acomodado por fallas oblicuas menores NE-SO y por zonas de falla N-S a lo largo del Valle Interandino, donde se han identificado pliegues, flexiones y fallas inversas relacionadas (incluida la 35 falla de Quito). Además, un sistema de fallas transpresionales NNE-SSO a lo largo de la zona subandina acomoda parcialmente la compresión E-O (Eguez et al., 2003). Otros estudios proponen un modelo de fallas con base en la recurrencia de terremotos, deducida de las tasas de deslizamiento geológico y/o geodésico (Beauval et al., 2018). En este se explica como a lo largo del margen ecuatoriano, la subducción oblicua induce la deformación litosférica de la placa continental superior. La deformación continental activa se localiza actualmente a lo largo de un importante sistema de fallas, que conecta varios segmentos de fallas desde el Golfo de Guayaquil hasta la Cordillera de los Andes orientales. La deformación de la corteza se concentra a lo largo del sistema de fallas Chingual-Cosanga-Pallatanga-Puna (CCPP), el sistema de fallas Quito-Latacunga, el cinturón Subandino Oriental y el sistema de fallas El Ángel. El CCPP puede considerarse un límite de microplaca continental; su segmentación comprende fallas transpresionales laterales derechas con rumbo noreste desde el Golfo de Guayaquil hacia la Cordillera de los Andes (Puna y Pallatanga), con continuación a lo largo

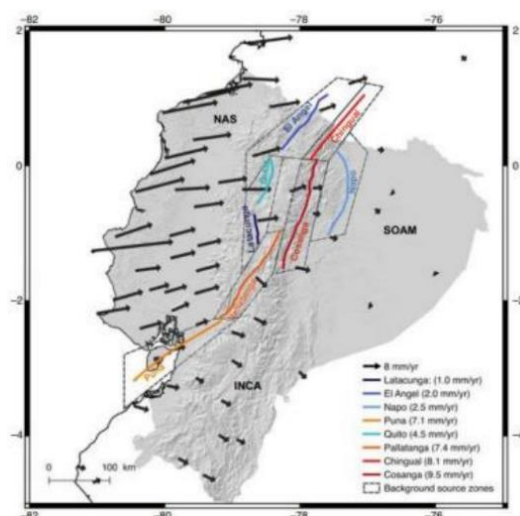


de las fallas transpresivas con rumbo norte-sur en los Andes orientales (Cosanga) y fallas laterales derechas de corte recto más al norte (Chingual). En el norte de Ecuador, al oeste del límite del CCPP, el sistema de fallas norte-norestesur-suroeste de El Ángel comprende una serie de fallas de rumbo lateral derecho y probablemente representa la prolongación sur del sistema principal de fallas RomeralCauca-Patia, descrito en Colombia (Ego et al., 1995; Taboada et al., 2000; Yepes et al., 2016). Bajo este modelo se definen un conjunto de ocho fuentes de fallas de la corteza (Fig. #). Para la falla Chingual, las tasas de deslizamiento estimadas son de 7,7 a 11,9 mm/año con base en varios depósitos del Pleistoceno tardío desplazados por varias ramas de la falla (Tibaldi et al., 2007).

También se estimaron tasas de deslizamiento del 36 Holoceno de  $4,3 \pm 2,2$  mm/año para las fallas inversas norte-sur al sur de la falla Chingual, que son consideradas parte del sistema de fallas transpresivas de Cosanga (Yepes et al., 2016). Con base en excavaciones paleosismológicas a lo largo de la sección sur de la falla de Pallatanga, se estimó una tasa de deslizamiento promedio de  $\sim 2,5$  mm/año durante el Holoceno (Baize et al., 2015). Para el segmento Puna, se calculó una tasa de deslizamiento media mínima de 5–7 mm/año desde un lugar particular en la isla Puna durante el Pleistoceno tardío (Dumont et al., 2005).

## Figura 2

### Fallas



*Nota.* La tabla muestra las fallas geológicas. Tomado de *Diseño geológico basado en un lugar particular*, por Beauval et., 2018, Diseños ID.

### **Coeficiente de capacidad**

Representa la vulnerabilidad general de una estructura según el impacto total en su capacidad de respuesta, y el coeficiente puede aumentar o disminuir esa vulnerabilidad (Fajardo, Herrera, Ochoa, & Torres, 2021).

### **Riesgo global**

Basado en la amenaza sísmica, genera valores para toda la estructura, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: capacidad de respuesta, exposición y vulnerabilidad general. Por otro lado, nos muestra indicadores globales del riesgo sísmico de estructuras según amenazas (Balón Ramos, Reyes Perero, Tomalá González, & Rodríguez Moreira, 2018).

### **Puntaje Base**

Esta puntuación está vinculada al año en que se construyó el edificio de investigación. Recuerde, cuanto más antiguo es, más vulnerable es porque no se basa en el estatuto de referencia o es obsoleto. Por lo tanto, se espera que los edificios construidos de acuerdo con la normativa vigente (NEC 15) reflejen una menor vulnerabilidad.

Hay 4 apartados, cada uno con una puntuación específica, donde se estima la normativa utilizada según el año de construcción (sin normativa, CEC 77, CEC 2000, NEC15)

**Tabla 3**

*Puntaje base según el Año de Construcción*

<b>Rango de Año</b>	<b>Desempeño estructural</b>	<b>Puntaje Base</b>
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.* La tabla muestra el puntaje según años. Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

### Grupos de Vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3

En forma general se define la vulnerabilidad sísmica de un edificio como su grado de predisposición inherente a soportar daño como resultado de un sismo, en razón de sus propiedades físicas y estructurales (Bonett,2003)

Es importante conocer que los grupos de Vulnerabilidad permiten identificar que tan susceptible es una estructura, además de poder cuantificar los diversos parámetros estructurales y no estructurales propias en una edificación y así obtener una evaluación sísmica adecuada mediante esta información. Por consiguiente, se según FEMA P-1000, existen tres grupos de vulnerabilidad para clasificar a estas edificaciones.

Cada uno de estos parámetros se los evalúa con 4 grados ( $G_A$ ,  $G_B$ ,  $G_C$  y  $G_D$ ) que presentan un diferente valor que depende de las características que presenta cada estructura. (Aguirre Ramos et al., 2022).

**Tabla 4**

*Grados de Vulnerabilidad*

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

*Nota.* La tabla muestra el puntaje según años. Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

### **Grupo de Vulnerabilidad (GV1)**

Dentro de los aspectos generales GV1 que se especifican datos de la edificación como, el tipo de estructura según FEMA, datos de construcción, número de pisos total, área de construcción, si existen remodelación, tipo de suelo, adyacencias, irregularidades, etc.

### ***Año de Construcción***

En este factor la edad que tiene el edificio sirve como dato importante para determinar al análisis final y conocer si afectará o favorecerá en los resultados obtenidos, además de manera general la recopilación de esta información puede obtenerse en los planos de la estructura que se esté analizando, en el caso de no tener esta favorable se lo puede obtener de la visita en campo, es decir realizando una estimación, basándose en el estilo, tipo y uso de la edificación o construcción.

### ***Número de Pisos***

#### **Figura 3**

*Observación Número de pisos en edificación*



*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

Este factor es posible verificarlo en campo a través de la observación y contar el número de pisos del edificio a analizar, por otro lado, también se puede definir con la ayuda de los planos arquitectónicos facilitados, donde nos presentan las plantas de elevación que se necesitan en este caso que se presente de la estructura.

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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

### **Tipo de Edificio FEMA**

Para evaluar este punto es esencial analizar y definir de manera visual ciertas características en campo para determinar la edificación y así detallar el tipo de edificación FEMA y con ellos podremos alcanzar a reconocer el grado de vulnerabilidad.

Si no es posible encontrar o distinguir las características del edificio, debemos elegir o realizar un descarte de las tipologías hasta encontrar la más cercana que logre relacionarse con la tabla presentada por la FEMA.

La tabla presentada a continuación, nos ayuda a determinar el grado de vulnerabilidad según el tipo de edificación FEMA sugerido.

**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)	
GC	Estructuras de acero con arriostramiento (S2)	

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
	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)	
	Estructuras de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada (C3)	

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
	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. Tomado de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, por Ballesteros, 2020, FEMA.*



## Figura 4

### Condición de Golpeteo en Estructuras



*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

Para encontrar la distancia entre dos edificios adyacentes, se calcula con la fórmula presentada de la siguiente manera

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

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

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

Condición	Grado
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

Condición	Grado
El edificio adyacente se encuentra de separación menor igual al mínimo $[\Delta(p) \times 5 \text{cm}]$	$G_C:60$
Ausencia de juntas entre edificaciones contiguas, en caso de presencia de suelos de diferente calidad	$G_D:80$

*Nota.* La tabla muestra los grados de vulnerabilidad. Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

### Figura 5

*Condición de adyacencia en Estructuras*



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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**Tabla 9**

*Grados de vulnerabilidad por golpeteo*

Condición	Grado
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

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

### 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*

Tipo de perfil de suelo	Grado de vulnerabilidad
Tipo A y Tipo B	$G_A:20$
Tipo C	$G_B:40$
Tipo D	$G_C:60$
Tipo F	$G_D:80$

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

**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. 2) $100 \text{ KPa} > S_u \geq 50 \text{ KPa}$

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
E	b) Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	
	a) Perfiles de suelos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte	a) $V_{S_{30}} < 180m/s$
F	b) Perfil que contiene un espesor total mayor de 3 m de arcillas blandas	b. 1) $IP > 20$ b. 2) $w \geq 40\%$ b. 3) $S_u < 50 KPa$
	F1: Suelos susceptibles a falla o colapso por excitación sísmica. Suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o pobremente cementados	
	F2: Turba o arcillas orgánicas ( $H > 3m$ )	
	F3: Arcillas de muy alta plasticidad ( $H > 7.5m$ e $IP > 75$ )	
	F4: Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana – blanda ( $H > 30m$ )	
	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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

### **Grupo de Vulnerabilidad (GV2)**

Hace referencia a una vulnerabilidad estructural en la edificación, en este grupo se evalúan los elementos que conforman la estructura de la edificación tales como columnas, vigas, losas, muros de corte (en caso de existir) así como la relación largo-ancho, irregularidades existentes en planta, irregularidades en elevación, ampliaciones verticales y horizontales, patologías en paredes o acabados de la construcción.

### **Relación Largo Ancho**

**Figura 6***Relación Largo-Ancho en Estructuras*

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

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	$G_A:20$
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Una de sus longitudes es próxima a 30m	$G_B:40$

Condición	Grado
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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

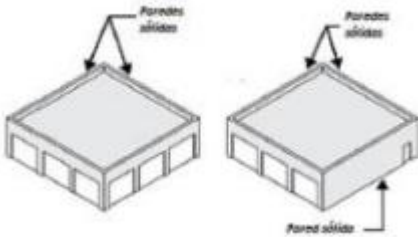
### ***Irregularidades en Planta***




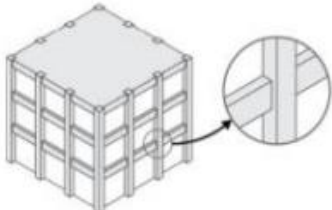
Las irregularidades planificadas surgen por una variedad de razones, muchas de las cuales se deben a las condiciones de construcción o al uso de la tierra disponible (Alamgro Oña & Paredes Jaramillo, 2016).

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	

Condición	Gráfico
Sistemas no paralelos	
Esquina reentrante	
Abertura en diafragma	
Vigas no alineadas con las columnas	

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

**Tabla 14**

*Grados de vulnerabilidad por irregularidad en planta*

Condición	Grado
La edificación es regular	G <sub>A</sub> :20
La edificación presenta:	G <sub>B</sub> :40
Vigas no alineadas con las columnas. Abertura en diafragmas	
La edificación presenta: esquinas reentrantes	G <sub>C</sub> :60

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.



### ***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.

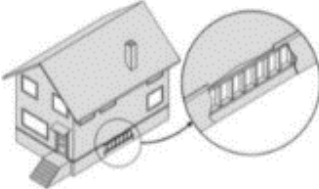
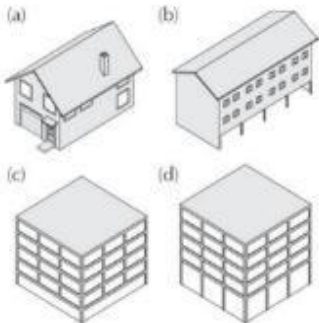
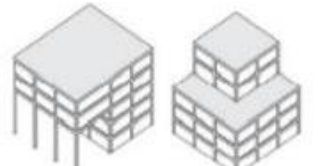
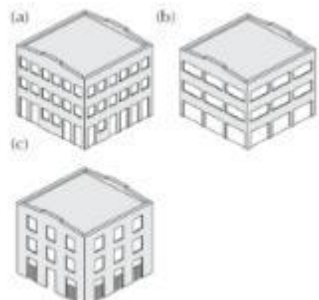

Estas desigualdades en las edificaciones pueden causar efectos drásticos y no solo en su comportamiento, también en su desempeño. Sin hacer más extenso se dice que estos efectos pueden causar daños, fallas o incluso el colapso total de la edificación analizada. Este efecto se produce por la concentración 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	
Columna corta	
Niveles divididos	

**Tabla 16***Grados de vulnerabilidad por irregularidad en elevación*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

### **Ampliaciones Verticales y Horizontales**







Ampliaciones horizontales: Estas dependen de la superficie del terreno además que con ello es posible integrar o crear un espacio nuevo a la construcción antigua.


Ampliaciones Verticales: Por lo general suele darse en lugares que no tienen suficiente espacio en costados o laterales, debido a limitaciones del terreno.

Una de las peculiaridades más normales con el transcurrir de los años luego de la construcción de algún tipo de edificación, es la de realizar expansiones ya sean estas de manera horizontal o sean de manera vertical, una de las justificaciones se presenta por la necesidad de conseguir mayor espacio dentro de las mismas.

Para la evaluación del grado de vulnerabilidad se procederá a revisar las circunstancias y características de las ampliaciones realizadas, en la tabla:

**Tabla 17***Guía para identificar ampliaciones verticales y horizontales*

Orientación	Gráfico
<p>Vertical (1)</p> <p>Planta de menor dimensión que la principal.</p>	
<p>Vertical (2)</p> <p>Más de una planta adicional con la misma configuración en planta y sistema estructural que el edificio original.</p>	
<p>Vertical (3)</p> <p>Más de una planta adicional con un sistema estructural diferente</p>	
<p>Horizontal (1)</p> <p>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.</p>	
<p>Horizontal (2)</p> <p>Edificio adicional con diferente altura que el original.</p>	
<p>Horizontal (3)</p> <p>Edificio adicional con diferente tipo de construcción que el original.</p>	

Orientación	Gráfico
Horizontal (4) Edificio adicional pequeño, que está apoyado en el edificio original para soporte de gravedad.	

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**Tabla 19**

*Grados de vulnerabilidad por ampliaciones horizontales*

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	$G_A: 20$
Ampliación con un mismo sistema constructivo e igual número de plantas	$G_B: 40$

Condición	Grado
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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

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

Las patologías en una edificación son lesiones producidas ya sea por causas internas o externas, lo que respecta a el sistema estructural las vigas y columnas tienen un papel dominante, por lo que es importante realizar una evaluación objetiva in situ para así conseguir verificar el estado de dichos elementos mencionados. Por otro lado, se debe hacer hincapié en el material del que se encuentran constituidos sean ya sean de acero, hormigón o madera, y dependiendo de los datos recopilados que la caracterizan, se verificará el grado de vulnerabilidad de las grietas o diferentes fisuras, grietas, etc. Que se puedan presentar en el lugar.

### **Tabla 20**

*Tipos de condiciones para elementos metálicos*

Tipo I	Tipo II	Tipo III
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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**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	

**Tabla 23***Grietas en columnas*

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

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.



**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020 , FEMA.

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

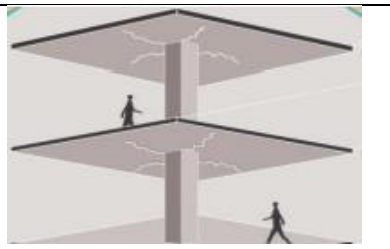
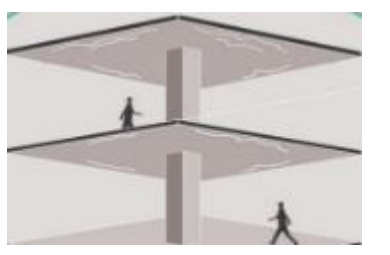
El objetivo principal de colocar losas de entrepiso o cubiertas viene dado por alcanzar a tener la capacidad de soportar las cargas a las cuales se encuentran expuestos. De los tipos de losas de entrepiso que se pueden presentar, hay gran variedad de presentaciones con el único fin de reducir al máximo el peso de la estructura, se pueden presentar como placa colaborante de acero, otras construcciones mixtas tal, así como es el caso específico del Steel-deck, En cuanto a la madera también algunos tipos de entablados con este mismo fin ya antes mencionado.

Por otro lado, la mayoría de las patologías que se presentan en las cubiertas, vienen ocasionadas por el envejecimiento y deterioro de los distintos elementos que encontramos en ellas. Esto es porque se presenta una continua exposición a los distintos cambios meteorológicos como son: los altibajos en temperatura, humedad, rayos solares, lluvia, granizo, etc.

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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

**Tabla 27**

*Grado de vulnerabilidad por grietas*

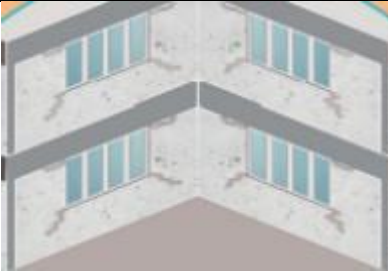


Condición	Grado
Losas sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica, acero, madera)	$G_B: 40$
Grietas en losa por insuficiencia de armadura, Afectaciones tipo II (metálica, acero, madera)	$G_C: 60$
Grietas en losas por sobrecarga excesiva, afectaciones tipo III (metálica,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

### ***Patologías en Paredes***

Como ya se había mencionado antes, para poder realizar un análisis y verificación visual optima, 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 paredes*

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

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

La presencia de elementos externos no estructurales durante el desarrollo de un evento sísmico se los debe tomar en cuenta ya que existe la probabilidad de caída y obstrucción del paso al momento de evacuar, se considera elementos no estructurales a cisternas, astas, chimeneas, etc. Se debe verificar que mantengan una correcta fijación, de lo cual dependerá 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

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

Se considera a elementos tales como archiveros, estantes, instalaciones eléctricas, cielos falsos. etc.; debido a que pueden obstaculizar el paso de las durante un evento sísmico. (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	$G_D: 80$

De esta manera se puede evaluar en forma general el estado de los diferentes elementos estructurales, mamposterías y además elementos no estructurales, en función de 4 categorías: Muy bueno, Bueno, Regular y Deficiente. (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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros (2020), FEMA.

**Estado de Conservación de Cubiertas**

Una de las funciones principales de las cubiertas es la de proteger el edificio o a la vivienda o estructura construida del frío, del calor, así como de los rayos ultravioleta y otras de las condiciones climatológicas como suelen ser el viento, la lluvia, la nieve, el granizo, etc. Por ello mantenimiento de cubiertas es, por tanto, fundamental para el bienestar de toda la construcción. Las cubiertas deben ser analizadas de acuerdo al criterio del evaluador. (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

**Puertas de Salida o Emergencia**

Una salida de emergencia, se caracteriza por ser un elemento que se localiza dentro de la construcción o estructura, y que se es diseñada con el fin de proporcionar una vía de salida rápida y segura de las edificaciones en el caso de darse una emergencia.

Hay varios puntos importantes y técnicos en las puertas de salida o puertas de emergencia, ya que se utilizan dentro de eventos que requieran evacuación, estos puntos mencionados se encuentran expuestos dentro del Acuerdo al Consejo Metropolitano de Quito del año 2003 donde se dice lo siguiente:

- 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.
- Se debe eliminar y dejar de utilizar cerraduras tipo pomo, y dar paso a cerraduras tipo palanca, 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.

#### **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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

#### **Ventanas**

Las ventanas se pueden considerar de los elementos más importantes al momento de una evacuación por lo cual al considerarse como posibles salidas de emergencia, estas tienen que cumplir con un cierto tipo de características que prioricen a personas con discapacidad, personas de talla baja y niños, etc, deben construirse con vidrio templado para evitar daños a las personas.

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° 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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

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, teniendo en cuenta:

Rampas:

- Las pendientes varían del 6 al 12%.
- La pendiente transversal máxima es del 2%
- Ancho mínimo de la rampa debe ser de 0,90 m.
- Pasamanos intermedios
- Desnivel que la rampa está salvando es mayor a 20 cm, utilizar bordillos.

Escaleras:

- Ancho mínimo de escaleras de 1,20 m
- Las contrahuellas deben tener una altura máxima de 18 cm.
- Tramos continuos hasta un máximo de diez escalones.
- Pasamanos a ambos lados



- 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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

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

Se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$V = GV + P. Base$$

**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.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

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*

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

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

### Elemento del terreno (E)

Dicho punto genera un grado de importancia de acuerdo del tipo de edificación, a su tipo de uso y el número de personas existentes en un momento concreto.

**Tabla 39**

*Importancia de edificación según elemento de terreno*

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

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

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

Es un factor importante para conocer el riesgo de estar situado dentro de una zona de amenaza sísmica.

Existen cuatro interpretaciones diferentes de la exposición: Amenaza Muy alta (AMA), Amenaza Alta (AA), Amenaza Media (AM) y Amenaza Baja (AB) (Torres Rites, 2016).

**Tabla 40***Nivel de exposición a la amenaza*

<b>Nivel de Exposición a la Amenaza</b>	<b>Valor asignado</b>
Muy Alta (AMA)	1.00
Alta (AA)	0.83
Moderada-Alta (AM2)	0.50
Moderada (AM)	0.25
Baja (AB)	0.17

**Vulnerabilidad Total**

Para determinar el valor de la vulnerabilidad total por unidades militares, Ballesteros, K., & Caizaguano, D.(2020) se aplica el método tradicional. Este valor se cuantifica con la siguiente expresión matemática:

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

Donde:

Vtotal: es la vulnerabilidad significativa de todo el establecimiento escolar

Vi: grado de vulnerabilidad de cada edificación.

Ei: importancia de la edificación de acuerdo al número de ocupantes

**Coefficiente de capacidad**

El valor asignado para el parámetro de Capacidad de respuesta es de 70, debido a que estamos evaluando dependencias y unidades militares; razón por la cual se aplica la fórmula cuando Cr es mayor a 50.

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

Donde:

Cr: capacidad de respuesta

Vt: Vulnerabilidad Total de la estructura

### Riesgo Global

Finalmente, las unidades militares serán categorizadas en función de los datos obtenidos de vulnerabilidades, capacidades y riesgos, asignando cinco categorías (A-F) según el riesgo que representa.

**Tabla 41**

*Categoría de unidades militares según el Riesgo Global*

<b>Nivel de Riesgo Global</b>	<b>Estimación del Riesgo Global</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categ.</b>
Rg≤15	Bajo	No se identifica un riesgo global relevante. El riesgo global está controlado. Las medidas preventivas existentes reducen eficientemente el riesgo.	A
15<Rg≤30	Moderado	Se ha detectado que existe entre el 6% y 22% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que se debe implementar medidas preventivas que puedan reducir de forma apreciable los potenciales riesgos	B
30<Rg≤45	Moderado Alto	Se ha detectado que existe entre el 22% y 45% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que debe implementar medidas preventivas más estrictas ya que las condiciones actuales no son lo suficiente para manejar emergencias.	C

<b>Nivel de Riesgo Global</b>	<b>Estimación del Riesgo Global</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categ.</b>
45<Rg≤75	Alto	Se ha detectado que existe entre el 45% y 78% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que debe implementar medidas preventivas como: refuerzo de edificaciones vulnerables, reformular los planes de operación ante emergencias, y capacitar a todo el personal ya que es muy probable que se produzca un desastre.	D
75<Rg≤100	Muy Alto	Se ha detectado más del 78% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que las actividades dentro de ella no pueden continuar. No se refleja un conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo, y existen muchas edificaciones con un alto grado de vulnerabilidad.	E

*Nota.* Tomado de *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí*, por Ballesteros, 2020, FEMA.

## **Resultados**

Una vez completada la información de los formularios mencionados por las diferentes estructuras estudiadas, se comienza a analizar los resultados obtenidos, verificando cada uno de los puntos planteados acorde a la evaluación que se observó al momento de realizar las visitas en cada lugar.

**Tabla 42***Unidades Militares*

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

### **Tipo de suelo**

Los lugares en los cuales se ubican las unidades militares de estudio se encuentran en diferentes tipos de suelos que son de gran incidencia para el estudio del desempeño estructural, debido a que en un evento sísmico cada uno tendrá una diferente reacción. La NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) presenta una tipología de diferentes perfiles de los suelos para el diseño sísmico, parámetro considerado en nuestro estudio.

**Tabla 43**

#### *Tipo de Suelo*

<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Geología (Tipo de Suelo)</b>	<b>Perfil</b>
1	Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E	Rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria	D
2	Aeropuerto del Ala de Combate N° 23 F.A.E	Rocas sedimentarias de origen marino-continental de edad Terciaria	D
3	Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"	Arcilloso muy profundo	F
4	Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"	Arcilloso muy profundo	F
5	Hospital de Especialidades FF.AA N° 1	Cenizas y capas de pómez, Cangahua	D
6	Depósito Conjunto de Municiones "CORAZÓN"	Depósito lagunar de ceniza, Cangahua	D
7	Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E	Sedimento de grano fino predominando limos y arcillas	E
8	Base Aérea "TAURA"	Depósitos de la llanura aluvial (arcillas aluviales)	E
9	Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"	Depósitos de la llanura aluvial (arcillas aluviales)	E
10	Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"	Sedimento de grano fino predominando limos y arcillas	E



N°	Nombre	Geología (Tipo de Suelo)	Perfil
11	Hospital Básico 1 BI "EL ORO"	Sedimento de grano fino predominando limos y arcillas	E
12	Ala de Transportes N° 11 F.A.E	Lahar del Cotopaxi, Holoceno	D
13	Hospital Básico - LATACUNGA	Lahar del Cotopaxi, Holoceno	D
14	Hospital Básico 11 BCB "GALÁPAGOS"	Conglomerado, formación Riobamba, Pleistoceno	D
15	Colegio Militar N° 4 "ABDÓN CALDERÓN"	Roca de rigidez media (gravas y arenas)	B
16	Depósito Conjunto de Municiones "SUR"	Depósito lagunar de ceniza, Cangahua	D
17	Brigada de Selva N° 19 "NAPO"	Areniscas, lutitas, tobas	E
18	Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"	Areniscas, lutitas, tobas	E
19	Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"	Areniscas, lutitas, tobas	E
20	Brigada de Selva N° 21 "CÓNDOR"	Arcilloso muy profundo	F
21	Hospital de Brigada N° 7 "LOJA"	Conglomerado con pocas areniscas	C

### ***Hospital del Ala de Combate N° 23 F.A.E***

#### **Tabla 44**

#### *Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>	
<b>Unidad militar:</b>	Hospital Básico ALA N° 23 F.A.E
<b>Provincia:</b>	Manabí
<b>Cantón:</b>	Manta
<b>Coordenadas:</b>	536037 E                      9894833 S
<b>Cota de construcción aprox. promedio:</b>	18 m
<b>Número de estructuras:</b>	1

Tabla 45

Datos de los edificios que conforma


Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	<p>(1) Hospital Básico ALA 23</p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción compuesta por un sistema estructural con pórticos de Hormigón Armado con mampostería de relleno sin refuerzo (C3) estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5), con columnas de hormigón armado y con vigas descolgadas cubiertas por cielo raso ,según FEMA irregular en planta y regular en elevación , no posee edificaciones adyacentes, está situado en un suelo tipo D, la edificación posee una relación largo ancho mayor a 4, el estado de conservación de la edificación es bueno, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia el 50% de ventanas son de vidrio templado.</p>	

Tabla 46

Vulnerabilidad total de la unidad

Vulnerabilidad total					
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Estructura Principal	60,73	5	303,63	60,73
	<b>TOTAL</b>	60,73	5,00	303,63	


**Tabla 47***Riesgo global*



<b>Riesgo global</b>			
	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
	Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
	Nivel de exposición (NE)	1	
	Coeficiente de capacidad (C)	1,37603057	
	Riesgo Global (Rg)	44,1320022	<b>MODERADO ALTO - C</b>




**Tabla 48***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>	
Unidad militar:	Aeropuerto del Ala de Combate N° 23 F.A.E
Provincia:	Manabí
Cantón:	Manta
Coordenadas:	535768 E 989492 S
Cota de construcción aprox. promedio:	16 m.
Número de estructuras:	5

**Tabla 49***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód.</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
<b>(#pisos)</b>		
E1(1)	(1) <i>Terminal aéreo ala N° 23</i> La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción compuesta por un sistema estructural con pórticos de Hormigón Armado con mampostería de relleno sin refuerzo (C3), con columnas de hormigón armado y con vigas descolgadas cubiertas por cielo raso, según	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E2(1)	<p>FEMA irregular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, está situado en un suelo tipo D, la edificación posee una relación largo menor a 4, el estado de conservación de la edificación es regular ya que se presta grietas en columnas, vigas, losa y en paredes además se ve afectada por la humedad, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia ni con ventanas de vidrio templado.</p> <p>(2) <i>Oficina Comando</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción compuesta por un sistema estructural con pórticos de Hormigón Armado con mampostería de relleno sin refuerzo (C3), con columnas de hormigón armado y con vigas descolgadas cubiertas por cielo raso, según FEMA irregular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, está situado en un suelo tipo D, la edificación posee una relación largo menor a 4, el estado de conservación de la edificación es regular ya que se presta grietas en columnas, vigas, losa y en paredes se presenta grietas en esquinas de ventanas y puertas, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia.</p>	
E3(2)	<p>(3) <i>Oficina Grupo Base N° 23</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5), según FEMA regular en planta y en elevación, posee edificaciones adyacentes sin presencia de juntas, está situado en un suelo tipo</p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E4(1)	<p>D, la edificación posee una relación largo menor a 4, el estado de conservación de la edificación es regular ya que se presta grietas en columnas y en paredes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia ni vidrios templados.</p> <p>(4) <i>Oficina Compras Públicas</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción compuesta por un sistema estructural con pórticos de Hormigón Armado con mampostería de relleno sin refuerzo (C3), según FEMA regular en planta y en elevación, no posee edificaciones adyacentes, está situado en un suelo tipo D, la edificación posee una relación largo menor a 4, el estado de conservación de la edificación es deficiente ya que se presta grietas en columnas por represión en la fundación, afectaciones tipo II, vigas, losa y en paredes fracturas inclinadas en fachadas, afectaciones tipo III, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia.</p>	
E5(2)	<p>(5) <i>Dormitorios Aerotécnicos Base Aérea</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción compuesta por un sistema estructural con pórticos de Hormigón Armado con mampostería de relleno sin refuerzo (C3), según FEMA regular en planta y en elevación, no posee edificaciones adyacentes, está situado en un suelo tipo D, la edificación posee una relación largo menor a 4, el estado de conservación de la edificación es bueno y, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia ni con ventanas de vidrio templado.</p>	 

**Tabla 50***Vulnerabilidad total de la unidad*

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

**Tabla 51***Riesgo global*


<b>RIESGO GLOBAL</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,36047648	
Riesgo Global (Rg)	45,5444564	<b>ALTO - D</b>

**Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"****Tabla 52***Datos generales de la unidad*

<b>Datos Generales de la Unidad</b>	
<b>Unidad militar:</b>	Hospital Básico 17 BS "PASTAZA"
<b>Provincia:</b>	Pastaza
<b>Cantón:</b>	Puyo
<b>Coordenadas:</b>	832265      9834919
<b>Cota de construcción aprox.promedio:</b>	931 m

Tabla 53

Datos de los edificios que conforma

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	<p>(3) Consultorios Tipo 1</p> <p>La construcción presentada tiene 35 años de construcción, construcción en hormigón armado y mampostería de ladrillos. (C3) según FEMA regular en planta y en elevación, no posee edificaciones adyacentes. El estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	
E2(1)	<p>(1) Dormitorios Tipo 1</p> <p>La construcción presentada tiene 35 años de construcción, construcción en hormigón armado y mampostería de ladrillos. (C3) según FEMA regular en planta y en elevación, no posee edificaciones adyacentes. El estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	
E3(1)	<p>(1) Dormitorios Tipo 2</p> <p>La construcción presentada tiene 35 años de construcción, construcción en hormigón armado y mampostería de ladrillos. (C3) según FEMA regular en planta y en elevación, no posee edificaciones adyacentes. El estado de conservación de la estructura es regular.</p>	

**Tabla 54***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>					
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Consultorios Tipo 1	60,87	5	304,37	
E2	Dormitorio Tipo 1	60,70	4	242,79	60,87
E3	Dormitorio Tipo 2	61,24	4	244,96	
	<b>TOTAL</b>	<b>60,87</b>	<b>5,00</b>	<b>304,37</b>	

**Tabla 55***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,37418366		
Riesgo Global (Rg)	44,298046	<b>MODERADO ALTO - C</b>	

**Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"****Tabla 56***Datos generales de la unidad*

<b>Datos Generales de la Unidad</b>			
Unidad militar:	Brigada de Selva N° 17 "PASTAZA"		
Provincia:	Pastaza		
Cantón:	Mera		
Coordenadas:	826831	9833544	
Cota de construcción aprox.promedio:	1051 m		
Número de estructuras:	15		



**Tabla 57***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>					
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
<b>E1</b>	Centro Logística	60,30	4	241,20	
<b>E2</b>	Almacenes	65,09	4	260,36	
<b>E3</b>	Residencia Tipo1	61,53	4	246,10	
<b>E4</b>	Nave Industrial Buses	58,57	4	234,29	
<b>E5</b>	Gasolinera	58,35	1	58,35	
<b>E6</b>	Hangar Aviones	58,42	1	58,42	
<b>E7</b>	Bodegas	64,77	1	64,77	
<b>E8</b>	Destacamento de Inteligencia	60,70	4	242,80	62,16
<b>E9</b>	Centro de Apoyo Electrónico	59,80	4	239,19	
<b>E10</b>	Centro de Saluda	65,23	5	326,16	
<b>E11</b>	Casino Tipo 1	61,99	4	247,97	
<b>E12</b>	Residencia Tipo1	64,91	3	194,72	
<b>E13</b>	Villas	61,99	3	185,98	
<b>E14</b>	Oficinas Tipo 2	65,38	4	261,50	
<b>E15</b>	Casino Tipo 2	61,52	4	246,08	
<b>TOTAL</b>		928,55	50,00	3107,90	

**Tabla 58***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,35801013	
Riesgo Global (Rg)	45,7713957	ALTO - D


**Hospital de Especialidades FF.AA N° 1****Tabla 59***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>		
Unidad militar:	Hospital de Especialidades de las FF.AA N°1	
Provincia:	Pichincha	
Cantón:	Quito	
Coordenadas:	778985	9976449
Cota de construcción aprox.promedio:	2818 m.	
Número de estructuras:	8	

**Tabla 60***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(4)	<p><i>(1) Edificio de Consulta Externa</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 49 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, si posee edificaciones adyacentes (Edificio administrativo), cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E2(4)	<p><i>(1) Edificio Administrativo</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 49 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, si</p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	posee edificaciones adyacentes (Consulta Externa), cuenta con adecuada puerta de	
E3(2)	<p data-bbox="331 421 694 452"><i>(1) Dormitorio de Voluntarios</i></p> <p data-bbox="331 474 890 958">La construcción presentada tiene aproximadamente 49 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E4(2)	<p data-bbox="331 1025 778 1057"><i>(1) Bodega de Insumos médicos</i></p> <p data-bbox="331 1079 890 1617">La construcción presentada tiene aproximadamente 49 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3) según FEMA regular en planta y elevación, posee cubierta metálica sobre la losa de hormigón armado, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia y tiene pequeñas ventanas de vidrio templado.</p>	
E5(12)	<p data-bbox="331 1639 703 1671"><i>(1) Edificio de Hospitalización</i></p> <p data-bbox="331 1693 890 2020">La construcción presentada tiene aproximadamente 49 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones</p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	adyacentes, cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia.	
E6(1)	<i>Bodega de Materiales, Partes y Repuestos</i> La construcción presentada tiene aproximadamente 49 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C1) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia y cuenta con pequeñas ventanas de vidrio templado.	

**Tabla 61***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>						
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT	
E1	Edificio de Consulta Externa	70,07	5	350,34		
E2	Edificio Administrativo	69,19	4	276,77		
E3	Dormitorio de Voluntarios	66,19	4	264,77		
E4	Bodega de Insumos médicos	66,19	1	66,19		
E5	Edificio de hospitalización	65,90	6	395,37	67,48	
	Bodega de materiales, Partes y					
E6	Repuestos	66,19	1	66,19		
E7	Bodega de Seguridad, Salud y Ambiente	66,19	1	66,19		
E8	Bodega de desechos infecciosos	66,19	1	66,19		
	<b>TOTAL</b>	<b>536,12</b>	<b>23,00</b>	<b>1552,04</b>		

**Tabla 62***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>			
	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
	Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
	Nivel de exposición (NE)	1	
	Coeficiente de capacidad (C)	1,29099456	
	Riesgo Global (Rg)	52,2696581	<b>ALTO - D</b>

**Tabla 63***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>			
Unidad militar:	Depósito conjunto de municiones "EL CORAZÓN"		
Provincia:	Pichincha		
Cantón:	Mejía		
Coordenadas:	765290	9945582	
Cota de construcción aprox.promedio:	3241 m.		
Número de estructuras:	2		

**Tabla 64***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1	<i>Depósito de municiones y explosivos</i>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 15 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, construcción tipo berma la cual presenta una inclinación en sus paredes laterales y está cubierta de tierra y vegetación del sector.</p> <p><i>Depósito de municiones y explosivos N.2</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 15 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, diferentes medidas con respecto al depósito de municiones y explosivos N.1</p>	

**Tabla 65**

*Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>					
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Depósito de munición y explosivo	35,64	1	35,64	35,64
E2	Depósito de Municiones y explosivos N.2	35,64	1	35,64	
<b>TOTAL</b>		71,27	2,00	71,27	


**Tabla 66***Riesgo global*


<b>Riesgo global</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,69199471	
Riesgo Global (Rg)	21,0613627	<b>MODERADO - B</b>

**Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E****Tabla 67***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>		
Unidad militar:	Hospital del Ala de Combate N° 22 F.A.E	
Provincia:	Guayas	
Cantón:	Guayaquil	
Coordenadas:	624141	9760799
Cota de construcción aprox. promedio:	3 m.	
Número de estructuras:	1	

**Tabla 68***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
<b>E1(2)</b>	(1) recepción, consultorios, oficinas (2) consultorios, oficinas La construcción presentada tiene aproximadamente 38 años de construcción, elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E2(1)	<p>varillas de acero según (C3) FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia asi como ventanas de vidrio templado.</p> <p>(1) Bodega</p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 38 años de construcción, elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero según (C3) FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia asi como ventanas de vidrio templado.</p>	

### **Base Aérea "TAURA"**

#### **Tabla 69**

##### *Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>	
Unidad militar:	Base Aérea "TAURA"
Provincia:	Guayas
Cantón:	Naranjal
Coordenadas:	648359 754526
Cota de construcción aprox. promedio:	11 m.
Número de estructuras:	8



**Tabla 70***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>					
EDIFICACIÓN	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Oficina Comando	59,83	3	179,49	
E2	Centro de salud	69,63	5	348,15	
E3	Gimnasio, museo	60,48	4	241,92	62,83
E4	Bloque dormitorios	60,48	4	241,92	
E5	Bodega	60,12	1	60,12	
TOTAL		435,31	25,00	1570,70	


**Tabla 71***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>		
Parámetro	Valor	Observación
Capacidad de respuesta (cr)	70	
Nivel de exposición (ne)	1	
Coeficiente de capacidad (c)	1,34957437	
Riesgo global (rg)	46,5538756	Alto - d

**Depósito Conjunto de Municiones "TAURA"****Tabla 72***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>	
Unidad militar:	Depósito conjunto de municiones "TAURA"
Provincia:	El Oro
Cantón:	Machala
Coordenadas:	648578                      9754526
Cota de construcción aprox. promedio:	14 m
Número de estructuras:	5

**Tabla 73***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(2)	<i>Depósito de municiones y explosivos</i>	
	La construcción presentada tiene aproximadamente 15 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, construcción tipo berma la cual presenta una inclinación en sus paredes laterales.	

**Tabla 74***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>						
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>	
E1	Depósito de Municiones y explosivos	35,64	1	35,64	35,64	
	<b>TOTAL</b>	<b>35,64</b>	<b>1,00</b>	<b>35,64</b>		

**Tabla 75***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,69199471		
Riesgo Global (Rg)	21,0613627	<b>MODERADO - B</b>	

### **Colegio Militar N° 3 "HÉROES DEL 41"**



**Tabla 76**

*Datos generales de la unidad*



<b>Datos generales</b>		
Unidad militar:	Colegio Militar #3 "Héroes de 41"	
Provincia:	El Oro	
Cantón:	El Cambio	
Coordenadas:	622653	9635047
Cota de construcción aprox. promedio:	13 m.	
Número de estructuras:	8	

**Tabla 77**

*Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód.</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
<b>(#pisos)</b>		
E1(2)	<p>(1) <i>Recepción, oficinas</i> (2) <i>oficinas</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E2(1)	<p>(1) <i>Bar</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros</p>	

Cód.	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
(#pisos)	<p>portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E3(1)	<p>(1) <i>Bloque Aulas tipo 1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E4(1)	<p>(1) <i>Bloque de Aulas tipo 2</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E5(1)	<p>(1) <i>Gimnasio</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío. (S3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E6(3)	<p>(1) (2) (3) <i>Aulas tipo 3</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos</p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E7(1)	<p>estructurales</p> <p>vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p> <p>(1) <i>Aulas tipo 4</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales</p> <p>vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E8(1)	<p>(1) <i>Cancha cubierta</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 28 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina</p>	

**Tabla 78**

*Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total de la unidad</b>					
EDIFICACIÓN	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Edificio Administrativo	60,33	4	241,33	
E2	Bar	61,20	2	122,40	61,05
E3	Bloque aulas tipo 1	61,45	4	245,80	
<b>TOTAL</b>		<b>488,44</b>	<b>30,00</b>	<b>1831,36</b>	


**Tabla 79***Riesgo global*




<b>Riesgo global</b>		
Parámetro	Valor	Observación
Capacidad de respuesta (cr)	70	
Nivel de exposición (ne)	1	
Coeficiente de capacidad (c)	1,37202013	
Riesgo global (rg)	44,493123	MODERADO ALTO - C



**Hospital Básico 1 BI "EL ORO"****Tabla 80***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>		
Unidad militar:	Hospital Militar HB 1B1 "EL ORO"	
Provincia:	El Oro	
Cantón:	Machala	
Coordenadas:	631964	9631707
Cota de construcción aprox. promedio:	26 m	
Número de estructuras:	9	




**Tabla 81***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód.</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
<b>(#pisos )</b>		
E1(2)	<p>(1) <i>Dormitorio de Personal de voluntarios nuevo</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA regular en planta y elevación, posee edificaciones adyacentes se encuentra a un espacio de separación igual al mínimo <math>[\Delta(p) \times 5 \text{ cm}]</math>. Nivel de pisos entre edificios es de más de 60 cm en vertical, presenta grietas horizontales en el</p>	

Cód. (#pisos )	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E2(1)	<p data-bbox="325 344 983 479">borde de la cubierta, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p> <p data-bbox="325 499 691 533"><i>(1) Servicio de Emergencia</i></p> <p data-bbox="325 551 983 981">La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA regular en planta y elevación, posee edificaciones adyacentes sin la adecuada separación sin presencia de juntas, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E3(1)	<p data-bbox="325 1003 903 1037"><i>(1) Dormitorio de Personal de Srs. Oficiales</i></p> <p data-bbox="325 1055 983 1440">La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA irregular en planta y en elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E4(1)	<p data-bbox="325 1462 480 1496"><i>(1) oficinas</i></p> <p data-bbox="325 1514 983 1899">La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E5(1)	<p data-bbox="325 1910 831 2002"><i>(1) Departamento de imagen (rayos x, ecosonografía)</i></p>	

Cód. (#pisos )	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA irregular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, posee fisuras horizontales en la losa y fisuras verticales en las columnas, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E6(3)	<p><i>(1) Oficinas administrativas</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA irregular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E7(1)	<p><i>(1) Servicio de hospitalización</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA irregular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E8(1)	<p><i>(1) Bodega de archivos</i></p>	



Cód. (#pisos )	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA regular en planta y en elevación, posee edificaciones adyacentes sin la adecuada separación sin presencia de juntas, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E9(1)	<p>(1) Capilla</p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío (S3), según FEMA regular en planta y elevación.</p>	
E10(1)	<p>(1) Comedor</p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 31 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3), según FEMA regular en planta y en elevación, posee edificaciones adyacentes sin la adecuada separación.</p>	

**Tabla 82**

*Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>VULNERABILIDAD TOTAL</b>					
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Dormitorio personal voluntarios	65,16	4	260,64	63,51

<b>VULNERABILIDAD TOTAL</b>				
E2	Servicio de emergencia	65,81	5	329,04
E3	Dormitorio personal oficiales	63,07	4	252,28
E4	Oficinas	61,74	4	246,94
E5	Departamento de imagen rayos x	60,94	4	243,78
E6	Oficinas administrativas	61,95	5	309,76
E7	Servicios de hospitalización	60,95	5	304,74
E8	Bodega de archivos	63,65	1	63,65
E9	Comedor	65,67	4	262,66
E10	Capilla	61,63	4	246,53
<b>TOTAL</b>		<b>630,56</b>	<b>24,00</b>	<b>1524,30</b>

**Tabla 83**

*Riesgo global*

<b>RIESGO GLOBAL</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	<b>n</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,34095287		
Riesgo Global (Rg)	47,3637572	<b>ALTO - D</b>	

**Ala de Transportes N° 11 F.A.E**

**Tabla 84**

*Datos generales de la unidad*

<b>Datos Generales de la Unidad</b>			
Unidad militar:	Ala de Transportes N° 11 "BACO"		
Provincia:	Cotopaxi		
Cantón:	Latacunga		
Coordenadas:	764960		9635047

---

**Datos Generales de la Unidad**


---

Cota de construcción aprox.promedio:	2782
Número de estructuras:	11

---

**Tabla 85**

*Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(1)	<p><i>(1) Oficinas Tipo 1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, es una estructura pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA regular en planta, irregular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con puertas de salida de emergencia, no se evidencia agrietamiento en elementos estructurales.</p>	
E2(1)	<p><i>(6) Hangar Tipo1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de metal ligero, conformado por cerchas (S3) según FEMA regular en planta y elevación, se evidencia leve corrosión en elementos estructurales, estado de mantenimiento regular.</p>	
E3(2)	<p><i>(1) Oficinas Tipo 2</i></p>	

---

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E4(1)	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de hormigón resistente a momento (C1) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no presenta agrietamiento en elementos estructurales.</p> <p>(2) <i>Talleres Tipo 1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA regular en planta y elevación, elementos estructurales sobredimensionados debido a que su propósito es resistir ataques aéreos, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E5(1)	<p>(2) <i>Hangar Tipo 2</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de metal ligero (S3), además de una construcción en hormigón armado que funciona como oficinas (C1) según FEMA irregular en planta Tipo C, regular en elevación, mantenimiento regular, presencia de construcciones adyacentes.</p>	
E6(1)	(1) <i>Dormitorio Tipo 1</i>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E7(3)	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una vivienda prefabricada, con sistemas prefabricados a base de grandes paneles o de pórticos (MH) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p> <p>(3) <i>Dormitorios Tipo 2</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no presenta agrietamiento en elementos estructurales, estado de mantenimiento regular.</p>	
E8(1)	<p>(1) <i>Comedor Tipo 1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA irregular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, no presenta agrietamiento en elementos estructurales, estado de mantenimiento regular.</p>	
E9(1)	(2) <i>Talleres Tipo 2</i>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E10(3)	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de acero (S2) según FEMA regular en planta y regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, no presenta agrietamiento en elementos estructurales, estado de mantenimiento regula.</p> <p>(1) <i>Dormitorios Tipo 3</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no presenta agrietamiento en elementos estructurales, estado de mantenimiento regular</p>	
E11(1)	<p>(1) <i>Iglesia Tipo 1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 40 años de construcción, considerándose una construcción con pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no presenta agrietamiento en elementos estructurales, estado de mantenimiento regular.</p>	

**Tabla 86***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>VULNERABILIDAD TOTAL</b>					
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Oficinas Tipo 1	59,80	4	239,19	
E2	Hangar Tipo 1	57,35	1	57,35	
E3	Oficinas Tipo 2	59,69	4	238,75	
E4	Talleres Tipo 1	59,01	4	236,02	
E5	Hangar Tipo 2	37,05	4	148,20	
E6	Dormitorio Tipo 1	27,09	5	135,43	52,06
E7	Dormitorio Tipo 2	60,05	5	300,24	
E8	Comedor Tipo 1	60,05	5	300,24	
E9	Talleres Tipo 2	36,61	4	146,46	
E10	Dormitorio Tipo 3	60,05	5	300,24	
E11	Iglesia Tipo 1	60,12	4	240,46	
	<b>TOTAL</b>	<b>576,85</b>	<b>45,00</b>	<b>2342,59</b>	


**Tabla 87***Riesgo global*

<b>RIESGO GLOBAL</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,48520235	
Riesgo Global (Rg)	35,0507527	<b>MODERADO ALTO - C</b>

**Hospital Básico - LATACUNGA****Tabla 88***Datos generales de la unidad*

<b>Datos Generales de la Unidad</b>		
<b>Unidad militar:</b>	Ala de Transportes N° 11 "BACO"	
<b>Provincia:</b>	Cotopaxi	
<b>Cantón:</b>	Latacunga	
<b>Coordenadas:</b>	764960	9635047
<b>Cota de construcción aprox.promedio:</b>	2782 m	
<b>Número de estructuras:</b>	1	

**Tabla 89***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(1)	(1) Consultorios Tipo 1	<p>La construcción presentada tiene 35 años de construcción, es una estructura pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA irregular en planta, regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con puertas de salida de emergencia, no se</p> 



Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	evidencia agrietamiento en elementos estructurales.	

**Tabla 90***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>						
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT	
E1	Consultorios Tipo 1	59,80	4	239,19		
	TOTAL	59,80	4,00	239,19	59,80	

**Tabla 91***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>			
Parámetro	Valor	Observación	
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,38773968		
Riesgo Global (Rg)	43,0895964	<b>MODERADO</b> <b>ALTO - C</b>	

**Tabla 92***Datos generales de la unidad*

<b>Datos Generales de la Unidad</b>	
<b>Unidad militar:</b>	Hospital Básico 11 BCB "GALÁPAGOS"

---

**Datos Generales de la Unidad**



---

<b>Provincia:</b>	Chimborazo	
<b>Cantón:</b>	Riobamba	
<b>Coordenadas:</b>	760964	9816743
<b>Cota de construcción aprox.promedio:</b>	2788 m	
<b>Número de estructuras:</b>	3	

---

**Tabla 93**

*Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(1)	<p><i>(3) Consultorios Tipo 1</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 20 años de construcción, es una estructura pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA, regular en planta, regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con puertas de salida de emergencia, no se evidencia agrietamiento.</p>	
E1(1)	<p><i>(1) Cuarto de máquinas</i></p>	

---

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 20 años de construcción, es una estructura pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA, regular en planta, regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con puertas de salida de emergencia, no se evidencia agrietamiento en elementos estructurales.</p> <p>(1)Farmacia</p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 20 años de construcción, es una estructura pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA, regular en planta.</p>	
		

**Tabla 94**

*Vulnerabilidad total de la unidad*

Vulnerabilidad total						
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT	
E1	Consultorios Tipo 1	37,55	5	187,75		
E2	Cuarto de máquinas	37,05	1	37,05	37,55	
E3	Farmacia	37,69	3	113,08		

<b>Vulnerabilidad total</b>			
TOTAL	37,55	5,00	187,75

**Tabla 95***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,66788889	

**Tabla 96***Datos generales de la unidad*



<b>Datos Generales de la Unidad</b>		
<b>Unidad militar:</b>	Colegio Militar N° 4 "ABDÓN CALDERÓN"	
<b>Provincia:</b>	Azuay	
<b>Cantón:</b>	Cuenca	
<b>Coordenadas:</b>	726893	9681879
<b>Cota de construcción aprox.promedio:</b>	2509 m	
<b>Número de estructuras:</b>	8	

**Tabla 97***Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1 (1)	(1) Recepción, oficinas (8) oficinas	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 27 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
<p>E2(1)</p>	<p>(1) <i>Bar Tipo 1</i></p> <p>La construcción presente tiene aproximadamente 30 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3)l.</p>	
<p>E3(1)</p>	<p>(1) <i>Bloque Aulas tipo 1</i></p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E4(1)	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 20 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, ni cuenta con vidrios templados, el estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	
	<p>(1) <i>Bloque de Aulas tipo 2</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, ni cuenta con vidrios templados, el estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E5(1)	<p data-bbox="331 331 504 360"><i>(1) Gimnasio</i></p> <p data-bbox="331 398 871 696">La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales</p> <p data-bbox="331 734 871 1099">Pórtico Acero con paredes mampostería de ladrillo. (S5) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, ni cuenta con vidrios templados, el estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	
E6 (1)	<p data-bbox="331 1137 464 1167"><i>Bar Tipo2</i></p> <p data-bbox="331 1205 871 1503">La construcción presente tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales</p> <p data-bbox="331 1541 871 1973">vigas y columnas de hormigón armado y mampostería de ladrillo sin varillas de acero. (C3) según FEMA con irregularidad en planta, no posee edificaciones adyacentes, ni cuenta con vidrios templados, el estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	

Cód.	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
#pisos)		
E7 (2)	(1) (2) <i>Baños</i>	
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 15 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de acero con mampostería sin varillas de acero. (S5) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, ni cuenta con vidrios templados, el estado de conservación de la estructura es bueno.</p>	
E8 (1)	(1) <i>Laboratorio</i>	
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 25 años de construcción, considerándose una construcción con elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y mampostería de ladrillo, sin varillas de acero. (C3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, ni cuenta con</p>	



Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	vidrios templados, el estado de conservación de la estructura es bueno.	

**Tabla 98***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>						
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT	
E1	Edificio Administrativo	35,21	4	140,83		
E2	Bar	59,83	2	119,66		
E3	Bloque aulas tipo 1	35,39	4	141,57		
E4	Bloque aulas tipo 2	35,46	4	141,86		
E5	Gimnasio	34,56	4	138,26		59,98
E6	Bar Tipo 2	36,46	4	145,86		
E7	Baños	34,56	2	69,13		
E8	Laboratorio	37,37	4	149,49		
<b>TOTAL</b>		<b>481,24</b>	<b>16,00</b>	<b>959,64</b>		

**Tabla 99***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>		
Parámetro	Valor	Observación
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,38546827	

---

**Riesgo global**


---

Riesgo Global (Rg)	43,290432	MODERADO ALTO - C
--------------------	-----------	----------------------

---

**Depósito Conjunto de Municiones "SUR"**
**Tabla 100**
*Datos generales de la unidad*


---

**Datos generales**


---

Unidad militar:	Depósito conjunto de municiones "SUR"	
Provincia:	Loja	
Cantón:	Saraguro	
Coordenadas:	3, 6253	79,2411
Cota de construcción aprox.promedio:	2508 m.	
Número de estructuras:	8	

---

**Tabla 101**
*Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(2)	<i>Depósito de municiones y explosivos</i> La construcción presentada tiene aproximadamente 15 años de construcción.	

---

**Tabla 102***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>				
<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
Depósito de municiones y explosivos	35,64	1	35,64	35,64
<b>TOTAL</b>	<b>35,64</b>	<b>1,00</b>	<b>35,64</b>	

**Tabla 103***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,69199471		
Riesgo Global (Rg)	21,0613627	<b>MODERADO - B</b>	

**Brigada de Selva N° 19 "NAPO"****Tabla 104***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>	
<b>Unidad militar:</b>	Brigada de Selva No 19 NAPO
<b>Provincia:</b>	Francisco de Orellana
<b>Cantón:</b>	El Coca
<b>Coordenadas:</b>	0°28'53.0"S 76°58'46.1"W
<b>Cota de construcción aprox. promedio:</b>	294 m.
<b>Número de estructuras:</b>	13

**Tabla 105***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>					
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Edificio Comando	60,05	3	180,14	
E2	Oficina de Construcciones	60,67	3	182,00	
E3	Escuela de Selva	60,08	3	180,25	
E4	Departamento Administrativo	60,67	3	182,00	
E5	Comedor	61,42	4	245,68	
E6	Bar y Lavandería	60,52	3	181,56	
E7	GAE	59,07	4	236,29	
E8	Hangar	60,73	4	242,93	60,38
E9	CEMAFLU	60,84	4	243,35	
E10	Bodega de Aceros	59,83	1	59,83	
E11	Dormitorio de Oficiales	60,33	3	181,00	
E12	Casino	60,83	4	243,33	
E13	Dormitorio de Voluntarios	59,43	3	178,30	
<b>TOTAL</b>		<b>784,48</b>	<b>36,00</b>	<b>2173,82</b>	

**Tabla 106***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,38035236	
Riesgo Global (Rg)	43,7451949	<b>MODERADO ALTO - C</b>

**Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"**

Tabla 107

*Datos generales de la unidad*

Datos Generales de la Unidad		
<b>Unidad militar:</b>	Hospital Básico IV DE "AMAZONAS"	
<b>Provincia:</b>	Orellana	
<b>Cantón:</b>	Coca	
<b>Coordenadas:</b>	279934	9946930
<b>Cota de construcción aprox.promedio:</b>	262 m	
<b>Número de estructuras:</b>	1	

Tabla 108

*Datos de los edificios que conforma*


Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	(3) Consultorios Tipo 1  La construcción presentada tiene aproximadamente 20 años de construcción, es una estructura pórticos de hormigón armado resistente a momento (C1) según FEMA, regular en planta, regular en elevación, no posee edificaciones adyacentes, cuenta con puertas de salida de emergencia, no se evidencia agrietamiento en elementos estructurales.	

Tabla 109

*Vulnerabilidad total de la unidad*

Vulnerabilidad total					
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Consultorios Tipo 1	37,66	5	188,29	37,66

<b>Vulnerabilidad total</b>			
TOTAL	37,66	5,00	188,29

**Tabla 110***Riesgo global*

<b>Riesgo global/</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,66653968		
Riesgo Global (Rg)	22,5960073	<b>MODERADO</b>	
		<b>- B</b>	

***Depósito Conjunto de Municiones "AMAZONAS"*****Tabla 111***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>			
Unidad militar:	Depósito conjunto de municiones y explosivos "AMAZONAS"		
Provincia:	Orellana		
Cantón:	El Coca		
Coordenadas:	279934	9946930	
Cota de construcción aprox. promedio:	262 m		
Número de estructuras:	2		

Tabla 112

*Datos de los edificios que conforma*


<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1	<p><i>Depósito de municiones y explosivos</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 15 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, construcción tipo berma la cual presenta una inclinación en sus paredes laterales.</p>	

Tabla 113

*Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>						
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>	
E1	Depósito de municiones y explosivos	35,64	1	35,64	35,64	
	<b>TOTAL</b>	<b>35,64</b>	<b>1,00</b>	<b>35,64</b>		

Tabla 114

*Riesgo global*


<b>Riesgo global</b>			
	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
	Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
	Nivel de exposición (NE)	1	
	Coeficiente de capacidad (C)	1,69199471	

<b>Riesgo global</b>		
Riesgo Global (Rg)	21,0613627	MODERADO - B

**Tabla 115***Datos generales de la unidad*




<b>Datos generales</b>	
Unidad militar:	Brigada de Selva Nº 21 "CÓNDOR"
Provincia:	Morona Santiago
Cantón:	Patuca
Coordenadas:	25032 781329
Cota de construcción aprox.promedio:	543 m.
Número de estructuras:	11

**Tabla 116***Dependencia*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
E1(2)	<p>(1) <i>Coliseo</i></p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E2(1)	(1) <i>Bodega</i>	



Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E3(2)	<p data-bbox="331 315 855 1099">La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA regular en planta y elevación, posee edificaciones adyacentes sin presencia de juntas, posee edificaciones adyacentes con nivel de pisos mayor de 60 cm de la vertical, desnivel en el terreno moderado, existen patologías en columnas y vigas además no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, accesibilidad inclusiva, así como ventanas de vidrio templado.</p> <p data-bbox="331 1122 523 1151"><i>(1) Gasolinera</i></p> <p data-bbox="331 1173 855 1957">La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA regular en planta y elevación, posee edificaciones adyacentes sin presencia de juntas, posee edificaciones adyacentes con nivel de pisos mayor de 60 cm de la vertical, desnivel en el terreno moderado, existen patologías en columnas y vigas además no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, accesibilidad inclusiva, así como ventanas de vidrio templado.</p>	 
E4(1)	<i>(1) Carpintería</i>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E5(1)	(1) <i>Centro de mensajes de comunicación</i>	
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia así como ventanas de vidrio templado.</p> <p>La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) según FEMA regular en planta y elevación, posee edificaciones adyacentes sin presencia de juntas, posee edificaciones adyacentes con nivel de pisos mayor de 60 cm de la vertical, desnivel en el terreno moderado, existen patologías en columnas y vigas además no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia, accesibilidad inclusiva, así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E6(1)	(1) <i>Oficinas de Brigada</i>	
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción considerándose una construcción con estructuras con vigas</p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E7(1)	<p data-bbox="379 719 708 748"><i>(1) Sala de Operaciones</i></p> <p data-bbox="331 770 855 1205">La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío. (S3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E8(2)	<p data-bbox="331 1227 448 1256"><i>(1) Baño</i></p> <p data-bbox="331 1279 855 1713">La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío. (S3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E9(1)	<p data-bbox="331 1805 603 1834"><i>(1) Dormitorio Tipo 1</i></p>	

Cód. (#pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E10(1)	<i>(1) Dormitorio tipo 2</i>	
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 27 años de construcción considerándose una construcción con estructuras con vigas y columnas de hormigón armado (C2) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes, no cuenta con adecuada puerta de salida de emergencia así como ventanas de vidrio templado.</p>	
E11(1)	<i>(1) Policlínico</i>	
	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío. (S3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>	<p>La construcción presentada tiene aproximadamente 34 años de construcción, considerándose una construcción con elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío. (S3) según FEMA regular en planta y elevación, no posee edificaciones adyacentes.</p>

**Tabla 117***Vulnerabilidad total de la unidad*

<b>Vulnerabilidad total</b>						
Edificación	Uso	V	E	V*E	VT	
E1	Coliseo	60,05	4	240,19		
E2	Bodega	60,67	1	60,67		
E3	Gasolinera	60,08	1	60,08		
E4	Carpintería	60,67	3	182,00		
E5	Centro de mensajes comunicación	61,42	3	184,26		60,36
E6	Oficinas de brigada	60,52	3	181,56		
E7	Sala de operaciones	59,07	3	177,22		
E8	Baños	60,73	2	121,47		

**Tabla 118***Riesgo global*

<b>Riesgo global</b>		
Parámetro	Valor	Observación
Capacidad de Respuesta (Cr)	70	
Nivel de exposición (NE)	1	
Coeficiente de capacidad (C)	1,38064496	
Riesgo Global (Rg)	43,7190944	MODERADO ALTO - C

**Hospital de Brigada Nº 7 "LOJA"****Tabla 119***Datos generales de la unidad*

<b>Datos generales</b>	
Unidad militar:	Hospital Básico 7BI "LOJA"
Provincia:	Loja
Cantón:	Loja

---

**Datos generales**


---

Coordenadas:	699636	9558172
Cota de construcción aprox. promedio:	265 m	
Número de estructuras:	1	

---

**Tabla 120**

*Datos de los edificios que conforma*

<b>Cód. (#pisos)</b>	<b>Dependencias y detalles</b>	<b>Descripción gráfica</b>
<b>E1(2)</b>	(1) Hospital 7BI LOJA	
	<p>El Hospital Básico 7B.I “LOJA” tiene aproximadamente 82 años y presenta las siguientes características: Edificación antigua de dos pisos y una ampliación de estructura metálica liviana con cubierta inaccesible, con dimensiones aproximadas de 39 metros de ancho por 42 metros de longitud, con un área total de construcción es de 1482m<sup>2</sup>, visualmente la estructura se encuentra en mal estado.</p> <p>La estructura está conformada por la unión de dos viviendas de dos pisos (con variación de nivel entre edificaciones) y una ampliación para la conformación de un tercer piso. No existe juntas sísmicas entre la unión de las dos viviendas y las estructuras adyacentes colindantes.</p> <p>Se evidencia que en el transcurso de la vida útil la estructura ha sufrido modificaciones de carácter estructural, arquitectónica y demás servicios complementarios (eléctricos, electrónicos y sanitarios)</p>	 

---

**Tabla 121***Vulnerabilidad total de la unidad*

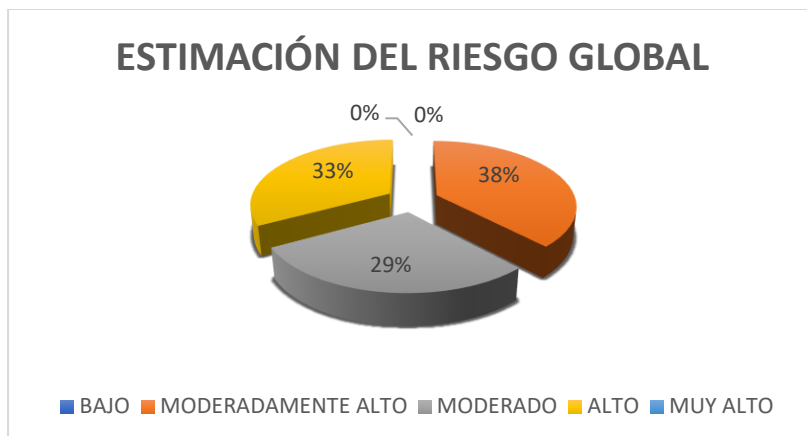
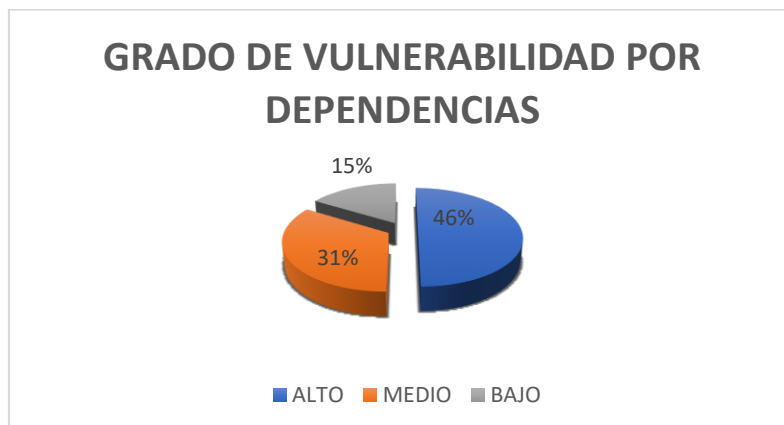
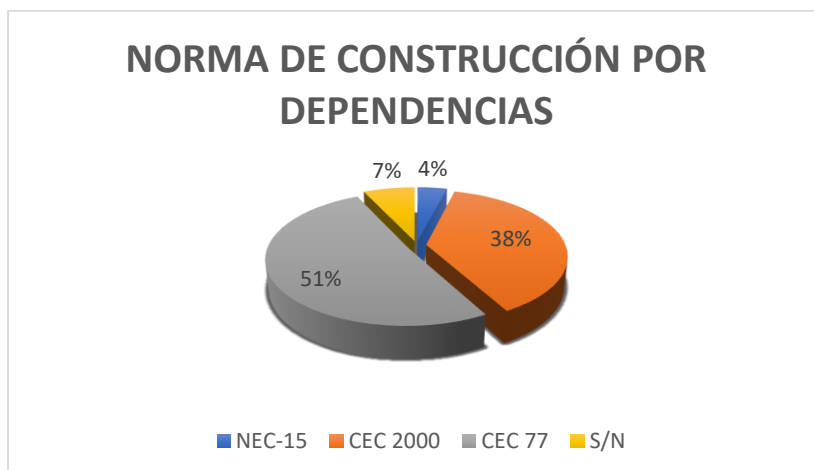
<b>Vulnerabilidad total</b>					
<b>Edificación</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>V*E</b>	<b>VT</b>
E1	Estructura Principal	71,74	5	358,68	71,74
<b>TOTAL</b>		71,74	5,00	358,68	

**Tabla 122***Riesgo global*

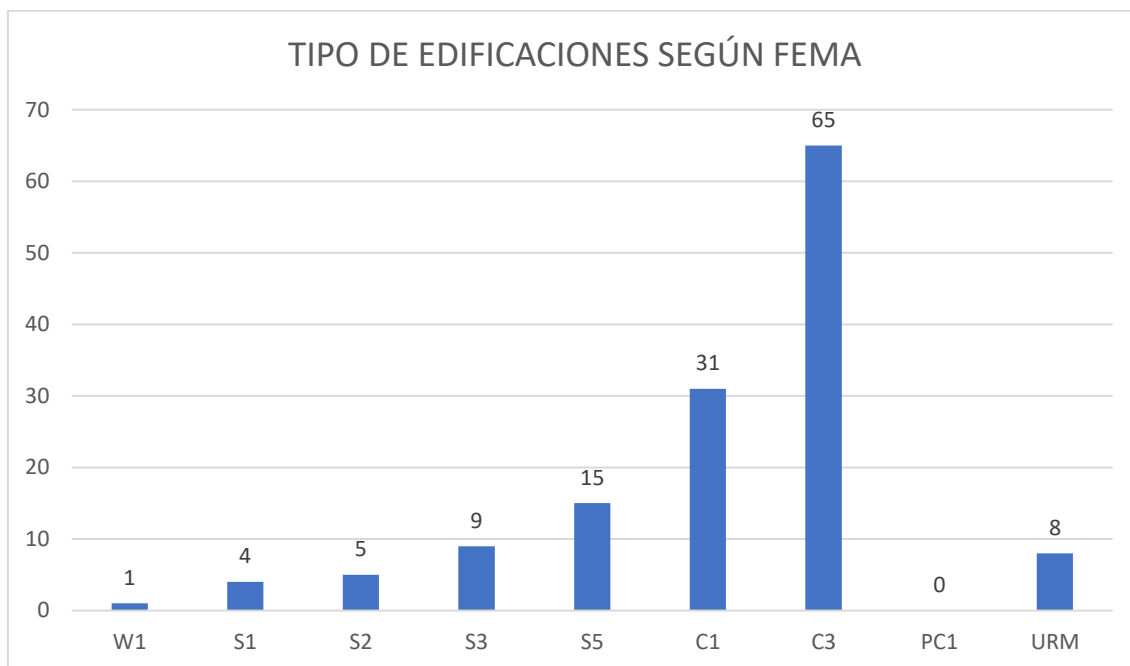
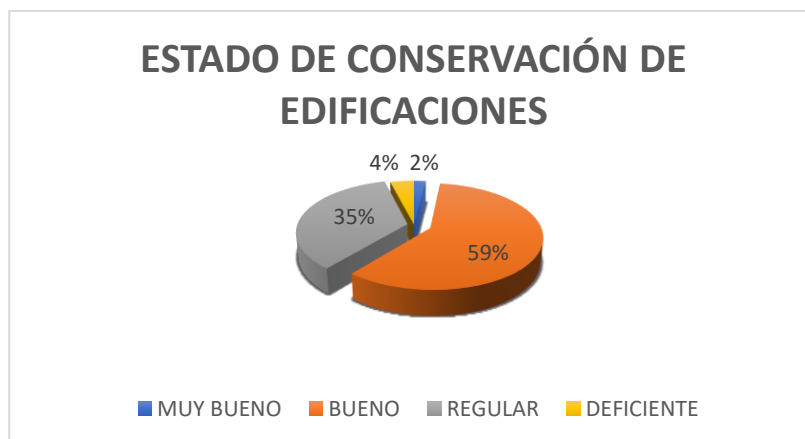
<b>Riesgo global</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>	
Capacidad de Respuesta (Cr)	70		
Nivel de exposición (NE)	1		
Coeficiente de capacidad (C)	1,23738812		
Riesgo Global (Rg)	57,974393	<b>ALTO - D</b>	

**Gráficos comparativos**

Al obtener los resultados producto de las evaluaciones a las unidades y dependencias militares, se realiza la comparación grafica de los resultados tomando en consideración la estimación del riesgo global por unidades militares, grado de vulnerabilidad por dependencias, norma de construcción usada en cada dependencia y tipo de estructura usada.

**Figura 7***Riesgo laboral***Figura 8***Grado de vulnerabilidad***Figura 9***Normativa de Construcción por Estructuras*



**Figura 10***Tipo de Edificaciones según la FEMA***Figura 11***Estado de Conservación de las Edificaciones*

## Conclusiones

- La herramienta para el análisis de vulnerabilidad sísmica elaborada por Caizaguano y Ballesteros permite identificar el estado actual de las estructuras evaluadas; determina el valor del grado de vulnerabilidad sísmica y además nos permite conocer el riesgo global.
- La herramienta descrita anteriormente fue utilizada para la evaluación de 21 unidades militares localizadas diferentes sectores del país dando un total de 138 dependencias evaluadas.
- En cuanto a la estimación del riesgo global, el 38% representa a 8 unidades militares que indican un riesgo global “Moderado Alto”; el 29% que representa a 6 unidades, indican un riesgo global “Moderado”; y el 33% que representa a 7 unidades, que nos indican un riesgo global “Alto”, las cuales se debe tomar en consideración para una evaluación más exhaustiva, lo cual determinara la elaboración de un plan de acción de lo más adecuado para evitar posibles desastres.
- Se determina que el 46% refleja un grado de vulnerabilidad alto, un 31% un grado de vulnerabilidad medio y un 15% un grado de vulnerabilidad bajo.
- En cuanto a normas de construcción destacan CEC 77 con un 51%, CEC 2000 con un 38%, S/N un 7% y NEC 15 un 4%.
- El 59% de las instalaciones militares evaluadas evidencian un buen estado de conservación, el 35% un estado regular, un 4% un estado deficiente y un 2% un muy estado lo cual corresponde principalmente a instalaciones recientemente remodeladas o construidas.

### **Recomendaciones**

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

## Bibliografía

- 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>
- Aguir Falconí, R., & Rivas Medina, A. (2018). *Microzonificación Sísmica de Ambato*. Municipalidad de Ambato. Obtenido de [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*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/29046>
- Albán-Campaña, D.D., Zapata, J., Ordoñez, Toulkeridis, T., Rodriguez, K., Zapata, A. and Mollo, C., 2022. *Evaluation of subsidence hazard with Geo-radar within a populated city - a case study of southern Quito*. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Proceedings of the CIT 2021*, 2 (1), 169-183.
- Alegría, A., Caiza, L., Calvopiña, K., Lisintuña, J., Mancero, H., Molina, G., ... & Toulkeridis, T. (2016). *Análisis multi-temporal y cuantificación de infraestructura física destruida en el canton Pedernales, provincia de Manabí, tras el terremoto de magnitud 7.8 Mw*. *Revista de Ciencias de Seguridad y defensa*, 1(3), 1-6.
- 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*.

Obtenido de <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. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Planeacion\\_y\\_Control\\_Microfinanciero/vol4num14/Revista\\_de\\_Planeaci%C3%B3n\\_y\\_Control\\_Microfinanciero\\_V4\\_N14.pdf#page=31](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Planeacion_y_Control_Microfinanciero/vol4num14/Revista_de_Planeaci%C3%B3n_y_Control_Microfinanciero_V4_N14.pdf#page=31)
- Barbat, A. H., Carreño, M. L., Pujades, L. G., Lantada, N., Cardona, O. D., & Marulanda, M. C. (2010). Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1-2), 17-38.
- Borzi, B., Ceresa, P., Franchin, P., Noto, F., Calvi, G. M., & Pinto, P. E. (2015). Seismic vulnerability of the Italian roadway bridge stock. *Earthquake Spectra*, 31(4), 2137-2161.
- Boukri, M., Farsi, M. N., Mebarki, A., Belazougui, M., Ait-Belkacem, M., Yousfi, N., ... & Amellal, O. (2018). Seismic vulnerability assessment at urban scale: Case of Algerian buildings. *International journal of disaster risk reduction*, 31, 555-575.
- Burgos, G. P., Ivana, P. O. M., Lissette, C. J. K., & Joel, M. N. W. (2017). Incidencia De Los Planes De Contingencia En La Reactivación Económica De Japón Y Ecuador Después De La Afectación De Un Sismo De Gran Magnitud. *Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad del Japón*, (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.*

- Cardona Arboleda, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Obtenido de <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).
- Cornejo de Grunauer, M. D. (2014). *Ecuador avanza en gestión de riesgos*. Obtenido de [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)
- Casolo, S., Milani, G., Uva, G., & Alessandri, C. (2013). Comparative seismic vulnerability analysis on ten masonry towers in the coastal Po Valley in Italy. *Engineering Structures*, 49, 465-490.
- Chieffo, N., & Formisano, A. (2019). Geo-hazard-based approach for the estimation of seismic vulnerability and damage scenarios of the old city of Senerchia (Avellino, Italy). *Geosciences*, 9(2), 59.
- Constantinou, M. C., & Symans, M. D. (1993). Seismic response of structures with supplemental damping. *The Structural Design of Tall Buildings*, 2(2), 77-92.
- Dall'Asta, A., Leoni, G., Meschini, A., Petrucci, E., & Zona, A. (2019). Integrated approach for seismic vulnerability analysis of historic massive defensive structures. *Journal of Cultural Heritage*, 35, 86-98.
- Del-Pino-de-la-Cruz, C.E., Martínez-Molina, B.D., Haro-Baez, A.G., Toulkeridis, T. and Rentería, W., 2021: The proposed design of a smart parking area as a multiple use building for the eventual vertical evacuation in case of tsunami impacts in Salinas, Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(3), 146-165.

- Edwin Duque, José Tamay, Henry Rojas. (11 de Septiembre de 2018). *Observatorio sísmico del Ecuador (OSSE)*. Obtenido de Reporte Especial Nro. 1: [https://sica.utpl.edu.ec/media/uploads/material/Reporte\\_extendido\\_-\\_Sismo\\_Cumanda.pdf](https://sica.utpl.edu.ec/media/uploads/material/Reporte_extendido_-_Sismo_Cumanda.pdf)
- Echegaray-Aveiga, R.C., Rodríguez, F., Toulkeridis, T. and Echegaray-Aveiga, R.D., 2019. Effects of potential lahars of the Cotopaxi volcano on housing market prices. *J. of Applied Volcanology*, 9 (1), 1-11.
- Paucar, G. (Septiembre de 2021). *Análisis de Vulnerabilidad Sísmica en la Comuna de "Oyambarillo"*. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4523/1/Tesis%20Gonzalo%20Paucar.pdf>
- Palacios Orejuela, I. and Toulkeridis, T., 2020. Evaluation of the susceptibility to landslides through diffuse logic and analytical hierarchy process (AHP) between Macas and Riobamba in Central Ecuador. 2020 7th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2020, 200-206
- Peñaherrera Bassantes, L., Tito Gonzaga, D., Robalino Bedón, C. and Toulkeridis, T., 2019: Comparative analysis of the mechanical properties of concrete block masonry used in constructions within Argentina and Ecuador. *Malaysian Construct. Res. J.*, 28: 51-64
- Phanindranath, T. S. D., Balaji, K. V. G. D., & Raju, P. M. (2021). Enhancing Seismic Resistance of G+ 10 MSB by Introducing FVD System. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1025, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- Poma, P., Usca, M., Fdz-Polanco, M, Garcia-Villacres, A. and Toulkeridis, T., 2021: Landslide and environmental risk from oil spill due to the rupture of SOTE and OCP pipelines, San Rafael Falls, Amazon Basin, Ecuador. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(4): 1558-1566.

- Rodriguez, E. A. M., & Toulkeridis, T. (2019). El rol de las fuerzas armadas en la gestión y prevención de riesgos: logros y retos. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 4(4), 28-28.
- Rodriguez, F., Toulkeridis, T., Padilla, O. and Mato, F., 2017: Economic risk assessment of Cotopaxi volcano Ecuador in case of a future lahar emplacement. *Natural Hazards*, 85, (1): 605-618.
- Rugel, J., Zamora, D., Bonifaz, H., Duran, R., Delgado, V. and Toulkeridis, T., 2022: Determination of the influence of an absorbing silica gel in concrete. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Proceedings of the CIT 2021, Volume 2*, 18-27.
- Silva, V., Crowley, H., Varum, H., Crowley, H., & Pinho, R. (2015). *Seismic risk assessment for mainland Portugal*. doi:<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?* Obtenido de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/880210/que-significan-las-grietas-en-las-estructuras-de-hormigon>
- Suárez-Acosta, P.E., Cañamar-Tipan, C.D., Ñato-Criollo, D.A., Vera-Zambrano, J.D., Galarza-Vega, K.L., Guevara-Álvarez, P.M., Fajardo-Cartuche, C.N., Herrera-Garcés, K. K., Ochoa-Campoverde, C.V., Torres-Orellana, J.S., Rentería, W., Chunga, K., Padilla, O., Sinda-González, I., Simón-Baile, D. and Toulkeridis, T., 2021: Evaluation of seismic and tsunami resistance of potential shelters for vertical evacuation in case of a tsunami impact in Bahía de Caráquez, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(1), 1-37.
- Torres Rites, D. (2016). *Instructivo para elaborar el Diagnóstico de Riesgos*. Ministerio de Educación del Ecuador. Obtenido de [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*. Obtenido de Universidad Andina Simón Bolívar. Programa de Maestría.:  
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5859/1/T2429-MH-Torres-Estado.pdf>
- Theurer, M. M., Jiménez, J. V., Velasco, G. M., & Zambrano, I. B. (2017). Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador. *Prisma tecnológico*, 8(1), 12-17.
- Tito Gonzaga, D., Durán Carrillo, J.R., Robalino Bedón, C. and Toulkeridis, T., 2022: Determination of compression stress and volumetric weight of lightened concrete blocks, with the use of recycled polymers and nanoadditives. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(3), 1023-1031.
- Toulkeridis, T., 2016: The Evaluation of unexpected results of a seismic hazard applied to a modern hydroelectric center in central Ecuador. *Journal of Structural Engineering*, 43, (4): 373-380.
- Toulkeridis, T., Arroyo, C.R., Cruz D'Howitt, M., Debut, A., Vaca, A.V., Cumbal, L., Mato, F. and Aguilera, E., 2015: Evaluation of the initial stage of the reactivated Cotopaxi volcano - Analysis of the first ejected fine-grained material. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, (11): 6947-6976.
- Toulkeridis, T., Barahona-Quelal, I.N., Pilco-Paguay, E.O., Cacuango-Casco, D.M., Guilcaso-Tipán, B.S. and Sailema-Hurtado, W.P., 2021: Evaluation of seismic and tsunami resistance of potential shelters for vertical evacuation in case of a tsunami impact in Manta and Salinas, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(4), 286-314.
- Toulkeridis, T., Bernabé, M., Simón Baile, D., Carreon, D., Cerca, M., Culqui, J., & Zacarías, S. (2015). Gestión de Riesgo en el Ecuador. *Centro de Geología, Volcanología y Geodinámica (CGVG)–GEO1 de la ESPE*, 10.

- Toulkeridis, T., Chunga, K., Rentería, W., Rodriguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D'Howitt, M., Besenzon, D., Ruiz, H., Parra, H. and Vera-Grunauer, X., 2017c: The 7.8  $M_w$  Earthquake and Tsunami of the 16<sup>th</sup> April 2016 in Ecuador - Seismic evaluation, geological field survey and economic implications. *Science of tsunami hazards*, 36: 197-242.
- Toulkeridis, T., Jacome, A., & Mato, F. (2018). Ethics, policy, and risk assessment of the Cotopaxi volcanic crisis in Ecuador—vulnerable society versus unprepared volcanic monitoring staff and authorities. *Geoethics in Latin America*, 153-170.
- Toulkeridis, T., Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Perez Salinas, J.C., Tapia, S. and Fuertes, W., 2018: Real-Time Radioactive Precursor of the April 16, 2016  $M_w$  7.8 Earthquake and Tsunami in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 37: 34-48.
- Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., Carrión, J.L., Herrera, M., Murillo, A., Perez-Salinas, J.C., Tapia, S., Fuertes, W. and Salazar, R., 2019. Two independent real-time precursors of the 7.8  $M_w$  earthquake in Ecuador based on radioactive and geodetic processes—Powerful tools for an early warning system. *Journal of Geodynamics*, 126 (2) 12-22
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M.J., Reyes –Yunga, D.F., Viera-Torres, M. and Heredia, M., 2020. Climate change according to Ecuadorian academics—Perceptions versus facts. *La Granja*, 31(1), 21-49
- Vicente, R., Parodi, S., Lagomarsino, S., Varum, H., & Mendes da Silva, J. A. R. (2008, October). Seismic vulnerability assessment, damage scenarios and loss estimation. Case study of the old city centre of Coimbra, Portugal. In *Proceedings of the 14th world conference on earthquake engineering, Beijing, China* (pp. 12-17).

## Apéndices