

**UNIVERSIDAD CENTRAL**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

Tesis de grado

**Análisis de vulnerabilidad ante sismos y deslizamientos del sector  
de Jucó de Orosi de Paraíso de Cartago**

Licenciatura en Ingeniería Civil

**Autora:**

Noelia Pérez Arrieta

**Tutor:**

Luis Miguel González González

Enero, 2013

Universidad Central

Análisis de vulnerabilidad ante sismos y deslizamientos del sector de Jucó de  
Orosi de Paraíso de Cartago

**Por:**

Noelia Pérez Arrieta

Tesis sometida y aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Licenciatura en Ingeniería Civil y el Comité Evaluador de la Universidad Central, como requisito para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería Civil

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

---

**Ing. Luis Miguel González G.**

Tutor

---

**Ing. Allan Barboza Arguedas.**

Lector

---

**Ing. Rolando Castro Steller.**

Director de la Escuela de Ingeniería Civil

---

**Noelia Pérez Arrieta.**

Candidata

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Noelia Pérez Arrieta, mayor, con cédula de identidad 1-1161-308, estudiante de la Universidad Central en la carrera de Ingeniería Civil, declaro bajo fe de juramento y conciente de las responsabilidades penales que implica el delito de falso testimonio, que el tema propuesto para presentar el Proyecto de Graduación y optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, el cual lleva por título: “Análisis de vulnerabilidad antes sismos y deslizamientos del sector de Jucó en Orosi de Paraíso de Cartago”, es de mi autoría y no un plagio de un estudio realizado con anterioridad.

Dado en San José, a las \_\_\_\_\_ horas, del día \_\_\_\_\_ del 2013.

Atentamente,

\_\_\_\_\_

**Noelia Pérez Arrieta.**

No. De cédula: 1-1161-308.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios y a la Virgen ya que son mi guía y mi fuente de inspiración para la realización del mismo y por supuesto, mi apoyo incondicional en todo este proceso.

A mis padres Maritza y Francisco porque siempre creyeron en mí y me apoyaron en todo momento, a mis hermanos Carolina, Pedro y Braulio, a mis grandes amigas, Leda, María Fernanda y Sonia, porque al igual que mi familia, siempre han estado ahí para apoyarme en todo.

Por último, dedico este trabajo a mis abuelitos Ananías, María Teresa, Rafael y Hermelinda, porque a pesar de que no están conmigo, sé que desde donde se encuentran me apoyan y estuvieran muy orgullosos de mí por este gran logro, además, se lo dedico a mis abuelitos postizos, Angela y Victor, porque a pesar de que no compartimos parentesco, me han brindado su cariño y amistad en todo el proceso de mis estudios y también, en el transcurso del presente trabajo.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios y a la Virgen porque nunca me dejaron sola cuando más los necesité durante la realización del presente trabajo.

A mis papá, Francisco y en especial a mi mamá, Maritza, porque en el momento más difícil, que se me presentó en el proceso de este trabajo, no me dejaron sola ni caer y siempre me dieron ánimos para seguir adelante con el proyecto.

A mi jefe, Rolando Araya, por todo el apoyo y consejos dados, a mis compañeros de trabajo Franklin y Paola, porque siempre me apoyaron en todo lo que necesité.

Al tutor, Ing. Luis Miguel González, por su paciencia y toda la ayuda brindada para la elaboración de este trabajo de investigación.

A mi mejor amiga Sonia, por su gran apoyo incondicional, a mi hermano Braulio, por la ayuda que me brindó.

A mis familiares, amigos y compañeros por su apoyo, amistad y colaboración.

Al Lic. Carlos Villalta y al Ing. Rolando Castro por toda la ayuda brindada.

A la Licda. Roxana Ordoñez y al Pbro. Manuel Salazar, por su gran apoyo y sus consejos cuando más los necesité. Además, a todas las personas que de alguna u otra forma, me ayudaron y colaboraron durante la elaboración del presente proyecto.

A todos en general,

Muchas Gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Importancia de la investigación.....	3
1.3. Identificación del problema .....	4
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis .....	6
<b>CAPÍTULO II. INFORMACION GENERAL SOBRE SISMOS Y DESLIZAMIENTOS (MARCO TEORICO) .....</b>	<b>7</b>
2.1. Las amenazas naturales .....	7
2.2. Sismos.....	7
2.2.1. Origen de los sismos.....	8
2.2.2. Tipos de sismos .....	9
2.2.3. Localización de un sismo .....	11
2.3. Placas tectónicas y fallas geológicas.....	12
2.3.1. Placas tectónicas.....	12
2.3.1.1. Tipos de placas .....	12

2.3.1.2. Límite de placa .....	13
2.3.2. Fallas geológicas .....	15
2.3.2.1. Partes de una falla.....	16
2.3.2.2. Tipos de falla .....	17
2.4. Ondas sísmicas .....	19
2.4.1. Tipos de ondas sísmicas .....	19
2.4.1.1. Ondas primarias (P).....	19
2.4.1.2. Ondas secundarias (S).....	20
2.4.1.3. Ondas de Love (L).....	20
2.4.1.4. Ondas de Rayleigh (R) .....	21
2.4.2. Elementos que caracterizan una onda sísmica .....	21
2.4.3. Interacción de las ondas sísmicas con el suelo.....	24
2.4.4. Afectación de edificios y estructuras por la influencia de ondas sísmicas .....	24
2.5. Parámetros para caracterizar el potencial de un sismo .....	25
2.5.1. Intensidad sísmica .....	25
2.5.1.1. Escala sismológica de Mercalli.....	26
2.5.1.1.1. Escala de Mercalli Modificada .....	26
2.5.1.2. Escala Medvédev-Sponheuer-Kárník.....	28
2.5.1.3. Escala Shindo.....	29
2.5.1.4. Escala Macrosísmica Europea (SME) .....	30
2.5.2. Aceleración sísmica .....	31
2.5.3. Magnitud sísmica.....	31

2.5.3.1. Escala Magnitud de onda superficial (Ms).....	32
2.5.3.2. Escala Magnitud de las ondas de cuerpo (Mb).....	32
2.5.3.3. Escala sismológica de Richter .....	33
2.5.3.4. Escala sismológica de magnitud de momento.....	34
2.6. Efectos producidos por los sismos .....	34
2.7. Deslizamientos .....	35
2.7.1. Factores que propician un deslizamiento.....	36
2.7.2. Componentes de un deslizamiento .....	38
2.7.3. Tipos de deslizamiento .....	40
2.7.4. Clasificación de los deslizamientos según la velocidad del movimiento .....	45
2.7.5. Efectos producidos por los deslizamientos .....	46
2.7.6. Deslizamientos provocados por movimientos sísmicos.....	47
2.8. Desastre, amenaza, vulnerabilidad y riesgo .....	48
2.8.1. Desastre.....	48
2.8.2. Amenaza .....	49
2.8.3. Vulnerabilidad .....	50
2.8.3.1. Tipos de vulnerabilidad .....	51
2.8.4. Riesgo .....	52
2.8.5. Amenaza a sismos en Costa Rica.....	52
2.8.6. Amenaza a deslizamientos en Costa Rica .....	58

<b>CAPÍTULO III. REVISION BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>59</b>
3.1. Procedimientos para la recopilación de la información .....	59
3.2. Análisis de la información recopilada .....	60
3.2.1. Información teórica.....	60
3.2.1.1. Información utilizada en el Capítulo I .....	60
3.2.1.2 Información utilizada en el Capítulo II.....	60
3.2.1.3. Información utilizada para la elaboración de la metodología .....	61
3.2.1.4. Información utilizada para la realización del Capítulo V .....	63
<b>CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>64</b>
4.1. Descripción del área de estudio.....	64
4.1.1. Ubicación de la zona de estudio .....	64
4.2. Características biofísicas .....	66
4.2.1. Geomorfología.....	66
4.2.2. Geología .....	69
4.2.3. Hidrografía .....	72
4.2.4. Tipo de suelo .....	73
4.2.5. Uso del suelo .....	74
4.2.6. Climatología .....	75
4.3. Demografía del Distrito de Orosi .....	76
4.3.1. Distribución de habitantes por edad .....	77
4.3.2. Distribución de vivienda y ocupantes .....	79

4.3.3. Indicadores sociales .....	80
4.3.4. Población y actividad económica.....	81
4.4. Metodología desarrollada para el análisis de vulnerabilidad ante sismos .....	84
4.4.1. Metodología elaborada para determinar el índice de vulnerabilidad .....	84
4.4.1.1. Información general de la metodología propuesta .....	87
4.4.1.2. Información aplicada a las estructuras o edificaciones.....	87
4.4.1.3. Valor aplicado a cada parámetro .....	94
4.4.1.4. Porcentaje de ponderación para la metodología aplicada .....	95
4.4.2. Metodología desarrollada para el análisis de vulnerabilidad ante deslizamientos.....	99
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS. ....</b>	<b>102</b>
5.1. Amenaza por sismos para la zona de estudio .....	102
5.1.1. Tipos de amenaza sísmica .....	102
5.1.1.1. Amenaza tectónica. Geología estructural .....	102
5.1.1.2. Amenaza sísmológica. Peligrosidad sísmica.....	104
5.2. Macrozonificación sísmica .....	106
5.2.1. Definición de zonas fuente .....	106
5.2.2. Caracterización de las zonas fuente .....	106
5.2.3. Aceleración máxima del suelo para un período de retorno de 500 años .....	107
5.3. Análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante sismos en el sector de Jucó de Orosi.....	111
5.3.1. Fotointerpretación y definición del área de estudio .....	112

5.3.2. Evaluación de las estructuras por medio de la metodología propuesta ante un evento sísmico.....	113
5.4. Determinación del índice de vulnerabilidad para las estructuras .....	119
5.4.1. Determinación del índice de vulnerabilidad para las líneas vitales .....	124
5.5. Análisis de la amenaza sísmica para las estructuras (edificaciones) y la infraestructura del sector del Jucó de Orosí.....	130
5.5.1. Aceleración pico efectiva (aef).....	130
5.5.1.2. Cálculo de la amenaza para las estructuras e infraestructura .....	132
5.5.2. Estimación del porcentaje de daño ante amenaza sísmica por medio de curvas de fragilidad.....	144
5.5.2.1. Estimación del porcentaje de daño ante amenaza sísmica para las estructuras.....	145
5.5.2.2. Estimación del porcentaje de daño ante amenaza sísmica para las líneas vitales (infraestructura.....	154
5.6. Análisis de vulnerabilidad humana.....	162
<b>CAPÍTULO VI. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA DESLIZAMIENTOS. ....</b>	<b>184</b>
6.1. Amenaza a deslizamientos para la zona de estudio .....	184
6.1.1. Antecedentes de eventos por deslizamientos suscitados en la zona de estudio.....	185
6.2. Análisis de vulnerabilidad y amenaza ante deslizamientos.....	187
6.3. Análisis de estabilización de taludes (laderas) para la zona de estudio .....	188
6.3.1. Cálculo de la aceleración máxima .....	193
6.3.2. Cálculo del Factor de Seguridad, Fsd .....	199

6.4. Estimación del porcentaje del daño estructural y humano ante un deslizamiento, en la zona de estudio.....	236
6.5. Estimación de la cantidad de material que se podría desprender de los taludes producto de un deslizamiento .....	240
<b>CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE RIESGO PARA LA ZONA DE JUCÓ.....</b>	<b>241</b>
7.1. Efectos de los sismos y deslizamientos en la zona .....	241
7.2. Estimación del posible riesgo económico (pérdidas económicas) .....	243
7.3. Mapas de vulnerabilidad.....	257
<b>CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>262</b>
8.1. Conclusiones .....	262
8.2. Recomendaciones .....	266
<b>CAPÍTULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>268</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>279</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Daños producidos por el Terremoto de Cartago de 1910. (Fuente: Periódico Al Día, 2010) .....	2
Imagen 2: Deslizamiento en Jucó de Orosi. (Fuente: CNE, 2005) .....	3

Imagen 3: Deterioro de vía de acceso producido por desastres naturales, Jucó, Orosi. (Foto del 6 de junio del 2011) .....	5
Imagen 4: Desastres naturales. (Fuente: <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Desastre_natural">http://es.wikipedia.org/wiki/Desastre_natural</a> ) .....	49
Imagen 5: Ubicación de la zona de Estudio. (Google Earth, 2012) .....	64
Imagen 6: Irregularidad de la topografía de Jucó de Orosi. (Foto del 6 de junio del 2011).....	112
Imagen 7: Ubicación del sector de Jucó de Orosi y su topografía. (Fuente: CNE, 2011) .....	113
Imagen 8: Iglesia de Jucó de Orosi. (Foto del 6 de junio del 2011) .....	115
Imagen 9: Escuela de Jucó de Orosi. (Foto del 5 de diciembre del 2011) .....	115
Imagen 10: Iglesia y salón comunal de Jucó de Orosi. (Foto del 5 de diciembre del 2011) .....	116
Imagen 11: Cabina de concreto reforzado ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011) .....	116
Imagen 12: Cabina de madera ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011) .....	117
Imagen 13: Vivienda construida en sistema prefabricado. (Foto del 5 de diciembre del 2011).....	117
Imagen 14: Vivienda de madera ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011) .....	118
Imagen 15: Vivienda de mampostería ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011) .....	118
Imagen 16: Deslizamientos en Jucó de Orosi, años 2003 y 2005. (Fuente: <a href="http://www.latindex.ucr.ac.cr/reflexiones-87-2/rfx87-2-06.pdf">http://www.latindex.ucr.ac.cr/reflexiones-87-2/rfx87-2-06.pdf</a> ) .....	187
Imagen 17: Situación actual de la zona de Jucó de Orosi, con respecto a su ubicación y a las montañas con grandes alturas y pendientes que rodean el lugar. (Foto del 6 de junio del 2011) ...	188

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Causa de los sismos. (Fuente: <a href="http://www.bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas">http://www.bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas</a> ) .....	9
Figura 2: Esquema de sismos tectónicos. (Fuente: <a href="http://www.rena.edu.ve/cuartaetapa/cienciatierra/tema15.html">http://www.rena.edu.ve/cuartaetapa/cienciatierra/tema15.html</a> ) .....	10
Figura 3: Reducción de una cueva. Sismo de colapso. (Fuente: <a href="http://biogeotc.wordpress.com/2009/01/21/causas-dos-sismos">http://biogeotc.wordpress.com/2009/01/21/causas-dos-sismos</a> ) .....	10
Figura 4: Esquema de la zonas sísmicas. (Fuente: <a href="http://www.ftn.cl/minisitios/tierra/imagenes.html">http://www.ftn.cl/minisitios/tierra/imagenes.html</a> ).....	11
Figura 5: Detalle de las Placas Tectónicas y su ubicación. (Fuente: <a href="http://www.windows2universe.org/earth/inferior/plate_tectonics.html&amp;lang=sp">http://www.windows2universe.org/earth/inferior/plate_tectonics.html&amp;lang=sp</a> ) .....	13
Figura 6: Movimiento de Placas Tectónicas. (Fuente: <a href="http://www.blogodisea.com/2008/geofisica-y-movimientos-de-las-placas-tectonicas/geologia">http://www.blogodisea.com/2008/geofisica-y-movimientos-de-las-placas-tectonicas/geologia</a> ).....	13
Figura 7: Detalle del proceso de subducción de placas. (Fuente: <a href="http://www.kalipedia.com/ciencias-tierrauniverso/tema/actividad-interna-tierra/graficos-dinamica-terrestre">http://www.kalipedia.com/ciencias-tierrauniverso/tema/actividad-interna-tierra/graficos-dinamica-terrestre</a> ) .....	14
Figura 8: Esquema de límites de placas. (Fuente: <a href="http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural11/contenido3htm">http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural11/contenido3htm</a> ) .....	15
Figura 9: Partes de una falla. (Fuente: <a href="http://www.kalilpedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/actividad-interna-tierra/graficos-partes-falla.html?x1=20070417klpcnatun_148.Ees&amp;x=20070417kipcnatun_194.kes">http://www.kalilpedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/actividad-interna-tierra/graficos-partes-falla.html?x1=20070417klpcnatun_148.Ees&amp;x=20070417kipcnatun_194.kes</a> ) .....	16
Figura 10: Tipos de fallas. (Fuente: <a href="http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas">http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas</a> ).....	18

Figura 11: Fallas antitéticas y homotéticas. (Fuente: <a href="http://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr04a.htm">http://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr04a.htm</a> ) .....	18
Figura 12: Ondas Primarias (P). (Fuente: <a href="http://www.cienciaexplicada.com/2010/05/ondas-sismicas-i.html">http://www.cienciaexplicada.com/2010/05/ondas-sismicas-i.html</a> ) .....	19
Figura 13: Ondas Secundarias(S). (Fuente: <a href="http://www.cienciaexplicada.com/2010/05/ondas-sismicas-i.html">http://www.cienciaexplicada.com/2010/05/ondas-sismicas-i.html</a> ) .....	20
Figura 14: Ondas Love (L). (Fuente: <a href="http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php">http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php</a> ) .....	20
Figura 15: Ondas Rayleigh (R). (Fuente: <a href="http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php">http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php</a> ) .....	21
Figura 16: Cresta de una onda sísmica. (Fuente: <a href="http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html">http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html</a> ) .....	21
Figura 17: Amplitud de una onda sísmica. (Fuente: <a href="http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html">http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html</a> ) .....	22
Figura 18: Valle de una onda sísmica. (Fuente: <a href="http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html">http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html</a> ) .....	22
Figura 19: Longitud de una onda sísmica. (Fuente: <a href="http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html">http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html</a> ) .....	23
Figura 20: Velocidad de una onda sísmica. (Fuente: <a href="http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html">http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html</a> ) .....	23
Figura 21: Afectación por onda sísmica en estructuras. (Fuente: <a href="http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones%20Powerpoint/05%20Amenaza%20sismica/Amenaza%20sismica.pdf">http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones%20Powerpoint/05%20Amenaza%20sismica/Amenaza%20sismica.pdf</a> ) ...	25
Figura 22: Factores naturales que producen un deslizamiento. (Fuente: GTZ, 2007) .....	37
Figura 23: Factores antrópicos que producen un deslizamiento. (Fuente: GTZ, 2007) .....	38

Figura 24: Partes de un deslizamiento. (Fuente: <a href="http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf">http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf</a> ) .....	40
Figura 25: Deslizamiento por caída de materiales. (Fuente: GTZ, 2007) .....	41
Figura 26: Deslizamiento por volcamiento de materiales. (Fuente: GTZ, 2007) .....	42
Figura 27: Deslizamientos Rotacionales. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006).....	42
Figura 28: Deslizamientos Traslacionales. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006) .....	43
Figura 29: Deslizamientos tipo Flujos. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006) .....	43
Figura 30: Flujo de tierra.(Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006) .....	43
Figura 31: Flujo de lodo. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006) .....	44
Figura 32: Deslizamiento por reptación. (Fuente: GTZ, 2007) .....	44
Figura 33: Desplazamientos laterales. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006) .....	45
Figura 34: Mapa tectónico simplificado de Costa Rica. (Fuente: RESIS 2, 2008).....	53
Figura 35: Placa de Cocos y Placa del Caribe. (Fuente: <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_Cocos">http://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_Cocos</a> , 2012) .....	56
Figura 36: Ubicación de la zona de estudio. (Fuente: Salazar, 1992) .....	65
Figura 37: Mapa tridimensional del Distrito de Orosi. (Fuente: Atlas Geológico, n.d.) .....	66
Figura 38: Mapa geomorfológico de las zonas montañosa del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004) .....	67
Figura 39: Mapa geomorfológico de las zonas planas y valles del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004) .....	69
Figura 40: Mapa geológico del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004) .....	70

Figura 41: Mapa geológico simplificado de la zona de Orosi. (Fuente: Revista Geológica de América Central, N°. 14, 2002) .....	71
Figura 42: Cuencas hidrográficas de la zona de Orosi. (Fuente: Revista Reflexiones, volumen 87, N°. 2, 2008) .....	72
Figura 43: Mapa del uso de suelo del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004) .....	74
Figura 44: Configuración en planta de las estructuras. (Fuente: <a href="http://bypad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf">http://bypad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf</a> ) .....	89
Figura 45: Configuración en elevación de las estructuras. (Fuente: <a href="http://bypad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf">http://bypad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf</a> ) .....	90
Figura 46: Mapa estructural de Orosi y alrededores. (Fuente: Revista Geológica de América Central, 1992) .....	104
Figura 47: Sismos de la parte oriental de Valle Central (1821-1990). (Fuente: Revista Geológica de América Central, 1992) .....	105
Figura 48: Mapa epicentral de magnitudes ( $m > 4$ y $M < 6$ ), 1821-1990. Cartago y alrededores. (Fuente: Revista Geológica de América Central, 1992) .....	106
Figura 49: Mapa de isoaceleraciones para un período de retorno de 500 años. (Fuente: Rojas, 2009) .....	107
Figura 50: Mapa de isoaceleraciones para un período de retorno de 500 años, modelo de atenuación de Schmidt et al. (1997). (Fuente: Linkimer y Schmidt, 2002) .....	108
Figura 51: Curvas de fragilidad para establecer el daño ante amenaza sísmica para diferentes sistemas constructivos. (Fuente: CAPRA, n.d.) .....	145

Figura 52: Curva de fragilidad para establecer el daño ante amenaza sísmica en estructuras de Sistemas de Concreto Prefabricado o baldosas. (Fuente: CAPRA, n.d.) .....	146
Figura 53: Curva de fragilidad para la determinación del daño en tanques de concreto. (Fuente: Federal Emergency Management Agency, 1999) .....	156
Figura 54: Curva de fragilidad para tuberías según el método japonés. (Fuente: FOPAE, n.d.) .....	157
Figura 55: Curva de fragilidad para vías terrestres. (Fuente: FOPAE, n.d.) .....	158
Figura 56: Curva de fragilidad para puentes. (Fuente: FOPAE, n.d.) .....	160
Figura 57: Curva de fragilidad para líneas eléctricas. (Fuente: Federal Emergency Management Agency, 1999) .....	161
Figura 58: Croquis con la delimitación de la zona de estudio y la ubicación de las tres secciones, utilizadas para el análisis de estabilidad de taludes. (Fuente: CNE, 2011).....	190
Figura 59: Subsecciones o pendientes por medio de las cuales se va a realizar el análisis de estabilidad de taludes para la zona de estudio .....	191
Figura 60: Perfil donde se muestra la altura de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004) ....	192
Figura 61: Número de estabilidad de Taylor para $\phi > 0$ . (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001).....	194
Figura 62: Análisis de estabilidad por el método de las dovelas. Representación de la superficie de falla de prueba. (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001) ....	200
Figura 63: Análisis de estabilidad por el método de las dovelas. Representación de $W_n$ y $\Delta L_n$ en la dovela. (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001) .....	201
Figura 64: Curva de fragilidad para establecer el daño estructural ante una amenaza por deslizamientos. (Fuente: CAPRA, n.d.) .....	236

Figura 65: Curva de fragilidad para establecer la vulnerabilidad humana ante una amenaza por deslizamientos.. (Fuente: CAPRA, n.d.) .....	237
Figura 66: Topografía de la zona de Jucó que denota las grandes alturas de sus taludes. (Fuente: Hoja Cartográfica Tapantí, n.d.) .....	242

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de Mercalli Modificada. (Fuente: <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismológica_de_Mercalli">http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismológica_de_Mercalli</a> ) .....	27
Tabla 2: Escala de Medvédev-Sponheuer-Kárník o MSK. (Fuente: <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_Medvedev-Sponheuer-Karnik">http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_Medvedev-Sponheuer-Karnik</a> ) .....	29
Tabla 3: Escala Macrosísmica Europea. (Fuente: <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_macrosísmica_europea">http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_macrosísmica_europea</a> ) .....	30
Tabla 4: Escala sismológica de Richter. (Fuente: <a href="http://www.smis.org.mx/htm/sm7.htm">http://www.smis.org.mx/htm/sm7.htm</a> ) .....	33
Tabla 5: Tipos de deslizamientos. (Fuente: <a href="http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS">http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS</a> ) .....	41
Tabla 6: Clasificación de los deslizamientos según su velocidad. (Fuente: <a href="http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS">http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS</a> ).....	46
Tabla 7: Proyección de la población de Orosi. Período 2000-2015. (Fuente: INEC, 2012).....	77
Tabla 8: Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras .....	86
Tabla 9: Porcentajes de ponderación establecidos para la “Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras” .....	96
Tabla 10: Parámetros considerados en la Metodología Italiana. (Fuente: Tabla No. 1 del documento “Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado”).....	97

Tabla 11: Ponderación establecida para las clases de las estructuras que se utilizará junto con la “Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras” .....	99
Tabla 12: Zona sísmica para la provincia de Cartago. (Fuente: CSCR-2002) .....	109
Tabla 13: Aceleración pico efectiva de diseño, $a_{ef}$ , para un período de retorno de 500 años y diferentes zonas sísmicas y tipos de sitio. (Fuente: CSCR-2002).....	110
Tabla 14: Sistemas constructivos que conforman las estructuras de Jucó de Orosi .....	114
Tabla 15: Determinación del índice de vulnerabilidad realizado a la estructura No. 46 de las 139 evaluadas .....	120
Tabla 16: Niveles de vulnerabilidad para las estructuras .....	121
Tabla 17: Índices de vulnerabilidad para las estructuras del Sector de Jucó de Orosi.....	123
Tabla 18: Tipo de vulnerabilidad de las estructuras analizadas .....	124
Tabla 19: Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para líneas vitales .....	126
Tabla 20: Niveles de vulnerabilidad establecidos para la metodología utilizada en el análisis del índice de vulnerabilidad para infraestructura (líneas vitales) .....	127
Tabla 21: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a carreteras ..	127
Tabla 22: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a puentes .....	128
Tabla 23: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a líneas eléctricas .....	128
Tabla 24: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a tuberías ....	128
Tabla 25: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a tanques.....	129
Tabla 26: Tabla-resumen con los índices de vulnerabilidad determinados para las líneas vitales ..	129
Tabla 27: Valores de aceleración pico efectiva de diseño, $a_{ef}$ , para diferentes escenarios usando el Código Sísmico de Costa Rica, 2002.....	131

Tabla 28: Valores de aceleración pico efectiva de diseño, $a_{ef}$ , utilizando cinco escenarios de cálculo .....	132
Tabla 29: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 1 .....	133
Tabla 30: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 2 .....	135
Tabla 31: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 3 .....	137
Tabla 32: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 4 .....	138
Tabla 33: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 5 .....	140
Tabla 34: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario N° 1 .....	141
Tabla 35: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario N° 2 .....	142
Tabla 36: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario N° 3 .....	142
Tabla 37: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario N° 4 .....	143
Tabla 38: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario N° 5 .....	143
Tabla 39: Información necesaria para poder interpretar las curvas de fragilidad .....	146
Tabla 40: Rangos de porcentajes de daño para estimar el colapso de las estructuras.....	147

Tabla 41: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 1 .....	148
Tabla 42: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 2 .....	149
Tabla 43: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 3 .....	150
Tabla 44: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 4 .....	155
Tabla 45: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 5 .....	156
Tabla 46: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario N° 1 .....	153
Tabla 47: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario N° 2 .....	153
Tabla 48: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario N° 3 .....	153
Tabla 49: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario N° 4 .....	154
Tabla 50: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario N° 5 .....	154
Tabla 51: Valores de amenaza determinados para los tanques de concreto del sector de Jucó de Orosi, según los escenarios de cálculo establecidos.....	155
Tabla 52: Porcentajes de daño determinados para los tanques de concreto del sector de Jucó de Orosi, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos.....	157
Tabla 53: Tasas de rotura determinadas para tuberías, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos .....	158
Tabla 54: Porcentajes de daño determinados para la carretera de Jucó, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos .....	159

Tabla 55: Porcentajes de daño determinados para el puente de Jucó, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos .....	160
Tabla 56: Porcentajes de daño determinados para líneas eléctricas, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos .....	161
Tabla 57: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 1 .....	164
Tabla 58: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 1.....	164
Tabla 59: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 1.....	164
Tabla 60: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 2 .....	164
Tabla 61: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 2.....	165
Tabla 62: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 2.....	165
Tabla 63: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 3 .....	165
Tabla 64: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 3.....	166

Tabla 65: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 3.....	166
Tabla 66: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 4 .....	166
Tabla 67: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 4.....	167
Tabla 68: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 4.....	167
Tabla 69: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 5 .....	167
Tabla 70: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 5.....	168
Tabla 71: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 5.....	168
Tabla 72: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 1 .....	169
Tabla 73: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día. Escenario No. 1 .....	169
Tabla 74: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 1 .....	170

Tabla 75: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche. Escenario No. 1 .....	170
Tabla 76: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 2 .....	171
Tabla 77: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día. Escenario No. 2 .....	171
Tabla 78: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 2 .....	172
Tabla 79: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche. Escenario No. 2 .....	172
Tabla 80: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 3 .....	173
Tabla 81: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día. Escenario No. 3 .....	173
Tabla 82: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 3 .....	174
Tabla 83: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche. Escenario No. 3 .....	174
Tabla 84: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 4 .....	175
Tabla 85: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día. Escenario No. 4 .....	175

Tabla 86: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 4 .....	176
Tabla 87: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche. Escenario No. 4 .....	176
Tabla 88: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 5 .....	177
Tabla 89: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día. Escenario No. 5 .....	177
Tabla 90: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 5 .....	178
Tabla 91: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche. Escenario No. 5 .....	178
Tabla 92: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 1 .....	179
Tabla 93: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 1 .....	179
Tabla 94: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 2 .....	180
Tabla 95: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 2 .....	180
Tabla 96: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 3 .....	181

Tabla 97: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 3.....	181
Tabla 98: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 4.....	182
Tabla 99: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 4.....	182
Tabla 100: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 5 .....	183
Tabla 101: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 5 .....	183
Tabla 102: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas y cantidad de personas con vida, para todos los escenarios .....	184
Tabla 103: Tabla-resumen de datos a utilizar en el análisis de estabilidad de taludes .....	193
Tabla 104: Cálculo de FS para la pendiente 1 de la sección 1 .....	195
Tabla 105: Cálculo de FS para la pendiente 2 de la sección 1 .....	196
Tabla 106: Cálculo de Amáx para la pendiente 1 de la sección 1 .....	196
Tabla 107: Cálculo de Amáx para la pendiente 2 de la sección 1 .....	196
Tabla 108: Cálculo de FS para la pendiente 3 de la sección 2 .....	197
Tabla 109: Cálculo de FS para la pendiente 4 de la sección 2 .....	197
Tabla 110: Cálculo de Amáx para la pendiente 3 de la sección 2 .....	197
Tabla 111: Cálculo de Amáx para la pendiente 4 de la sección 2 .....	197
Tabla 112: Cálculo de FS para la pendiente 5 de la sección 3 .....	198
Tabla 113: Cálculo de FS para la pendiente 6 de la sección 3 .....	198

Tabla 114: Cálculo de Amáx para la pendiente 5 de la sección 3 .....	198
Tabla 115: Cálculo de Amáx para la pendiente 6 de la sección 3 .....	199
Tabla 116: Ejemplo que muestra el procedimiento a realizar para determinar algunos de los factores que se necesitan para hallar el Fsd, utilizando como apoyo el método de las dovelas. (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001) .....	202
Tabla 117: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=10 m .....	203
Tabla 118: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=20 m .....	204
Tabla 119: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=30 m .....	205
Tabla 120: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=40 m .....	206
Tabla 121: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=50 m .....	207
Tabla 122: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=10 m .....	208
Tabla 123: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=20 m .....	209
Tabla 124: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=30 m .....	210
Tabla 125: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=40 m .....	211

Tabla 126: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=50 m .....	212
Tabla 127: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 1 de la sección 1 .....	213
Tabla 128: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 2 de la sección 1 .....	213
Tabla 129: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=10 m .....	214
Tabla 130: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=20 m .....	215
Tabla 131: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=30 m .....	216
Tabla 132: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=40 m .....	217
Tabla 133: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=50 m .....	218
Tabla 134: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=10 m .....	219
Tabla 135: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=20 m .....	220
Tabla 136: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=30 m .....	221
Tabla 137: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=40 m .....	222

Tabla 138: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=50 m .....	223
Tabla 139: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 3 de la sección 2 .....	224
Tabla 140: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 4 de la sección 2 .....	224
Tabla 141: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=10 m .....	225
Tabla 142: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=20 m .....	226
Tabla 143: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=30 m .....	227
Tabla 144: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=40 m .....	228
Tabla 145: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=50 m .....	229
Tabla 146: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=10 m .....	230
Tabla 147: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=20 m .....	231
Tabla 148: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=30 m .....	232
Tabla 149: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=40 m .....	233

Tabla 150: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=50 m .....	234
Tabla 151: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 5 de la sección 3 .....	235
Tabla 152: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 6 de la sección 3 .....	235
Tabla 153: Porcentajes de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 1 de la sección 1 .....	238
Tabla 154: Porcentajes de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 2 de la sección 1 .....	238
Tabla 155: Porcentajes de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 3 de la sección 2 .....	238
Tabla 156: Porcentajes de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 4 de la sección 2 .....	238
Tabla 157: Porcentajes de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 5 de la sección 3 .....	239
Tabla 158: Porcentajes de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 6 de la sección 3 .....	239
Tabla 159: Valor de inflación para insumos de la construcción tomando en cuenta a partir del mes de enero del 2009 al mes de febrero del 2012. (Fuente: INEC, 2012) .....	244
Tabla 160: Tabla-resumen con la cantidad de estructuras por rango de pérdidas económicas del escenario 1 .....	245
Tabla 161: Tabla-resumen con la cantidad de estructuras por rango de pérdidas económicas del escenario 2 .....	246

Tabla 162: Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 3 .....	247
Tabla 163: Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 4 .....	248
Tabla 164: Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 5 .....	249
Tabla 165: Pérdidas económicas totales para cada escenario .....	250
Tabla 166: Estimación del riesgo económico para tanques de agua, tomando en cuenta todos los escenarios.....	252
Tabla 167: Estimación del riesgo económico para tuberías, tomando en cuenta todos los escenarios.....	253
Tabla 168: Estimación del riesgo económico para carreteras, tomando en cuenta todos los escenarios.....	253
Tabla 169: Estimación del riesgo económico para puentes, tomando en cuenta todos los escenarios.....	254
Tabla 170: Estimación del riesgo económico para líneas eléctricas, tomando en cuenta todos los escenarios.....	254
Tabla 171: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales. Escenario 1 ...	255
Tabla 172: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales. Escenario 2...	255
Tabla 173: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales. Escenario 3...	255
Tabla 174: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales. Escenario 4...	255
Tabla 175: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales. Escenario 5...	256
Tabla 175: Valores de las pérdidas económicas totales de las líneas vitales para deslizamientos ...	256

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Tipo de construcción utilizada para paredes externas.....	88
Cuadro 2: Tipo de construcción utilizada para paredes internas .....	88
Cuadro 3: Estado de la configuración estructural de la construcción .....	90
Cuadro 4: Tipo de construcción utilizada en el techo .....	91
Cuadro 5: Existencia de cimientos.....	91
Cuadro 6: Edad de construcción de la estructura .....	92
Cuadro 7: Número de pisos .....	92
Cuadro 8: Altura de la estructura.....	93
Cuadro 9: Número de personas que habitan la estructura .....	93
Cuadro 10: Estado de conservación de la estructura .....	94
Cuadro 11: Pendiente promedio del terreno .....	94
Cuadro 12: Escenarios de cálculo para el análisis de vulnerabilidad y amenaza .....	130

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Población de Orosi por rango de edad .....	78
Gráfico 2: Distribución por tipo de vivienda en Orosi .....	79
Gráfico 3: Distribución de ocupantes por tipo de vivienda .....	80
Gráfico 4: Indicadores Sociales para el distrito de Orosi .....	81
Gráfico 5: Situación de la población del distrito de Orosi en relación a la actividad económica .....	82
Gráfico 6: Población de Orosi que se encuentra económicamente activa .....	83

Gráfico 7: Población de Orosí que se encuentra económicamente inactiva.....	83
Gráfico 8: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 1.....	134
Gráfico 9: Cantidad de estructuras por cada material según rangos de amenaza. Escenario 1.....	134
Gráfico 10: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 2.....	136
Gráfico 11: Cantidad de estructuras por cada material según rangos de amenaza. Escenario 2.....	136
Gráfico 12: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 3.....	137
Gráfico 13: Cantidad de estructuras por cada material según rangos de amenaza. Escenario 3.....	138
Gráfico 14: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 4.....	139
Gráfico 15: Cantidad de estructuras por cada material según rangos de amenaza. Escenario 4.....	139
Gráfico 16: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 5.....	140
Gráfico 17: Cantidad de estructuras por cada material según rangos de amenaza. Escenario 5.....	141
Gráfico 18: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 1 .....	148
Gráfico 19: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 2 .....	149
Gráfico 20: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 3 .....	150
Gráfico 21: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 4 .....	151
Gráfico 22: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 5 .....	152
Gráfico 23: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 1 .....	246
Gráfico 24: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 2.....	247
Gráfico 25: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 3.....	248

Gráfico 26: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas.	
Escenario 4.....	249
Gráfico 27: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas.	
Escenario 5.....	250

## INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 1,	
a <sub>ef</sub> = 500 Gal .....	258
Mapa 2: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 2,	
a <sub>ef</sub> = 650 Gal .....	258
Mapa 3: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 3,	
a <sub>ef</sub> = 529,2 Gal .....	259
Mapa 4: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 4,	
a <sub>ef</sub> = 352,8 Gal .....	259
Mapa 5: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 5,	
a <sub>ef</sub> = 264,6 Gal .....	260
Mapa 6: Mapa de vulnerabilidad ante posibles deslizamientos en la zona de Jucó de Orosi .....	261

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tablas con los resultados del cálculo de la amenaza para las estructuras del Sector de Jucó de Orosi, de acuerdo a cada escenario de cálculo .....	280
---	-----

Anexo 2: Tablas con los resultados del cálculo del porcentaje de daño (riesgo) para las estructuras de la zona de estudio, de acuerdo a cada escenario .....	290
Anexo 3: Tablas con los resultados del cálculo de las pérdidas económicas (riesgo) para las estructuras de la zona de estudio, de acuerdo a cada escenario .....	300
Anexo 4: Levantamiento fotográfico del Sector de Jucó de Orosi .....	310
Anexo 5: Tipos de Sistemas constructivos, según el LANAME .....	312
Anexo 6: Tabla para establecer el porcentaje de atrapados y fatalidad por cada tipo de estructura .....	316
Anexo 7: Fotografía que muestra restos de material producto de un deslizamiento .....	317

## INTRODUCCIÓN

Costa Rica se ubica dentro de las coordenadas geográficas 8° y 11°15' de latitud norte, y 82° y 85° de longitud oeste, limitando al norte con Nicaragua, al sur con Panamá, al este con el Mar Caribe, y al oeste con el océano Pacífico. Además, se encuentra en la zona de convergencia de la placa Cocos y Caribe, siendo esta de alta amenaza sísmica, provocando así, que se considere un país expuesto a fenómenos sísmicos.

El sector de Jucó de Orosi, se localiza en el distrito de Orosi, perteneciente al cantón de Paraíso, de la Provincia de Cartago. Esta provincia ha sufrido en el pasado, sismos de considerable magnitud como el ocurrido el 4 de mayo de 1910, el cual produjo pérdidas totales en viviendas, infraestructura, así como la muerte de más de 400 personas.

Además de la evidencia de comportamiento sísmico, Jucó de Orosi está en una zona que cuenta con relieve irregular, siendo esta parte del Valle de Orosi, el cual cuenta con pendientes bastante pronunciadas e inclinadas, las cuales son propensas a que se produzcan deslizamientos de materiales en algún momento dado.

Es por ello que en el siguiente trabajo, se hará un análisis de vulnerabilidad, amenaza y riesgo ante la posible ocurrencia de sismos y deslizamientos en el Sector de Jucó de Orosi, con el fin de determinar que tan vulnerables están las estructuras e infraestructura si se dieran estos eventos, así como el riesgo que implicaría en la zona, el que se suscitara alguno de estos fenómenos naturales.

# CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

## 1.1. Antecedentes

El sector de Jucó está ubicado en el distrito de Orosi (Valle de Orosi), perteneciente al cantón de Paraíso de la provincia de Cartago. Esta provincia cuenta con importantes antecedentes de actividad sísmica.

Entre los sismos presentados están el del 22 de setiembre de 1841, que produjo destrucción en gran parte de la infraestructura así como la muerte de 38 personas; luego el 4 de mayo en 1910, hubo uno de los terremotos más influyentes de esta provincia ya que tuvo una intensidad máxima de VIII y produjo una destrucción casi total de la infraestructura así como la muerte de más de 400 personas. Además, el 22 de agosto de 1951, hubo un fuerte sismo que provocó destrucción en Paraíso y en Orosi.



**Imagen 1: Daños producidos por el Terremoto de Cartago de 1910. (Fuente: Periódico Al Día, 2010)**

Los sismos, además de producir daño físico, desencadenan otro tipo de amenazas naturales como los deslizamientos, los cuales también se dan por la influencia de intensas precipitaciones.

Como se mencionó, Orosi cuenta con antecedentes sísmicos, pero también con antecedentes de eventos por deslizamiento como el suscitado el 19 de junio del 2003, cuando se produjo un

deslizamiento de material que se encauzó a través de los ríos Granados y Jucó, el cual, debido a las fuertes precipitaciones, generó una avalancha de material que provocó daños en fincas, caballerizas y gran erosión en las márgenes del río Granados, ubicado cerca de la comunidad de Jucó. Esta comunidad se localiza en un área de antiguas descargas de material de coluvio-aluvional, donde a través de los años se han deforestado las laderas cercanas a las viviendas de la zona para cultivo de café y hortalizas, las cuales propician las fuertes erosiones y eventuales deslizamientos de tierra y vegetación (CNE, 2003).

Otro evento fue el que sucedió el 24 de octubre del 2005, en la microcuenca del río Granados, en las comunidades de Anita y Jucó, donde ocurrió un desprendimiento de material en la parte superior de la corona del deslizamiento, que se desplazó a lo largo del cauce y llegó a la altura del puente de hamaca (CNE, 2005).



**Imagen 2: Deslizamiento en Jucó de Orosi. (Fuente: CNE, 2005)**

## **1.2. Importancia de la Investigación**

Costa Rica es un país geológicamente activo, ubicado en una zona de alta amenaza sísmica por la interacción de las placas Cocos y Caribe. Es por ello que en ocasiones, se producen sismos de considerable intensidad, los cuales provocan daños físicos y deslizamientos de material que pueden

atentar contra la población. Además de los sismos, otros factores que intervienen en la producción de deslizamientos son las precipitaciones que se dan en la época lluviosa (de mayo a octubre) y el factor humano.

De acuerdo con lo anterior, es importante realizar estudios en donde se determine la existencia de una posible amenaza ante sismos y deslizamientos en una zona específica, esto con el fin de llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad ante estos eventos tomando en cuenta el estado en que se encuentra la zona por estudiar y, por supuesto el estudio de amenazas, los cuales, son dos puntos primordiales a la hora de hacer investigaciones sobre vulnerabilidad.

El sector de Jucó cuenta con antecedentes de eventos por sismos, debido al distrito al que pertenece, y de deslizamientos, es decir, en esta zona es evidente la amenaza ante la ocurrencia de estos desastres, por lo que se debe determinar el grado de vulnerabilidad que existe actualmente. Lo anterior, con el fin de establecer criterios técnicos para la evaluación del riesgo en la infraestructura local, la implementación de medidas de prevención y mitigación en el caso en que se presentara un evento por desastre natural, y así mantener alertada e informada a la población del lugar.

Cabe mencionar, además, que la información y los resultados obtenidos por medio del presente estudio, son fundamentales para distintas entidades tales como la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), el Ministerio de Educación (MEP), el Comité de Emergencias Local, las municipalidades, entre otras, ya que con la misma, estas instituciones pueden establecer medidas de prevención y mitigación del riesgo ante estas amenazas, la elaboración de mapas de zonas de alta vulnerabilidad, la creación de planes de evacuación, entre otros, para que así estas puedan actuar de la manera más adecuada ante una posible amenaza, además de que las mismas deben de estar preparadas para salvaguardar la seguridad de los habitantes del sector analizado.

### 1.3. Identificación del Problema

El distrito de Orosi, ubicado en Paraíso de Cartago, de donde es parte el sector de estudio, ha sido perjudicado por sismos ocurridos hace unos años (Cartago 1910, Paraíso 1951), los mismos producidos por la activación de algunas de las fallas sísmicas más cercanas como la del Valle de Coris y la de Aguas Calientes. Además, esta zona posee suelos inestables debido a la erosión, las eventuales precipitaciones, la permeabilidad, pero también tiene un relieve con pendientes bastante altas.

Este comportamiento ha provocado deslizamientos de material en este sector, dejando secuelas muy evidentes como el desgaste de la vía de acceso a la comunidad de Jucó, la cual se encuentra muy deteriorada y en el caso de que se de algún evento de los antes mencionados, queda inaccesible para poder evacuar a la población de este lugar.



**Imagen 3: Deterioro de vía de acceso producido por desastres naturales, Jucó, Orosi. (Foto del 6 de junio del 2011)**

Otro factor que influye para analizar la vulnerabilidad de este sector es el uso inadecuado de los terrenos, el asentamiento de la población en lugares donde hay cercanía de ríos, pendientes muy pronunciadas así como la deforestación y prácticas de actividades como la ganadería, la agricultura, entre otras.

Todo lo antes mencionado, resume en pocas palabras, la problemática existente en la zona antes indicada y por la cual, se realizará la presente investigación.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar la vulnerabilidad de la infraestructura en el sector de Jucó del distrito de Orosi ante sismos y deslizamientos, para determinar el grado de afectación y la repercusión de los mismos en la zona de estudio.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar y describir las amenazas por sismos y deslizamientos presentes en el sector de Jucó de Orosi, para poder determinar la vulnerabilidad existente en la zona ante estas amenazas.
2. Determinar la vulnerabilidad ante sismos y deslizamientos para las edificaciones e infraestructura del sector de Jucó de Orosi.
3. Realizar mapas de amenazas por sismos y deslizamientos para determinar los puntos donde hay más vulnerabilidad ante estos eventos.
4. Evaluar el impacto socioeconómico después de suscitado un sismo o un deslizamiento para identificar las posibles pérdidas humanas y materiales en la zona de estudio.
5. Determinar lineamientos, estrategias y acciones para la mitigación y prevención del riesgo ante desastres en el sector de Jucó de Orosi.

## **1.5. Hipótesis**

Al desarrollar un análisis de vulnerabilidad ante sismos y deslizamientos en el sector de Jucó del distrito de Orosi, se podrá determinar la información y datos necesarios para llevar a cabo la

ejecución de planes de prevención y mitigación de desastres, los cuales servirán y serán necesarios para que los habitantes de la zona, estén debidamente preparados en el caso de producirse un desastre natural, además que será de gran ayuda para las instituciones que se involucrarán en el desarrollo del proyecto.

## **CAPÍTULO II. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE SISMOS Y DESLIZAMIENTOS (MARCO TEÓRICO)**

### **2.1. Las amenazas naturales**

Las amenazas naturales son de tipo geológico o de tipo meteorológico. Las principales amenazas de tipo geológico son los sismos, las erupciones volcánicas y los deslizamientos, y las de tipo climático son las inundaciones y las sequías. También se pueden incluir los huracanes, tornados y otros fenómenos climáticos.

Las amenazas pueden ser interrelacionadas y sus efectos magnificados. Por ejemplo, los sismos provocan deslizamientos, los cuales a su vez ocasionan represamiento de ríos e inundaciones progresivas aguas arriba, y la rotura de los represamientos causan inundaciones turbulentas y crecidas aguas abajo.

### **2.2. Sismos**

Un sismo es un movimiento del terreno, debido al choque de las placas tectónicas. Este choque libera energía mientras los materiales de la corteza terrestre se acomodan para volver a alcanzar el estado de equilibrio mecánico.

Una de las principales causas de los sismos es la deformación gradual de las rocas contiguas a una falla activa, las cuales liberan su energía potencial acumulada y producen grandes temblores.

Además, los sismos pueden ocurrir por otras causas como los procesos volcánicos, los movimientos de laderas y por hundimiento de cavidades cársticas.

El movimiento sísmico genera ondas de diversa índole, principalmente de compresión y cortante. Las ondas de cortante son las responsables de las tragedias históricas generadas por sismos de gran magnitud. El avance de las ondas sísmicas por la corteza terrestre implica una disipación de energía, lo que se traduce en una atenuación progresiva de la intensidad, en función de la distancia al epicentro.

Los sismos se clasifican en microsismos, macrosismos y megasismos. Los microsismos son aquellos que no se pueden percibir, los macrosismos son los que son sentidos por el ser humano y causan daños en enseres y casas, y los megasismos son los que producen destrucción de edificios, la ruina de ciudades enteras y gran número de víctimas. Los macrosismos y megasismos son los conocidos con el nombre de terremotos o temblores de tierra.

El poder destructivo de un sismo va a depender de distintos factores, entre los cuales están:

- La velocidad, la aceleración, el período y la duración del movimiento sísmico.
- El tipo de suelo y las características de las rocas por donde viajan las ondas sísmicas.
- Las características y la calidad de la construcción de las edificaciones y otras obras, que puedan ser afectadas.

### **2.2.1. Origen de los sismos**

La causa de un sismo es la liberación súbita de energía dentro del interior de la Tierra por un reajuste de ésta. Este reajuste se lleva a cabo mediante el movimiento relativo entre placas tectónicas. Las zonas en donde se lleva a cabo este tipo de movimiento se conocen como fallas

geológicas y a los temblores producidos se les conoce como sismos tectónicos. Además de estos sismos, también están los sismos volcánicos y los de colapso.

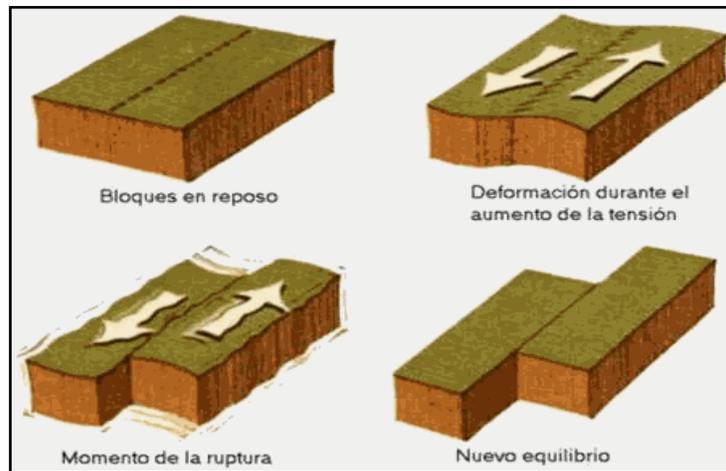


Figura 1: Causa de los sismos. (Fuente: <http://www.bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas>)

## 2.2.2. Tipos de sismos

Los sismos pueden agruparse, tomando en cuenta su origen en tectónicos, volcánicos y de colapso.

**Sismos tectónicos:** son aquellos producidos por rupturas de grandes dimensiones en la zona de contacto entre placas tectónicas (sismos interplaca)<sup>1</sup> o en las zonas internas de estas (sismos intraplaca)<sup>2</sup>.

Los sismos tectónicos son los más devastadores y la mayoría de estos sismos se producen en los límites de las placas tectónicas, en zonas donde las placas se deslizan en paralelo o subducidas a otra.

---

1 Sismos interplaca: Son generados en los bordes o límites entre placas tectónicas. Tienen una alta magnitud y un foco profundo.

2 Sismos intraplaca: Se originan dentro de las placas tectónicas, en las denominadas fallas locales. Tienen magnitudes pequeñas o moderadas.

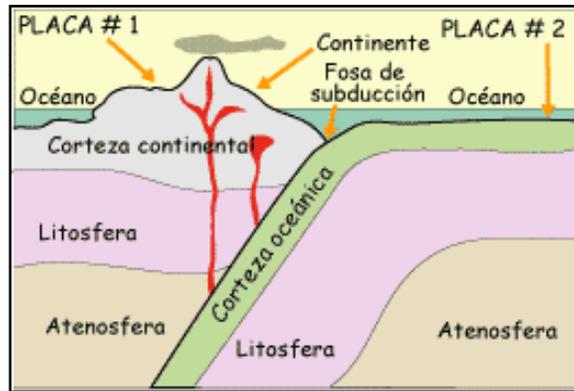


Figura 2: Esquema de sismos tectónicos. (Fuente: <http://www.rena.edu.ve/cuartaetapa/cienciatierra/tema15.html>)

**Sismos Volcánicos:** Son aquellos que se forman por el movimiento de fluidos y gases de la generación de fracturas así como del colapso de cavidades ocasionadas por salidas de magma, que rellenan las cámaras inferiores de un volcán.

**Sismos de Colapso:** Son producidos por el derrumbamiento de techos de cavernas, cuevas o minas y son percibidos en áreas reducidas.

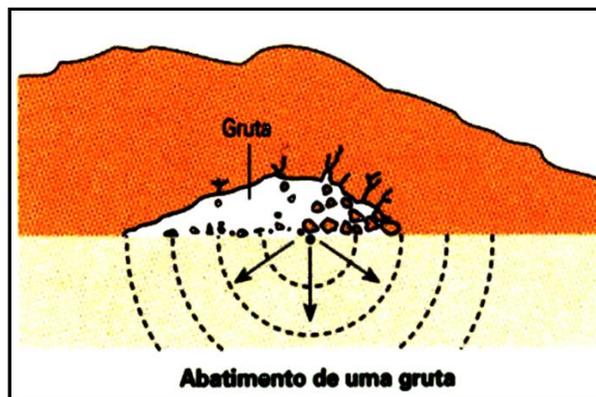


Figura 3: Reducción de una cueva. Sismo de colapso. (Fuente: <http://biogeotc.wordpress.com/2009/01/21/causados-sismos>)

### 2.2.3. Localización de un sismo

Los sismos o terremotos tectónicos suelen producirse en zonas donde la concentración de fuerzas generadas por los límites de las placas tectónicas da lugar a movimientos de reajuste en el interior y en la superficie de la Tierra. Es por esto que los sismos de origen tectónico están relacionados con la formación de fallas geológicas.

El punto interior de la Tierra donde se produce el sismo se llama **foco sísmico** o **hipocentro**, y el punto de la superficie que se halla directamente en la vertical del hipocentro recibe el nombre de **epicentro**.

- **Foco sísmico o hipocentro:** Es la zona interior de la Tierra, donde se produce un momento sísmico. También es el punto en el cual se fractura la corteza terrestre, se libera energía y se genera un terremoto.
- **Epicentro:** Es el área de la superficie terrestre que se encuentra perpendicular al hipocentro donde repercuten con mayor intensidad las ondas sísmicas. En el caso de fuertes terremotos, la longitud de ruptura de una falla sísmica puede ser muy grande, por lo que el mayor daño no se localiza en el epicentro sino en cualquier punto de la zona de ruptura.



Figura 4: Esquema de las zonas sísmicas. (Fuente: <http://www.ftn.cl/minisitios/tierra/imagenes.html>)

## **2.3. Placas tectónicas y fallas geológicas**

### **2.3.1. Placas tectónicas**

Las placas tectónicas también denominadas placas litosféricas son fragmentos de litosfera que se mueven como un bloque rígido sin presentar deformación interna sobre la astenósfera de la Tierra.

#### **2.3.1.1. Tipo de placas**

Las placas tectónicas son principalmente de dos tipos, las cuales están en función de la clase de corteza que forma su superficie. Hay dos clases de corteza, la oceánica y la continental.

**Placas oceánicas:** Son placas cubiertas por corteza oceánica, delgada y de composición básica. Están sumergidas en toda su extensión, salvo por la existencia de edificios volcánicos intraplaca. Los ejemplos más notables se encuentran en el Pacífico: la placa Pacífica, la placa de Nazca, la placa de Cocos y la placa Filipina.

**Placas mixtas:** Son placas cubiertas en parte por corteza continental y en parte por corteza oceánica. La mayoría de las placas existentes son de este tipo. Algunos ejemplos de placas mixtas son la placa Sudamericana o la Placa Euroasiática.

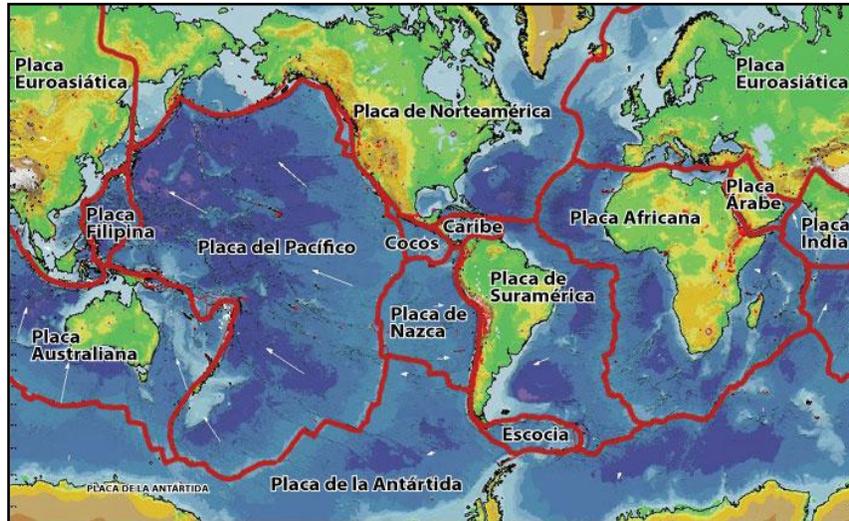


Figura 5: Detalle de las Placas Tectónicas y su ubicación. (Fuente:

[http://www.windows2universe.org/earth/inferior/plate\\_tectonics.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/earth/inferior/plate_tectonics.html&lang=sp))

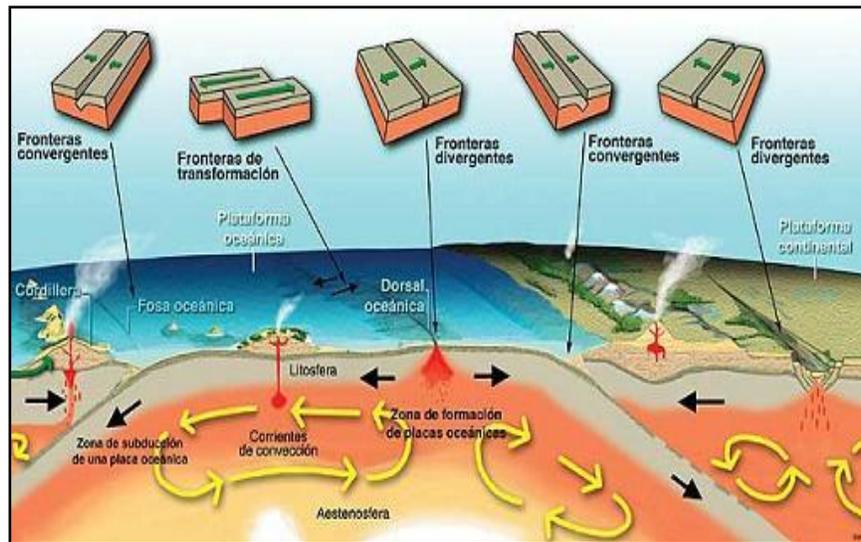


Figura 6: Movimiento de Placas Tectónicas. (Fuente: <http://www.blogodisea.com/2008/geofisica-y-movimientos-de-las-placas-tectonicas/geologia>)

### 2.3.1.2. Límite de placa

Una placa se relaciona con otra por medio de un límite de placa, que puede ser de tres tipos:

**Límites divergentes o constructivos:** Corresponden al medio oceánico que se extiende, de manera discontinua, a lo largo del eje de las dorsales.

**Límites convergentes:** Corresponde al encuentro de dos placas y al hundimiento de la Litósfera, la cual se funde parcialmente. Hay dos casos muy distintos:

- **Subducción:** Es el proceso de hundimiento de una placa litosférica, con un ángulo pequeño, bajo otra en un límite convergente hacia el interior de la Tierra. El límite viene marcado por la presencia de una fosa oceánica o fosa abisal y una estrecha. La litósfera oceánica, de mayor peso específico, es la que subduce bajo la litósfera continental, menos densa.

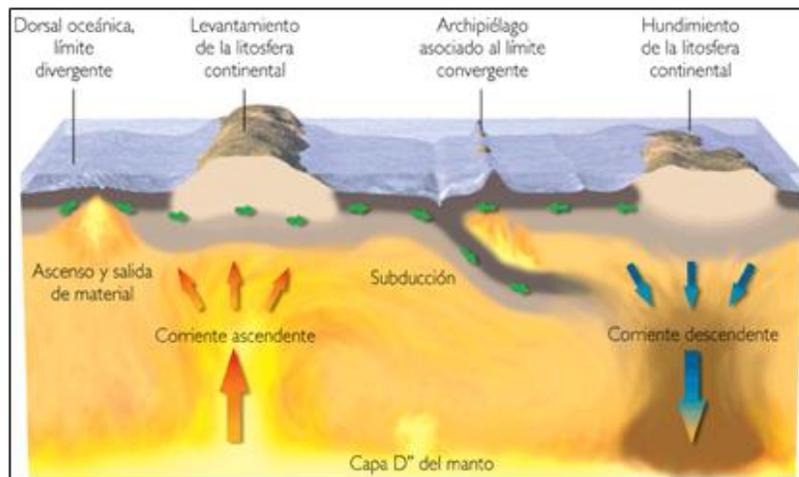


Figura 7: Detalle del proceso de subducción de placas. (Fuente: <http://www.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/actividad-interna-tierra/graficos-dinamica-terrestre>)

- **Colisión:** Se origina cuando la convergencia facilitada por la subducción provoca la aproximación de dos masas continentales. Al final las dos masas chocan, levantándose un orógeno de colisión, con los materiales continentales de la placa que subducía tendiendo a subir sobre la otra placa.

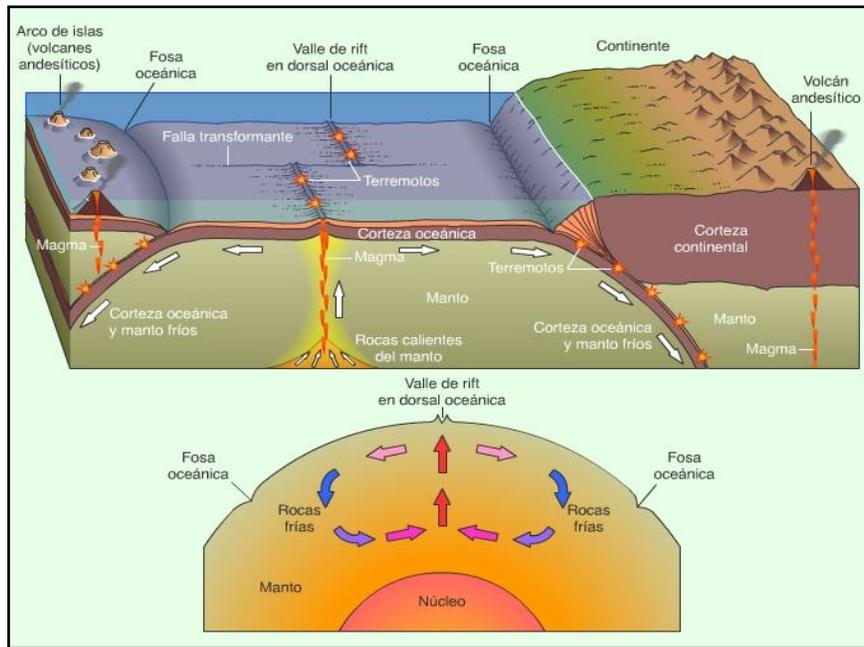


Figura 8: Esquema de límites de placas. (Fuente:

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural11/contenido3.htm>)

- **Límites transformantes:** Es cuando dos placas aparecen separadas por un tramo de falla transformante. Las fallas transformantes quiebran transversalmente las dorsales, permitiéndole desarrollar un trazado sinuoso a pesar de que su estructura interna exige que sean rectas.

### 2.3.2. Fallas geológicas

Las fallas, también denominadas rupturas de un plegamiento, son accidentes del terreno que se observan con más facilidad, especialmente si el terreno es de tipo sedimentario. Son un tipo de deformación de la corteza terrestre que finaliza en ruptura, dando lugar a variedad de estructuras geológicas.

### 2.3.2.1. Partes de una falla

Las partes que conforman una falla son las siguientes:

- **Plano de falla:** Es la superficie sobre la que se ha producido un movimiento que puede ser horizontal, vertical u oblicuo. Si las fracturas son frágiles, tienen superficies lisas y pulidas por efecto de la abrasión.
- **Labios de falla:** Son los dos bordes o bloques que se han desplazado. Cuando el desplazamiento es vertical, los bordes reciben el nombre de labio hundido (o interior) y labio elevado (o superior). El labio hundido o bloque inferior es aquel que queda por debajo del plano de falla y el labio levantado o bloque superior, es el bloque que queda por encima del plano de falla.
- El salto de falla: Es la distancia vertical entre dos estratos que originalmente formaban una unidad, medida entre los bordes del bloque elevado y el hundido.

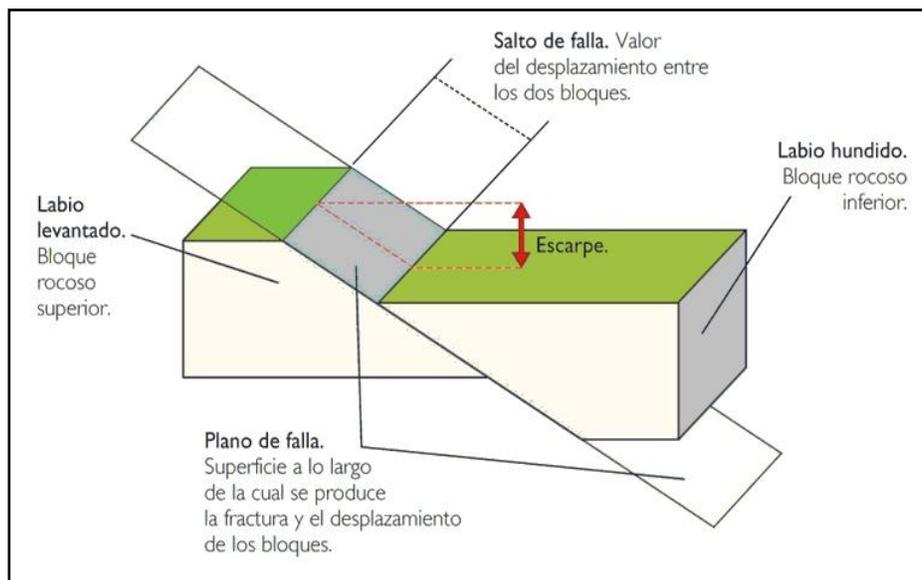


Figura 9: Partes de una falla. (Fuente: [http://www.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/actividad-interna-tierra/graficos-partes-falla.html?x1=20070417klpcnatun\\_148.Ees&x=20070417klpcnatun\\_194.Kes](http://www.kalipedia.com/ciencias-tierra-universo/tema/actividad-interna-tierra/graficos-partes-falla.html?x1=20070417klpcnatun_148.Ees&x=20070417klpcnatun_194.Kes))

### 2.3.2.2. Tipos de falla

Las fallas se clasifican en tres tipos en función de los esfuerzos que las originan y de los movimientos relativos de los bloques:

- **Falla normal:** Esta falla se genera por tensión. La inclinación del plano de falla coincide con la dirección del labio hundido. El resultado es un estiramiento o alargamiento de los materiales, al desplazarse el labio hundido por efecto de la fuerza de la gravedad.
- **Fallas de desgarre:** En esta tipología el componente vertical del salto es despreciable y el movimiento predominante es horizontal. Se distinguen dos tipos de fallas de desgarre: dextral y sinistral.
- **Falla inversa:** Es aquella en que uno de los bloques se mueve en contra de la dirección de la pendiente del plano de falla y se da en áreas corticales de compresión.
- **Falla rotacional o de tijeras.** Es la que se origina por un movimiento de basculamiento de los bloques que giran alrededor de un punto fijo, como las dos partes de una tijera.
- **Falla oblicua:** Es aquella que presenta movimiento en una componente vertical y una componente horizontal.

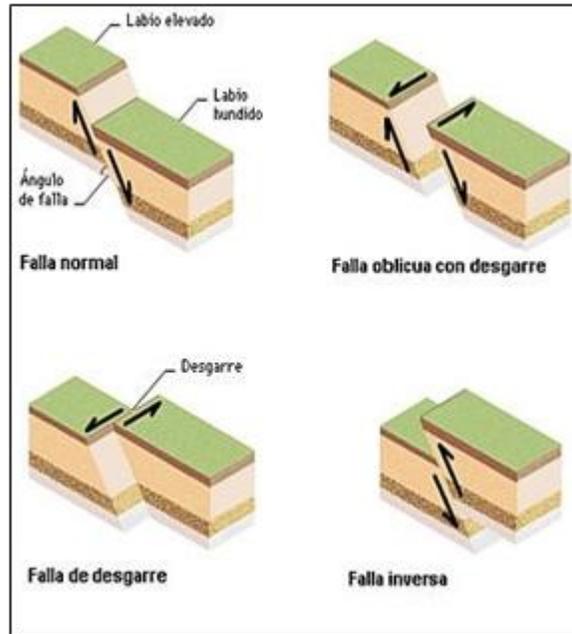


Figura 10: Tipos de fallas. (Fuente: <http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas>)

La falla inversa en conjunto con la falla normal, también se puede usar como falla antitética y falla homotética. La **falla antitética** es aquella en donde la falla y los estratos se inclinan hacia las direcciones opuestas. La **falla homotética** significa que los estratos y la falla tienen la misma dirección de inclinación.

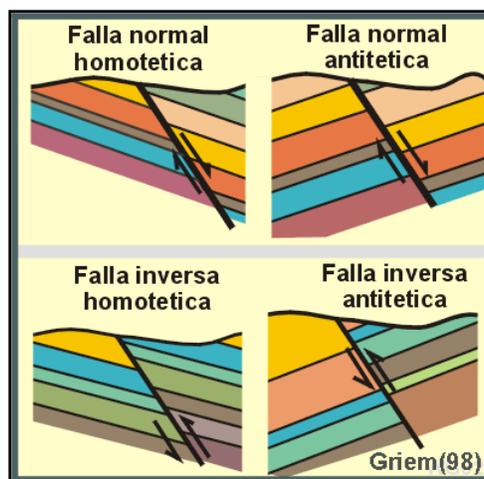


Figura 11: Fallas antitéticas y homotéticas. (Fuente: <http://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestr04a.htm>)

## 2.4. Ondas sísmicas

Las ondas sísmicas son ondas elásticas que propagan perturbaciones temporales del campo de tensiones que generan pequeños movimientos en un medio.

Las ondas sísmicas se pueden generar por movimientos telúricos naturales, los cuales causan daños en zonas donde hay asentamientos urbanos.

### 2.4.1. Tipos de ondas sísmicas

Hay dos tipos de ondas sísmicas: las **ondas internas, centrales o de cuerpo**, las cuales transmiten los movimientos preliminares de un terremoto pero tienen poco poder destructivo; y las **ondas superficiales** son las que debido a su baja frecuencia provocan resonancia en edificios con mayor facilidad causando efectos muy devastadores.

Las ondas internas se dividen en ondas primarias (P) y ondas secundarias (S), y las ondas superficiales se dividen en ondas de Rayleigh (L) y ondas de Love (L).

#### 2.4.1.1. Ondas primarias (P)

Las ondas P son ondas longitudinales que comprimen y dilatan alternadamente el suelo en la dirección de la propagación. Estas ondas viajan a una velocidad 1.73 veces de las ondas S y pueden viajar a través de cualquier material líquido o sólido.

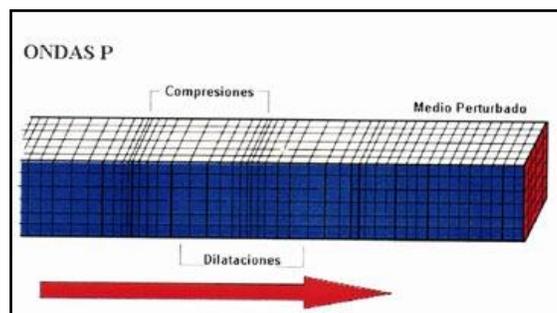


Figura 12: Ondas Primarias (P). (Fuente: <http://www.cienciaexplicada.com/2010/05/ondas-sismicas-i.html>)

### 2.4.1.2. Ondas secundarias (S)

Las ondas S son ondas transversales o de corte en las cuales el suelo es desplazado perpendicularmente a la dirección de propagación, hacia un lado y hacia el otro. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias. Estas ondas generan las oscilaciones durante el sismo y la mayor parte de los daños. Se trasladan únicamente a través de elementos sólidos.

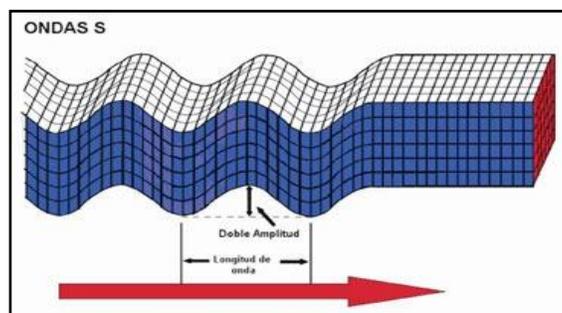


Figura 13: Ondas Secundarias (S). (Fuente: <http://www.cienciaexplicada.com/2010/05/ondas-sismicas-i.html>)

### 2.4.1.3. Ondas de Love (L)

Las ondas de Love son ondas superficiales que producen un movimiento horizontal de corte en superficie, se generan solo cuando un medio elástico se encuentra estratificado. La velocidad de las ondas de Love es un 90% de la velocidad de las ondas S y es ligeramente superior a la velocidad de las ondas de Rayleigh.

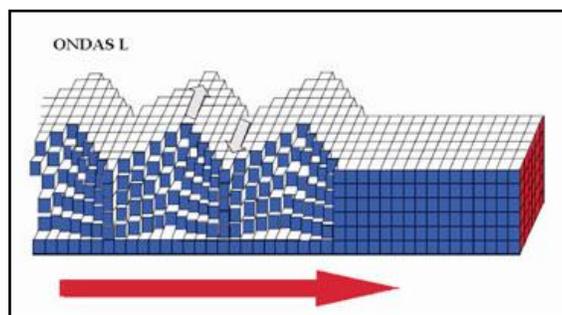


Figura 14: Ondas Love (L). (Fuente: <http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php>)

#### 2.4.1.4. Ondas de Rayleigh (R)

Las ondas de Rayleigh son ondas superficiales que producen un movimiento elíptico retrógrado del suelo. Estas ondas son más lentas que las ondas de cuerpo y su velocidad de propagación es casi un 70% de la velocidad de las ondas S.

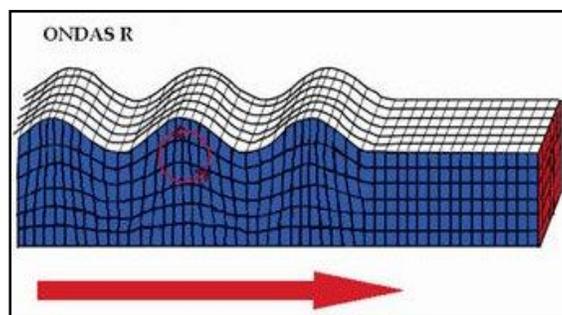


Figura 15: Ondas Rayleigh (R). (Fuente: <http://www.funvisis.gob.ve/glosario.php>)

#### 2.4.2. Elementos que caracterizan una onda sísmica

Los elementos que caracterizan una onda sísmica son los siguientes:

- **Cresta:** es el punto máximo de saturación de la onda.

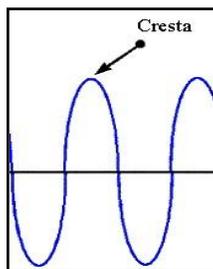


Figura 16: Cresta de una onda sísmica. (Fuente: [http://ondas1234.blogspot.com/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html))

- **Frecuencia (f):** es el número de veces en que se repite la vibración de una onda por un período determinado.

- **Período (T):** es el tiempo que tarda una onda en ir de un punto de máxima amplitud a otro. Se puede decir también que el período es la inversa de la frecuencia, como lo muestra la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\text{Frecuencia}} ; T = \frac{1}{f} \quad (\text{Ec. 2.1.})$$

Donde,

$f = [s^{-1}]$  o [Hz] (ciclos/segundos), y  $T = [s]$ .

- **Amplitud:** es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda. La amplitud puede ser variable en algunas ondas.

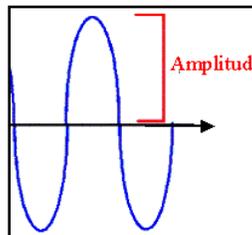


Figura 17: Amplitud de una onda sísmica. (Fuente: [http://ondas1234.blogspot.com/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html))

- **Valle:** es el punto más bajo de una onda.

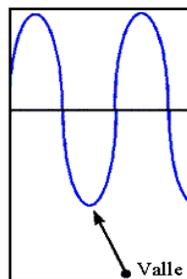


Figura 18: Valle de una onda sísmica. (Fuente: [http://ondas1234.blogspot.com/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html))

- **Longitud de onda ( $\lambda$ ):** es la distancia que hay entre dos crestas o puntos consecutivos que se encuentran en el mismo estado de vibración (fase).

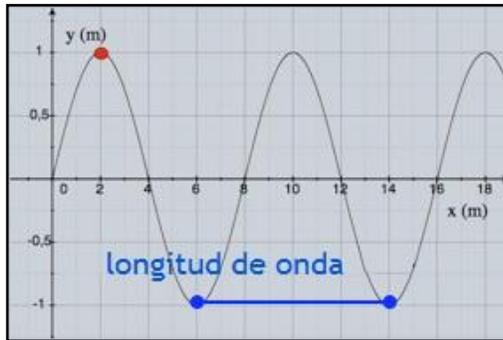


Figura 19: Longitud de una onda sísmica. (Fuente:

[http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias\\_comunicacion/Longitud\\_Velocidad\\_Onda.html](http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html))

- **Velocidad de onda (v):** la velocidad de una onda, es independiente de la longitud y de la amplitud que esta tenga. Va a depender de las características del medio por las que viaja la onda.

El período (T), la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la velocidad de onda (v) se relacionan entre sí, como lo explica la siguiente expresión:

$$v = \lambda / T \quad (\text{Ec. 2.2.})$$

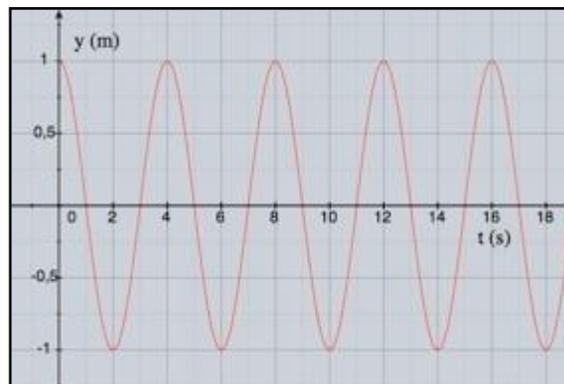


Figura 20: Velocidad de una onda sísmica. (Fuente:

[http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias\\_comunicacion/Longitud\\_Velocidad\\_Onda.html](http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html))

### **2.4.3. Interacción de las ondas sísmicas con el suelo**

Un suelo de tipo blando que recubre el basamento rocoso, amplifica, en la mayoría de los casos, la vibración sísmica. La magnitud de la amplificación va a depender de:

- El espesor de la cobertura de suelos.
- Las propiedades del suelo.
- El tipo de sismo.

### **2.4.4. Afectación de edificios y estructuras por la influencia de ondas sísmicas**

Los edificios y estructuras se ven afectados por la influencia del movimiento de las ondas sísmicas, cuando se presentan las siguientes situaciones:

- La transferencia de movimientos horizontales de la superficie del suelo a un edificio o estructura.
- La creación de fuerzas por medio de la aceleración horizontal, las cuales actúan sobre la edificación o estructura.
- El aumento de la aceleración cuando la estructura empieza a resonar.

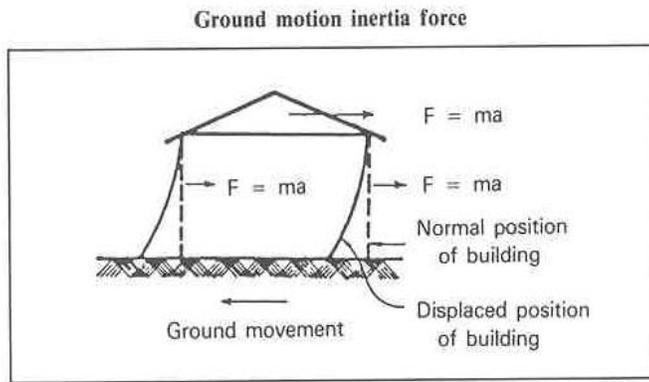


Figura 21: Afectación por onda sísmica en estructuras. (Fuente: <http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones%20Powerpoint/05%20Amenaza%20sismica/Amenaza%20sismica.pdf>)

## 2.5. Parámetros para caracterizar el potencial de un sismo

Existen varios parámetros para la caracterización del potencial destructor de un sismo en un lugar determinado: la intensidad sísmica, la magnitud y la aceleración sísmica.

La **intensidad sísmica** la cual se relaciona con la **escala de Intensidades**, describe los efectos provocados por un sismo en un sitio determinado, tanto en el ser humano y la naturaleza, como en las construcciones.

La **aceleración sísmica** es el porcentaje del valor de la aceleración de la gravedad que actúa en dirección horizontal o vertical hacia arriba por efecto del paso de la onda sísmica.

La **magnitud sísmica** se refiere a la energía liberada cuando se da un sismo.

### 2.5.1. Intensidad sísmica

La intensidad sísmica es la violencia con la que se siente un sismo en diferentes puntos de una zona que ha sido afectada por este. Se mide por medio de los efectos que producen los terremotos en las estructuras, terrenos y en las personas, describiendo el potencial destructivo del sismo.

La intensidad sísmica depende de los siguientes factores: distancia del sitio al epicentro, tipo de suelo en donde se ubican las edificaciones, topografía del lugar, resistencia de las estructuras y del grado de preparación de la gente.

Existen varias escalas para medir la intensidad de un sismo, las cuales se describirán a continuación.

### **2.5.1.1. Escala sismológica de Mercalli**

La **Escala de Mercalli** es una de 12 grados desarrollada para evaluar la intensidad de los sismos por medio de los efectos causados a las estructuras. Su nombre se debe al físico y vulcanólogo italiano Giuseppe Mercalli.

Actualmente, la escala se conoce como la **Escala de Mercalli Modificada (MM)**.

#### **2.5.1.1.1 Escala de Mercalli Modificada**

En esta escala, los niveles bajos están asociados por la forma en que las personas sienten el temblor, mientras que los grados más altos se relacionan con el daño estructural observado. En la tabla No. 1, se muestra una guía aproximada de los grados de la Escala de Mercalli Modificada.

GRADO.	DESCRIPCIÓN.
<b>I. Muy débil</b>	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0,5 Gal.
<b>II. Débil</b>	Perceptible solo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0,5 y 2,5 Gal.
<b>III. Leve</b>	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2,5 y 6,0 Gal.
<b>IV. Moderado</b>	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal.
<b>V. Poco fuerte</b>	Sacudida sentida casi por todo el mundo y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
<b>VI. Fuerte.</b>	Sacudida sentida por todo el mundo. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
<b>VII. Muy fuerte</b>	Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
<b>VIII. Destructivo</b>	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
<b>IX. Ruinoso</b>	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
<b>X. Desastroso</b>	Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Rieles doblados. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
<b>XI. Muy desastroso</b>	Si hubiera estructuras de mampostería, pocas permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
<b>XII. Catastrófico</b>	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie.

Tabla No. 1: Escala de Mercalli Modificada. (Fuente:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_sismológica\\_de\\_Mercalli](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismológica_de_Mercalli))

### 2.5.1.2. Escala Medvédev-Sponheuer-Kárník

La escala Medvedev-Sponheuer-Kárník, también conocida como escala MSK o MSK-64, es una escala de intensidad macrosísmica utilizada para evaluar la severidad de los movimientos sísmicos basándose en los efectos producidos por un terremoto sobre las construcciones y los terrenos, así como en el grado de afectación de la población de un lugar determinado. Tiene doce grados de intensidad, siendo el más bajo el número uno, y expresados en números romanos.

Esta escala fue propuesta en 1964 por el soviético Sergéi Medvédev, el alemán Wilhelm Sponheuer y por el Checoslovaco Vit Kárník.

GRADOS	DESCRIPCIÓN
<b>I. No perceptible</b>	Registrado solo por los sismógrafos más sensibles. No afecta objetos ni edificios ni estructuras.
<b>II. Difícilmente perceptible</b>	Las estructuras y objetos no lo notan, pero sí pueden notarlo personas en reposo.
<b>III. Débil</b>	Los edificios no sufren daño, aunque algunos objetos colgantes pueden balancearse ligeramente. Puede ser notado por unos pocos dentro de casas. Vibración comparable a las provocadas por un camión pequeño.
<b>IV. Bastante notado</b>	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal.
<b>V. Algo fuerte</b>	La mayoría de las personas dentro de edificios lo nota, pero solo unos pocos al aire libre, donde corren algunos pocos, asustados. Los observadores notan el balanceo del edificio, de los muebles o el temblor de las paredes. Los objetos colgantes se balancean muy notablemente. La porcelana y los vasos chocan entre sí y hacen bastante ruido. Muchas personas que duermen, despiertan. Las ventanas y las puertas empiezan a abrirse y cerrarse. En algunos casos, incluso algunas ventanas pueden llegar a romperse. Los líquidos se desplazan y se pueden salir de recipientes llenos. Los animales en casas pueden empezar a sentirse intranquilos. Algunos edificios mal construidos sufren ligeros daños.
<b>VI. Fuerte</b>	La gran mayoría lo siente dentro de edificios y ya son muchos los que lo sienten fuera. Unas pocas personas pierden el equilibrio. Mucha gente corre asustada hacia la calle. Pueden caerse pequeños objetos y los muebles sufren un leve desplazamiento. Vajillas y cristalerías pueden romperse. Puede que animales de granja se sientan inquietos. Daño visible en obras de trabajos de mampostería, como grietas en la escayola. También hay grietas solitarias en el suelo.
<b>VII. Muy fuerte</b>	La mayoría de la gente está asustada e intenta correr hacia la calle. Los muebles se desplazan y pueden llegar a volcarse. Los objetos en las estanterías caen. El agua salpica en los recipientes. Daño grave a edificios viejos. Las chimeneas de mampostería se desploman. Aparecen grietas en los edificios. Se producen pequeños corrimientos de tierra.
<b>VIII. Bastante dañino</b>	A muchas personas les es difícil mantener el equilibrio, incluso al aire libre. Los muebles

	corren riesgo de volcarse. Se agravan las grietas, los edificios más antiguos se derrumban parcialmente o sufren grandes daños. Se pueden apreciar ondas en suelos muy blandos. Se pueden producir corrimientos de tierra y desprendimiento de rocas.
<b>IX. Destructivo</b>	Pánico general. Mucha gente cae a la fuerza al suelo. Se ven ondas en suelos no tan blandos. Se desploman las estructuras no muy bien construidas. Daño considerable a estructuras bien construidas. Se rompen las canalizaciones subterráneas. Grietas en el suelo y corrimientos de tierra generalizados.
<b>X. Devastador</b>	Se destruyen puentes y diques y se tuercen las vías de ferrocarril, así que las infraestructuras quedan inutilizadas. Desprendimientos de tierra más que generalizados y más graves
<b>XI. Catastrófico</b>	La mayoría de las construcciones son destruidas. Las perturbaciones del terreno se extienden por todos lados. Riesgo de tsunamis.
<b>XII. Extremadamente catastrófico</b>	Todas las construcciones, subterráneas o no, han sido destruidas. El terreno y el paisaje han cambiado, así como el cauce de los ríos. Tsunamis.

Tabla No. 2: Escala de Medvédev-Sponheuer-Kárník o MSK. (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_Medvedev-Sponheuer-Karnik](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_Medvedev-Sponheuer-Karnik))

### 2.5.1.3. Escala Shindo

La escala Shindo es la unidad de medida de la escala de intensidad creada por la Agencia Meteorológica de Japón, utilizada en Japón y Taiwán, para indicar la intensidad de los terremotos. Esta escala describe el grado de agitación en un punto de la superficie terrestre. Las mediciones pueden variar de un punto a otro por factores como el tipo de terreno.

Ha sido modificada varias veces pasando de ser una escala con 10 grados a una de solo siete, donde uno es el grado más débil y siete el grado de agitación más alto.

Los rangos generales de la Escala Shindo son:

**Grado Shindo 1:** Es un sismo leve, el cual es sentido solo por personas que están en un mismo lugar.

**Grado Shindo 2 a 4:** Son terremot menores os que no causan daños.

**Grado Shindo 5:** El sismo producido provoca caída de objetos.

**Grado Shindo 6 y 7:** Se produce un terremoto, el cual provoca daños muy fuertes como caída de edificaciones y hasta la muerte.

#### 2.5.1.4. Escala Macrosísmica Europea (SME)

La Escala Macrosísmica Europea (SME) es la que permite evaluar la intensidad sísmica en los países europeos y en la mayoría de los continentes. En 1998 se publica la actualización de la versión de 1992. Esta escala ya actualizada se llama oficialmente EMS-98.

La Escala Macrosísmica Europea contempla 12 grados, que son los siguientes:

GRADO.	DESCRIPCIÓN.
<b>I. No sentido</b>	No se siente, ni en las circunstancias más favorables.
<b>II. Apenas sentido</b>	La vibración se percibe solo por algunas personas (1%) especialmente personas en reposo en los pisos superiores de los edificios.
<b>III. Débil.</b>	La vibración es débil y se percibe en interiores solo por unas pocas personas. Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor.
<b>IV. Ampliamente observado.</b>	El terremoto se percibe en interiores por muchas personas, pero al aire libre por muy pocas. Algunas personas se despiertan. El nivel de vibración no es alarmante. Traqueteo de ventanas, puertas y platos. Los objetos colgados se balancean.
<b>V. Fuerte</b>	El terremoto se percibe en interiores por la mayoría, al aire libre por algunos. Algunos escapan de los edificios, que tiemblan en su totalidad. Los objetos colgados se balancean. Los objetos de porcelana y cristal entrechocan. La vibración es fuerte. Los objetos altos se vuelcan. Puertas y ventanas se abren y cierran solas.
<b>VI. Levemente dañino</b>	Sentido por la mayoría en los interiores y por muchos en el exterior. En los edificios muchas personas se asustan y escapan. Los objetos pequeños caen. Daño ligero en los edificios corrientes, por ejemplo, aparecen grietas en el enlucido y caen trozos.
<b>VII. Dañino.</b>	La mayoría de las personas se asustan y escapan al exterior. Los muebles se desplazan y los objetos caen de las estanterías en cantidad. Muchos edificios corrientes sufren daños moderados: pequeñas grietas en las paredes, derrumbe parcial de chimeneas.
<b>VIII. Gravemente dañino.</b>	Pueden volcarse los muebles. Muchos edificios corrientes sufren daños: las chimeneas se derrumban; aparecen grandes grietas en las paredes y algunos edificios pueden derrumbarse parcialmente.
<b>IX. Destructor</b>	Monumentos y columnas caen o se tuercen. Muchos edificios corrientes se derrumban parcialmente, unos pocos se derrumban completamente.
<b>X. Muy destructor</b>	Muchos edificios corrientes se derrumban.
<b>XI. Devastador</b>	La mayoría de los edificios corrientes se derrumban.
<b>XII. Completamente devastador</b>	Prácticamente todas las estructuras por encima y por debajo del suelo quedan gravemente dañadas o destruidas.

Tabla No. 3: Escala Macrosísmica Europea. (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_macrosísmica\\_europea](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_macrosísmica_europea))

### **2.5.2. Aceleración sísmica**

La aceleración sísmica consiste en una medición directa de las aceleraciones que se dan en la superficie del suelo. Se representa como un porcentaje del valor de la aceleración de la gravedad actuando en dirección horizontal o vertical, hacia arriba por efecto del paso de la onda sísmica. Se obtiene en función de las máximas magnitudes sísmicas esperadas en las fallas geológicas y la atenuación de las ondas sísmicas desde el hipocentro hasta un lugar determinado.

La unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ( $1g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ). La aceleración sísmica es el valor usado para establecer normativas sísmicas y zonas de riesgo sísmico. Durante un terremoto, el daño en los edificios y las infraestructuras está relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no con la magnitud del temblor. En terremotos moderados, la aceleración es un indicador preciso del daño, mientras que en terremotos muy severos la velocidad sísmica es de gran importancia.

### **2.5.3. Magnitud sísmica**

La magnitud sísmica es la medida absoluta que indica el tamaño relativo de los temblores y está relacionada con la energía que se libera en el foco o hipocentro de un sismo o terremoto, se expresa en movimiento o aceleración de las partículas del suelo.

Un terremoto tiene una sola magnitud y muchas intensidades; estas últimas normalmente decrecen al alejarse del epicentro sísmico.

La magnitud no tiene un límite superior pero sí se limita por la resistencia de las rocas en la corteza terrestre y la longitud de ruptura probable en la falla.

Para determinar la magnitud de un sismo, existen diferentes escalas las cuales dependen del tipo de onda en que se basa la medición y se detallarán a continuación.

### 2.5.3.1. Escala Magnitud de onda superficial ( $M_s$ )

La escala **magnitud de onda superficial** ( $M_s$ ) se utiliza en sismología para describir el tamaño de un sismo y está basada en mediciones de las ondas superficiales de Rayleigh que viajan a lo largo de las capas superiores de la tierra en un rango de 18 a 22 segundos. El valor de esta escala se puede calcular de la siguiente manera:

$$M_s = \log_{10} (A/T) + 1.66\log_{10}D + 3.30 \quad (\text{Ec. 2.3.})$$

Donde, **A** es la máxima amplitud horizontal del terreno medida en micrómetros, **T** es el período de la onda en segundos y **D** la distancia epicentral en grados. Las máximas magnitudes  $M_s$  oscilan entre 8.3 y 8.7 grados.

### 2.5.3.2. Escala Magnitud de las ondas de cuerpo ( $M_b$ )

La escala **magnitud de las ondas de cuerpo** ( $M_b$ ) determina el tamaño de un sismo, usando la amplitud de la onda de presión inicial para calcular la magnitud con períodos cercanos a 1.0 segundos. Para determinar su valor se utiliza la siguiente fórmula:

$$M_b = \log (A/T) + Q(D,h) \quad (\text{Ec. 2.4.})$$

Donde, **A** es la amplitud del terreno en micrómetros, **T** es el período en segundos y **Q** es un factor de atenuación que está en función de la distancia **D** medida en grados y la profundidad focal **h** medida en kilómetros. Las máximas magnitudes  $M_b$  se encuentran entre los rangos de 6.5 a 6.8 grados.

### 2.5.3.3. Escala sismológica de Richter

La escala sismológica de Richter o escala de **magnitud local** ( $M_L$ ) se llama así en honor al sismólogo estadounidense Charles Richter, y es una escala logarítmica que asigna un número para cuantificar la energía que se libera en un terremoto, basada en el registro sismográfico.

Para su determinación se utiliza la siguiente expresión:

$$M = \log A + 3 \log (8\Delta t) - 2.92 \quad (\text{Ec. 2.5.})$$

Donde, A es la amplitud de las ondas sísmicas en milímetros,  $\Delta t$  es el tiempo en segundos desde el inicio de las ondas **P** (Primarias) al de las ondas **S** (Secundarias) y M es la magnitud de terremotos que liberan la misma cantidad de energía. El uso del logaritmo en la escala hace que los valores asignados a cada nivel aumenten de forma logarítmica, y no de forma lineal.

A continuación se describen los efectos de los sismos de diferentes magnitudes para la escala Richter.

<b>MAGNITUD EN ESCALA RICHTER.</b>	<b>EFFECTOS DEL TERREMOTO.</b>
<b>Menos de 3.5</b>	Generalmente no se siente, pero es registrado.
<b>3.5 - 5.4</b>	A menudo se siente, pero solo causa daños menores.
<b>5.5 - 6.0</b>	Ocasiona daños ligeros a edificios.
<b>6.1 - 6.9</b>	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
<b>7.0 - 7.9</b>	Terremoto mayor. Causa graves daños.
<b>8 o mayor</b>	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Tabla No. 4: Escala sismológica de Richter. (Fuente: <http://www.smis.org.mx/htm/sm7.htm>)

#### 2.5.3.4. Escala sismológica de magnitud de momento

La escala sismológica de magnitud de momento ( $M_w$ ) es una escala para medir y comparar sismos. Fue introducida por Thomas C. Hanks y Hiroo Kanamori en 1979, como sucesora de la escala de Richter.

Para su determinación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$M_w = 2/3 \log M_0 - 10.7, \text{ donde } M_0 \text{ es el momento sísmico.} \quad (\text{Ec. 2.6.})$$

#### 2.6. Efectos producidos por los sismos

Los sismos o terremotos tienen la capacidad de modificar y destruir el entorno físico de una región dejando efectos directos y secundarios. Los efectos directos son los causados por el sacudimiento producido por el paso de la onda sísmica y los secundarios, por las deformaciones permanentes del terreno, como:

- Destrucción de viviendas.
- Destrucción de infraestructura (carreteras, líneas vitales y puentes).
- Movimiento y ruptura del suelo.
- Deslizamientos o derrumbes de materiales.
- Licuefacción de suelos.
- Tsunamis o maremotos.

## 2.7. Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos rápidos o lentos del material superficial de la corteza terrestre como suelo y roca sobre superficies planas o curvas a favor de la pendiente, los cuales se desprenden de las laderas debido a la influencia de la gravedad así como por la presencia de un evento detonante, el cual va a estar ligado a un régimen especial de lluvias, a la actividad sísmica o a eventos volcánicos. Además, los deslizamientos se pueden dar por factores físicos o naturales y factores causados por la acción humana.

El potencial destructor de los deslizamientos está relacionado con el volumen y el tamaño del material deslizado, la velocidad y la trayectoria de la masa en movimiento, el tipo de movimiento y de la disgregación de la masa inestable.

El volumen está relacionado con el espesor y la extensión de la masa inestable. La velocidad es muy difícil de cuantificar pero se determina por medio de monitoreo con equipos o estimaciones relacionadas con los rasgos morfodinámicos y desplazamientos de estructuras. La disgregación de la masa se relaciona con la dinámica del movimiento, el tamaño de las rocas y los bloques del material inestable.

Los deslizamientos presentan efectos directos causados por la deformación y el impacto de la masa en movimiento y, secundarios, producidos por las inundaciones aguas arriba de un deslizamiento y las crecidas ocasionadas aguas abajo después de la rotura del deslizamiento.

Los deslizamientos son desplazamientos de materiales, los cuales pueden estar conformados de: rocas, suelo o una combinación de ambos.

- **Roca:** se refiere a la roca dura o firme, la cual se encuentra intacta y en su sitio antes de que suceda el movimiento.

- **Suelo:** Es un conjunto de partículas sueltas, no consolidadas o roca pobremente cementada o agregados inorgánicos. El suelo puede ser residual o material transportado.

### 2.7.1. Factores que propician un deslizamiento

Los factores que causan deslizamiento de materiales, se dividen en dos grupos: los físicos o naturales y, los factores causados por la acción humana o antrópicos.

#### Factores Físicos (naturales):

- **Precipitaciones y condiciones climáticas:** Los movimientos de ladera por causas meteorológicas y climáticas se relacionan con el volumen, intensidad y distribución de las precipitaciones y con el régimen climático. Debe considerarse la respuesta del terreno a precipitaciones intensas durante horas o días, y la respuesta estacional o plurianual.
- **Relieve:** Los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de mucha pendiente y con poca vegetación. Las regiones montañosas son las más propensas a los movimientos de ladera.
- **Cambios del nivel del agua:** La elevación del nivel del agua en las laderas, como consecuencia de prolongados períodos de lluvia o por el llenado de embalses, lagos, etc., provoca un aumento de presiones intersticiales que pueden acelerar los deslizamientos. El descenso brusco del nivel del agua genera inestabilidad de laderas de embalses y lagos.
- **Tipos de suelos y rocas:** Los suelos de mala calidad, como arcillas, rocas muy fracturadas y rellenos mal compactados son todos muy susceptibles a desarrollar derrumbes.
- **Procesos erosivos:** La erosión del pie de laderas, escarpes y acantilados por erosión fluvial, litoral u otra causa, da lugar a la pérdida de resistencia y al cambio del estado tensional, lo

que unido a la falta de apoyo del material suprayacente, puede provocar la inestabilidad y la generación de deslizamientos o desprendimientos de material.

- **Sismos:** Los sismos o temblores son un factor detonante de deslizamientos, los cuales pueden provocar movimientos de todo tipo en las laderas, dependiendo de las características de los materiales, de la magnitud y de la distancia al epicentro.
- **Actividad volcánica y meteorización hidrotermal:** Las erupciones volcánicas pueden provocar deslizamientos o avalanchas rocosas de gran magnitud y velocidad durante o después de un evento volcánico; estos se generan en las laderas del volcán mismo o en los depósitos de ceniza volcánica.

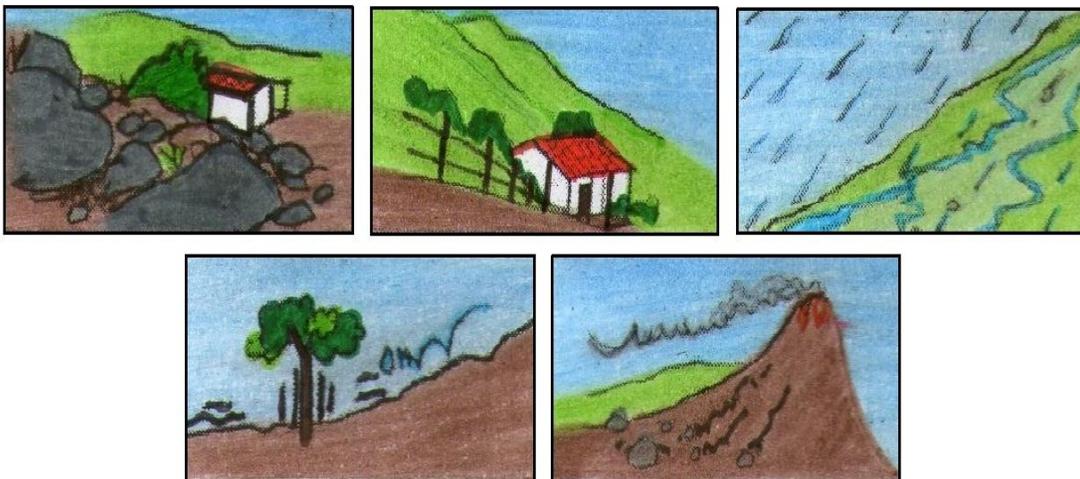


Figura 22: Factores naturales que producen un deslizamiento. (Fuente: GTZ, 2007)

#### **Factores causados por la acción humana (antrópicos):**

Cuando las actividades humanas se realizan sin una adecuada planificación y control, pueden desarrollar procesos de deslizamientos o deslaves. Entre las actividades que dan lugar a estos eventos están:

- **Excavaciones:** Estas se realizan para la construcción de viviendas, edificios, escuelas, puentes y carreteras.

- **Explosiones:** Se llevan a cabo en la construcción o minería, al construir carreteras. Las vibraciones producidas actúan como pequeños temblores fracturando y debilitando las rocas.
- **Sobrecargas:** Se producen debido a varios tipos de construcciones sobre el suelo: rellenos, terraplenes, acumulación de materiales y de agua y al aumento de peso de éste.
- **Actividad minera:** Originada por la extracción de materiales a cielo abierto (canteras).
- **Deforestación:** Las áreas deforestadas favorecen la erosión y facilitan la ocurrencia de deslizamientos.

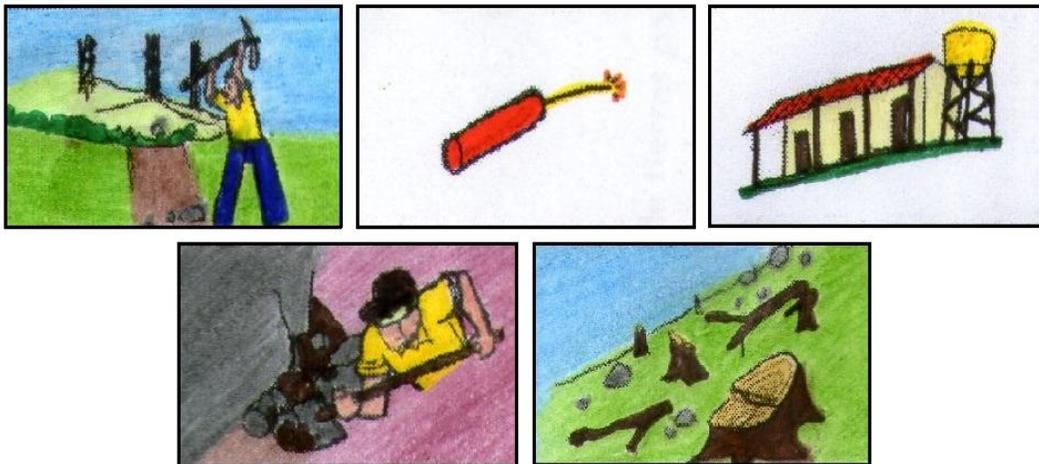


Figura 23: Factores antrópicos que producen un deslizamiento. (Fuente: GTZ, 2007)

### 2.7.2. Componentes de un deslizamiento

- **Corona:** Es el sector de la ladera que no ha fallado y está localizada arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas, llamadas grietas de la corona. Además, es el material no desplazado y el cual es adyacente a las partes más altas del escarpe principal.

- **Escarpe (escarpa) principal:** Cortadura casi vertical del terreno, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se ubica bajo el material desplazado, da lugar a la superficie de ruptura.
- **Escarpe menor:** Son rupturas casi verticales que se dan dentro del material que se desliza por el deslizamiento, producida por movimientos diferenciales ocurridos dentro de este material.
- **Superficie de ruptura:** Es la superficie que forma el límite inferior del material desplazado por debajo de la superficie original del terreno natural.
- **Cabeza:** Es la franja superior del deslizamiento situada a lo largo del contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.
- **Cuerpo principal:** Es la parte del material desplazado por el deslizamiento que sobreyace la superficie de ruptura ubicada entre el escarpe principal y la superficie de ruptura.
- **Tope:** Es el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.
- **Flanco:** Corresponde al lado del deslizamiento.
- **Pie:** Es la porción de material desplazado que descansa ladera abajo a partir de la superficie de ruptura.
- **Dedo:** Es el margen del material desplazado más alejado del escarpe principal.
- **Punta:** Es el punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

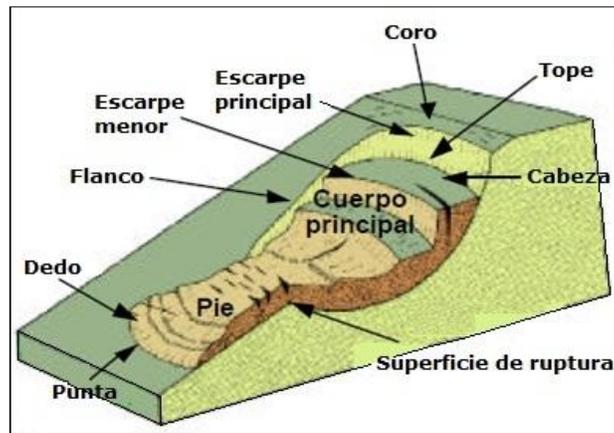


Figura 24: Partes de un deslizamiento. (Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>)

### 2.7.3. Tipos de deslizamiento

Los deslizamientos o movimientos de tierra describen una gran variedad de procesos que resultan en un movimiento descendente y hacia afuera de los materiales que forman parte de una ladera, incluyendo roca, suelo, relleno artificial o la combinación de estos. Los materiales pueden ser movidos por diferentes tipos de deslizamientos como lo son: **caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral, flujo y por movimientos complejos**. Los deslizamientos se pueden diferenciar por el tipo de material y las características del movimiento.

En la tabla No. 5 se describen los tipos de deslizamientos más usuales.

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Lecho rocoso	Suelos.	
			Predomina grano grueso	Predomina grano fino
CAÍDAS		Caídas de roca	Caídas de detritos	Caídas de tierra
VOLCAMIENTO		Volcamiento de roca	Volcamiento de detritos	Volcamiento de tierra
DESLIZAMIENTOS	ROTACIONAL	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
	TRASLACIONAL			
PROPAGACIÓN LATERAL		Propagación de roca	Propagación de detritos.	Propagación de tierra.
FLUJOS		Flujo de roca (reptación profunda)	Flujo de detritos	Flujo de tierra
			(Reptación de suelo)	
COMPLEJO		Combinación de dos o más tipos principales de movimiento		

Tabla 5: Tipos de deslizamientos. (Fuente:

[http://www.ecapra.org/capra\\_wiki/es\\_wiki/index.php?title=AMENAZA\\_POR\\_DESLIZAMIENTOS](http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS))

- **Caída:** Estos movimientos ocurren cuando el material rocoso se desprende de una ladera con pendientes muy altas que se mueven en caída libre, saltando o rodando, dependiendo de la inclinación de la ladera con una velocidad muy alta.



Figura 25: Deslizamiento por caída de materiales. (Fuente: GTZ, 2007)

- **Volcamiento:** Es la rotación de una o varias rocas muy fracturadas, ya sea por acción de la gravedad o por presiones ejercidas por el agua.

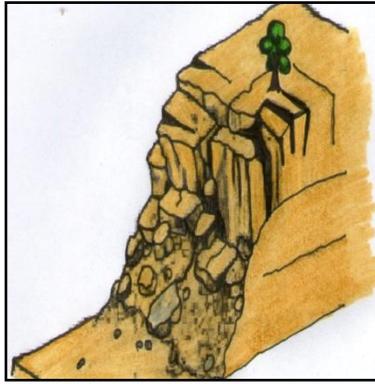


Figura 26: Deslizamiento por volcamiento de materiales. (Fuente: GTZ, 2007)

- **Deslizamiento rotacional:** Se da cuando la superficie de ruptura del suelo de la ladera es circular y cóncava. La masa se inclina formando como una cuchara, dividiéndose en varios bloques que se deslizan entre sí y dan lugar a escalones con la superficie basculada hacia la ladera y grietas de tracción estriadas. La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada y se acelera cuando se excede el nivel de lluvia.

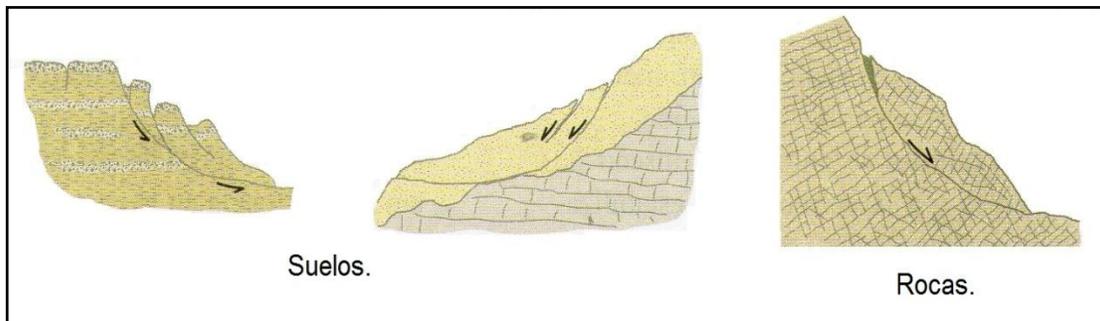


Figura 27: Deslizamientos Rotacionales. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006)

- **Deslizamiento traslacional:** Consiste en movimientos de capas delgadas de suelo o rocas fracturadas a lo largo de superficies con poca inclinación. Los deslizamientos traslacionales están controlados por las fracturas de las rocas y la resistencia de los materiales. Cuando este tipo de deslizamiento se da en rocas es muy lento, pero en suelos, acelera con la lluvia y puede ser muy rápido.

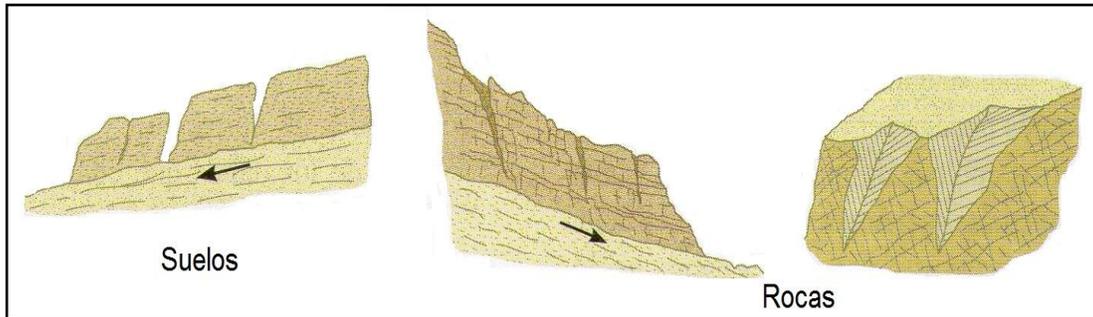


Figura 28: Deslizamientos Traslacionales. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006)

- **Flujos:** Son movimientos de masas de suelo, tierra o bloques rocosos con gran presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas.

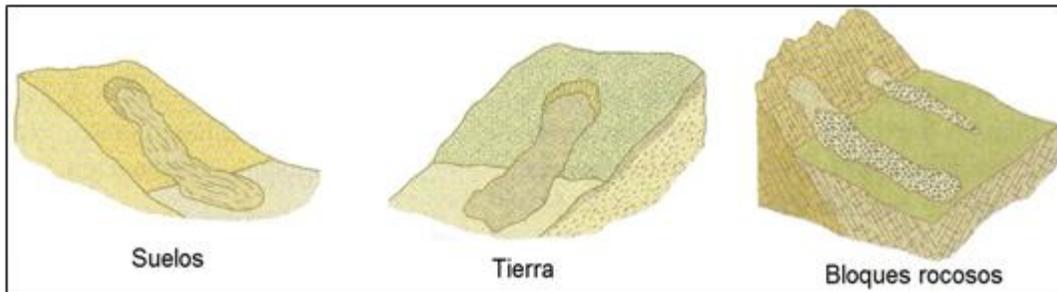


Figura 29: Deslizamientos tipo Flujos. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006)

- **Flujos de tierra:** Son movimientos lentos de materiales blandos. Estos flujos arrastran parte de la capa vegetal.

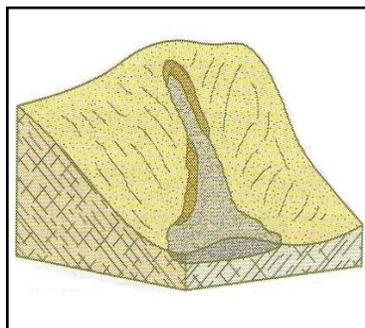


Figura 30: Flujo de tierra. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006)

- **Flujos de lodo:** Se forman cuando la tierra y la vegetación son debilitadas por la saturación del agua, alcanzando gran fuerza por la influencia de fuertes precipitaciones.

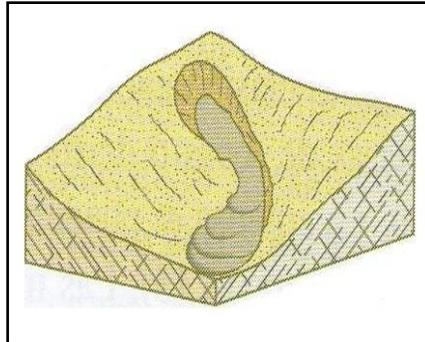


Figura 31: Flujo de lodo. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006)

- **Reptación:** Es la deformación que sufre la masa de suelo o roca, como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad, provocando deformaciones continuas que se manifiestan por la inclinación o desalineamiento de árboles, vallas, muros, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas.

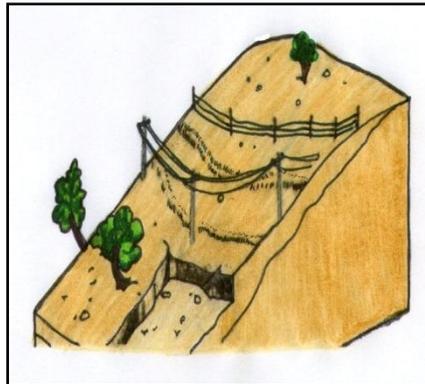


Figura 32: Deslizamiento por reptación. (Fuente: GTZ, 2007)

- **Desplazamientos laterales:** Son movimientos de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable. Pueden ocurrir en rocas con diferente resistencia o sobre suelos. Cuando se producen en rocas, son lentos; cuando se

producen en suelos, pueden ser considerablemente rápidos durante terremotos y representar, en estos casos, una alta amenaza.

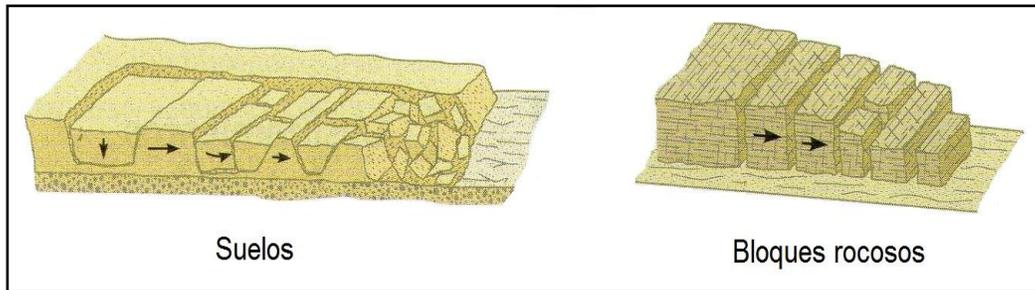


Figura 33: Desplazamientos laterales. (Fuente: Libro Ingeniería Geológica, 2006)

#### 2.7.4. Clasificación de los deslizamientos según la velocidad del movimiento

Los deslizamientos también se pueden clasificar de acuerdo con la velocidad en lentos y rápidos.

- **Deslizamientos rápidos:** Se originan en lugares con pendientes muy fuertes, con velocidades de hasta metros por segundo, donde la caída de rocas y residuos se acumulan formando un talud. Entre ellos están los desprendimientos y los flujos de lodo.
- **Desprendimientos lentos:** Transportan gran cantidad de material con velocidades de centímetros o metros por año. Los deslizamientos lentos se pueden evidenciar en casos como: la inclinación de los árboles a favor de la pendiente, en agrietamiento de casas, entre otros.

En la tabla No. 6 se mostrará con más detalle, la clasificación de los deslizamientos según su velocidad.

Clase	Descripción	Velocidad		Poder destructivo
7	Extremadamente rápida	$5 \times 10^3$ mm/s	5 m/s	Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muertes, escape poco probable.
6	Muy rápida	$5 \times 10^1$ mm/s	3 m/min	Algunas pérdidas humanas, velocidad muy alta para permitir el escape de todas las personas.
5	Rápida.	$5 \times 10^{-1}$ mm/s	1.8 m/h	Escape posible, estructuras y equipos destruidos.
4	Moderada	$5 \times 10^{-3}$ mm/s	13 m/mes	Algunas estructuras poco sensitivas pueden mantenerse de forma temporal.
3	Lenta	$5 \times 10^{-5}$ mm/s	1.6 m/año	Construcciones remediabiles pueden realizarse durante el movimiento.
2	Muy lenta.	$5 \times 10^{-7}$ mm/s	16 mm/año	Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento.
1	Extremadamente lenta	$5 \times 10^{-7}$ mm/s	<16 mm/año	Imperceptibles sin instrumentos; construcciones posibles pero deben tenerse precauciones.

Tabla 6: Clasificación de los deslizamientos según su velocidad. (Fuente:

[http://www.ecapra.org/capra\\_wiki/es\\_wiki/index.php?title=AMENAZA\\_POR\\_DESLIZAMIENTOS](http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=AMENAZA_POR_DESLIZAMIENTOS))

### 2.7.5. Efectos producidos por los deslizamientos

Los principales efectos que produce un deslizamiento son los siguientes:

- Ruptura o agrietamiento del suelo.
- Erosión intensa del suelo.
- Sepultamiento y destrucción de infraestructura.
- Pérdida de vidas humanas.
- Desestabilización de terrenos.
- Represamiento y generación de embalses en ríos con desarrollo de eventuales avalanchas de lodo y rocas.

- Daños en cultivos, ganado, entre otros.

### **2.7.6. Deslizamientos provocados por movimientos sísmicos**

Los deslizamientos de tierra o materiales pueden ser activados por medio de un movimiento sísmico, debido a que existe un triple efecto de aumento del esfuerzo cortante, disminución de resistencia por aumento de la presión de poros y deformación, asociados con la onda sísmica.

Para llevar a cabo un análisis de estabilidad de taludes y laderas respecto de la amenaza que pueden tener por la influencia de un evento sísmico, se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) El valor de las fuerzas sísmicas aplicadas sobre las masas de suelo desplazables.
- b) La disminución de la resistencia producto de las cargas vibratorias, las cuales inducen deformaciones cíclicas.
- c) El aumento de la presión de poros principalmente, en suelos limosos y arenas finas, en los cuales se puede dar una disminución de resistencia que puede provocar el fenómeno de licuación.
- d) El aumento de la fuerza sísmica generado por la amplificación en los mantos de suelos blandos.
- e) La magnitud de las deformaciones en la masa de suelo.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> La información que se utilizó para sustentar esta sección (2.7.6) se tomó del documento "Capítulo 9. Amenazas Sísmicas", encontrado en el sitio web: [http://ocw.uis.edu.co:8080/educommons/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/carpeta-6/portal\\_factory/ECDocument/CAP09-en-proceso.pdf](http://ocw.uis.edu.co:8080/educommons/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/carpeta-6/portal_factory/ECDocument/CAP09-en-proceso.pdf)

## 2.8. Desastre, amenaza, vulnerabilidad y riesgo

### 2.8.1. Desastre

Un **desastre** es un evento causado por un fenómeno de origen natural o por actividades humanas, durante el cual hay pérdidas humanas y/o materiales. Algunos de los desastres provocados por fenómenos naturales son los terremotos, las inundaciones, las erupciones volcánicas, etc., y por actividades humanas están los incendios, la contaminación al medio ambiente, los accidentes, entre otros.

Los efectos de un desastre se pueden amplificar debido a una mala planificación de los asentamientos humanos, falta de medidas de seguridad y de sistemas de alerta, entre otros.

Los desastres se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Desastres generados por procesos dinámicos en el interior de la tierra:** dentro de estos se encuentran los sismos, los tsunamis y las erupciones volcánicas.
- **Desastres generados por procesos dinámicos en la superficie de la tierra:** Entre ellos están los deslizamientos de materiales, los derrumbes, los aludes y aluviones.
- **Desastres generados por fenómenos meteorológicos o hidrológicos:** como las inundaciones, las sequías, las tormentas, las granizadas, entre otros.
- **Desastres de origen biológico:** entre ellos se pueden citar las pandemias, las plagas y las epidemias.
- **Desastres tecnológicos:** Como lo son los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias químicas, la contaminación ambiental, las guerras, entre otros.



Tormenta eléctrica.



Inundaciones.



Erupción volcánica.

Imagen 4: Desastres naturales. (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Desastre\\_natural](http://es.wikipedia.org/wiki/Desastre_natural))

### 2.8.2. Amenaza

Una amenaza es la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso. Es un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos con la probabilidad de que un fenómeno se dé con cierta intensidad, en un lugar específico y en un período de tiempo definido.

Un fenómeno natural se caracteriza como una amenaza cuando se relaciona con tres variables: la ubicación, la severidad y la recurrencia.

La **ubicación** se caracteriza mediante información y registros geológicos, arqueológicos e históricos, en combinación con características del ambiente físico-natural tales como terrenos, topografía, drenajes, entre otras.

La **severidad** se evalúa por medio de registros naturales y documentales, por comparaciones entre regiones similares o por extensión y tipo de efectos observables.

La **recurrencia** de un fenómeno ocurre en lapsos de tiempo los cuales abarcan desde varias generaciones hasta miles de años.

La amenaza se clasifica según su origen en:

a) **Natural:** es cuando su origen se da por la actividad del planeta como la tectónica (cuando se generan sismos), la volcánica (cuando se producen erupciones) y la climática (se manifiesta en tormentas, huracanes, etc.).

b) **Socionatural:** Se da cuando la amenaza depende de la interacción de la actividad natural.

c) **Sociales:** Se relaciona con situaciones como plagas, guerras, entre otras.

d) **Tecnológicas:** Como estaciones de combustible cercanas a zonas urbanas, reactores nucleares, entre otros.

### **2.8.3. Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad es el grado de exposición de elementos sociales a sufrir daños ante una amenaza determinada, sea esta de origen natural o causada por el hombre. Además, es el sistema de condiciones y procesos que surgen como resultado de factores físicos, sociales, económicos y medioambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad a ser afectada por un fenómeno peligroso de origen natural, socio-natural o antropogénico.

La vulnerabilidad depende de los siguientes factores:

- **Exposición:** Corresponde al grado de exposición de una comunidad a un tipo de amenaza.
- **Resistencia:** Es la capacidad que tiene una comunidad a resistir el impacto de los eventos amenazantes.
- **Resiliencia:** Es la capacidad que tiene una población de adaptarse y fortalecerse, después del impacto producido por una amenaza.

- Recuperación: Corresponde a la capacidad que tiene una comunidad de reponerse después de que ocurre un desastre.
- Además del aprendizaje, el estado físico de las estructuras, el estado físico – geológico de una comunidad, entre otros.

### 2.8.3.1. Tipos de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se divide en diferentes tipos. Algunos de estos son:

**Vulnerabilidad física:** Es la que se relaciona con la ubicación geológica de los asentamientos humanos que están en zonas de riesgo y además, con las condiciones y calidades técnicas de sus estructuras físicas para absorber los efectos producidos por esos riesgos.

**Vulnerabilidad estructural:** Es la susceptibilidad que presenta una estructura a sufrir daños debido a un fenómeno natural (sismos, deslizamientos, inundaciones, entre otros). Estos daños se pueden ocasionar en cimientos, columnas, muros vigas y losas.

**Vulnerabilidad no estructural:** Es la susceptibilidad que presenta una estructura a sufrir daños en los elementos no estructurales. Estos daños se reflejan en los elementos que no forman parte de la estructura como por ejemplo ventanas, puertas, entre otros.

**Vulnerabilidad económica:** Está relacionada con las condiciones económicas presentes en una población y con el grado de capacidad que tiene la misma para enfrentar las pérdidas ocasionadas por un evento natural.

**Vulnerabilidad social:** Es el conjunto de relaciones sociales, formas de organización, y conductas colectivas e individuales que adopta una comunidad para hacer frente a una amenaza natural. Cuando esas relaciones son débiles, la comunidad se vuelve más vulnerable.

## 2.8.4. Riesgo

El riesgo es la probabilidad de que ocurran en una zona específica, consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas, resultadas de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. Los elementos de riesgo se relacionan con la población, las propiedades y las actividades económicas.

El riesgo ante un desastre se produce a partir de la interrelación de eventos agresores o amenazas, y la susceptibilidad de la población a sufrir un impacto o vulnerabilidad. Es por eso que el riesgo es el producto de la interacción de la amenaza por la vulnerabilidad y el valor o la cantidad de los elementos en riesgo. Es así como se tiene que:

$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD} \times \text{CANTIDAD} \quad (\text{Ec. 2.7.})$$

Donde:

**Amenaza:** Es la probabilidad de ocurrencia de un evento que afecte a los seres humanos.

**Vulnerabilidad:** es el grado de exposición de elementos sociales a sufrir daños como resultado de la presencia de una amenaza determinada.

**Cantidad:** Es la cuantificación de elementos que se encuentran en riesgo.

## 2.8.5. Amenaza a sismos en Costa Rica

Costa Rica está ubicada en una zona de alta amenaza sísmica, provista por la interacción de las placas Cocos y Caribe en la zona de subducción del pacífico. También se puede decir que se divide en dos provincias sismotectónicas: la noroeste, que se ubica dentro de la placa del Caribe, y la sureste que se localiza dentro de la microplaca de Panamá. El movimiento de estas placas ha generado una serie de fallamientos y rompimientos a nivel cortical, que condicionan la amenaza a

un nivel local, con menores tasas de recurrencia de sismos grandes, pero una mayor cercanía a sitios y zonas de concentración de población e infraestructura.



Figura 34: Mapa tectónico simplificado de Costa Rica. (Fuente: RESIS 2, 2008)

La frontera tectónica entre las placas pasa por la región Caribe del país y se denomina Cinturón Deformado del Norte de Panamá, el cual bordea el litoral caribe de Panamá y sigue hasta Costa Rica cerca de puerto Limón, en donde el cinturón cambia de rumbo y entra dentro de la región central de Costa Rica. Allí existe un sistema de fallas y pliegues que se llama Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. Ambos cinturones de fallas son fuente de temblores superficiales destructivos cuando alcanzan magnitudes mayores a 5,0. Las principales estructuras sismotectónicas que se encuentran en Costa Rica, se han definido por su estilo tectónico o extensión geográfica, geomorfología, sismicidad histórica e instrumental, proporcionando la base para evaluar la amenaza sísmica a nivel nacional.

Históricamente, Costa Rica ha sufrido los efectos de unos 40 terremotos aproximadamente, de los cuales, catorce han cobrado la vida de alrededor de 750 personas. El mayor evento sísmico ocurrido y el que produjo una gran tragedia, fue el que se suscitó el 4 de mayo de 1910 con una magnitud de  $M_s=6,1$ . Destruyó en su totalidad a la ciudad de Cartago y dejó un saldo de 500 personas muertas.<sup>4</sup>

### La placa Cocos

La placa Cocos es una placa tectónica debajo del océano Pacífico de la costa oeste de América Central. Se origina en las dorsales del Pacífico Este y de las Galápagos, a partir de inyecciones magmáticas que vienen del manto astenosférico. Estos magmas se enfrían en profundidad y originan erupciones volcánicas que llegan a constituir la litósfera oceánica que forma la placa. La placa de Cocos que llega a la fosa Mesoamericana tiene una edad entre 15 y 30 millones de años. Tiene límites divergentes con la placa Pacífica en el oeste y con la Placa Nazca en el sur. El límite con esta última está constituido por la dorsal de Galápagos. En el noreste la placa de Cocos limita con la placa Norteamericana y placa del Caribe debajo de la cual es subducida provocando el volcanismo del Arco Volcánico Centroamericano, además de fuertes terremotos en la zona.

Por medio de la placa de Cocos, se originan dos levantamientos oceánicos, los cuales son el levantamiento de Tehuantepec (México) y el levantamiento del Coco. Este último se subduce frente a las costas del sur de Costa Rica.

La placa de Cocos al oeste de Costa Rica y de su zona de subducción, posee características estructurales y morfológicas, las cuales son:

- **Frontera suave-rugosa:** Cuando se encuentra al sureste de la Península de Nicoya, esta frontera recibe el nombre de **levantamiento submarino de Fischer**, con rumbo NE. Esta

---

<sup>4</sup> La información utilizada, fue obtenida del documento "Modelación de Amenazas Naturales" elaborado por el sitio de CAPRA (www.ecapra.org), del informe del Proyecto RESIS II "Elaboración de la amenaza sísmica en Costa Rica", realizado por funcionarios de la UCR, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y de la CNE y del informe de investigación "Amenaza sísmica de la zona central de Costa Rica, en coordinación con el Instituto Nacional de Seguros", elaborado por L. Linkimer y V. Schmidt.

frontera marca diferencias en la morfología submarina de la placa de Cocos, la cual es suave o plana como es usual de centros de dispersión rápidos.

- **Levantamiento del Coco:** Es una cordillera submarina, que tiene un rumbo NE y un eje que se subduce frente a las costas de la península de Osa. La isla del Coco forma parte de esta cordillera y es el único lugar levantado sobre el nivel del mar en la placa de Cocos.
- **Zona de subducción:** La placa de Cocos se desliza bajo Costa Rica partir de la fosa Centroamericana con una inclinación hacia el noroeste y otra bajo el sistema montañoso. Bajo la región central de Costa Rica, la subducción alcanza una profundidad máxima de 100 km.

### La placa del Caribe

Es una placa tectónica que tiene una superficie de 3,2 millones de km<sup>2</sup>, incluyendo una parte continental de Centroamérica y se encuentra por encima de la placa de Cocos.

Las partes noroeste y norte de Costa Rica se localizan dentro de esta placa, incluyendo las penínsulas de Nicoya y Papagayo, la depresión del Río Tempisque y el golfo de Nicoya, la cordillera volcánica de Guanacaste, los cerros de Tilarán y de Miramar y todo el sector de las llanuras del norte. La placa del Caribe limita al oeste con la placa de Cocos a lo largo de la fosa Mesoamericana. Con la microplaca de Panamá limita a lo largo del caribe de Costa Rica desde puerto Limón hacia el sureste, en donde además se encuentra el sistema de fallas llamado el Cinturón Deformado del Norte de Panamá. El otro límite con la microplaca de Panamá es a lo largo de la región central del país, en el llamado Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> La Información utilizada para los conceptos de la placa de Cocos y la placa del Caribe fue obtenida del libro "Geología de Costa Rica" y de la página de internet de wikipedia.

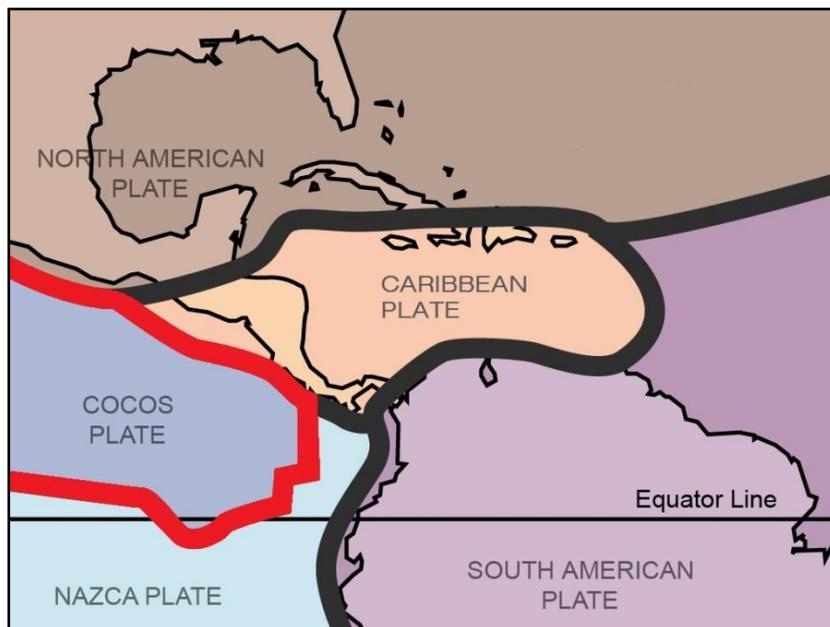


Figura 35: Placa de Cocos y Placa del Caribe. (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Placa\\_de\\_Cocos](http://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_Cocos), 2012)

### **Sismotectónica de Costa Rica.**

La historia geológica de Costa Rica inicia alrededor del periodo Jurásico Inferior-Superior (hace 200 millones de años). La interacción de las placas Caribe, Cocos y Suramérica implicó el desarrollo de gran actividad volcánica durante ese período.

La cordillera de Talamanca emergió durante el periodo Mioceno Superior (hace 1.8 millones de años). La actividad tectónica relacionada con la formación de la cordillera de Talamanca, estaría asociada en el Plioceno al surgimiento de los territorios de Nicaragua, Costa Rica y Panamá.<sup>6</sup>

### **Sismicidad de Costa Rica**

La sismicidad en Costa Rica se relaciona con la zona de subducción del Pacífico. La fosa mesoamericana genera eventos sísmicos de magnitud importante (8+), a profundidades que son variables a medida que se adentra en el continente.

---

<sup>6</sup> Información obtenida de la página [www.ecapra.org](http://www.ecapra.org).

## Terremotos ocurridos en Costa Rica

En Costa Rica han ocurrido terremotos, los cuales han tenido gran relevancia pues causaron grandes daños. Algunos de estos se citan a continuación:

### **Terremotos dados por subducción:**

- **27 de febrero de 1916:** El epicentro se localizó en el Golfo de Papagayo, con  $I_{MM}$  IX y  $M_w=7,3$ .
- **21 de diciembre de 1939:** El epicentro se localizó en Puriscal, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=7,3$ .
- **5 de diciembre de 1941:** El epicentro se localizó en el Golfo Dulce, con  $I_{MM}$  IX y  $M_w=7,4$ .
- **5 de octubre de 1950:** El sismo tuvo lugar en Nicoya, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=7,8$ .
- **9 de setiembre de 1952:** El sismo tuvo lugar en Quepos, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=7,0$ .
- **3 de abril de 1983:** El epicentro se localizó en el Golfo Dulce, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=7,3$ .
- **5 de marzo de 1990:** El sismo tuvo lugar en el Golfo de Nicoya, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=7,1$ .
- **20 de agosto de 1999:** El sismo tuvo lugar en Dominical, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,9$ .

### **Terremotos dados por fallamiento entre las Placas de Cocos y Nazca:**

- **25 de diciembre del 2003:** El sismo tuvo lugar en Puerto Armuelles, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,5$ .

### **Terremotos dados por fallamiento local.**

- **15 de febrero de 1772:** El sismo tuvo lugar en Barba de Heredia, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,0$ .
- **2 de setiembre del 1841:** El sismo tuvo lugar en Cartago, con  $I_{MM}$  IX y  $M_w=6,4$ .

- **24 de agosto de 1853:** El sismo tuvo lugar en Cañas, Guanacaste, con  $I_{MM}$  IX y  $M_w=6,4$ .
- **5 de mayo del 1910:** El sismo tuvo lugar en Cartago, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,4$ .
- **10 de octubre de 1911:** El epicentro se localizó en Guatuso, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,5$ .
- **30 de diciembre de 1952:** El epicentro se localizó en el noroeste del Macizo del Volcán Irazú, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,2$ .
- **14 de abril de 1973:** El sismo se originó en la Falla Chiripa, con  $I_{MM}$  IX y  $M_w=6,5$ .
- **22 de diciembre de 1990:** El epicentro se localizó Piedras Negras, con  $I_{MM}$  VIII y  $M_w=6,0$ .
- **22 de abril de 1991:** El sismo tuvo lugar en Limón, con  $I_{MM}$  X y  $M_w=7,7$ .
- **8 de enero del 2009:** El sismo tuvo lugar en Cinchona, con  $I_{MM}$  IX y  $M_w=6,2$ .<sup>7</sup>

### 2.8.6. Amenaza a deslizamientos en Costa Rica

La amenaza a deslizamientos suele darse por diferentes factores entre los cuales están la influencia de precipitaciones recurrentes, la actividad sísmica, entre otros. En Costa Rica, esta amenaza se da con más frecuencia debido a las fuertes lluvias de la época lluviosa.

Las características físicas y mecánicas, de los suelos de Costa Rica, en combinación con las condiciones climáticas y geológicas, además de la falta de planificación urbana y de normas de aptitud de los suelos, hacen que los mismos sean vulnerables a la inestabilidad de laderas y por ende, al deslizamiento de materiales, provocando así la alta susceptibilidad a este tipo de fenómenos.

---

<sup>7</sup> Información obtenida del libro "Amenaza sísmica en América Central" de M<sup>o</sup> Belén Benito y Yolanda Torres, 2009.

Existen deslizamientos activos como los que se han suscitado en las regiones y provincias de San Blas (al noroeste de Cartago), Tapezco (en Santa Ana), Puriscal, Río Chiquito de Tres Ríos, Burío, Aserri, el de Piedras de Fuego, Pavones, Pascua, Chitaría y Chiz de Turrialba, Cerro Doan, que por el área y población que amenazan, desde hace algunos años han sido estudiados y vigilados por instituciones como la UCR, la CNE, entre otras. Además de los deslizamientos antes mencionados, se han detectado alguno de estos eventos en la cuenca de los ríos Reventado, Candelaria, Pirrís, Orosi, Atirro y Caño Seco.<sup>8</sup>

## **CAPÍTULO III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Procedimientos para la recopilación de la información**

La información utilizada para la elaboración del presente trabajo de investigación se recopiló por medio de artículos de periódicos, libros, sitios o páginas de Internet de instituciones estatales como el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI), la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), la Procuraduría General de la República, la Red Sismológica Nacional (RSN), la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica, además de otras páginas como las pertenecientes a instituciones gubernamentales y no gubernamentales de países extranjeros, así como de Wikipedia, CAPRA, entre otras.

---

<sup>8</sup> Información tomada de la tesis “Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el distrito de Orosi, provincia de Cartago, Costa Rica”, realizada por Yyaré Parra.

## **3.2. Análisis de la información recopilada**

### **3.2.1. Información teórica**

La información teórica utilizada en el presente trabajo se recopiló para la fundamentación, respaldo y elaboración del capítulo I, capítulo II, capítulo IV y parte del capítulo V, los cuales corresponden respectivamente a la Introducción, Marco Teórico, Metodología y Análisis e interpretación de resultados.

#### **3.2.1.1. Información utilizada en el Capítulo I**

Para realizar el capítulo I, se utilizó información obtenida de artículos de periódicos, informes hechos por la CNE y por geólogos de la Escuela de Geología de la UCR, fotografías de la zona de estudio (Orosi), además de otras fuentes consultadas. Las mismas fueron necesarias para la fundamentación de los antecedentes sobre sismos y deslizamientos ocurridos con anterioridad en Orosi y es por medio de estos (los antecedentes) que se determina la importancia, los objetivos, además de la hipótesis, fundamentales para el desarrollo del tema de investigación.

#### **3.2.1.2. Información utilizada en el Capítulo II**

Para la elaboración del capítulo II, se recopiló información de los sitios web de instituciones de gobierno y privadas, tanto nacionales como extranjeras, además de otras páginas como Wikipedia, Monografías, entre otras. También se consultó información de informes, libros revistas, imágenes, etc., con la cual se formularon los conceptos relacionados con el tema de sismos y deslizamientos, así como de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

### 3.2.1.3. Información utilizada para la elaboración de la metodología

La metodología de este proyecto consta de información teórica, la cual se utilizó para la elaboración de los datos correspondientes a la ubicación de la zona de estudio, además de su geología, geomorfología, población, climatología, uso de suelo, entre otros datos importantes, los cuales fueron tomados de artículos escritos para la Revista Geológica de América Central por geólogos de la UCR como los licenciados Rolando Mora, Luis Guillermo Salazar, Geovanny Peraldo, entre otros, así como información obtenida del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Costa Rica (INEC) para fundamentar los datos de la población de Orosi. Además, se dividió en dos partes, siendo la primera para el análisis de vulnerabilidad ante sismos, y la segunda, para el análisis de vulnerabilidad ante deslizamientos.

Para la parte sísmica, se elaboró una metodología que consiste en una matriz de análisis de vulnerabilidad ante sismos llamada **“Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras”**, la cual se desarrolló tomando como respaldo otras metodologías ya existentes. Una de ellas es la **“Matriz de Análisis de Emplazamiento de Sitio a Amenazas Naturales y Socio-naturales para un Proyecto de Inversión en Costa Rica”**, tomada de la “Guía Metodológica General de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública para Costa Rica” hecha por un equipo de trabajo del Área de Inversiones Públicas del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), así como el “Método Italiano”, descrito en el documento “Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado”, realizado por el Ing. Roberto Aguiar Falconi y el Sr. Darío Bolaños.

Como se mencionó, la matriz utilizada para evaluar la vulnerabilidad ante sismos, fue creada exclusivamente para este trabajo de investigación, esto quiere decir, que la misma no es copia de otra ya existente. Por tal motivo, fue revisada por el tutor de este trabajo, el Ing. Luis Miguel González y por recomendación de otros profesionales consultados, se hizo otra pequeña matriz

para que el indicador correspondiente a la ponderación, se pueda validar mediante un promedio del valor que indiquen los profesionales en esta.

Para llevar a cabo el análisis de vulnerabilidad a deslizamientos, se utilizarn una serie de fórmulas, ya que la metodología consiste en hallar un Factor de Seguridad, con el cual se debe determinar por medio de curvas de fragilidad, el porcentaje del daño que produciría un deslizamiento de suelo o materiales en el sector de Jucó. Las fórmulas utilizadas para calcular el Factor de Seguridad se extrajeron del documento “Amenazas Sísmicas, Capítulo 9”, tomado del sitio web: [http://ocw.uis.edu.co:8080/educommons/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/carpeta6/porta\\_l\\_factory/ECDocument/CAP09-en-proceso.pdf](http://ocw.uis.edu.co:8080/educommons/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/carpeta6/porta_l_factory/ECDocument/CAP09-en-proceso.pdf) y las curvas de fragilidad se encuentran en documentos elaborados por la organización CAPRA.

Además de la bibliografía mencionada utilizada en dichas metodologías, se usó información de algunas tesis referentes al tema, así como de otras guías, informes, libros, códigos, entre otras, en las cuales se explica cómo se elabora una metodología para vulnerabilidad, cuáles parámetros y variables se toman en cuenta, etc. Entre esta documentación se pueden citar la “Guía para la Elaboración de Inventarios de Elementos en Riesgo en Áreas Vulnerables a Inundaciones y Sismos en Costa Rica” redactada por Madelin Villalón Semanat; el documento “Rehabilitación Sísmica de Estructuras” utilizado como material de apoyo para el Programa de Capacitación para la Estimación de Riesgo (PCER)” obtenido de la Biblioteca Virtual en Prevención y Atención de Desastres de Perú; el Capítulo III de la tesis “Metodología para la evaluación preliminar de daños post-sísmicos en edificaciones de concreto reforzado”, elaborada por Claudia Benitez, José Pineda y Pedro López , estudiantes de la Universidad de Oriente (UNIVO) de El Salvador; el artículo “Elaboración de una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica” publicado por la UCR en la Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones, pero cabe destacar que este fue elaborado por Alejandro Aldama, Consuelo Gómez y Briseida Guillén de la Universidad Autónoma Metropolitana de México. También se usaron como fuente de apoyo los formularios ATC-20 “Detailed Evaluation Safety Assessment Form” publicado por el Consejo de Tecnología Aplicada

(en inglés Applied Technology Council, ATC) y el FEMA-154 “Rapid Visual Screening of Buildings for Potencial Seismic Hazards” creado por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (en inglés Federal Emergency Management Agency, FEMA), entre otra documentación.

#### **3.2.1.4. Información utilizada para la realización del Capítulo V**

La información utilizada para la realización del capítulo V se obtuvo de documentos elaborados por la Escuela Centroamericana de Geología, los cuales sirvieron para fundamentar datos históricos sobre ocurrencia de sismos y deslizamientos. También se usó información relacionada con la amenaza sísmica y la amenaza a deslizamientos elaborada por autores como Cees van Westen, Tshehai Woldai, Siefko Slob y Rubén Vargas del International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) de Holanda, el Ing. Braja M. Das, profesor de la Universidad del Estado de California, etc. Además, se utilizaron los datos obtenidos por medio de la matriz desarrollada para el presente trabajo, el Código Sísmico de Costa Rica (2002), el Código de Cimentaciones (2ª edición), entre otra información, la cual sirvió para llevar a cabo el análisis de las vulnerabilidades y para la cuantificación de los resultados obtenidos, ya que con estos además se estimaron costos de pérdidas, análisis de riesgos, etc.

## CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. Descripción del área de estudio

#### 4.1.1. Ubicación de la zona de estudio

El sector de Jucó está ubicado en el Distrito de Orosi del Cantón de Paraíso de la Provincia de Cartago, se localiza dentro de las siguientes coordenadas: 194.000 - 196.000 Norte / 551.000-553.000 Este, Hoja Topográfica Tapantí (escala 1:50,000).



Imagen 5: Ubicación de la Zona de Estudio. (Fuente: Google Earth, 2012)

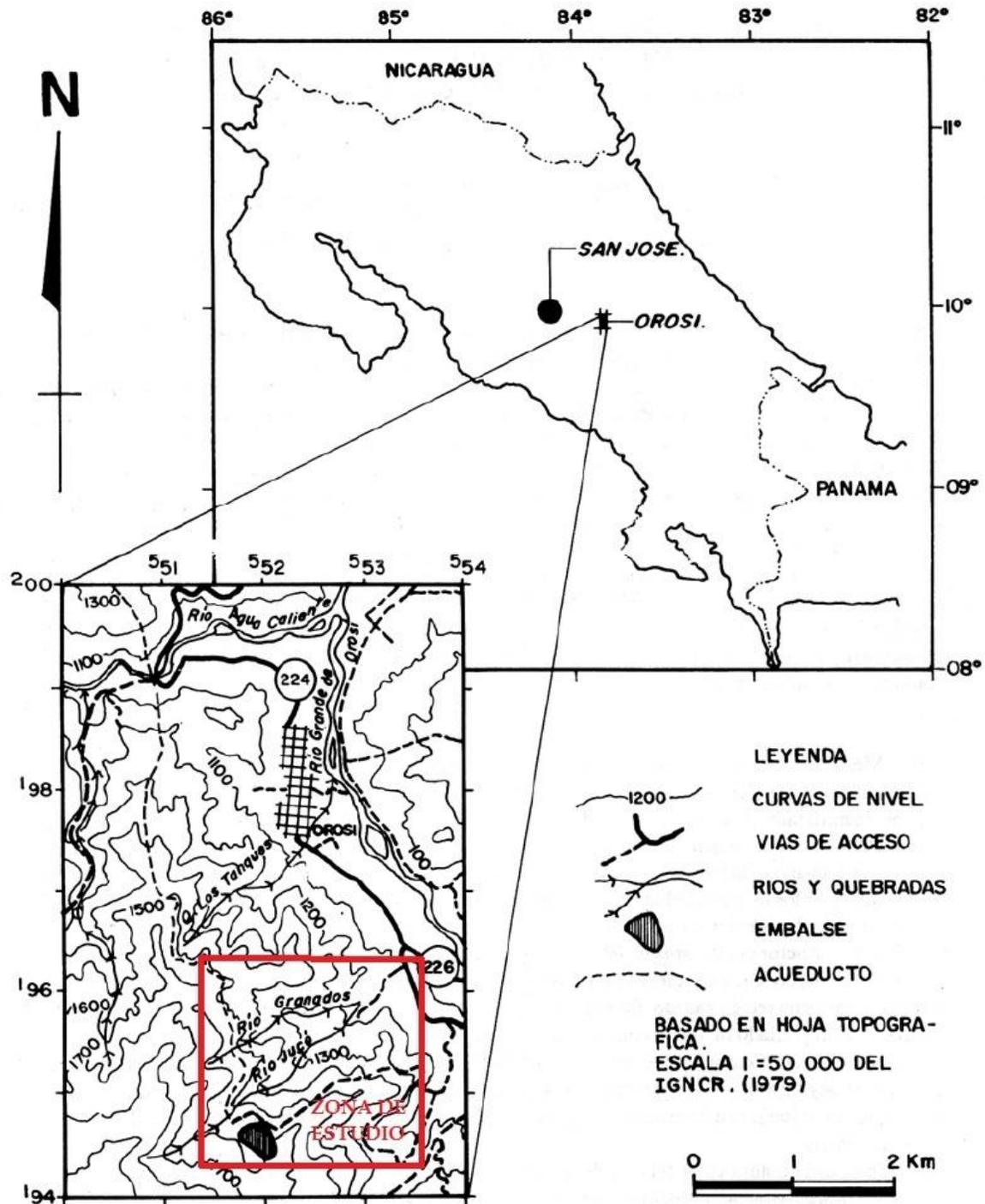


Figura 36: Ubicación de la zona de estudio. (Fuente: Salazar, 1992)

## 4.2. Características biofísicas

### 4.2.1. Geomorfología

Las formas presentes en la zona son de origen tectónico, volcánico, sedimentación aluvial, erosión y productos de procesos de remoción en masa (deslizamientos).

Los materiales presentes son producto de sedimentación aluvial, conformando un conjunto de terrazas donde se mantiene constante la acumulación de materiales, como cantos rodados y arena.

La diferencia del nivel de terrazas varía de un metro a cinco metros. En la zona, se observan hasta cinco terrazas, también es posible observar abanicos aluviales<sup>9</sup>.

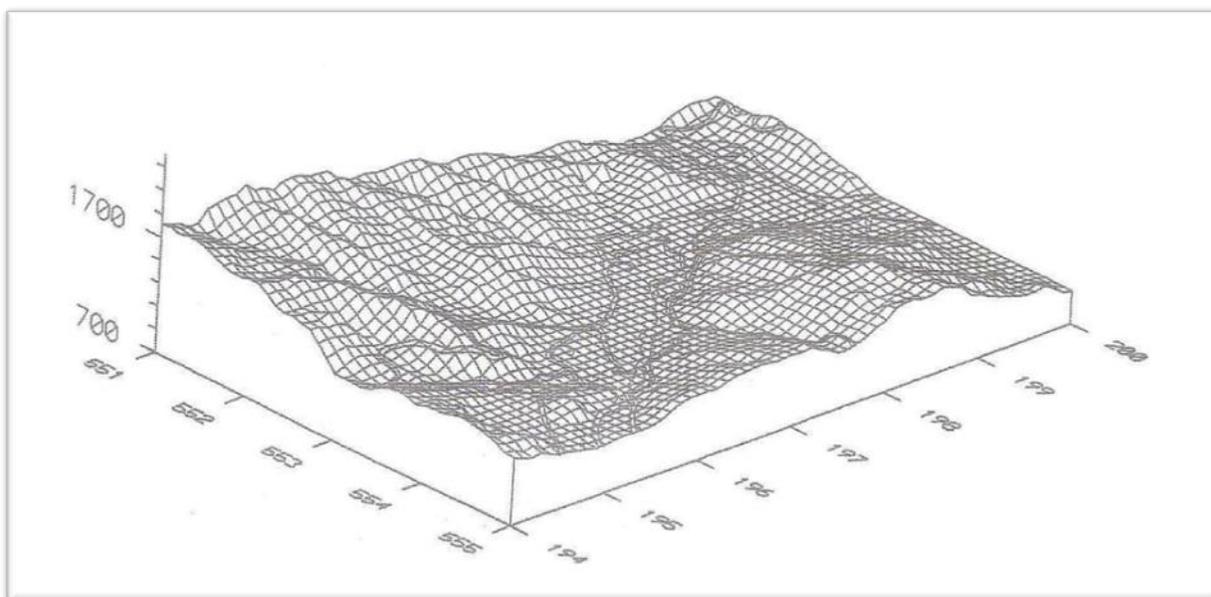


Figura 37: Mapa tridimensional del Distrito de Orosi. (Fuente: Atlas Geológico, n.d.)

En la figura 38, se mostrará un mapa con la geomorfología del Distrito de Orosi, además se señala la del sector de Jucó<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> La información utilizada se tomó de la tesis "Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el Distrito de Orosi, Provincia de Cartago, Costa Rica", elaborada por Yyaré Parra.

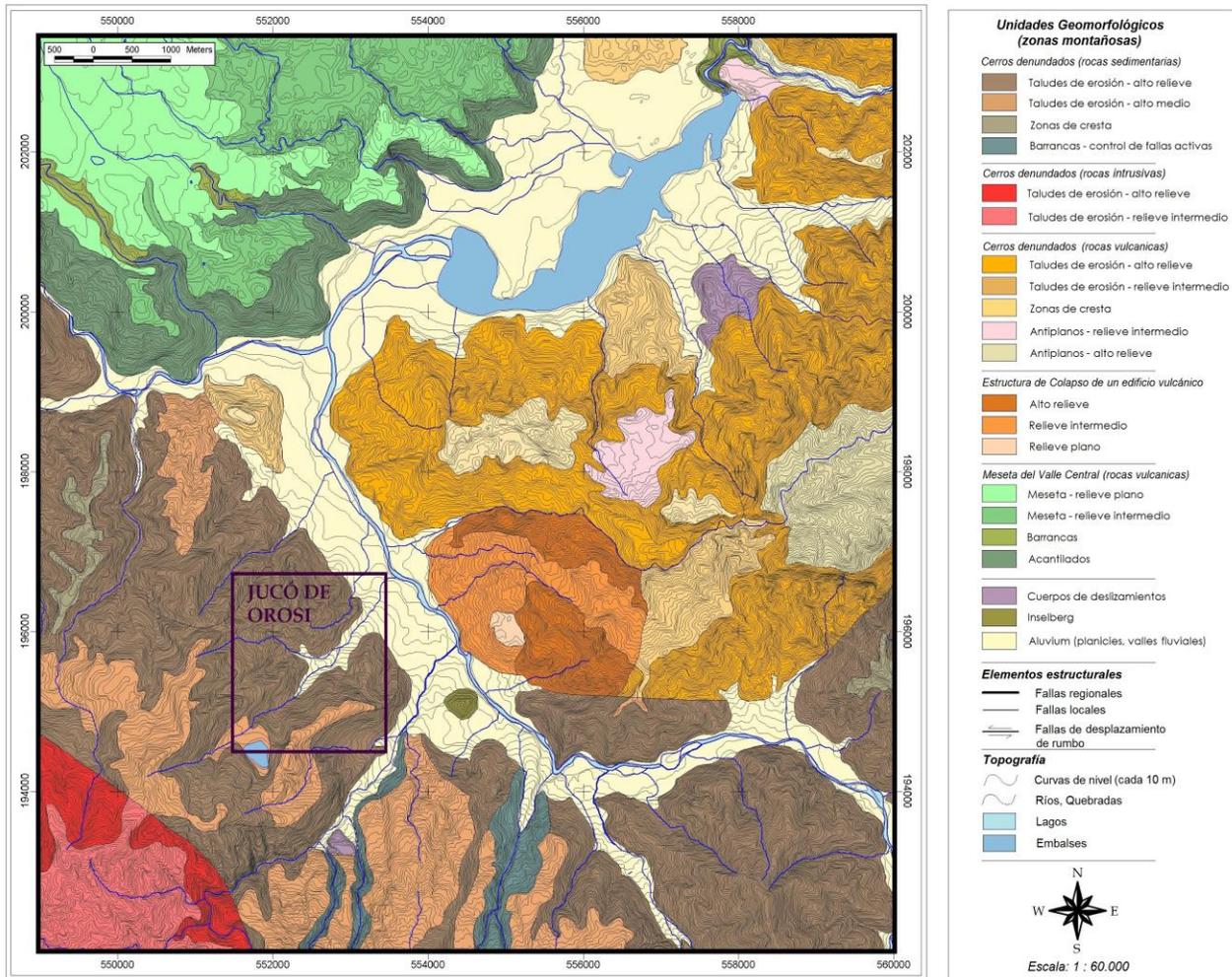


Figura 38: Mapa geomorfológico de las zonas montañosas del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004)

Según el mapa geomorfológico mostrado, el sector de Jucó, está conformado por zonas montañosas (parte oscura dentro de la señalización de la zona de estudio) y por zonas asociadas a planicies y valles fluviales (parte clara dentro de la señalización de la zona de estudio).

Las zonas montañosas corresponden a **cerros denudados de rocas sedimentarias** que a su vez se dividen en taludes de erosión (subdivididos en relieve alto o intermedio).

10 Parte de la información utilizada para elaborar las secciones 4.2.1. y 4.2.2. se tomó del informe "Evaluación de la geoaptitud y la fragilidad ambiental de Orosi y definición de lineamientos sobre el uso del suelo" elaborado por el Geólogo Allan Astorga Gättgens, 2004.

Las zonas asociadas a planicies y valles para la comunidad de Jucó están compuestas por abanicos aluviales y valles intramontañosos, todo esto rodeado por las zonas montañosas. A su vez están asociados a diferentes tipos de litología<sup>11</sup>, la cual se menciona a continuación:

**Abanicos aluviales:**

**a) Facies principal:** Arenas, gravas, bloques.

**b) Facies asociados:** Brechas con una matriz limo-arcillosa.

**Valles intramontañosos:**

**a) Facies principal:** Arenas, gravas, bloques.

**b) Facies asociados:** Arenas limosas, limos.

En la figura 39, se muestran la ubicación de las zonas planas o valles presentes en la zona de estudio.

---

<sup>11</sup>La litología es la parte de la geología que estudia las rocas, específicamente el tamaño del grano, el tamaño de las partículas, sus características físicas y químicas, la composición, la textura, su composición mineralógica, entre otras. Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

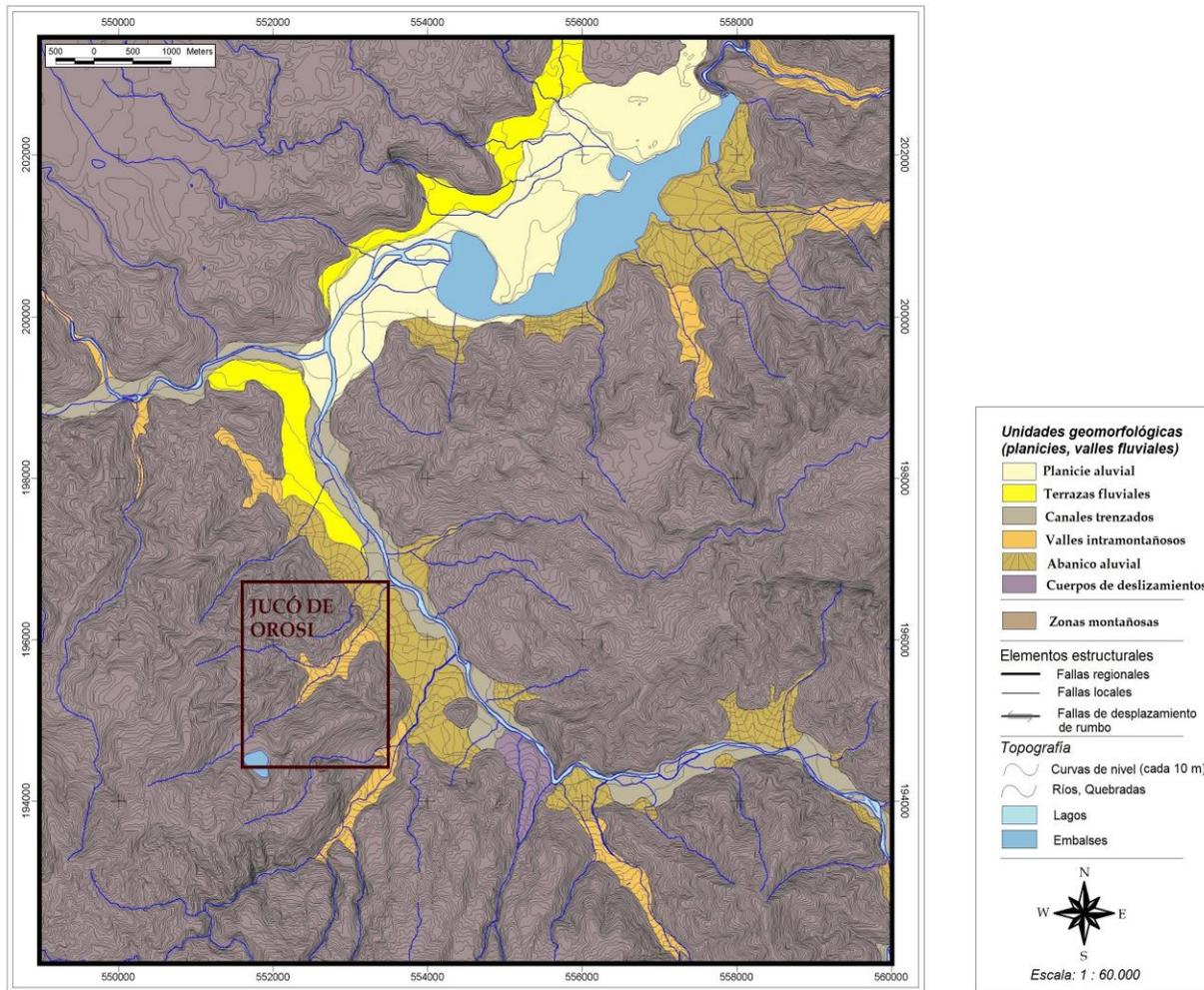


Figura 39: Mapa geomorfológico de las zonas planas y valles del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004)

## 4.2.2. Geología

En la zona de Orosi afloran cuatro unidades litoestratigráficas, entre sedimentarias e ígneas, que pertenecen a las siguientes formaciones: Formación Pacacua, Formación Coris, Formación Aguacate y rocas intrusivas. En el mapa mostrado en la siguiente figura se detalla la información litoestratigráfica del sector de Jucó de Orosi<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Salazar, 1992 y Astorga, 2004.

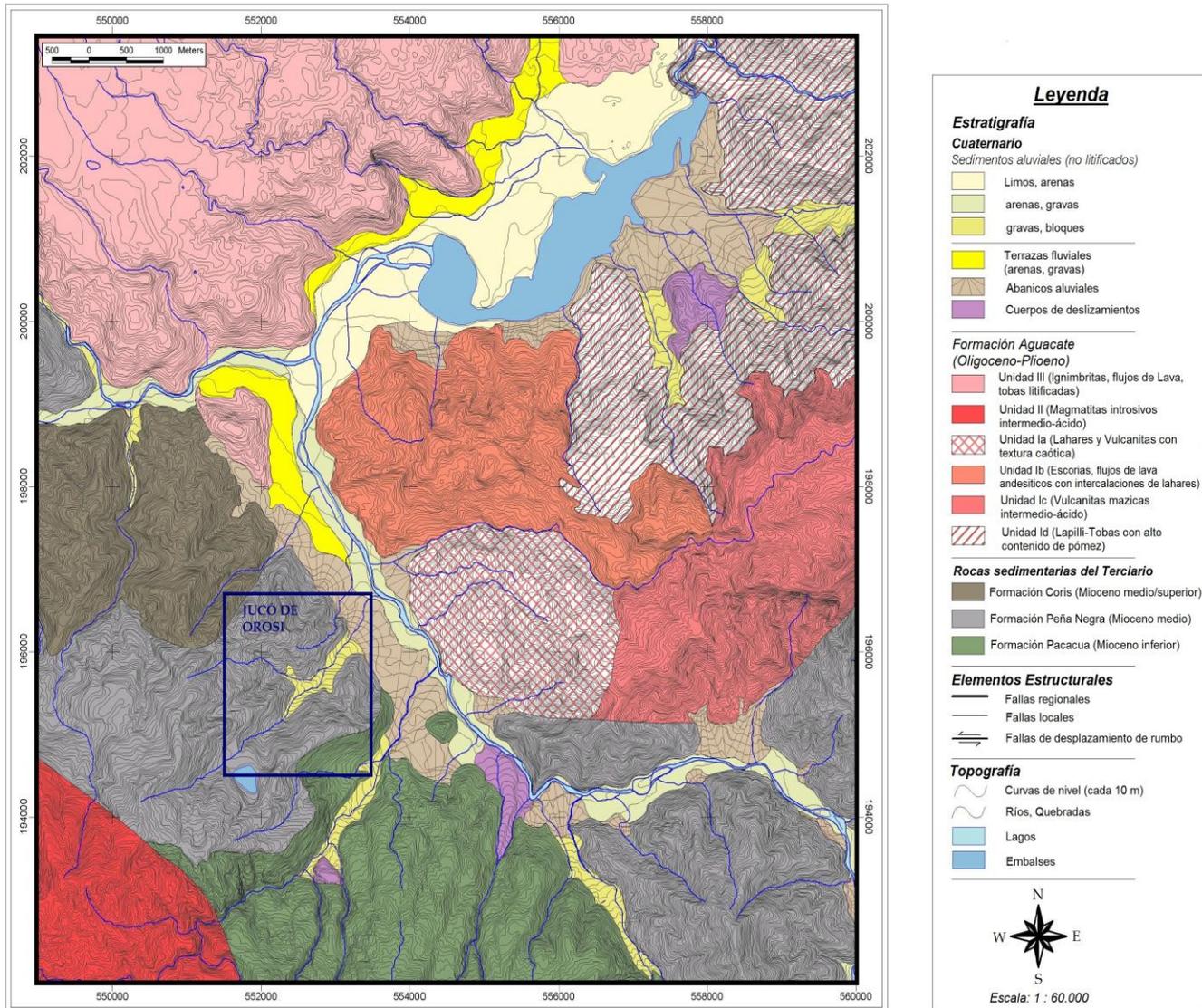


Figura 40: Mapa geológico del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004)

**Formación Pacacua (Oligoceno-Mioceno Medio):** La litología es variada y afectada por fallas. Las rocas se clasifican como: lutitas, lutitas arenosas, vulcarenitas, además de vulcanoruditas (brechas) y tobas. Las facies finas están compuestas de lutitas arenosas calcáreas, lutitas calcáreas, arenitas líticas calcáreas, grauwackas y calizas. Las rocas son muy duras, densas y con presencia de carbonato de calcio.

**Formación Coris (Mioceno Medio-Mioceno Superior):** Sus afloramientos están afectados por fallas. Compuesta principalmente de areniscas cuarzosas (mollejón), areniscas sublíticas, areniscas líticas y tobas.

**Formación Aguacate (Plio-Pleistoceno):** Se compone por lavas ampliamente distribuidas, de color gris claro, con fenocristales de augitas titaníferas, plagioclasas y localmente mineralizadas con piritita, epidotas y sericita.

**Intrusivos (Grupo comagmático Talamanca, Mioceno Superior):** Las rocas que afloran, son gabros con fenocristales de plagioclasa arcillitizada y augitas. Se manifiestan por bloques y están meteorizadas. Además, se encuentran afectadas por fallas.

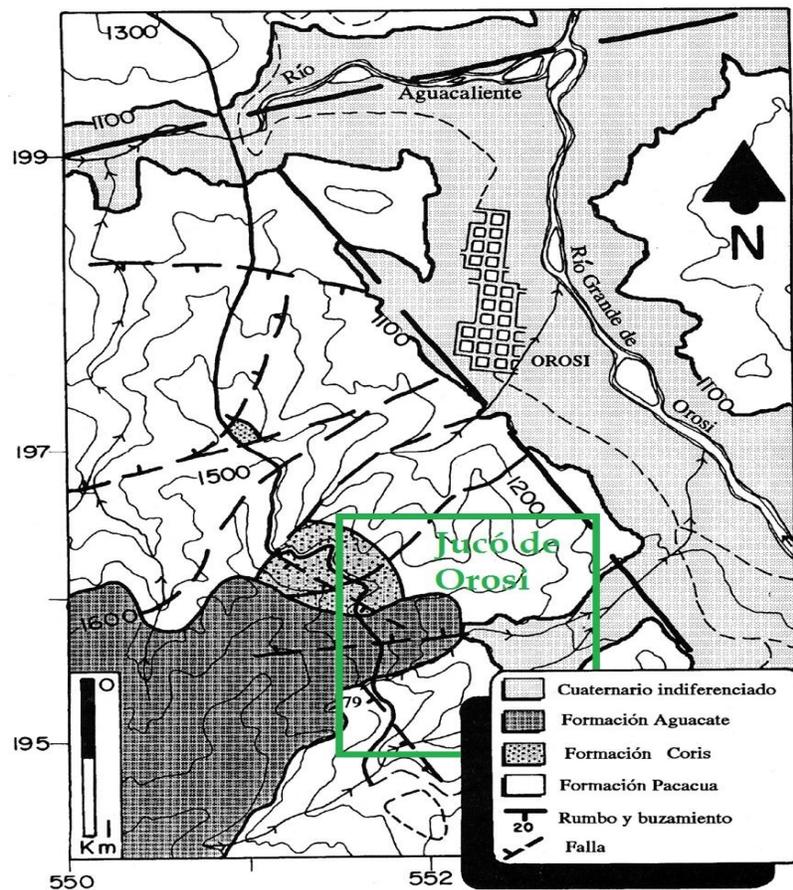


Figura 41: Mapa geológico simplificado de la zona de Orosi. (Fuente: Revista Geológica de América Central, No. 14, 2002)

### 4.2.3. Hidrografía

El sistema fluvial del cantón de Paraíso, pertenece a la cuenca del Río Reventazón. Los ríos que drenan el Valle de Orosi son el Reventazón, que nace de la unión de los ríos Agua Caliente y Grande de Orosi. El afluente del primero es el río Naranjo. El segundo se origina de la confluencia del río Humo y la Quebrada Palanca, y al que se le unen los ríos Cuericí, Villegas, Dos Amigos, Quirí, Purisil, Macho y Palomo.

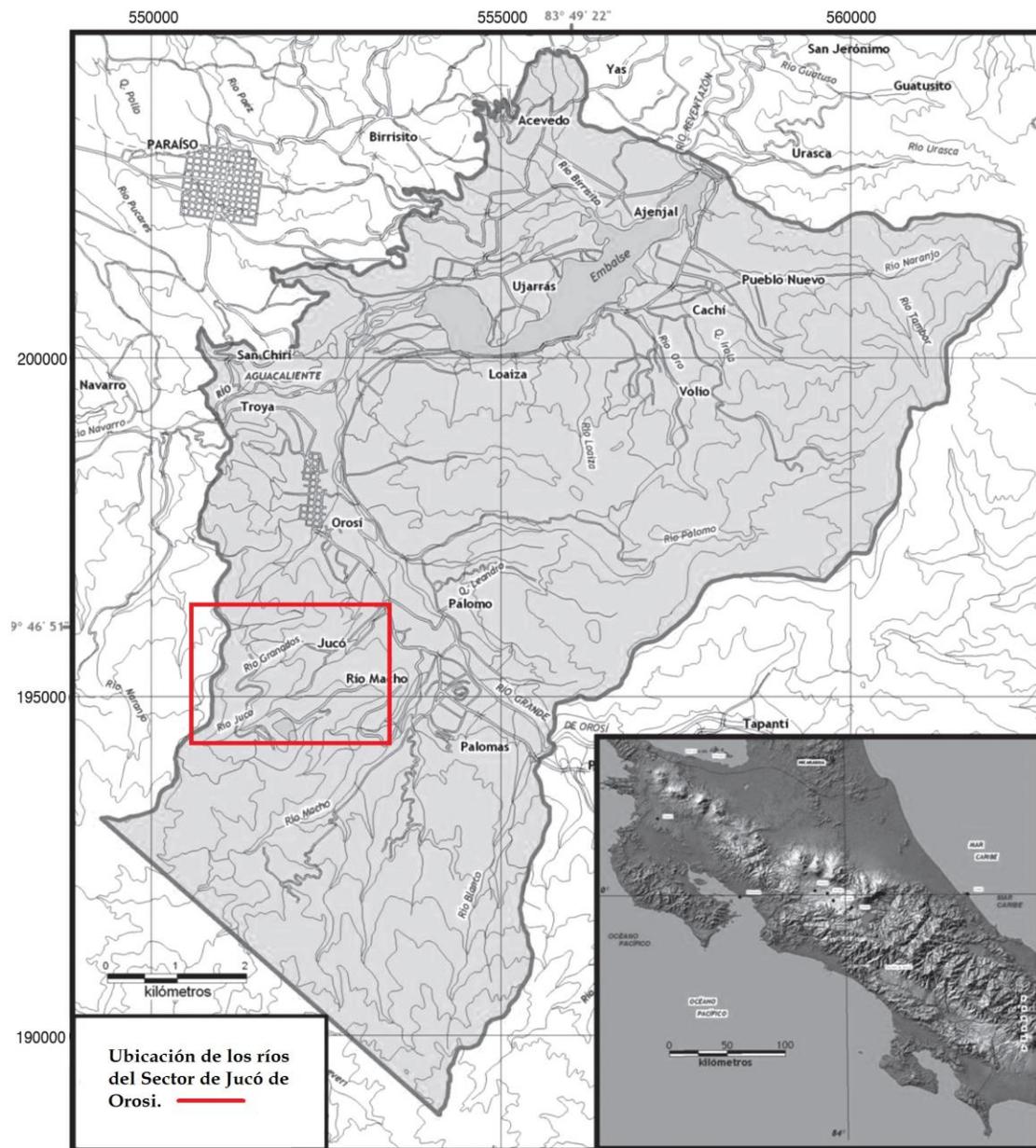


Figura 42: Cuencas hidrográficas de la zona de Orosi. (Fuente: Revista Reflexiones, volumen 87, No. 2, 2008)

En la figura No. 42, se muestran las cuencas hidrográficas (ríos) que se ubican en Orosí, así como las de la zona de estudio.

En el sector de Jucó, se ubica la cuenca del Río Jucó, la cual se localiza a unos dos kilómetros hacia el sureste de la Ciudad de Orosí. Esta cuenca es uno de los afluentes del río Grande de Orosí y está conformada por dos cauces principales: el Río Jucó y el Río Granados. Además, tiene un área aproximada de 7 km<sup>2</sup>, una longitud de 4500 metros y una diferencia de altura de 800 metros.

#### **4.2.4. Tipo de Suelo**

El Distrito de Orosí (de forma general, considerando también la zona de estudio) está asentado sobre material coluvio-aluvial. Este, ha sido depositado por el Río Grande de Orosí y quebradas aledañas que se encuentran en una etapa de desarrollo juvenil, con profundos y cerrados valles en forma de "V". En esta zona se han identificado algunos tipos de suelo como los Inceptisoles y los Ultisoles.

Los Inceptisoles se caracterizan por ser suelos jóvenes, provenientes de la meteorización que sufren los sedimentos aluviales, coluviales y coluvioaluviales.

Los Ultisoles se caracterizan por ser suelos viejos y meteorizados. Forman un horizonte de acumulación de arcilla iliviada<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Información sustentada por medio de la tesis "Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el Distrito de Orosí, Provincia de Cartago, Costa Rica", elaborada por Yyaré Parra.

## 4.2.5. Uso del suelo

En el mapa mostrado en la figura No. 43, se presentan los diferentes tipos de usos de suelo dados en el Distrito de Orosi, así como en el sector de Jucó, que es el área de estudio del presente trabajo<sup>14</sup>.

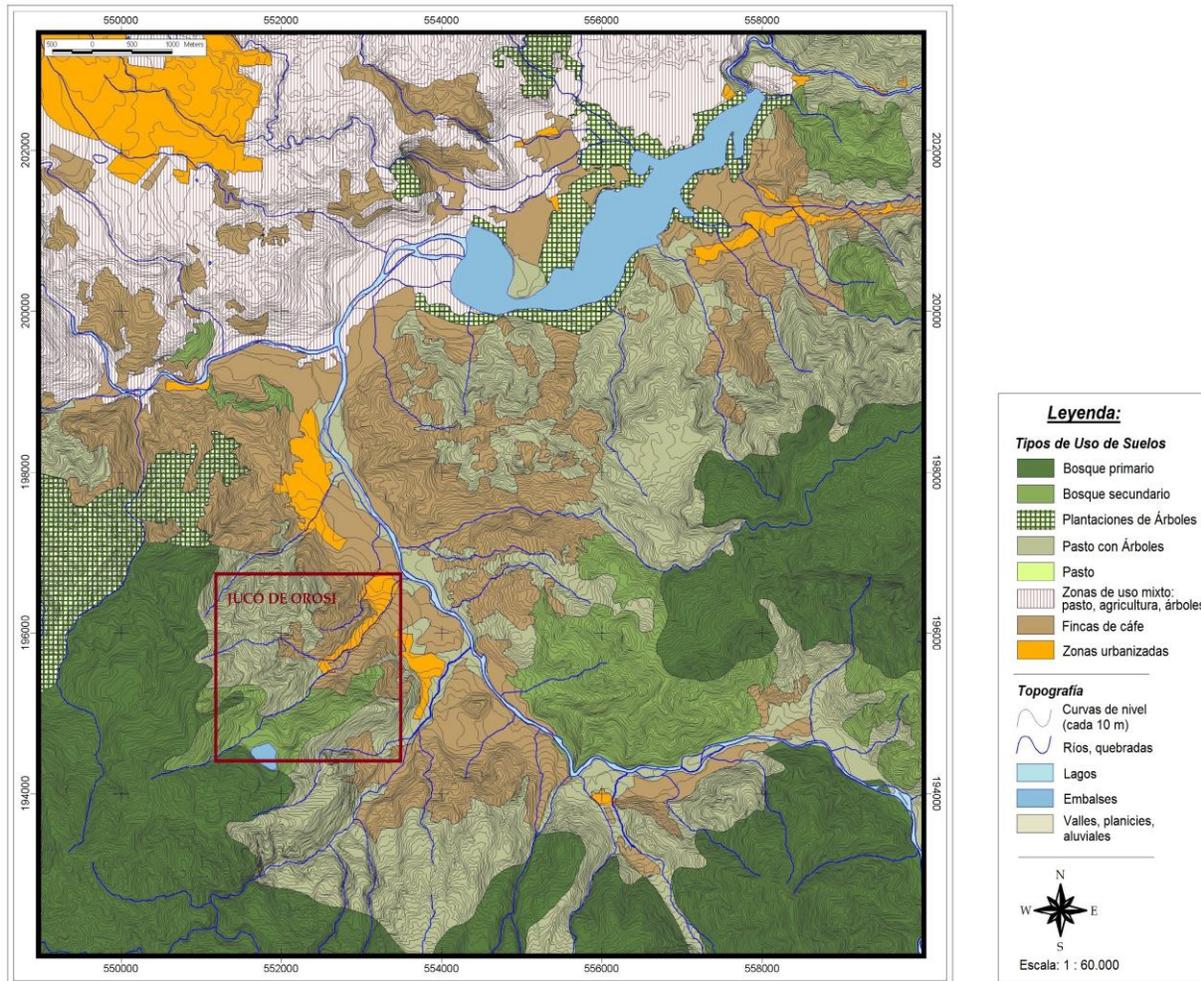


Figura 43: Mapa del uso de suelo del Distrito de Orosi y de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004)

Los tipos de uso de suelo indicados en el mapa anterior son:

- Bosque primario.
- Bosque secundario.

<sup>14</sup> Astorga, A., 2004.

- Plantaciones de árboles.
- Pasto con árboles dispersos.
- Pastos.
- Zonas de uso mixto, las cuales tienen potreros con pasto, o agricultura y árboles dispersos.
- Fincas de café.
- Zonas de desarrollo urbano (presencia de núcleos urbanos y de pequeños cuadrángulos de futura expansión urbana).

Para el sector de Jucó y según el mapa antes señalado, los tipos de suelo existentes corresponden a:

**Bosque secundario, Pasto con árboles, Fincas de café y Zonas de desarrollo urbano.** Además, cabe resaltar que en la zona, se presentan obras de infraestructura vial, las cuales se encuentran lastradas y en un gran deterioro, esto debido a las condiciones de erosión existentes.

#### **4.2.6. Climatología**

Según Yyaré Parra (2004), en el Distrito de Orosi, se distinguen cinco zonas de vida, las cuales se denotan a continuación:

- Bosque húmedo premontano (Bh-P), con un área de 13.2 km<sup>2</sup>.
- Bosque pluvial premontano (Bp-P), extendiéndose en un área de 62 km<sup>2</sup>.
- Bosque muy húmedo premontano (Bmh-P), el cual ocupa un área de 31.1 km<sup>2</sup>.
- Bosque pluvial montano (Bp-M), ocupando un área de 95.9 km<sup>2</sup>.

- Bosque pluvial montano bajo, con un área de 122.3 km<sup>2</sup>. Este tipo de zona de vida es la que predomina en Orosi.

El clima que predomina en la zona es el húmedo-caliente. La precipitación promedio anual oscila entre 2000 y 2500 mm y la temperatura promedio está entre 18° y 22°C. El período seco existente en Orosi abarca los meses de febrero, marzo y abril<sup>15</sup>.

### **4.3. Demografía del Distrito de Orosi**

El Distrito de Orosi, perteneciente al Cantón de Paraíso de la Provincia de Cartago, posee un área aproximada de 315 Km<sup>2</sup> y de acuerdo al censo del 2011, posee una población cercana a 9092 habitantes, con una densidad aproximada a 29 hab/km<sup>2</sup>. La población aproximada del sector de Jucó es de 608 habitantes.<sup>16</sup>

Entre los servicios básicos con los que cuenta la población del Distrito de Orosi, están: carreteras asfaltadas, transporte público, servicio de salud (EBAIS), servicio de agua potable a través de los proyectos: Orosi y Río Macho-Cachi, servicio de telefonía y centros educativos. El sector de Jucó, además de aprovechar algunos servicios disponibles por el Distrito de Orosi (como los servicios de salud), cuenta con servicios de agua potable por medio de la Asada de la localidad, un centro educativo, servicios eléctricos, de telecomunicaciones, entre otros.

Para efectos de la evaluación del riesgo y la vulnerabilidad, es necesario conocer la proyección de la población existente en la zona. Para este fin, se utilizaron los datos consultados previamente por medio del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Costa Rica (INEC) que van desde el año 2000 al 2015. En la tabla No. 7, se detallan dichos datos.

---

15 Para citar la climatología de la zona, se tomará como referencia el Distrito de Orosi como tal y no puntualmente el sector de Jucó, ya que no se cuentan con datos específicos de este lugar. Y como fuente de la misma se utilizará información elaborada por Yyaré Parra.

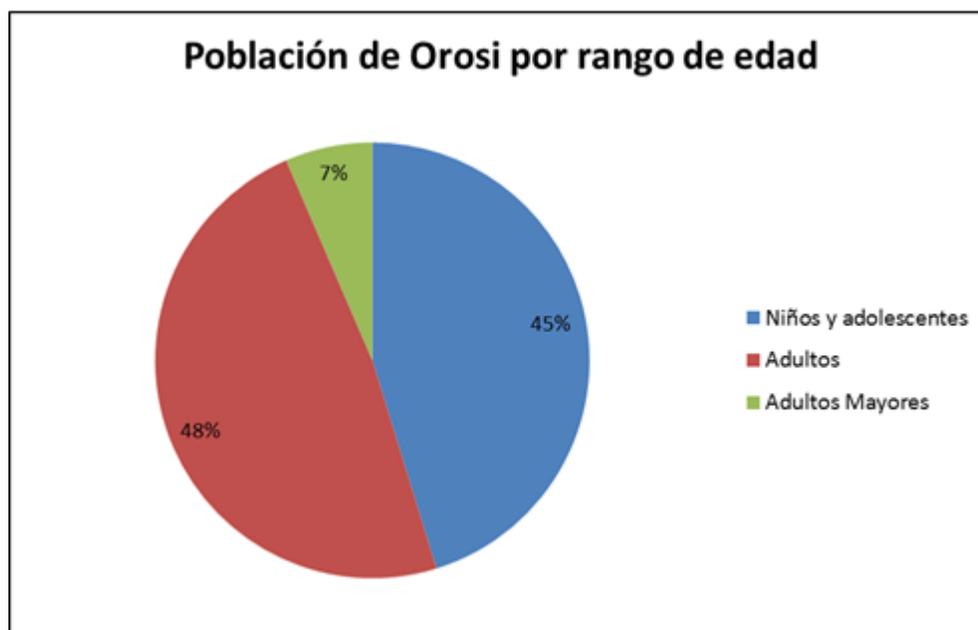
16 Se tomó como referencia el dato suministrado en la tesis de la MSc. Yyaré Parra que es de 515 habitantes, aumentándole un 18% de crecimiento promedio, considerando que dicha información fue elaborada en el año 2004. Para determinar ese 18%, se tomó en cuenta el crecimiento anual a partir del 2005 y hasta el 2012 y se sacó un promedio.

CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE OROSI, CARTAGO.					
AÑO	POBLACIÓN			CRECIMIENTO ANUAL	INDICE DE CRECIMIENTO
	HOMBRES	MUJERES	TOTAL		
2000	4713	4432	9145	0	0%
2001	4817	4520	9337	192	2,10%
2002	4902	4597	9499	162	1,74%
2003	4984	4664	9648	149	1,57%
2004	5058	4726	9784	136	1,41%
2005	5129	4782	9911	127	1,30%
2006	5196	4833	10029	118	1,19%
2007	5257	4885	10142	113	1,13%
2008	5315	4928	10243	101	1,00%
2009	5361	4966	10327	84	0,82%
2010	5398	5003	10401	74	0,72%
2011	5429	5038	10467	66	0,63%
2012	5459	5068	10527	60	0,57%
2013	5474	5094	10568	41	0,39%
2014	5493	5128	10621	53	0,50%
2015	5502	5165	10667	46	0,43%

Tabla 7: Proyección de la población de Orosi. Período 2000 - 2015. (Fuente: INEC, 2012)

#### 4.3.1. Distribución de habitantes por edad

Con el fin de establecer algunos aspectos importantes correspondientes al nivel social de la población de la zona, los cuales son aplicables también para el análisis de vulnerabilidad del presente estudio, se realizó una clasificación por edades de las personas que habitan el distrito de Orosi. En el gráfico No. 1, se muestra la información correspondiente a las edades de los pobladores del sector.



**Gráfico 1: Población de Orosi por rango de edad**

En el gráfico mostrado anteriormente, se detalla la clasificación de la población que habita el Distrito de Orosi, dividiéndola en tres rangos de edades: **a) Niños y adolescentes**, **b) Adultos** y **c) Adultos mayores** (personas de la tercera edad), esto con el fin de establecer los valores y parámetros pertinentes relacionados con aspectos sociales y de vulnerabilidad como por ejemplo la dependencia de otras personas para cubrir sus necesidades básicas (alimentación, vivienda, ropa), así como de personas que no tengan capacidad de decisión por sí solos, de trasladarse a algún lugar o ejecutar algún tipo de labor para satisfacer sus necesidades debido a algún impedimento físico, o por cuestiones de edad.

Los datos obtenidos por medio del gráfico No. 1, determinan que el 7% de la población corresponde a adultos mayores, el 45% lo representan los niños y adolescentes, y por último, el 48% del total de los habitantes, está conformado por adultos (mayores de 18 años y menores de 60 años). Lo que significa que cada persona adulta de Orosi debe ser responsable de otra persona ya sea un niño, adolescente o persona de la tercera edad.

### 4.3.2. Distribución de vivienda y ocupantes

La información correspondiente a la distribución de viviendas según el INEC, para el distrito de Orosi, se muestra por tipo de vivienda en el gráfico No. 2.

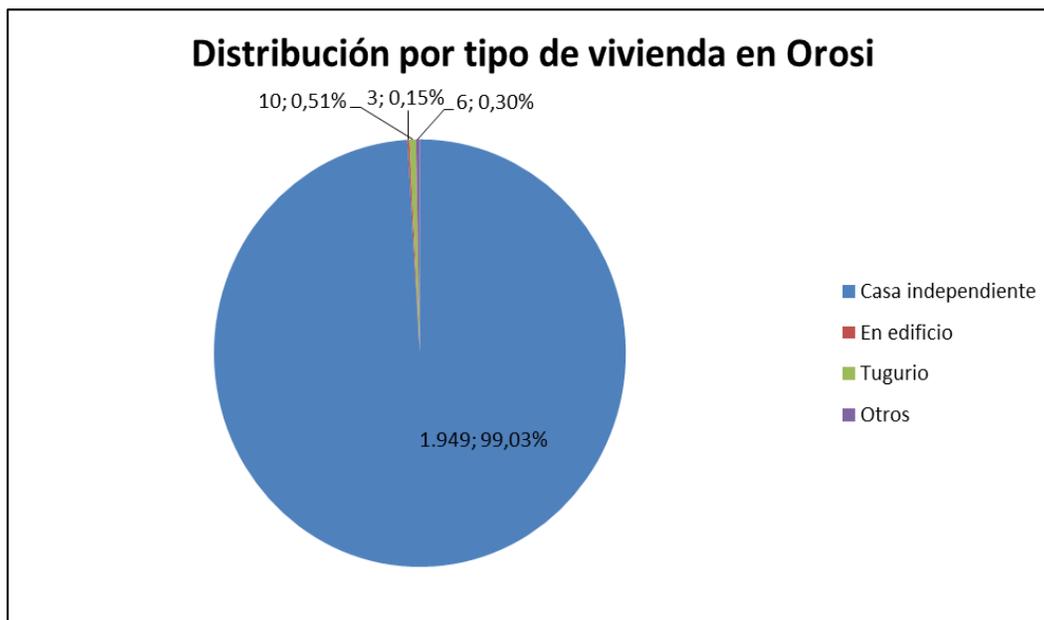


Gráfico 2: Distribución por tipo de vivienda en Orosi

En el gráfico antes citado, se presenta la distribución por tipo de vivienda, en el cual se muestra que el 99,03% (1949) corresponde a viviendas independientes, mientras que el 0,51% (10) representan viviendas en edificio y un 0,45% (9) entre tugurios y otros. Según los datos anteriores, se puede concluir que el distrito pertenece a una zona rural donde no existen grandes edificaciones ni extremas condiciones de pobreza.

Además se presenta, por medio del gráfico No. 3, los datos correspondientes a la distribución por ocupantes de las viviendas relacionadas con la información antes mencionada, el cual refleja que el 99,3% (8788) de la población habita en casas independientes, seguido por el 0,31% (27) que viven en edificios, y un 0,31% (35) lo hacen en tugurios u otros, para un total de 8862 habitantes censados.

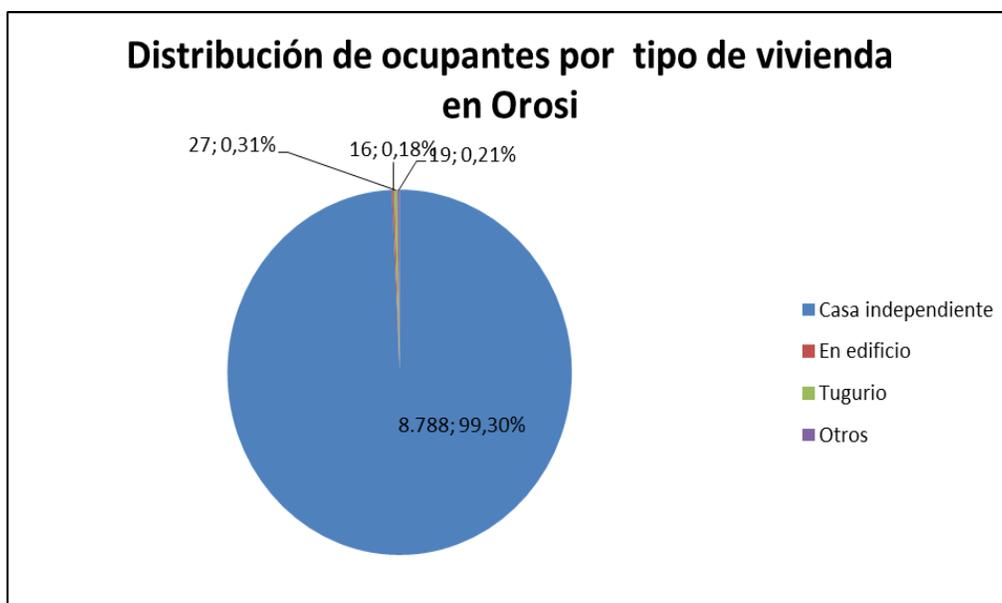
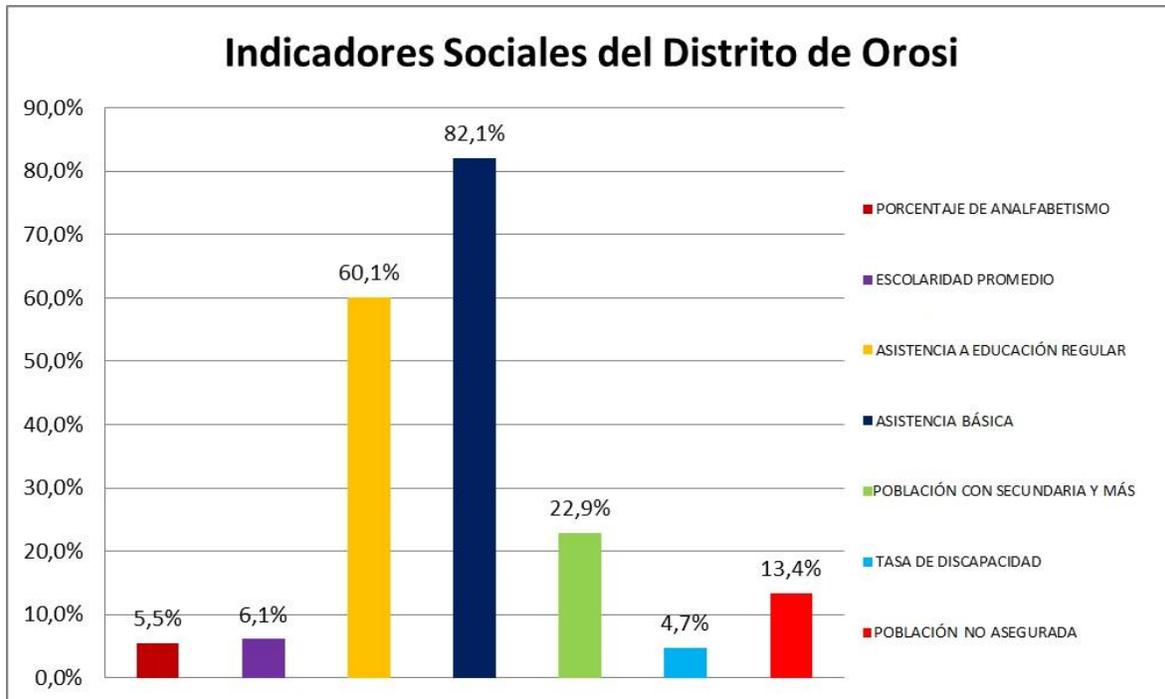


Gráfico 3: Distribución de ocupantes por tipo de vivienda

### 4.3.3. Indicadores Sociales

Los indicadores sociales que se detallarán a continuación por medio del gráfico No. 4, sirven para generar un panorama más detallado de la situación social real en que se encuentra la población de Orosi de Cartago, esto con el fin de generar información que sea imprescindible para identificar el nivel de vulnerabilidad al que podría estar expuesta la población del sitio ante la ocurrencia de una emergencia debido a una amenaza por desastre natural.



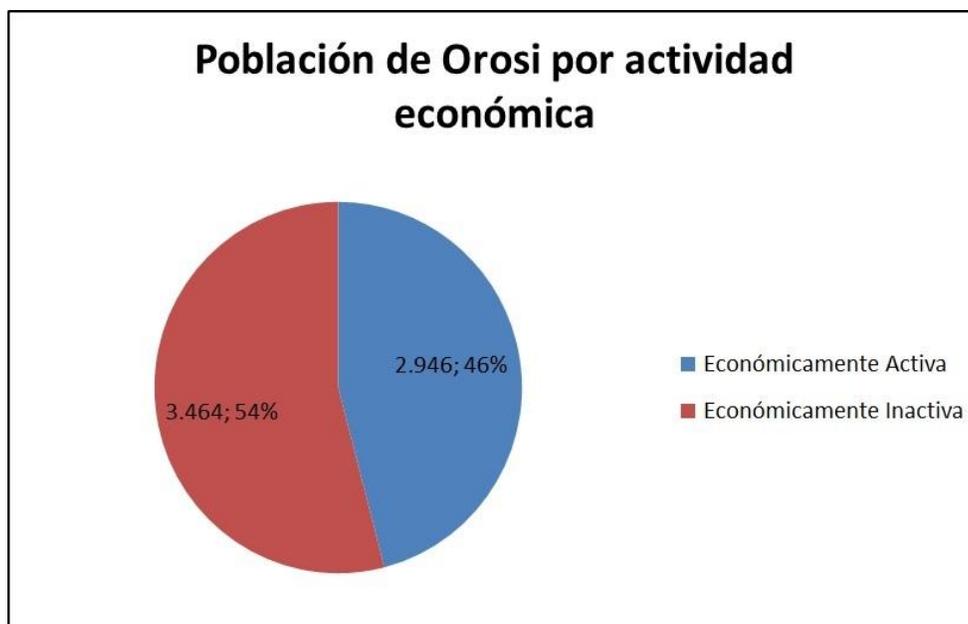
**Gráfico 4: Indicadores Sociales para el distrito de Orosi**

Por medio del gráfico mostrado, se puede observar que en lo que respecta al campo educativo, la mayoría de los habitantes del distrito de Orosi, poseen algún grado de escolaridad; solo apenas un 5,5% de la población es analfabeta. En cuestiones de salud, solo el 4,7% de la población padece algún tipo de discapacidad, lo que se debe tomar en cuenta a la hora que se dé una emergencia por desastre natural, ya que se debe dar una atención especializada para este tipo de población. Otro punto importante en lo que a salud se refiere, es que el 13,4% de la población no posee seguro social. Los aspectos antes citados, sobresalen como problemas sociales que son parte del distrito de Orosi, lo cual se debe tomar en cuenta para el análisis de la vulnerabilidad.

#### **4.3.4. Población y Actividad Económica**

Para llevar a cabo estudios que determinen el grado de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un desastre natural, es importante conocer las actividades económicas que desarrollan los habitantes de una zona específica. Esto con el fin de determinar las posibles pérdidas y la paralización de la

economía en el caso que ocurra una emergencia. Los siguientes gráficos detallan la actividad económica desarrollada por la población de Orosi.



**Gráfico 5: Situación de la población del distrito de Orosi en relación a la actividad económica**

El gráfico anterior indica que el 54% (3464) de la población se encuentra económicamente activa, esto quiere decir, que recibe algún tipo de salario, pensión, etc, o está en busca de trabajo, mientras el resto de la población, equivalente al 46% (2946) está en una situación económica inactiva, es decir, que están desempleados, son mujeres amas de casa, poseen alguna discapacidad física o también por limitaciones de la edad (ya sea porque son personas menores de 18 años o mayores de 60 años). En los gráficos No. 6 y No. 7 se detalla con más precisión, las situaciones económicas de la población de Orosi.

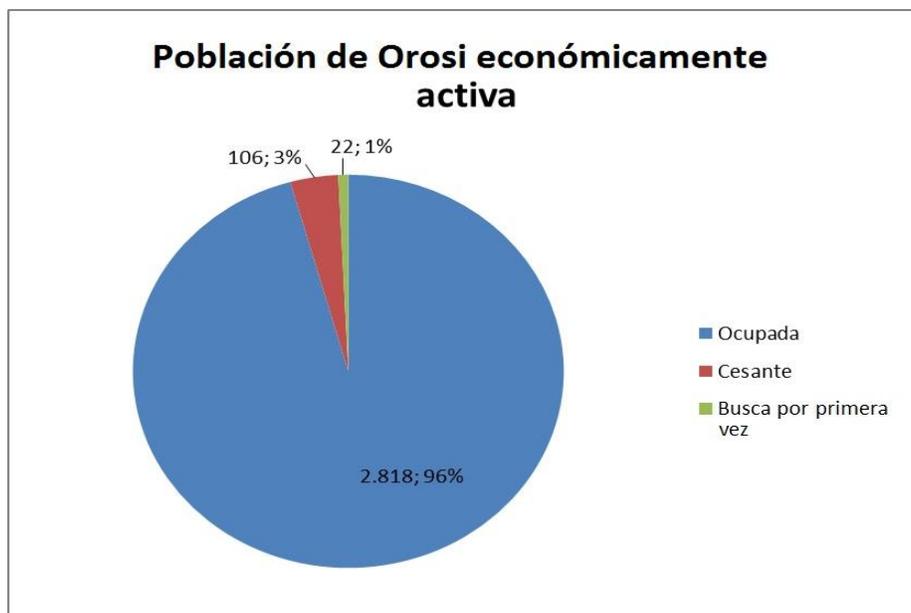


Gráfico 6: Población de Orosi que se encuentra económicamente activa

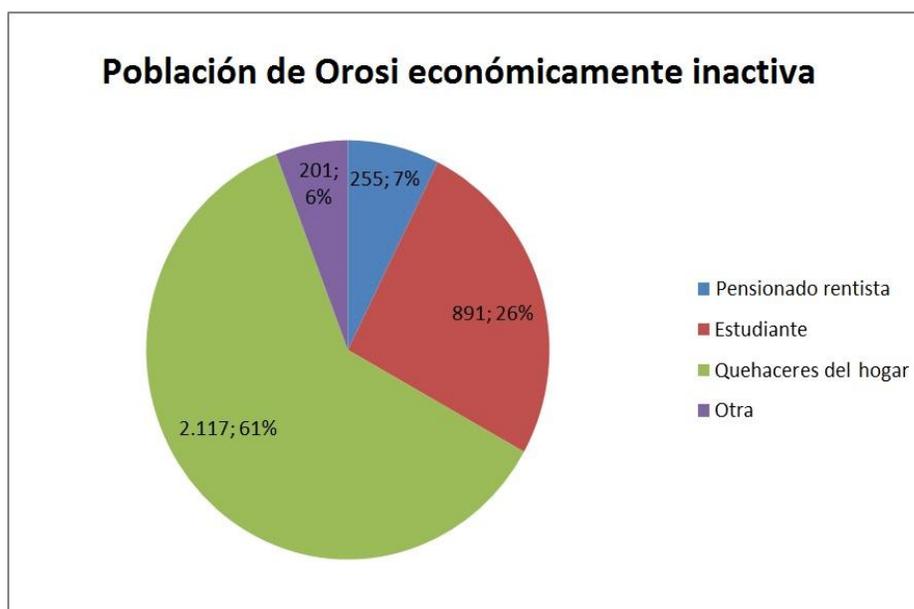


Gráfico 7: Población de Orosi que se encuentra económicamente inactiva

Además de la información señalada, cabe resaltar que las actividades económicas desarrolladas en el distrito de Orosi son diversas, entre estas se destaca la relacionada con la prestación de servicios públicos, ya que en esta zona se encuentra la Planta hidroeléctrica de Río Macho, además de un

plantel del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, lo cual aumenta la oferta de empleo.

Otro tipo de actividades económicas que se llevan a cabo en la zona son la agricultura, representada principalmente por el cultivo del café, el turismo, entre otras. En la zona de Jucó, además de la actividad económica generada también por las empresas de gobierno, también se vive económicamente de la actividad cafetalera. (Además, algunos habitantes de la zona, se desplazan a trabajar ya sea en el Centro de Orosi o en comunidades cercanas que pertenecen al distrito).

Es importante recalcar que gran parte de la población de Orosi está empleada, sin embargo, un porcentaje representativo de esos empleos, trabajan de forma temporal, esto debido a que también se dedican a actividades agrícolas, pues éstas solo generan empleo específicamente cuando es época de cosechas de cultivos (Parra, 2004).

#### **4.4. Metodología desarrollada para el análisis de vulnerabilidad ante sismos**

##### **4.4.1. Metodología elaborada para determinar el índice de vulnerabilidad**

Para llevar a cabo el análisis de vulnerabilidad sísmica del sitio de estudio (Jucó de Orosi), se elaboró una metodología llamada **“Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras”**, la cual tiene como objetivo principal determinar de manera rápida, la vulnerabilidad ante sismos, de edificaciones hechas en concreto reforzado, madera, mampostería estructural, acero y sistemas prefabricados (baldosas) por medio de la búsqueda de un índice de vulnerabilidad.

Esta metodología se hizo tomando como referencia otras metodologías ya desarrolladas como la **“Matriz de Análisis de Emplazamiento de Sitio a Amenazas Naturales y Socio-naturales para un Proyecto de Inversión en Costa Rica”** (ver en anexos) creada por el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), los formularios ATC-20 y FEMA-154, así como el estudio **“Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado”**,

realizado por el Ing. Roberto Aguiar Falconi y el Sr. Darío Bolaños, en el cual se explica el uso de la Metodología Italiana, además de métodos desarrollados por el Ing. Aguiar. Cabe mencionar que esta matriz (la realizada para el presente estudio) fue mostrada a varios profesionales con el fin de que la revisaran y la validaran y así poder contar con un criterio experto para poderla utilizar en la determinación del índice de vulnerabilidad para las estructuras de la zona de estudio.

En la matriz elaborada para este trabajo de investigación (la que se menciona en el primer párrafo de esta sección, 4.4.1), se evalúan 11 parámetros, subdivididos en diferentes variables en donde a cada una les corresponde una clase de vulnerabilidad que es calificada desde **muy alta** hasta **muy baja** y estas a su vez (de las clases de vulnerabilidad) van a tener un valor de 1 a 5. Este valor se pondrá de acuerdo al grado de peligrosidad que representan los parámetros y por consecuencia las variables, sobre las estructuras y edificaciones ubicadas en el área de estudio.

En la tabla No. 8, se muestra la matriz (metodología) que se elaboró y utilizó para la determinación del índice de vulnerabilidad de las estructuras (viviendas) y las edificaciones (uso comercial), el cual es indispensable para el cálculo de la amenaza. Esto se detallará en el capítulo cinco.

### ANÁLISIS VISUAL PARA LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESTRUCTURAS

	FECHA: _____
	INSPECTOR: _____
	ID DE CASA: _____
	DIRECCIÓN: _____
	_____
	DESCRIPCIÓN DE CASA: _____
	_____
	ÁREA APROXIMADA: _____

OPCIÓN REALIZAR DIBUJO ADICIONAL

PARÁMETRO	VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR	PONDERADOR (%)	ÍNDICE
Tipo de construcción utilizada en paredes externas	Adobe	Muy alta	5			
	Acero (perlín)	Alta	4			
	Madera	Media	3			
	Prefabricado	Baja	2			
	Concreto reforzado	Muy baja	1			
Tipo de construcción utilizada en paredes internas	Mampostería	Muy baja	1			
	Adobe	Muy alta	5			
	Acero (perlín)	Alta	4			
	Madera	Media	3			
	Prefabricado	Baja	2			
Estado de la configuración estructural de la construcción	Concreto reforzado	Muy baja	1			
	Mampostería	Muy baja	1			
	Muy malo	Muy alta	5			
	Malo	Alta	4			
	Regular	Media	3			
Tipo de construcción utilizada en el techo (la vulnerabilidad se toma en cuenta con respecto al peso de la estructura del techo)	Bueno	Baja	2			
	Muy bueno	Muy baja	1			
	Estructura de acero con cubierta de teja (barro)	Muy alta	5			
	Estructura de madera, cubierta de teja (barro)	Alta	4			
	Estructura de acero, cubierta de lámina de asbesto	Media	3			
	Estructura de madera, cubierta de lámina de asbesto	Baja	2			
Existencia de cimientos	Estructura de acero con cubierta de lámina de zinc	Muy baja	1			
	Estructura de madera con cubierta de lámina de zinc	Muy baja	1			
Edad de construcción de la estructura	Si	Muy alta	5			
	No	Muy baja	1			
	Más de 25 años	Muy alta	5			
	20 – 25 años	Alta	4			
	10 – 15 años	Media	3			
	5 – 10 años	Baja	2			
Número de pisos	0 – 5 años	Muy baja	1			
	Más de 4	Muy alta	5			
	4	Alta	4			
	3	Media	3			
	2	Baja	2			
Altura de la estructura	1	Muy baja	1			
	Más de 7 mts	Muy alta	5			
	6 - 7 mts	Alto	4			
	5 - 6 mts	Media	3			
	4 - 5 mts	Baja	2			
Número de personas que habitan la estructura	3 - 4 mts	Muy baja	1			
	Más de 7	Muy alta	5			
	5-7	Alto	4			
	3-5	Media	3			
	2-3	Baja	2			
Estado de conservación de la estructura	1-2	Muy baja	1			
	Muy malo	Muy alta	5			
	Abandonado	Alto	4			
	Regular	Media	3			
	Bueno	Baja	2			
Pendiente promedio del terreno (%)	Muy bueno	Muy baja	1			
	Mayor a 60%.	Muy alta	5			
	30 - 60%.	Alto	4			
	15 - 30%.	Media	3			
	8 - 15%.	Baja	2			
	0 - 8%.	Muy baja	1			
<b>TOTAL:</b>						

Tabla 8: Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras

De acuerdo a la tabla antes mostrada, a continuación se detallará en forma general, la manera de aplicación de la matriz y además se explicará cada parámetro y lo que cada uno conlleva.

#### **4.4.1.1 Información general de la metodología propuesta**

En esta parte de la metodología aplicada, se indicará la información general de la edificación o estructura que se evalúa como la fecha en que se llevó a cabo la aplicación de la matriz, el nombre de la persona evaluadora, el No. de la casa o edificación así como la dirección y la descripción de la misma y por último, el área aproximada de estas. Además se denota un área dentro de la matriz en donde se hace un croquis de la edificación o estructura, cuando esta tenga un algún detalle relevante que mostrar (como irregularidad en planta o en elevación, etc).

#### **4.4.1.2. Información aplicada a las estructuras o edificaciones**

Esta información es la relacionada con el parámetro, variable, clase de vulnerabilidad, puntaje, valor, porcentaje de ponderación e índice de vulnerabilidad. A continuación se detallarán cada uno de los parámetros, variables y clases de vulnerabilidad con sus respectivos puntajes. Lo concerniente al porcentaje de ponderación y al índice de vulnerabilidad se explicará más adelante.

#### **Parámetro No. 1: Tipo de construcción utilizada en paredes externas**

Este parámetro indica el material de construcción con el que están construidas las paredes externas de la vivienda (estructura) o edificación evaluada. En el siguiente cuadro, se muestran las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro, así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No. 1: Tipo de construcción utilizada para paredes externas**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Adobe	Muy alta	5	
Acero (perlin)	Alta	4	
Madera	Media	3	
Prefabricado	Baja	2	
Concreto reforzado	Muy baja	1	
Mampostería	Muy baja	1	

**Parámetro No. 2: Tipo de construcción utilizada en paredes internas**

Este parámetro al igual que el anterior, indica el material de construcción con el que están hechas las paredes internas de la vivienda (estructura) o edificación evaluada, el cual es importe, ya que dependiendo del peso del material y de la cantidad de personas que habitan la edificación, se determina el grado de amenaza y vulnerabilidad que pueda influir en el mismo en caso de que ocurra un sismo. En el siguiente cuadro, se muestran las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No. 2: Tipo de construcción utilizada para paredes internas**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Adobe	Muy alta	5	
Acero (perlin)	Alta	4	
Madera	Media	3	
Prefabricado.	Baja	2	
Concreto reforzado	Muy baja	1	
Mampostería	Muy baja	1	

**Parámetro No. 3: Estado de la configuración estructural de la construcción**

Este parámetro indica el tipo de configuración geométrica que tiene la estructura o edificación, esto quiere decir, la configuración en planta o en elevación que presenta. En el caso de la configuración en planta, cuando en la planta se presenta una forma regular (cuadrados, círculos, triángulos con lados iguales, etc), se considera esta configuración dentro de la variable **“Muy buena”**. Cuando esta ya pierda un poco la regularidad y sea tipo rectángulo, trapecio, entre otras, la variable que se

utilizará es la de **“Buena”**. Cuando la planta ya sea un poco irregular y dependiendo del grado de la misma, las variables que se usarán serán las de **“Regular”, “Mala”** y **“Muy Mala”**. En la figura No. 44, se mostrarán las diferentes configuraciones en planta.

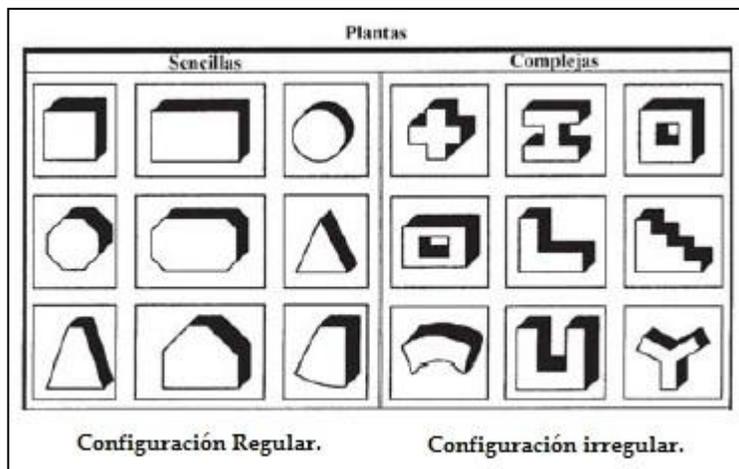


Figura 44: Configuración en planta de las estructuras. (Fuente: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320\\_7b.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf))

En el caso de la configuración en elevación, cuando en la elevación (fachada) presenta una forma regular (en forma de rectángulo), se considera esta configuración dentro de la variable **“Muy buena”**. Cuando esta ya pierda un poco la regularidad (tipo trapecio, triangular, etc.), la variable que se utilizará es la de **“Buena”**. Cuando la planta ya sea un poco irregular y dependiendo del grado de la misma, las variables que se usarán serán las de **“Regular”, “Mala”** y **“Muy Mala”**. En la figura No. 45, se detallarán las diferentes configuraciones en elevación.

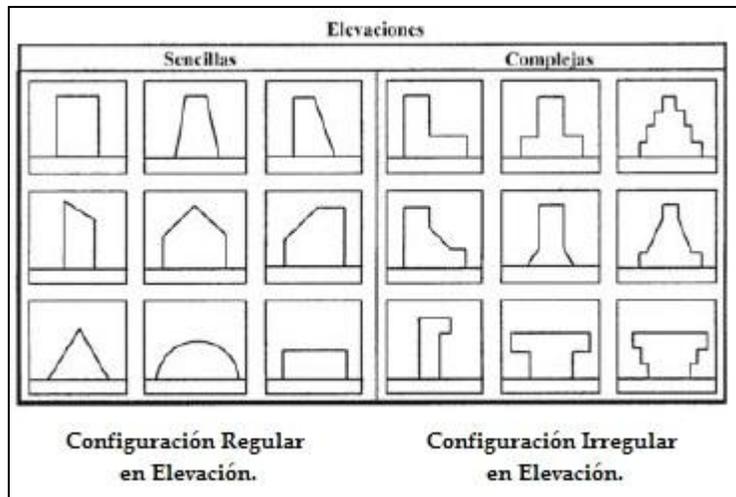


Figura 45: Configuración en elevación de las estructuras. (Fuente: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320\\_7b.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320_7b.pdf))

En el siguiente cuadro, se muestran las variables antes señaladas, así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

Cuadro No. 3: Estado de la configuración estructural de la construcción

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Muy mala	Muy alta	5	
Mala	Alta	4	
Regular	Media	3	
Buena	Baja	2	
Muy buena	Muy baja	1	

**Parámetro No. 4: Tipo de construcción utilizada en el techo**

Este parámetro indica el tipo de estructura y los materiales que conforman el techo de la vivienda o edificación a evaluar. A continuación, por medio del siguiente cuadro, se detallan las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No. 4: Tipo de construcción utilizada en el techo**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Estructura de acero con cubierta de teja (barro)	Muy alta	5	
Estructura de madera, cubierta de teja (barro)	Alta	4	
Estructura de acero, cubierta de lámina de asbesto	Media	3	
Estructura de madera, cubierta de lámina de asbesto	Baja	2	
Estructura de acero con cubierta de lámina de zinc	Muy baja	1	
Estructura de madera con cubierta de lámina de zinc	Muy baja	1	

**Parámetro No. 5: Existencia de cimientos**

Este parámetro indica la existencia o no de cimientos en la estructura o edificación a evaluar. A continuación, en el cuadro No. 5, se muestran las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No. 5: Existencia de cimientos**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
No	Muy alta	5	
Si	Muy baja	1	

**Parámetro No. 6: Edad de construcción de la estructura**

Este parámetro indica el tiempo aproximado que tiene la edificación de haber sido construida. En el siguiente cuadro, se señalan las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No. 6: Edad de construcción de la estructura**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Más de 25 años	Muy alta	5	
20 - 25 años	Alta	4	
10 - 15 años	Media	3	
5 - 10 años	Baja	2	
0 - 5 años	Muy baja	1	

**Parámetro No. 7: Número de pisos**

Este parámetro indica la cantidad de pisos o niveles con las que cuenta la estructura. En el cuadro No. 7, se detallan las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No.7: Número de pisos**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Más de 4	Muy alta	5	
4	Alta	4	
3	Media	3	
2	Baja	2	
1	Muy baja	1	

**Parámetro No. 8: Altura de la estructura**

Este parámetro indica la altura que tiene la estructura evaluada. En algunos casos, hay edificaciones o viviendas de solo un nivel que tienen paredes con alturas mayores a 2,50 m, así como algunas tienen la estructura de techo con alturas mayores a un metro. Es por ello, que no se debe confundir la altura de la estructura con el número de niveles, ya que, como se mencionó anteriormente, hay edificaciones o estructuras de un nivel con una altura total hasta de 4 mts (incluyendo la altura de la estructura de techo). En el cuadro No. 8, se describen las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No.8: Altura de la estructura**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Más de 7 mts	Muy alta	5	
6 - 7 mts	Alto	4	
5 - 6 mts	Media	3	
4 - 5 mts	Baja	2	
3 - 4 mts	Muy baja	1	

**Parámetro No. 9: Número de personas que habitan la estructura**

Este parámetro se refiere a la cantidad total de personas que habitan una vivienda o edificación. En el cuadro No. 9, se detallan las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No.9: Número de personas que habitan la estructura**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Más de 7	Muy alta	5	
5-7	Alto	4	
3-5	Media	3	
2-3	Baja	2	
1-2	Muy baja	1	

**Parámetro No. 10: Estado de conservación de la estructura**

Este parámetro indica el estado de conservación en que se encuentra la estructura o edificación a la hora de ser evaluada, lo cual, permite conocer a su vez, qué tan preparada está la misma para soportar los movimientos generados por un sismo. Entre mejor conservada esté una vivienda o edificación, más capacidad de absorber los daños provocados por un sismo va a tener. A continuación, por medio del cuadro No. 10, se señalan las variables que se van a utilizar para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No.10: Estado de conservación de la estructura**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Muy malo	Muy alta	5	
Abandonado	Alto	4	
Regular	Media	3	
Bueno	Baja	2	
Muy bueno	Muy baja	1	

**Parámetro No. 11: Pendiente promedio del terreno**

Por medio de este parámetro, se indica la pendiente del terreno en la que se ubica la estructura. Entre más alta sea una pendiente, más riesgos va a haber a que ocurran otros eventos producto de un sismo, como es el caso de los deslizamientos de materiales. En este caso, las estructuras que corren más riesgo, son las que están ubicadas en zonas menos inclinadas. En el cuadro No. 11, se muestran las variables que se tomaron en cuenta para analizar este parámetro así como la clase de vulnerabilidad y el puntaje de cada una de ellas.

**Cuadro No.11: Pendiente promedio del terreno**

VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR
Mayor a 60%.	Muy alta	5	
30 - 60%.	Alto	4	
15 - 30%.	Media	3	
8 - 15%.	Baja	2	
0 - 8%	Muy baja	1	

**4.4.1.3. Valor aplicado a cada parámetro**

El valor correspondiente para cada parámetro va a depender de las variables, pues estas se rigen por características como el peso que pueda ejercer un material de construcción sobre la estructura como es el caso de las paredes y el techo, ya que entre mayor sea el peso del material, más riesgo puede haber en que haya víctimas de gravedad dentro de una estructura ante la ocurrencia de un sismo. Como se acaba de mencionar, el valor que se le colocará a cada parámetro será de acuerdo a

la variable y a la clase de vulnerabilidad de esta, las cuales van ligadas entre sí. El mismo estará sujeto según a las características más relevantes de cada uno, ya que cualquier sistema constructivo hecho en Costa Rica, se realiza de acuerdo a lo que se estipula en el Código Sísmico de Costa Rica.

#### **4.4.1.4. Porcentaje de ponderación para la metodología aplicada**

Para establecer el porcentaje de ponderación de la metodología desarrollada para el presente estudio, dado que esta fue creada exclusivamente para el mismo, se estipularon primeramente porcentajes de 1% a 10% para cada parámetro según la importancia de cada uno ante la posible ocurrencia de un sismo, los cuales deben sumar 100% en total. Luego se procedió a consultar a ingenieros civiles expertos en la materia para que ellos dieran un porcentaje tomando en consideración lo antes mencionado. Después de llevado acabo lo anterior, se sumaron los porcentajes de los profesionales involucrados (fueron consultados cuatro) más el porcentaje que se le había establecido en primera instancia a la matriz (siendo sumados cinco criterios de ponderación). Seguidamente se procedió a sacar un promedio de todos los porcentajes y como resultado, se obtuvieron los porcentajes de ponderación que se indican a continuación por medio de la tabla No. 9.

<b>PORCENTAJES DE PONDERACIÓN.</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>PONDERADOR (%)</b>
Tipo de construcción utilizada en paredes externas	12,4
Tipo de construcción utilizada en paredes internas	10,4
Estado de la configuración estructural de la construcción	12,4
Tipo de construcción utilizada en el techo (la vulnerabilidad se toma en cuenta con respecto del peso de la estructura del techo)	7,0
Existencia de cimientos	13,4
Edad de construcción de la estructura	7,6
Número de pisos	7,6
Altura de la estructura	8,2
Número de personas que habitan la estructura	4,2
Estado de conservación de la estructura	9,0
Pendiente promedio del terreno (%)	7,8
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Tabla 9: Porcentajes de ponderación establecidos para la “Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras”**

Una vez realizado el proceso descrito, se equipara esta metodología con otra ya existente. Para este caso, se tomó como referencia la “Metodología (Método) Italiana para cálculo de índices de vulnerabilidad”, la cual está descrita en el documento “Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado”, elaborado por el Ing. Roberto Aguiar Falconi. De ella se utilizó la tabla 1 que se encuentra en dicho documento y que se mostrará por medio de la siguiente tabla.

PARÁMETRO	Clase Ki			Wi
	A	B	C	
1. Organización del Sistema Resistente	0	6	12	1.00
2. Calidad del Sistema Resistente	0	6	12	0.50
3. Resistencia Convencional	0	11	22	1.00
4. Posición del Edificio y cimentación	0	2	4	0.50
5. Losas	0	3	6	1.00
6. Configuración en planta	0	3	6	0.50
7. Configuración en elevación	0	3	6	1.00
8. Conexión elementos críticos	0	3	6	0.75
9. Elementos de baja ductilidad	0	3	6	1.00
10. Elementos no estructurales	0	4	10	0.25
11. Estado de Conservación	0	10	20	1.00

Tabla 10: Parámetros considerados en la Metodología Italiana. (Fuente: Tabla No. 1 del documento “Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado”)

Como se muestra en la tabla anterior, la Metodología Italiana se compone por 11 parámetros, cuya calificación dependerá de alguna de las clases que se detallan en la tabla 11. Estas clases se clasifican de la siguiente manera:

**Clase A:** En esta clase se ubican las estructuras o edificaciones que poseen un sistema constructivo muy bien confinado y que cumple con todas las expectativas a nivel estructural, según se establece en el Método Italiano.

**Clase B:** En esta clase, están las estructuras que no cumplen con los requisitos de la categoría A, de acuerdo a lo estipulado en el Método Italiano.

**Clase C:** Pertenecen a esta clase, las estructuras o edificaciones que no se encuentran dentro de las clases A y B.

Para calcular el índice de vulnerabilidad con este método, primero, por medio de una revisión visual y de acuerdo con los parámetros establecidos, se determina la clase a la que pertenece la estructura, luego se colocan los valores a cada parámetro y después cada uno de ellos se multiplica

por un peso  $W_i$  (ponderador). Al final se suman todos los resultados y así se obtiene el índice de vulnerabilidad para las estructuras.

Para el caso de la “**Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras**” (creada exclusivamente para el presente trabajo de investigación), se establecieron cuatro clases para lograr equiparar esta metodología con la italiana, las cuales se mencionan a continuación:

**Clase A:** En esta clase al igual que en el Método Italiano, se ubican las estructuras o edificaciones que poseen un sistema constructivo muy bien confinado y que cumple con todas las expectativas a nivel estructural. El valor de todos los parámetros tiene que ser igual a uno (1) para que la estructura o edificación se considere dentro de esta clase.

**Clase B:** Se consideran para esta clase, las estructuras con sistemas constructivos de mampostería y concreto reforzado que no cumplen con las especificaciones de la clase A.

**Clase C:** Pertenecen a esta clase, las estructuras y edificaciones construidas en madera y sistemas prefabricados que no cumplen con las especificaciones de la clase A.

**Clase D:** En esta clase se van a ubicar las estructuras con sistemas constructivos de bahareque, sistemas constructivos donde haya combinación de materiales y las que se encuentran en mal estado. Además, estas no cumplen con las especificaciones de las clases A, B y C.

Después de haber establecido las clases, se procede a definir el ponderador (peso) para cada una de ellas, el cual se determinó tomando en cuenta los porcentajes de ponderación de la tabla 9, los valores máximos (en este caso el valor máximo es 5) de los parámetros de la matriz mostrada en la tabla 8 y los valores de las clases multiplicadas por  $W_i$  de la Metodología Italiana. En la siguiente tabla, se muestran los valores que se obtuvieron tomando en cuenta la información mencionada.

<b>PONDERACIÓN SEGÚN LA CLASE DE LAS ESTRUCTURAS</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Tipo de construcción utilizada en paredes externas	0,0	1,1	2,2	4,5
Tipo de construcción utilizada en paredes internas	0,0	0,9	1,9	3,7
Estado de la configuración estructural de la construcción	0,0	1,1	2,2	4,5
Tipo de construcción utilizada en el techo (la vulnerabilidad se toma en cuenta con respecto al peso de la estructura del techo)	0,0	0,6	1,3	2,5
Existencia de cimientos	0,0	1,2	2,4	4,8
Edad de construcción de la estructura	0,0	0,7	1,4	2,7
Número de pisos	0,0	0,7	1,4	2,7
Altura de la estructura	0,0	0,7	1,5	3,0
Número de personas que habitan la estructura	0,0	0,4	0,8	1,5
Estado de conservación de la estructura	0,0	0,8	1,6	3,2
Pendiente promedio del terreno (%)	0,0	0,7	1,4	2,8

**Tabla 11: Ponderación establecida para las clases de las estructuras que se utilizará junto con la “Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras”**

Luego de que se obtienen los valores de ponderación, se procede a multiplicar estos por los valores de cada parámetro estableciendo un índice para cada uno y luego se suman todos los resultados, obteniendo el índice total y final para cada estructura.

#### **4.4.2. Metodología desarrollada para el análisis de vulnerabilidad ante deslizamientos**

El análisis de vulnerabilidad ante deslizamientos se hará por medio de la determinación del daño (porcentaje de daño) que se podría llevar a cabo debido al deslizamiento de materiales sobre las estructuras y edificaciones del sector de Jucó de Orosi. El material deslizable proviene de las áreas con pendientes pronunciadas (montañas) cercanas o que están alrededor de estas (de las estructuras).

Para poder establecer el porcentaje de daño, se llevará a cabo el siguiente procedimiento de cálculo:

- a) Primero, se debe calcular la aceleración máxima ( $a_{m\acute{a}x}$ ) necesaria para que durante un sismo, se produzca un deslizamiento. Esta aceleración se determinará por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{a_{max}}{g} = \left[ \frac{c_d}{c} \left( F_s - \frac{\tan\phi}{\tan\alpha} \right) + \frac{\tan\phi}{\tan\alpha} - 1 \right] \div \left( \frac{1}{\tan\alpha} + \tan\phi \right) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

$\alpha$ = Ángulo de inclinación del talud.

$\phi$ = Ángulo de fricción.

$c$ = Cohesión estática.

$c_d$ = Cohesión dinámica.

$g$ = Aceleración de la gravedad.

$F_s$ = Factor de Seguridad, el cual está dado por:

$$F_s = \frac{\gamma_b}{\gamma} \times \left( \frac{\tan\phi}{\tan\alpha} \right) + \frac{c}{\gamma H \cos\alpha \sin\alpha} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Donde,

$\alpha$ = Ángulo de inclinación del talud.

$\phi$ = Ángulo de fricción.

$\gamma$ = Peso unitario del suelo.

$\gamma_b$ = Peso unitario sumergido del suelo.

**c**= Cohesión estática.

**H**= Profundidad de la falla.

- b) Luego de haber obtenido la aceleración máxima, se determina el valor del Factor de Seguridad (Fsd) que debe tener contemplada la aceleración antes calculada. Este Fsd se debe calcular como se indica a continuación:

$$Fsd = \frac{\sum [wtan\phi + c_d l \cos\alpha] + [\cos^2 \alpha (1 + tan\alpha \times tan\phi + F_d)]}{\sum \left[ wtan\alpha + \frac{a_{max}}{g} w \right]} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde:

**w**= Peso de la masa deslizada.

**l**= Longitud del plano de falla.

- c) Después de haber calculado el FS, se hace la división de 1/FS para poder colocar este resultado en una curva de fragilidad, por medio de la cual se obtiene el valor del porcentaje del daño estructural que provocaría la influencia del deslizamiento en las estructuras y edificaciones. Este mismo resultado se coloca en una curva de fragilidad para vulnerabilidad humana, obteniendo así el porcentaje de víctimas que produciría este evento natural (el deslizamiento).

## CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA EL CASO DE SISMOS

### 5.1. Amenaza por sismos para la zona de estudio

#### 5.1.1. Tipos de amenaza sísmica

Según un estudio realizado por geólogos de la UCR<sup>17</sup>, la amenaza sísmica en la zona de Orosi es de tipo tectónico y sismológico.

La amenaza de tipo tectónico, involucra sistemas de fallamiento y fracturación neotectónicos activos, y la de tipo sismológico, involucra la sismicidad del área, la cual ha provocado terremotos en el pasado reciente.

##### 5.1.1.1. Amenaza tectónica. Geología estructural

Haciendo mención al estudio antes referenciado, el área de Orosi está afectada por tres sistemas de fallas muy complejos; Sistema Navarro, Orosi y Aguacaliente. Estos sistemas presentan morfología típica de zonas de fallas como bloques facetados, terrazas levantadas, cerros relictos y distorsión del patrón de drenaje, así como contactos litológicos anómalos (por falla), ganchos de falla y zonas de fallas.

##### Sistema Navarro

Está constituido por un fuerte lineamiento de rumbo Este-Oeste, en un sistema tectónico compresivo. La falla principal es normal con desplazamiento de rumbo lateral izquierdo, en donde el bloque norte está hundido respecto del bloque sur y con un desplazamiento de este último hacia

---

<sup>17</sup> Los geólogos involucrados en la recopilación de datos y elaboración de este estudio son Luis Salazar, Luis Obando y Rolando Mora de la Escuela Centroamericana de Geología de la UCR. El estudio se llama "Acueducto Metropolitano, tramo Embalse El Llano-Río Navarro" (1992) y se utilizó para la realización de las subsecciones 5.2.1, 5.2.1.1 y 5.2.1.2 de la sección 5.2.

el este. El arrastre normal está representado por facetas triangulares, las cuales indican un movimiento relativo del ascenso del bloque sur respecto del bloque norte. El movimiento transversal está evidenciado por cerros aislados típicos para este tipo de fallas, así como un desplazamiento (sinistral) del contacto entre las formaciones Pacacua y San Miguel.

### **Sistema Agua Caliente**

Es un sistema oblicuo. Se trata de una tectónica compresiva de dirección noroeste y este-oeste que genera fallas de desplazamiento de rumbo sinistral de carácter inverso.

En la actualidad, el bloque noroeste, se está levantando, debido a los esfuerzos compresivos y las evidencias del mismo son las terrazas, no pareadas levantadas alrededor de 20 m, en el sector noreste del Río Aguacaliente, así como el basculamiento hacia el noreste de las lavas del Miembro Paraíso.

### **Sistema Orosi.**

Se constituye como el sistema de más envergadura del área, ya que está formado por una zona de falla que llega a alcanzar más de 1 km de ancho, sobre la cual se asienta la Ciudad de Orosi y la casa de máquinas de Río Macho. Además, se trata de una falla normal donde el bloque este está deprimido.

La zona es rica en evidencias morfológicas y geológicas, como lo son los cerros aislados, bloques facetados, fuentes termales y contactos por falla.

Unido a este sistema tectónico, se encuentra asociado un sistema de rumbo sureste-este de fallas principalmente transcurrentes en el bloque levantado (bloque oeste de la falla principal), así como algunas inversas en respuesta al carácter compresivo de la región.

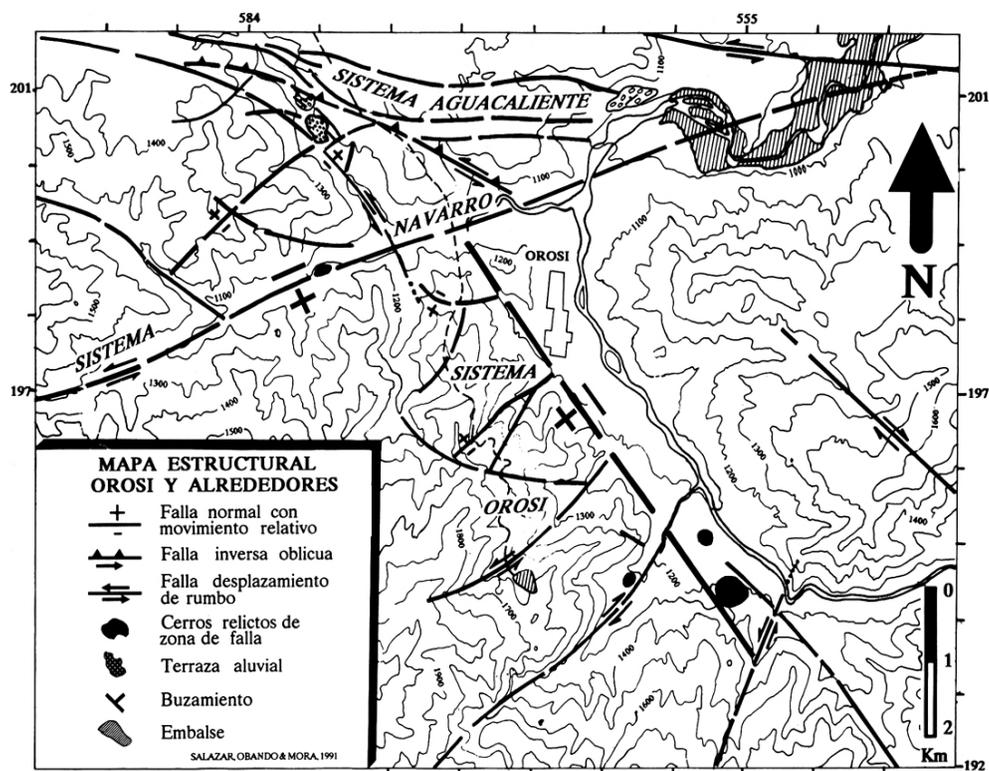


Figura 46: Mapa estructural de Orosi y alrededores. (Fuente: Revista Geológica de América Central, 1992)

### 5.1.1.2. Amenaza sísmológica. Peligrosidad sísmica

En el pasado, el sistema Aguacaliente provocó dos sismos de gran importancia, uno en 1910 y el otro en 1951, los cuales fueron de  $M < 6$ . El sismo de 1910 destruyó la ciudad de Cartago y el de 1951, produjo daños en la ciudad de Orosi. En la actualidad, el sistema presente pequeños sismos que la confirman como zona sísmica activa.

El Sistema Navarro, es el único que no ha tenido eventos de gran magnitud, pero desde la década de los ochenta se ha constituido como el más activo, con sismos que alcanzan magnitudes de hasta 4 grados.

#### Sismicidad de 1910

La ciudad de Cartago ha sido sacudida por terremotos en 1689, el 2 de setiembre de 1841, el 13 de abril de 1910 y el 4 de mayo de 1910, produciendo éste último, la mayor catástrofe sísmica ocurrida

en la historia de Costa Rica. Los daños se originaron principalmente en las ciudades de Cartago y Paraíso y en algunos poblados aledaños. La profundidad de este sismo fue de aproximadamente 8,9 km y la magnitud se ubicaba entre 4,5 y 6,3 grados. La causa fue la Falla Orosi-Aguacaliente, con rumbo de este-oeste, por donde la falla migró y provocó el sismo del 4 de mayo.

### Terremoto del 21 de agosto de 1951

Según estudios elaborados por profesionales de la UCR (ver nota al pie No. 4), la fuente sísmica de este evento fue la falla Aguacaliente-Orosi, cuyo epicentro se localiza cerca del poblado de Orosi. Este sismo produjo daños tanto en Orosi como en Paraíso. La intensidad general fue de VII y la puntual de VIII en la escala de MERCALLI-CANCANI modificada y con una profundidad menor de 20 km. La dirección de la onda sísmica fue de NNE a SSW. La magnitud del sismo fue mayor o igual que 5 y menor que 6.

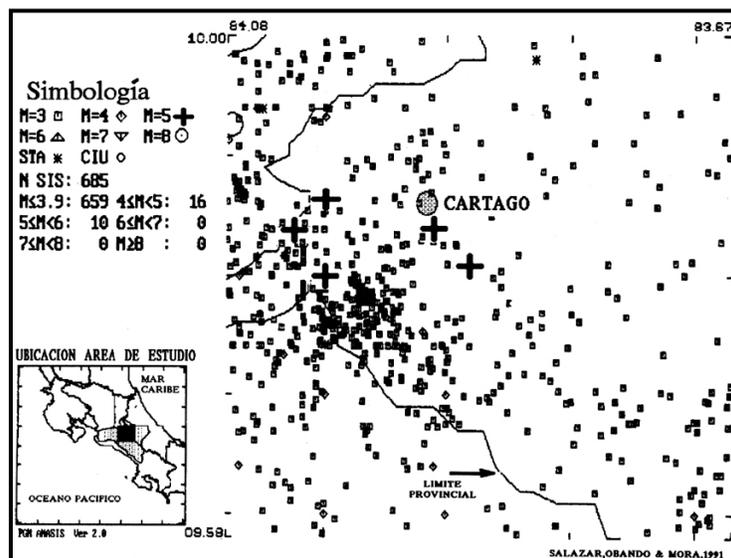


Figura 47: Sismos de la parte oriental del Valle Central (1821-1990). (Fuente: Revista Geológica de América Central, 1992)

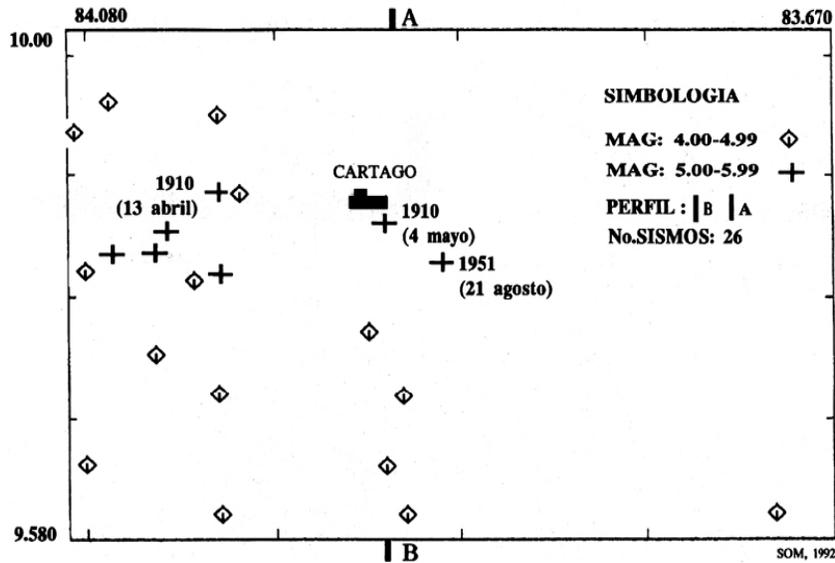


Figura 48: Mapa epicentral de magnitudes ( $m > 4$  y  $M < 6$ ), 1821-1990. Cartago y alrededores. (Fuente: Revista Geológica de América Central, 1992)

## 5.2. Macrozonificación sísmica

### 5.2.1. Definición de zonas fuente

En Costa Rica, las zonas fuente de sismo son de origen tectónico, ya que nuestro país se encuentra ubicado en la zona de interacción de las placas Cocos y Caribe, en el inicio de la zona de subducción. Cabe resaltar que además de las placas antes mencionadas, también son zonas fuente de sismo los sistemas de fallas geológicas (tectónicas) presentes en la zona de Orosi, las cuales son objeto necesario para determinar en la zona, la macrozonificación sísmica.

### 5.2.2. Caracterización de las zonas fuente

El proceso de subducción entre las placas Cocos y Caribe es el que produce sismos de grande y moderada magnitud que van desde 5,5 hasta 7,8  $M_w$  (Escuela de Geología, UCR, 2009). Para la zona de estudio, las magnitudes de los sismos que han influido en la misma, van desde  $M > 4$  y  $M < 6$ , en

donde la mayoría de estos han sido superficiales y han podido tener profundidades de hasta 97 km (choque de placas). (Salazar, 1992).

### 5.2.3. Aceleración máxima del suelo para un período de retorno de 500 años

La aceleración máxima del suelo es importante en el desarrollo del análisis de la amenaza sísmica. Es por ello que para la determinación de la aceleración, se utilizarán dos mapas de isoaceleraciones para establecer los datos de la aceleración pico efectiva del suelo en la zona de estudio.

En la figura 49, se presenta el mapa de isoaceleraciones planteado por Rojas, el cual muestra que la aceleración pico efectiva para la zona de Orosi, está entre un rango de 451 a 500 PGA (gal).

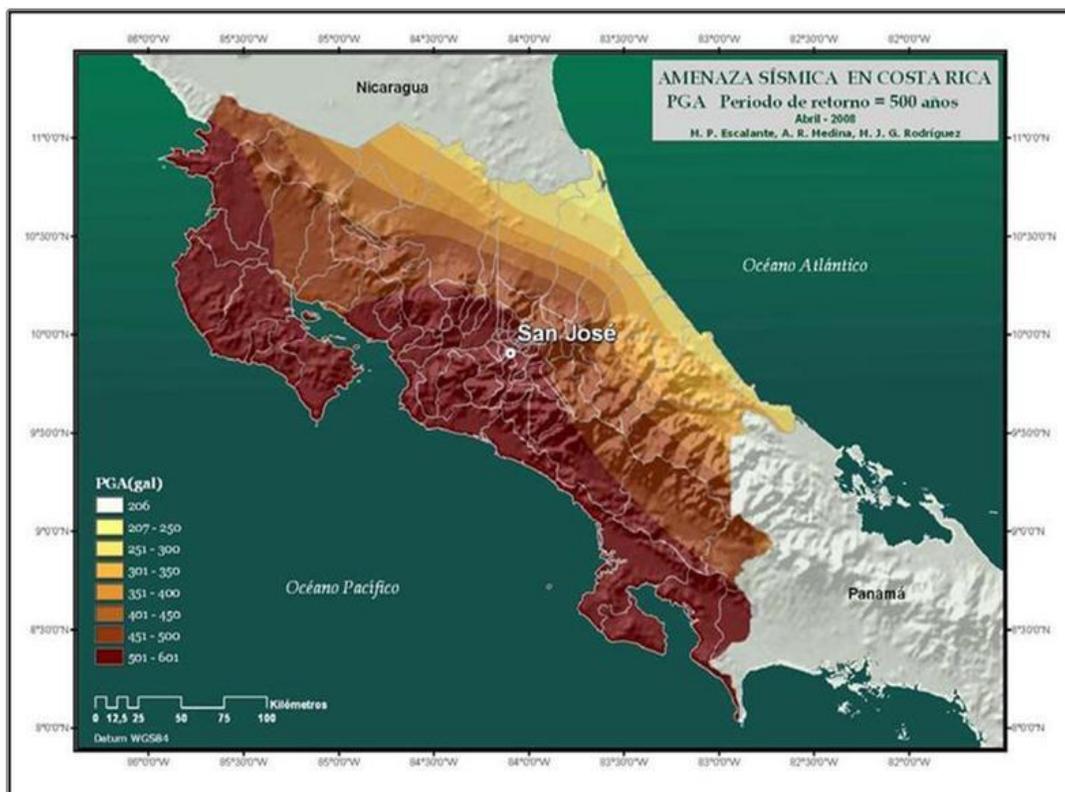


Figura 49: Mapa de isoaceleraciones para un período de retorno de 500 años. (Fuente: Rojas, 2009)

En la figura 50, correspondiente al mapa de isoaceleraciones propuesto por Schmidt, se muestra que la aceleración pico efectiva del suelo para la zona de estudio, está en un rango de 600 a 650 PGA (gal).

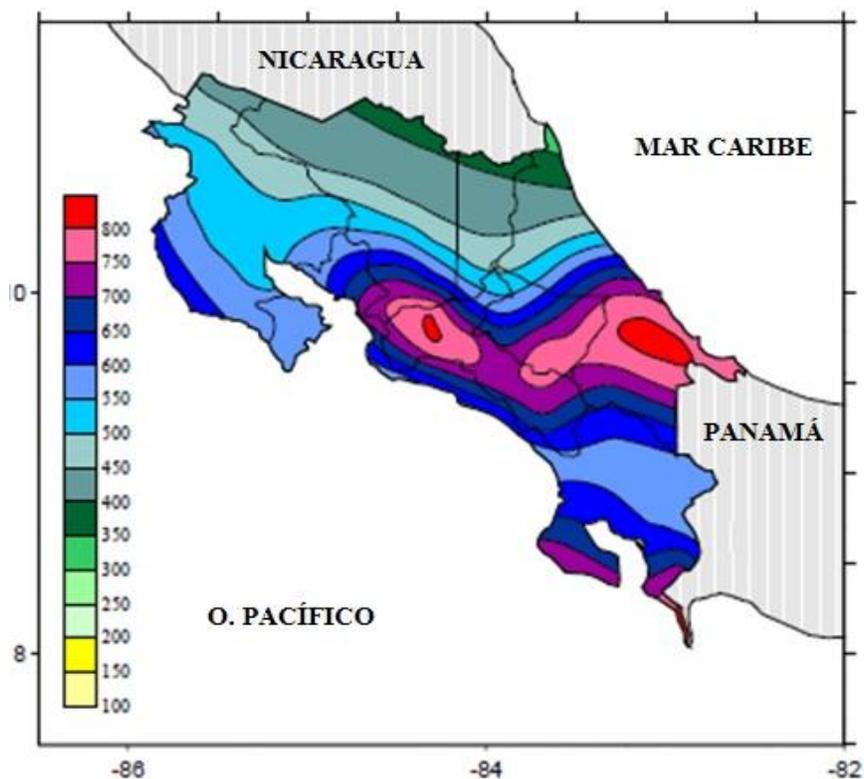


Figura 50: Mapa de isoaceleraciones para un período de retorno de 500 años, modelo de atenuación de Schmidt et al. (1997). (Fuente: Linkimer y Schmidt, 2002)

Además de la utilización de los mapas antes mencionados, la aceleración pico efectiva ( $a_{ef}$ ) se puede determinar por medio de algunas especificaciones detalladas en el Código Sísmico de Costa Rica-2002, las cuales se señalan a continuación:

**Zonificación Sísmica:** Costa Rica se divide en tres zonas sísmicas de sismicidad ascendente llamadas Zonas II, III y IV. Para la provincia de Cartago, en la cual se encuentra ubicado el sector de Jucó de Orosi, la zona sísmica se presenta en la siguiente tabla:

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
3. Cartago	1 Cartago	Todos	III
	2 Paraíso	Todos	III
	3 La Unión	Todos	III
	4 Jiménez	Todos	III
	5 Turrialba	Todos	III
	6 Alvarado	Todos	III
	7 Oreamuno	Todos	III
	8 El Guarco	Todos	III

Tabla 12: Zona sísmica para la provincia de Cartago. (Fuente: CSCR-2002)

**Sitios de cimentación:** Para considerar el efecto de las condiciones locales del suelo en la demanda sísmica, se establece la siguiente clasificación de los sitios de cimentación:

- **Sitio Tipo S1:** Un perfil de suelo con material semejante a la roca, caracterizado por una velocidad de onda cortante superior a 760 m/s o por otros medios adecuados de clasificación. También, el suelo puede ser rígido o denso con una profundidad menor de 50 m.
- **Sitio Tipo S2:** Un perfil de suelo con condiciones predominantes de medianamente denso a denso o de medianamente rígido a rígido, cuya profundidad excede los 50 m.
- **Sitio Tipo S3:** Un perfil de suelo con más de 6 m de arcilla, con consistencia de suave a medianamente rígida o de suelos no cohesivos de poca o media densidad. No incluye perfiles de más de 12 m de arcilla suave.
- **Sitio Tipo S4:** Un perfil de suelo caracterizado por una velocidad de onda cortante menor de 150 m/s o con más de 12 m de arcilla suave.

Para el caso de Jucó de Orosi, el tipo de Sitio de Cimentación va a ser S<sub>3</sub>.

### **Severidad Sísmica:**

- a) Son sismos severos aquellos cuya sacudida sísmica tiene una probabilidad de excedencia del 10% durante la vida útil de la estructura. Para una vida útil de 50 años, esto corresponde aproximadamente a sismos con un período de retorno de 500 años.
- b) Son sismos extremos aquellos cuya sacudida sísmica, expresada en términos de la aceleración pico efectiva de diseño, es 50% mayor a la de los sismos severos para el mismo sitio.
- c) Son sismos moderados aquellos cuya sacudida sísmica, expresada en términos de la aceleración pico efectiva de diseño, es 25% menor a la de los sismos severos para el mismo sitio.

**Aceleración pico efectiva de diseño:** Tomando en cuenta la información mencionada, el Código Sísmico de Costa Rica-2002 establece los siguientes valores de aceleración pico efectiva de diseño ( $a_{ef}$ ), para un período de retorno de 500 años, los cuales se muestran por medio de la siguiente tabla:

Tipo de sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S <sub>1</sub>	0.20	0.30	0.40
S <sub>2</sub>	0.24	0.33	0.40
S <sub>3</sub>	0.28	0.36	0.44
S <sub>4</sub>	0.34	0.36	0.36

**Tabla 13: Aceleración pico efectiva de diseño,  $a_{ef}$ , para un período de retorno de 500 años y diferentes zonas sísmicas y tipos de sitio. (Fuente: CSCR-2002)**

Teniendo en cuenta que Jucó está en la zona sísmica III y que el sitio de cimentación es de tipo S<sub>3</sub>, la aceleración pico efectiva de diseño va a ser 0,36.

La información mencionada, es de vital importancia para llevar a cabo el análisis de vulnerabilidad y amenaza, pero además, se deben establecer los escenarios de cálculo para el mismo, los cuales se detallan a continuación:

- **Escenario No. 1:** Mapa de isoaceleraciones para un período de retorno de 500 años de Rojas (Mostrado en Figura No. 49). Para este caso y de acuerdo al mapa, el valor de la aceleración pico efectiva ( $a_{ef}$ ) para este escenario es de 500 PGA (gal).
- **Escenario No. 2:** Mapa de isoaceleraciones para un período de retorno de 500 años de Schmidt (mostrado en Figura No. 50), según el cual, el valor de la aceleración pico efectiva ( $a_{ef}$ ) para este escenario es de 650 PGA (gal).
- **Escenario No. 3:** Especificaciones de severidad sísmica del Código Sísmico de Costa Rica-2002, con respecto a sismos extremos utilizando un **factor de importancia (i)** de **1,5**. La aceleración en este escenario es de 529,2 PGA (gal). (Ver cálculos en la sección 5.5.1.)
- **Escenario No. 4:** Especificaciones de severidad sísmica del Código Sísmico de Costa Rica-2002, con respecto a sismos severos (sismo de diseño) utilizando un **factor de importancia (i)** de **1**. La aceleración para este escenario corresponde a 352,8 PGA (gal). (Ver cálculos en la sección 5.5.1.)
- **Escenario No. 5:** Especificaciones de severidad sísmica del Código Sísmico de Costa Rica-2002, con respecto a sismos moderados utilizando un **factor de importancia (i)** de **0,75**. La aceleración en este escenario será de 264,6 PGA (gal). (Ver cálculos en la sección 5.5.1.)

### **5.3. Análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante sismos en el sector de Jucó de Orosi**

La amenaza sísmica a la que se expone la zona de estudio (Jucó) y como se mencionó en la sección 5.2.1 del presente capítulo, es de tipo tectónico y sismológico involucrándose los sistemas de fallas existentes en el sector, así como el historial sísmico al que ha estado sometido en años anteriores. Además de lo mencionado, Jucó es una zona que cuenta con topografía irregular, lo cual provoca que en las zonas de cresta de una loma o en un escarpe, los movimientos sísmicos se amplifiquen originando deslizamientos que atentan sobre la población del lugar.

Es por ello que este sector, es susceptible a una amenaza sísmica, y el estudio de la vulnerabilidad va a mostrar el riesgo que se podría dar si este se llevara a cabo (el sismo), el cual repercutiría en la infraestructura, edificaciones y población del mismo.

Para determinar esta amenaza, se definirá por medio de fotointerpretación, el área por estudiar, además de otros parámetros como la aceleración y la vulnerabilidad que son importantes para el desarrollo de la misma. En la imagen No. 6 se muestra lo irregular que es la topografía de la zona.



Imagen 6: Irregularidad de la topografía de Jucó de Orosi. (Foto del 6 de junio del 2011)

### **5.3.1. Fotointerpretación y definición del área de estudio**

Como se ha mencionado, la zona de estudio establecida es la comunidad de Jucó de Orosi, en la que a su vez, se ubican los ríos Jucó y Granados.

Esta zona cuenta con edificaciones hechas para uso comercial, educacional y religioso así como estructuras que son de uso habitacional (viviendas). Además cuenta con infraestructura establecida para las líneas vitales (abastecimiento de acueducto, electricidad, carreteras, etc). En la siguiente imagen, se muestra con más precisión la ubicación general del sector a analizar, la topografía y el uso del suelo.



Imagen 7: Ubicación del sector de Jucó de Orosi y su topografía. (Fuente: CNE, 2011)

Con base en la información anterior, se hará la evaluación de las estructuras y la infraestructura para determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo que podrían presentar estas, ante la amenaza sísmica en un momento determinado.

### **5.3.2. Evaluación de las estructuras por medio de la metodología propuesta ante un evento sísmico**

Para llevar a cabo la evaluación de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo que pueda provocar afectación sobre las estructuras, se utilizó la metodología mencionada en la sección 4.4.1 del capítulo 4, del presente estudio (**Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras**), por medio de la cual, se hace una revisión visual de cada estructura, luego se procede a evaluarla en dicha matriz, esto quiere decir, que después de haber visto la edificación, se

le da una calificación a cada parámetro, tomando en cuenta las variables de cada uno, para luego poder determinar índice de vulnerabilidad de la misma.

Para el caso de la zona de Jucó de Orosi, se evaluaron 133 viviendas, dos cabañas, una cabina, además de la escuela, el salón comunal y la iglesia de la zona. En total de 139 estructuras evaluadas, las cuales estaban hechas de sistemas constructivos simples (en los cuales todas las paredes externas e internas están hechas de un mismo material) y sistemas constructivos combinados (aquellos cuyas paredes externas e internas están construidas con diferente tipo de material). En la siguiente tabla, se detallan los sistemas constructivos que conforman las estructuras del sector de Jucó de Orosi y además, se mostrarán varias fotografías con algunas de las estructuras evaluadas.

<b>SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE CONFORMAN LAS ESTRUCTURAS DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>			
<b>Material de los sistemas simples</b>	<b>Cantidad de estructuras</b>	<b>Material de los sistemas combinados</b>	<b>Cantidad de estructuras</b>
Mampostería	34	Mampostería y madera	12
Prefabricado	27	Mampostería y prefabricado	6
Madera	44	Concreto y madera	9
Acero	1	Prefabricado y acero	2
Concreto	4	<b>Total final=</b>	<b>139</b>

**Tabla 14: Sistemas constructivos que conforman las estructuras de Jucó de Orosi**



**Imagen 8: Iglesia de Jucó de Orosi. (Foto del 6 de junio del 2011)**



**Imagen 9: Escuela de Jucó de Orosi. (Foto del 5 de diciembre del 2011)**



**Imagen 10: Iglesia y salón comunal de Jucó de Orosi. (Foto del 5 de diciembre del 2011)**



**Imagen 11: Cabina de concreto reforzado ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011)**



**Imagen 12:** Cabaña de madera ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011)



**Imagen 13:** Vivienda construida en sistema prefabricado. (Foto del 5 de diciembre del 2011)



**Imagen 14: Vivienda de madera ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011)**



**Imagen 15: Vivienda de mampostería ubicada en la zona de estudio. (Foto del 5 de diciembre del 2011)**

#### **5.4. Determinación del índice de vulnerabilidad para las estructuras**

Después de haber aplicado la metodología desarrollada (ver tabla 8 de la página 86 del capítulo 4) a cada estructura de la zona de estudio, y teniendo las calificaciones de cada parámetro (en total son 11), se procede a multiplicar cada resultado por un valor de ponderación, el cual se detalla en la tabla No. 9 que se encuentra en el capítulo 4 del presente trabajo. Este valor de ponderación va a depender del material del que está constituido el sistema constructivo de cada edificación.

Luego de haber realizado el procedimiento anterior, se obtiene un valor de índice de vulnerabilidad para cada parámetro. Estos valores se deben sumar y como resultado se tiene el valor total del índice de vulnerabilidad de cada estructura. A continuación se mostrará un ejemplo donde se detalla con más claridad lo antes mencionado. En éste se indica el análisis realizado a la estructura No. 46 de las 139 evaluadas, la cual corresponde a una vivienda de concreto y madera (sistema constructivo combinado), donde se dio un valor a cada parámetro, de acuerdo a lo que evidenciaba dicha edificación. Luego, como se indicó anteriormente, se multiplican los valores de cada parámetro por un porcentaje de ponderación, que para este caso, se utilizó el que se describe en el capítulo 4, correspondiente a la clase D, ya que es un sistema combinado, y que además, se muestra en la tabla No. 11 de dicho capítulo.

En la tabla 15, se detalla el ejemplo antes indicado.

<b>VULNERABILIDAD DE VIVIENDA No. 46.</b>				
<b>No.</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Índice</b>
1	Tipo de construcción utilizada en paredes externas	1	4,5	4,5
2	Tipo de construcción utilizada en paredes internas	4	3,7	15,0
3	Estado de la configuración estructural de la construcción	3	4,5	13,4
4	Tipo de construcción utilizada en el techo (la vulnerabilidad se toma en cuenta respecto del peso de la estructura del techo)	1	2,5	2,5
5	Existencia de cimientos	1	4,8	4,8
6	Edad de construcción de la estructura	3	2,7	8,2
7	Número de pisos	2	2,7	5,5
8	Altura de la estructura	3	3,0	8,9
9	Número de personas que habitan la estructura	3	1,5	4,5
10	Estado de conservación de la estructura		3,2	9,7
11	Pendiente promedio del terreno (%)	5	2,8	14,0
<b>Σ=</b>			<b>36</b>	<b>91,0</b>

**Tabla 15: Determinación del índice de vulnerabilidad realizado a la estructura No. 46 de las 139 evaluadas**

Después de haber explicado por medio del ejemplo anterior la determinación del índice de vulnerabilidad para la vivienda No. 46, se procede a calcular los demás índices del resto de las estructuras, y además, se establecen diferentes niveles de vulnerabilidad, por medio de los cuales se va a definir qué tan vulnerable se encuentra la edificación evaluada. En la tabla 16, se muestran estos niveles de vulnerabilidad y en la tabla 17, se indican los resultados de los índices de vulnerabilidad para cada estructura.

<b>NIVELES DE VULNERABILIDAD</b>	
<b>Índice con rangos</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
<b>Mayores a 81</b>	<b>Muy Alta</b>
<b>De 61 a 80</b>	<b>Alta</b>
<b>De 41 a 60</b>	<b>Media</b>
<b>De 21 a 40</b>	<b>Baja</b>
<b>De 0 a 20</b>	<b>Muy baja</b>

**Tabla 16: Niveles de vulnerabilidad para las estructuras**

El nivel de vulnerabilidad para cada estructura, dependerá del resultado del índice de vulnerabilidad y de acuerdo a este, se establece el grado de vulnerabilidad de cada edificación.

Tabla con Índices de Vulnerabilidad para las estructuras.

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE VULNERABILIDAD
1	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	60,4	Media
2	W1	Vivienda	Madera	42,1	Media
3	C1	Vivienda	Conc. y mad.	80,5	Alta
4	W1	Vivienda	Madera	40,1	Baja
5	W1	Vivienda	Madera	115,8	Muy Alta
6	W1	Vivienda	Madera	40,1	Baja
7	W1	Vivienda	Madera	100,4	Muy Alta
8	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	75,2	Alta
9	C1	Vivienda	Conc. y mad.	60,4	Media
10	C1	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	59,3	Media
11	C1	Cabina	Concreto	16,7	Muy Baja
12	W1	Vivienda	Madera	114,0	Muy Alta
13	C1	Vivienda (dos pisos C y M)	Concr. y madera	78,0	Alta
14	W1	Vivienda	Madera	49,8	Media
15	RM1	Vivienda	Mampostería	17,0	Muy Baja
16	W1	Cabaña	Madera	42,2	Media
17	C1	Vivienda	Conc. y mad.	82,5	Muy Alta
18	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	40,5	Baja
19	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	18,8	Muy Baja
20	W1	Vivienda	Madera	118,9	Muy Alta
21	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	59,2	Media
22	W1	Vivienda	Madera	51,2	Media
23	W1	Vivienda	Madera	40,0	Baja
24	W1	Vivienda	Madera	57,0	Media
25	W1	Vivienda	Madera	37,8	Baja
26	PC1	Vivienda	Prefabricado	38,9	Baja
27	RM1	Vivienda	Mampostería	14,5	Muy Baja
28	W1	Vivienda	Madera	35,5	Baja
29	W1	Vivienda	Madera	52,1	Media
30	W1	Vivienda	Madera	54,8	Media
31	C1	Vivienda	Concreto	15,2	Muy Baja
32	W1	Vivienda	Madera	54,8	Media
33	PC1	Vivienda	Prefabricado	30,1	Baja
34	PC1	Vivienda	Prefabricado	13,9	Muy Baja
35	C1	Vivienda	Concreto	14,5	Muy Baja
36	PC1	Vivienda	Prefabricado	32,2	Baja
37	W1	Vivienda	Madera	48,5	Media
38	RM1	Vivienda	Mampostería	11,8	Muy Baja
39	C1	Vivienda	Conc. y mad.	75,4	Alta
40	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	20,7	Muy Baja
41	C1	Vivienda	Conc. y mad.	63,2	Alta
42	W1	Vivienda	Madera	34,8	Baja
43	W1	Vivienda	Madera	42,9	Media
44	C1	Vivienda	Conc. y mad.	68,8	Alta
45	C1	Vivienda	Concreto	13,3	Muy Baja
46	C1	Vivienda	Conc. y mad.	91,0	Muy Alta
47	RM1	Vivienda	Mampostería	13,9	Muy Baja
48	W1	Vivienda	Madera	37,8	Baja
49	W1	Vivienda	Madera	37,9	Baja
50	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	87,6	Muy Alta
51	W1	Vivienda	Madera	42,3	Media
52	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	Muy Alta
53	RM1	Vivienda	Mampostería	15,3	Muy Baja
54	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	81,8	Muy Alta
55	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	24,7	Baja
56	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	77,3	Alta
57	PC1	Vivienda	Prefabricado	42,7	Media
58	W1	Vivienda	Madera	47,6	Media
59	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	78,6	Alta
60	PC1	Vivienda	Prefabricado	45,0	Media
61	PC1	Vivienda	Prefabricado	39,1	Baja
62	PC1	Vivienda	Prefabricado	41,3	Media
63	PC1	Vivienda	Prefabricado	42,0	Media
64	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	78,4	Alta
65	PC1	Vivienda	Prefabricado	44,2	Media
66	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	48,8	Media
67	S2	Vivienda	Pref. y acero.	75,8	Alta
68	PC1	Vivienda	Prefabricado	39,9	Baja
69	PC1	Vivienda	Prefabricado	41,0	Media
70	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	Muy Alta

Continuación

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE VULNERABILIDAD
71	RM1	Vivienda	Mampostería	19,5	Muy Baja
72	PC1	Vivienda	Prefabricado	39,1	Baja
73	PC1	Vivienda	Prefabricado	37,6	Baja
74	PC1	Vivienda	Prefabricado	42,9	Media
75	PC1	Vivienda	Prefabricado	39,1	Baja
76	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	76,9	Alta
77	W1	Vivienda	Madera	46,9	Media
78	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	Muy Alta
79	PC1	Vivienda	Prefabricado	43,5	Media
80	W1	Vivienda	Madera	44,5	Media
81	RM1	Vivienda	Mampostería	21,1	Baja
82	W1	Vivienda	Madera	49,1	Media
83	W1	Vivienda	Madera	41,4	Media
84	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	75,9	Alta
85	W1	Vivienda	Madera	47,4	Media
86	W1	Vivienda	Madera	48,8	Media
87	RM1	Vivienda	Mampostería	15,3	Muy Baja
88	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	64,5	Alta
89	RM1	Vivienda	Mampostería	18,4	Muy Baja
90	PC1	Vivienda	Prefabricado	31,4	Baja
91	W1	Vivienda	Madera	39,3	Baja
92	W1	Vivienda	Madera	46,7	Media
93	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	50,8	Media
94	PC1	Vivienda	Prefabricado	45,4	Media
95	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	81,2	Muy Alta
96	RM1	Vivienda	Mampostería	17,0	Muy Baja
97	RM1	Vivienda	Mampostería	21,5	Baja
98	W1	Vivienda	Madera	40,0	Baja
99	RM1	Vivienda	Mampostería	18,2	Muy Baja
100	RM1	Vivienda	Mampostería	20,2	Muy Baja
101	RM1	Vivienda	Mampostería	21,8	Baja
102	RM1	Vivienda	Mampostería	21,5	Baja
103	RM1	Vivienda	Mampostería	19,3	Muy Baja
104	RM1	Vivienda	Mampostería	18,2	Muy Baja
105	S2	Vivienda	Pref. y acero.	77,1	Alta
106	W1	Vivienda	Madera	45,9	Media
107	W1	Vivienda	Madera	50,1	Media
108	RM1	Vivienda	Mampostería	17,7	Muy Baja
109	RM1	Vivienda	Mampostería	18,0	Muy Baja
110	PC1	Vivienda	Prefabricado	42,5	Media
111	PC1	Vivienda	Prefabricado	35,7	Baja
112	RM1	Vivienda	Mampostería	17,0	Muy Baja
113	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	19,5	Muy Baja
114	W1	Vivienda	Madera	41,6	Media
115	W1	Vivienda	Madera	47,7	Media
116	PC1	Vivienda	Prefabricado	43,6	Media
117	W1	Vivienda	Madera	41,9	Media
118	W1	Vivienda	Madera	59,0	Media
119	PC1	Vivienda	Prefabricado	41,1	Media
120	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,9	Baja
121	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	84,7	Muy Alta
122	W1	Vivienda	Madera	47,4	Media
123	RM1	Vivienda	Mampostería	16,6	Muy Baja
124	RM1	Vivienda	Mampostería	19,9	Muy Baja
125	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	86,5	Muy Alta
126	W1	Vivienda	Madera	46,3	Media
127	RM1	Vivienda	Mampostería	17,4	Muy Baja
128	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	82,2	Muy Alta
129	RM1	Vivienda	Mampostería	20,3	Muy Baja
130	RM1	Vivienda	Mampostería	20,7	Muy Baja
131	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	77,8	Alta
132	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	65,8	Alta
133	PC1	Vivienda	Prefabricado	32,5	Baja
134	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	17,5	Muy Baja
135	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,6	Baja
136	S2	Vivienda	Acero (PERLIN)	26,4	Baja
137	PC1	Escuela	Prefabricado	35,4	Baja
138	RM1	Salon comunal	Mampostería	13,0	Muy Baja
139	RM1	Iglesia	Mampostería	14,1	Muy Baja

Tabla 17: Índices de vulnerabilidad para las estructuras del Sector de Jucó de Oroqui

Una vez que se determinaron los índices de vulnerabilidad para cada estructura, se procede a establecer cual de todos los sistemas estructurales, resulta ser el menos o más vulnerable. En la siguiente tabla, se muestran todos los sistemas estructurales evaluados, además de la cantidad de estructuras que tiene cada uno según el tipo de vulnerabilidad.

Tipo de sistema estructural	Tipo de vulnerabilidad y cantidad de estructuras				
	Vulnerabilidad muy alta	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad muy baja
Madera	4	1	29	10	0
Mampostería	0	0	0	7	27
Concreto	0	0	0	0	4
Prefabricado	0	0	13	13	1
Conc. y madera	2	5	2	0	0
Pref. y acero	0	2	0	0	0
Acero	0	0	0	1	0
Mampostería y madera	7	4	1	0	0
Mampostería y prefabricado	2	4	0	0	0

Tabla 18: Tipo de vulnerabilidad de las estructuras analizadas

Según los resultados del índice de vulnerabilidad para cada estructura y de acuerdo a la tabla antes mostrada, el sistema estructural o las estructuras menos vulnerables, son las hechas de mampostería. Las más vulnerables son las que se encuentran hechas del sistema combinado de mampostería (paredes externas) y madera (paredes internas).

#### 5.4.1. Determinación del índice de vulnerabilidad para las líneas vitales

Luego de haber llevado a cabo el procedimiento anterior, se debe realizar la determinación del índice de vulnerabilidad para las líneas vitales o infraestructura de la zona. Para ello, se utilizará la “Matriz para el Análisis Visual de la Vulnerabilidad Sísmica para líneas vitales”. Esta metodología, al igual que la utilizada para el análisis de estructuras, ha sido elaborada propiamente para el presente trabajo. Es muy similar a la usada para la evaluación de estructuras, ya que los diez

parámetros que la conforman son muy parecidos a los que están en la matriz de estructuras, solo que se adaptaron al caso de las líneas vitales. Para hallar el índice de vulnerabilidad de las líneas vitales, se sigue el mismo procedimiento usado para las estructuras, explicado en la sección 5.4 del presente capítulo, los que van a cambiar son los porcentajes de ponderación, ya que se utilizarán los indicados en la “Metodología (Método) Italiana para cálculo de índices de vulnerabilidad” y que se muestran en la tabla 10, ubicada en el capítulo cuatro de este trabajo de investigación. También, para el análisis de vulnerabilidad para la infraestructura, se han establecido niveles de vulnerabilidad, los cuales van a depender del valor del índice obtenido por medio de la matriz.

En la tabla 19, se detalla la metodología indicada y en la tabla 20, los niveles de vulnerabilidad.

## ANÁLISIS VISUAL PARA LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LÍNEAS VITALES

	FECHA: _____
	INSPECTOR: _____
	TIPO DE LÍNEA VITAL: _____
	UBICACIÓN: _____
	_____

OPCION REALIZAR DIBUJO ADICIONAL

PARÁMETRO	VARIABLE	Clase de vulnerabilidad	PUNTAJE	VALOR	PONDERADOR (%)	ÍNDICE
Materiales de construcción de los que está construida la línea vital	Cables eléctricos, concreto	Alta	5			
	Lastre	Alta	4			
	Concreto, acero y madera	Media	3			
	Concreto reforzado	Baja	2			
Estado de la configuración en planta de la línea vital	PVC	Muy baja	1			
	Muy malo	Muy alta	5			
	Malo	Alta	4			
	Regular	Media	3			
	Bueno	Baja	2			
Estado de la configuración en elevación de la línea vital	Muy bueno	Muy baja	1			
	Muy malo	Muy alta	5			
	Malo	Alta	4			
	Regular	Media	3			
Tiempo de estar instalada o construida la línea vital	Bueno	Baja	2			
	Muy bueno	Muy baja	1			
	Más de 25 años	Muy alta	5			
	20 – 25 años	Alta	4			
	10 – 15 años	Media	3			
Ubicación de la línea vital	5 – 10 años	Baja	2			
	0 – 5 años	Muy baja	1			
Longitud aproximada de la línea vital (en línea recta)	Zona de alto riesgo	Muy alta	5			
	Zona de bajo riesgo	Muy baja	1			
	Más de 1500 m	Muy alta	5			
	1000-1500 m	Alta	4			
	750-1000 m	Media	3			
Altura de la línea vital	500-750 m	Baja	2			
	200-500 m	Muy baja	1			
	Más de 5 mts	Muy alta	5			
	4 - 5 mts	Alto	4			
	3 - 4 mts	Media	3			
Número de personas que dependen de la línea vital	2 - 3 mts	Baja	2			
	Menos de 1 m	Muy baja	1			
	Más de 700	Muy alta	5			
	550-700	Alto	4			
	400-550	Media	3			
Estado de conservación de la línea vital	250-400	Baja	2			
	100-250	Muy baja	1			
	Muy malo	Muy alta	5			
	Abandonado	Alto	4			
	Regular	Media	3			
Pendiente promedio del terreno (%) donde se ubica la línea vital	Bueno	Baja	2			
	Muy bueno	Muy baja	1			
	Mayor a 60%.	Muy alta	5			
	30 - 60%.	Alto	4			
	15 - 30%.	Media	3			
TOTAL:	8 - 15%.	Baja	2			
	0 - 8%	Muy baja	1			

Tabla 19: Matriz para el Análisis Visual de la Vulnerabilidad Sísmica para líneas vitales

Rango	Nivel
0 - 34	Seguro
35 - 69	Vulnerabilidad Media
70 - 100	Muy Vulnerables

Tabla 20: Niveles de vulnerabilidad establecidos para la metodología utilizada en el análisis del índice de vulnerabilidad para infraestructura (líneas vitales)

Después de explicado lo anterior, se procede a evaluar la infraestructura existente en la zona de estudio respecto de la metodología indicada en la tabla 19. Luego, se coloca un valor en cada uno de los parámetros que debe ser multiplicado por el dato correspondiente al  $W_i$  (porcentaje de ponderación o peso. Estos valores se detallan en la tabla 10 del capítulo cuatro. Se toman solo los primeros 10). Por último, se suman todos los índices de cada parámetro, obteniendo así el resultado total del índice de vulnerabilidad por infraestructura.

En las tablas que se mostrarán a continuación, se detallan los índices de vulnerabilidad determinados para la infraestructura existente en el sector de Jucó de Orosi, utilizando la metodología antes mencionada.

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE (Carreteras)										
Utilización	Parám. 1	Parám. 2	Parám. 3	Parám. 4	Parám. 5	Parám. 6	Parám. 7	Parám. 8	Parám. 9	Parám. 10
Carretera de acceso a Jucó	4	2	1	3	5	4	1	4	5	4
$W_i$	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,75	1	0,25
Índ. Vuln.	4	1	1	1,5	5	2	1	3	5	1
Índ. Vuln. Total:	24,5									
Nivel vuln:	Seguro									

Tabla 21: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a carreteras

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE (Puentes)										
Utilización	Parám. 1	Parám. 2	Parám. 3	Parám. 4	Parám. 5	Parám. 6	Parám. 7	Parám. 8	Parám. 9	Parám. 10
Puente sobre Río Jucó	3	1	2	2	5	1	1	1	2	3
Wi	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,75	1	0,25
Índ. Vuln.	3	0,5	2	1	5	0,5	1	0,75	2	0,75
Índ. Vuln. Total:	16,5									
Nivel vuln:	Seguro									

Tabla 22: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a puentes

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA (Líneas eléctricas y postes)										
Utilización	Parám. 1	Parám. 2	Parám. 3	Parám. 4	Parám. 5	Parám. 6	Parám. 7	Parám. 8	Parám. 9	Parám. 10
Líneas eléctricas y postes	5	1	1	3	5	3	5	4	1	3
Wi	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,75	1	0,25
Índ. Vuln.	5	0,5	1	1,5	5	1,5	5	3	1	0,75
Índ. Vuln. Total:	24,25									
Nivel vuln:	Seguro									

Tabla 23: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a líneas eléctricas

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA (Tubería)										
Utilización	Parám. 1	Parám. 2	Parám. 3	Parám. 4	Parám. 5	Parám. 6	Parám. 7	Parám. 8	Parám. 9	Parám. 10
Tubería Acueducto	1	1	1	3	5	5	1	4	2	4
Wi	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,75	1	0,25
Índ. Vuln.	1	0,5	1	1,5	5	2,5	1	3	2	1
Índ. Vuln. Total:	18,5									
Nivel vuln:	Seguro									

Tabla 24: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a tuberías

<b>ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA INFRAESTRUCTURA DE HIDRÁULICA (Tanques)</b>										
Utilización	Parám. 1	Parám. 2	Parám. 3	Parám. 4	Parám. 5	Parám. 6	Parám. 7	Parám. 8	Parám. 9	Parám. 10
Tanque 1	2	1	2	3	5	1	1	3	2	3
Tanque 2 (Escuela)	2	1	2	3	5	1	1	1	2	2
Wi	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,75	1	0,25
Índ. Vuln. Tanque 1	2	0,5	2	1,5	5	0,5	1	2,25	2	0,75
Índ. Vuln. Tanque 2	2	0,5	2	1,5	5	0,5	1	0,75	2	0,5
Índ. Vuln. Total Tanque 1:	<b>17,5</b>									
Nivel vuln. Tanque 1:	<b>Seguro</b>									
Índ. Vuln. Total Tanque 2:	<b>15,75</b>									
Nivel vuln. Tanque 2:	<b>Seguro</b>									

Tabla 25: Índice de vulnerabilidad determinado para la línea vital correspondiente a tanques

Los datos de los índices de vulnerabilidad para la infraestructura de la zona obtenidos anteriormente, se recopilan en una tabla-resumen, la cual se muestra a continuación.

Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad
De transporte	Carretera (Calle)	24,5	<b>Seguro</b>
	Puente	16,5	<b>Seguro</b>
Energética	Líneas eléctricas	24,25	<b>Seguro</b>
Hidráulica	Tubería	18,5	<b>Seguro</b>
	Tanque de agua No.1	17,5	<b>Seguro</b>
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	<b>Seguro</b>

Tabla 26: Tabla-resumen con los índices de vulnerabilidad determinados para las líneas vitales

## 5.5. Análisis de la amenaza sísmica para las estructuras (edificaciones) y la infraestructura del sector de Jucó de Orosi

El distrito de Orosi, se encuentra ubicado en una zona donde existen tres sistemas de fallas muy complejos, además ha sido afectado en el pasado por sismos de gran magnitud, todo esto descrito en las secciones 5.1.1.1. y 5.1.1.2 del presente capítulo.

Es por ello que se realizará un análisis de amenaza ante la posible ocurrencia de un sismo, con el fin de determinar cuan sensible y vulnerable está el sector de Jucó.

En los siguientes apartados de esta sección, se detallará el procedimiento a seguir para hallar esta amenaza.

### 5.5.1. Aceleración pico efectiva ( $a_{ef}$ )

Para establecer la aceleración pico efectiva ( $a_{ef}$ ) de las estructuras e infraestructura de la zona, y como se mencionó en la sección 5.2.3. del presente capítulo, se han establecido cinco escenarios sísmicos. El valor de la aceleración de cada escenario se va a obtener utilizando como medio de apoyo, dos mapas de isoaceleraciones mostrados en la sección 5.2.3 del presente capítulo y por los tipos de sismos que se indican en el Código Sísmico de Costa Rica-2002. A continuación se detalla por medio del siguiente cuadro, un resumen de todos los escenarios ya mencionados y propuestos para obtener el valor de dicha aceleración.

Cuadro No. 12: Escenarios de cálculo para el análisis de vulnerabilidad y amenaza

ESCENARIOS DE CÁLCULO				
Escenarios utilizando mapas de isoaceleraciones.		Escenarios utilizando Código Sísmico de Costa Rica -2002.		
Escenario No. 1	Escenario No. 2	Escenario No. 3	Escenario No. 4	Escenario No. 5
Mapa Rojas	Mapa Schmidt	Sismo extremo	Sismo severo (Diseño)	Sismo moderado

Respecto de los escenarios No. 3, No. 4 y No. 5, el valor de aceleración que se necesita para el cálculo de la amenaza, se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$(a_{ef}) = \text{Factor de } a_{ef} \text{ (CSCR)} \times \text{gravedad} \times 100 \times i \text{ (F.i)} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Donde:

**Factor de  $a_{ef}$ :** Este valor se encuentra en la tabla 11 del presente trabajo.

**Gravedad:** 9,8 m/s<sup>2</sup>.

**i (F.i):** Es el factor de importancia correspondiente a cada tipo de sismo.

Cabe mencionar que para poder llegar al resultado de  $a_{ef}$ , se debe tomar en cuenta la información descrita en la sección 5.2.3 (sin tomar en cuenta lo señalado para los mapas)

Para el caso de la zona de estudio, el valor del factor de la aceleración para los escenarios correspondientes a los tres tipos de sismos, es de 0,36. Teniendo este dato, la aceleración pico efectiva, se muestra en la tabla No. 27.

VALORES DE ACELERACIÓN PICO EFECTIVA SEGÚN CSCR-2002.				
Aceleración ( $a_{ef}$ )	Gravedad (m/s <sup>2</sup> )	Factor de importancia (i)		
		Sismo extremo	Sismo de diseño (Sismo severo)	Sismo moderado
0,36	9,80	1,5	1	0,75
Valor de aceleración pico efectiva (gal) para los escenarios según CSCR.		529,2	352,8	264,6

Tabla 27: Valores de aceleración pico efectiva de diseño,  $a_{ef}$ , para diferentes escenarios usando el Código Sísmico de Costa Rica, 2002

En la tabla No. 28, se detallan los valores de aceleración pico efectiva para los cinco escenarios señalados anteriormente y con los cuales, se determinará la amenaza del sector de Jucó.

VALORES DE ACELERACIÓN PICO EFECTIVA ( $a_{ef}$ ).				
Escenarios utilizando mapas de isoaceleraciones.		Escenarios utilizando Código Sísmico de Costa Rica - 2002.		
Escenario No. 1	Escenario No. 2	Escenario No. 3	Escenario No. 4	Escenario No. 5
500 gal	650 gal	529,2 gal	352,8 gal	264,6 gal

Tabla 28: Valores de aceleración pico efectiva de diseño,  $a_{ef}$ , utilizando cinco escenarios de cálculo

### 5.5.1.2. Cálculo de la amenaza para las estructuras e infraestructura

Una vez determinados los valores de los índices de vulnerabilidad para las estructuras e infraestructura de la zona, además de la aceleración pico efectiva de los cinco escenarios, se procede a calcular la amenaza sísmica para cada una de estas con respecto a los escenarios mencionados. Dicha amenaza se va a determinar por medio de la ecuación que se presenta a continuación:

$$1+ (\text{Índ. de vulnerabilidad}/100) \times a_{ef} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

En las tablas que se encuentran en el anexo No. 1, se indican los valores de amenaza determinados para todas las estructuras en cada uno de los escenarios; y en las que se mostrarán a continuación, se detalla la amenaza de estas pero dividiéndola por rangos, por medio de los cuales se indicarán la cantidad de edificaciones por material, que se encuentran en estos.

TIPO DE ESTRUCTURA (SISTEMA CONSTRUCTIVO)										
RANGOS DE AMENAZA	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con amenaza de 500 a 600 gal	0	0	0	4	23	1	0	0	0	28
Cantidad de estructuras con amenaza de 601 a 700 gal	0	9	0	0	11	12	0	1	0	33
Cantidad de estructuras con amenaza de 701 a 800 gal	0	30	1	0	0	14	0	0	0	45
Cantidad de estructuras con amenaza de 801 a 900 gal	5	1	5	0	0	0	4	0	2	17
Cantidad de estructuras con amenaza de 901 a 1000 gal	7	0	3	0	0	0	2	0	0	12
Cantidad de estructuras con amenaza de 1001 a 1100 gal	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4

Tabla 29: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 1

En la tabla anterior, se han establecido rangos de amenaza para las estructuras, tomando en cuenta los resultados obtenidos por medio del análisis de amenaza que se realizó para cada una de ellas. Los resultados totales que se muestran, toman en consideración la cantidad de estructuras que se ubican en el rango de amenaza establecido y ese total no diferencia el material, ya que en la misma tabla, se indican la cantidad de estructuras por material que se van a ubicar en ese rango.

A continuación se mostrarán dos gráficos, uno en el que se detallan los porcentajes de las estructuras tomando como referencia la cantidad total de estructuras por rango de amenaza, datos detallados en la tabla 29 y otro, en el que se indica la cantidad de edificaciones que está en ese mismo rango de acuerdo al material que compone la misma (la estructura).

### Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza

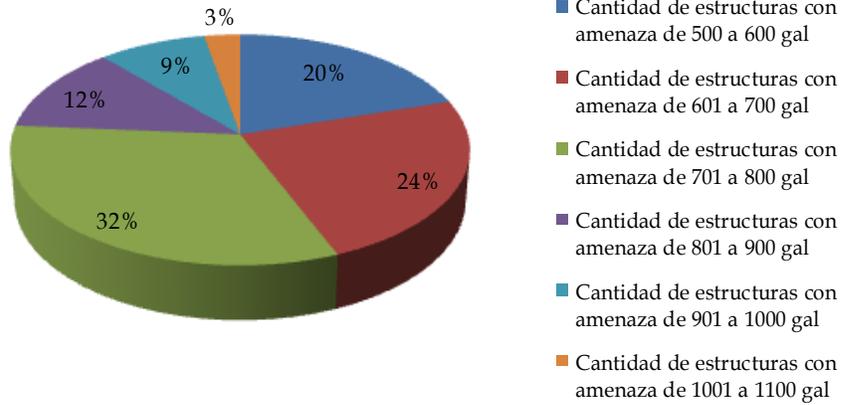


Gráfico 8: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 1

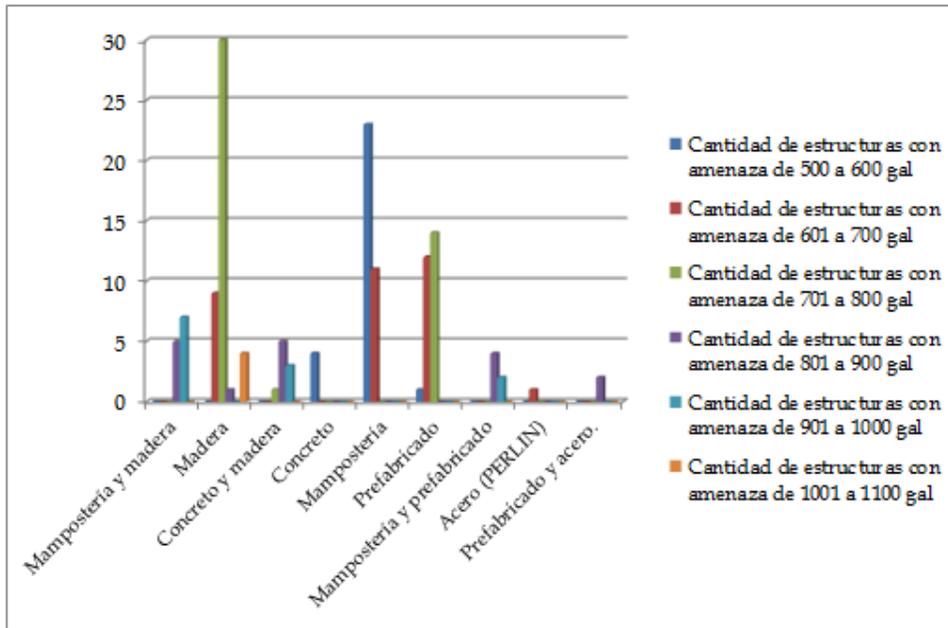


Gráfico 9: Cantidad de estructuras por cada material según rango de amenaza. Escenario 1

La tabla y los gráficos antes mostrados, corresponden al escenario No. 1. Para cada escenario se debe hacer lo mismo. A continuación, se detallaran las tablas-resumen para los escenarios restantes con sus respectivos gráficos, solo que dependiendo de los resultados de la amenaza, así se establecerán los rangos de la misma.

TIPO DE ESTRUCTURA (SISTEMA CONSTRUCTIVO)										
RANGOS DE AMENAZA	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con amenaza de 700 a 800 gal	0	0	0	4	33	1	0	0	0	38
Cantidad de estructuras con amenaza de 801 a 900 gal	0	5	0	0	1	7	0	1	0	14
Cantidad de estructuras con amenaza de 901 a 1000 gal	0	29	0	0	0	19	0	0	0	48
Cantidad de estructuras con amenaza de 1001 a 1100 gal	1	6	4	0	0	0	1	0	0	12
Cantidad de estructuras con amenaza de 1101 a 1200 gal	7	0	4	0	0	0	5	0	2	18
Cantidad de estructuras con amenaza de 1201 a 1300 gal	4	0	1	0	0	0	0	0	0	5
Cantidad de estructuras con amenaza de 1301 a 1400 gal	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Cantidad de estructuras con amenaza de 1401 a 1500 gal	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2

Tabla 30: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 2

### Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza

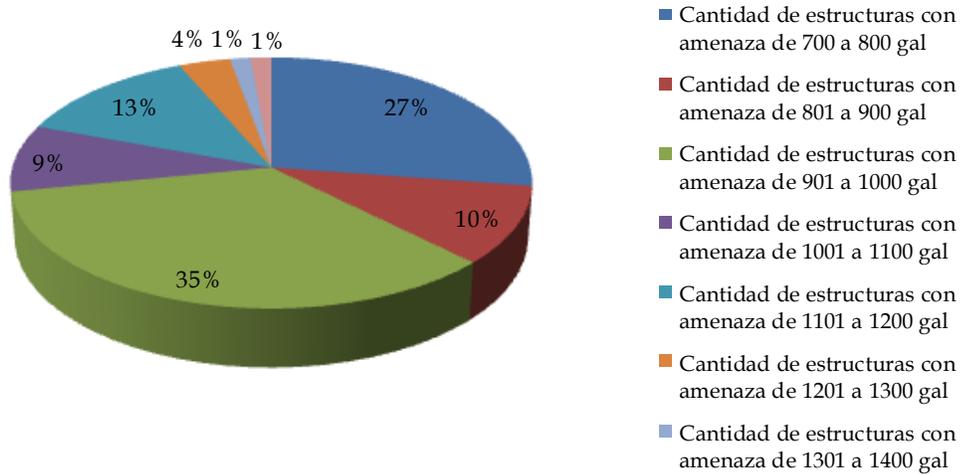


Gráfico 10: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 2

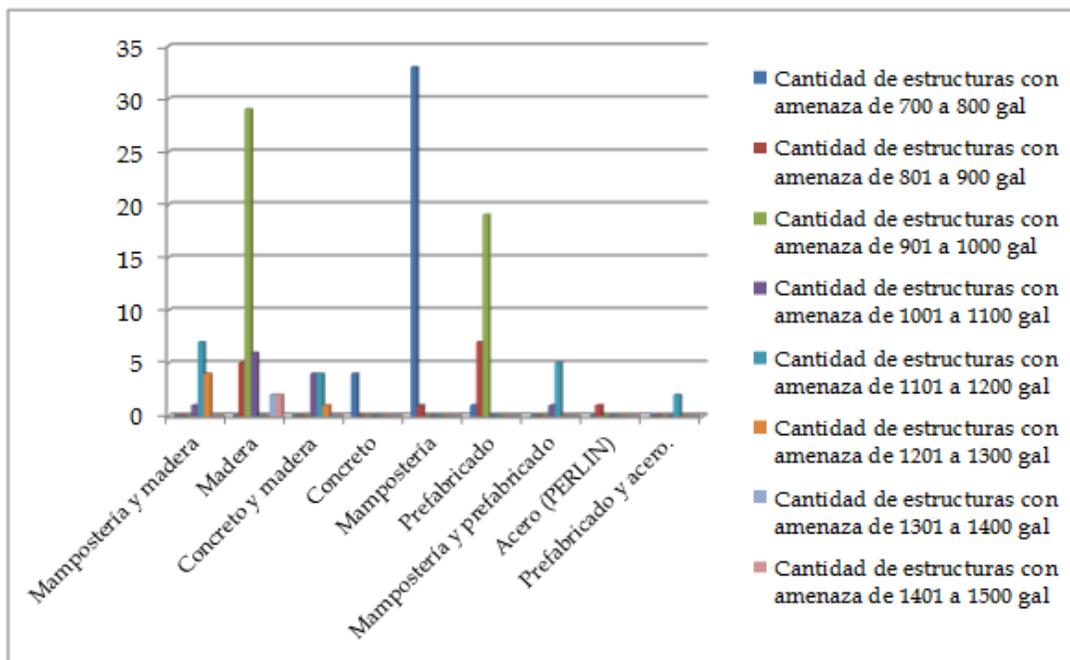


Gráfico 11: Cantidad de estructuras por cada material según rango de amenaza. Escenario 2

TIPO DE ESTRUCTURA (SISTEMA CONSTRUCTIVO)										
RANGOS DE AMENAZA	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con amenaza de 500 a 600 gal	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3
Cantidad de estructuras con amenaza de 601 a 700 gal	0	0	0	3	32	4	0	1	0	40
Cantidad de estructuras con amenaza de 701 a 800 gal	0	33	0	0	0	23	0	0	0	56
Cantidad de estructuras con amenaza de 801 a 900 gal	1	7	4	0	0	0	1	0	0	13
Cantidad de estructuras con amenaza de 901 a 1000 gal	11	0	4	0	0	0	5	0	2	22
Cantidad de estructuras con amenaza de 1001 a 1100 gal	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Cantidad de estructuras con amenaza de 1101 a 1200 gal	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3

Tabla 31: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 3

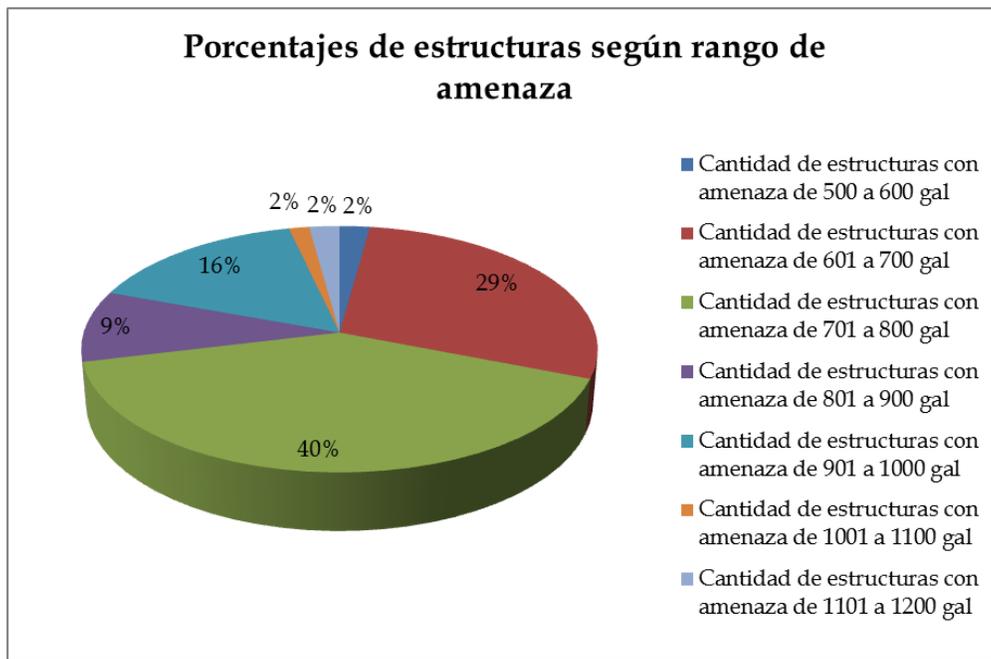


Gráfico 12: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 3

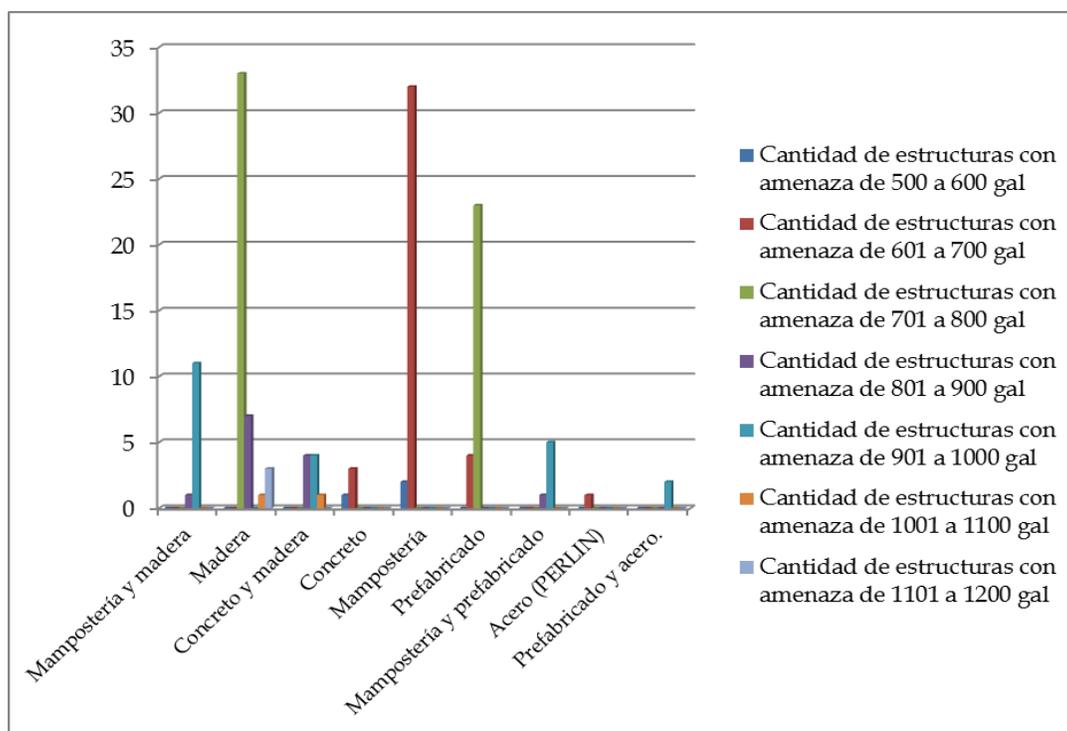


Gráfico 13: Cantidad de estructuras por cada material según rango de amenaza. Escenario 3

TIPO DE ESTRUCTURA (SISTEMA CONSTRUCTIVO)										
RANGOS DE AMENAZA	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con amenaza de 300 a 400 gal	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3
Cantidad de estructuras con amenaza de 401 a 500 gal	0	12	0	3	32	17	0	1	0	65
Cantidad de estructuras con amenaza de 501 a 600 gal	1	28	4	0	0	10	2	0	0	45
Cantidad de estructuras con amenaza de 601 a 700 gal	11	0	5	0	0	0	4	0	2	22
Cantidad de estructuras con amenaza de 701 a 800 gal	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4

Tabla 32: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 4

### Porcentajes de estructuras según rango de amenaza

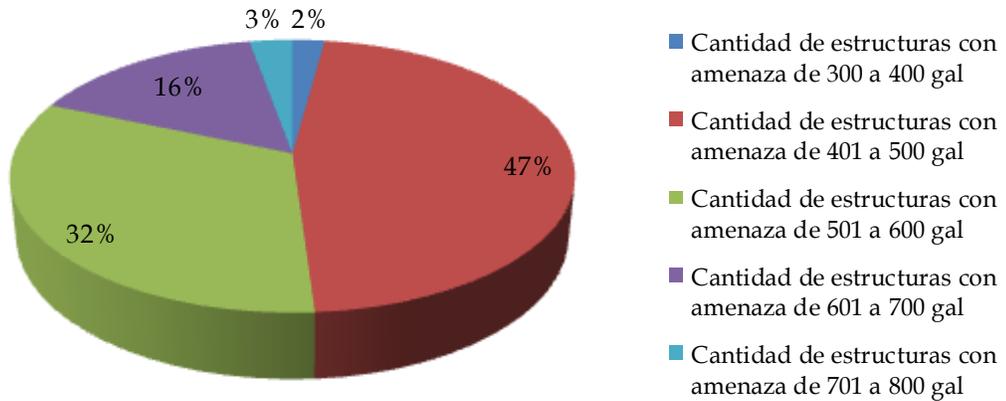


Gráfico 14: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 4

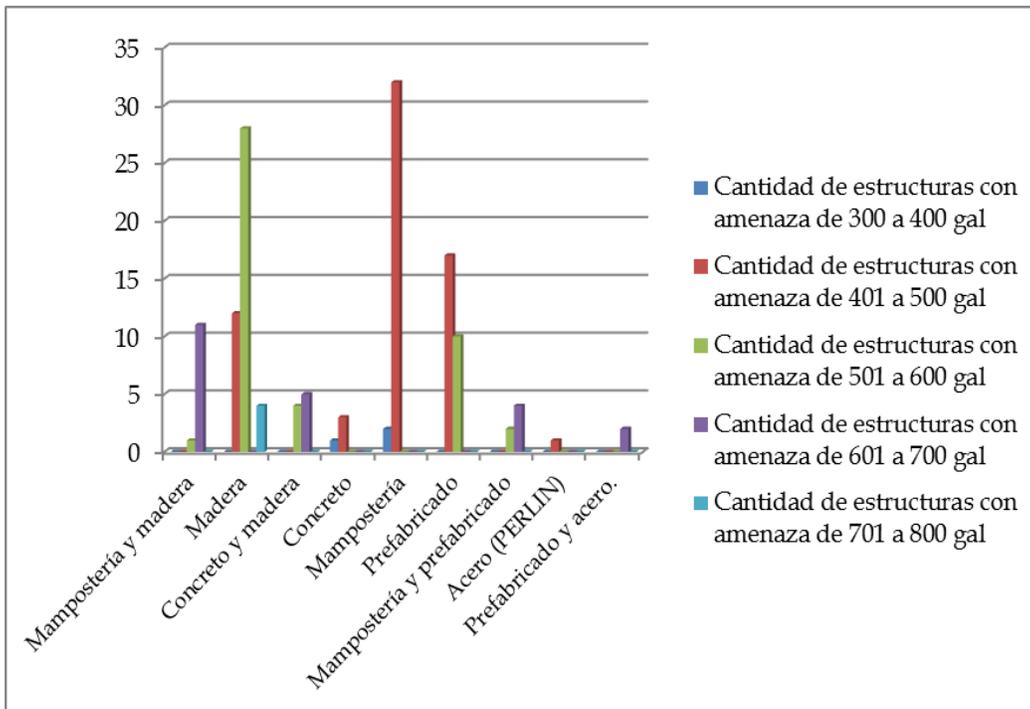


Gráfico 15: Cantidad de estructuras por cada material según rango de amenaza. Escenario 4

TIPO DE ESTRUCTURA (SISTEMA CONSTRUCTIVO)										
RANGOS DE AMENAZA	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con amenaza de 200 a 300 gal	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3
Cantidad de estructuras con amenaza de 301 a 400 gal	0	33	0	3	32	27	0	1	0	96
Cantidad de estructuras con amenaza de 401 a 500 gal	12	7	8	0	0	0	6	0	2	35
Cantidad de estructuras con amenaza de 501 a 600 gal	0	4	1	0	0	0	0	0	0	5

Tabla 33: Tabla-resumen con los valores de amenaza determinados para las estructuras del escenario 5

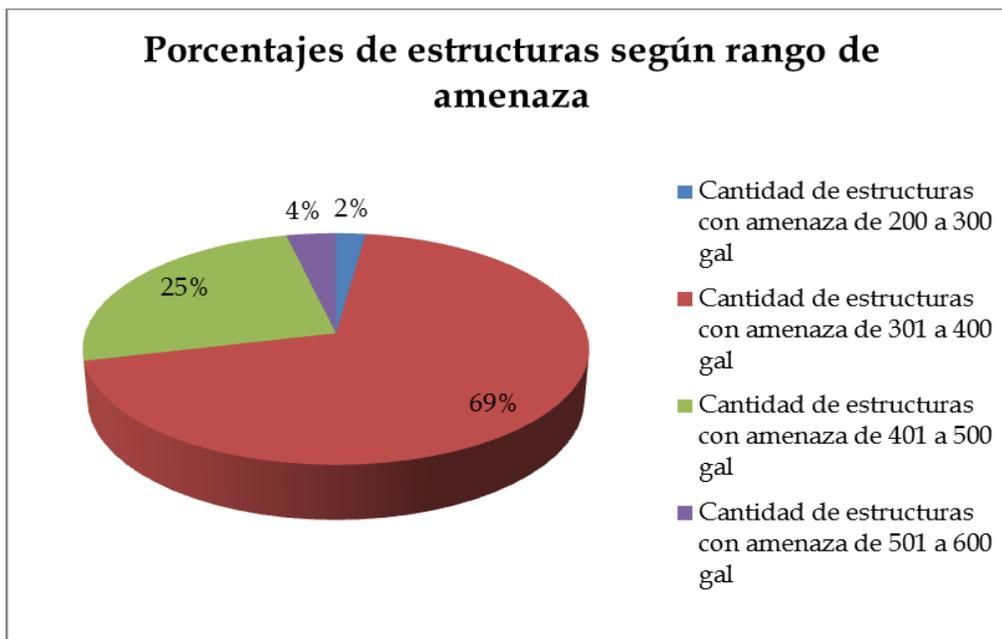


Gráfico 16: Porcentaje de estructuras según rangos de amenaza. Escenario 5

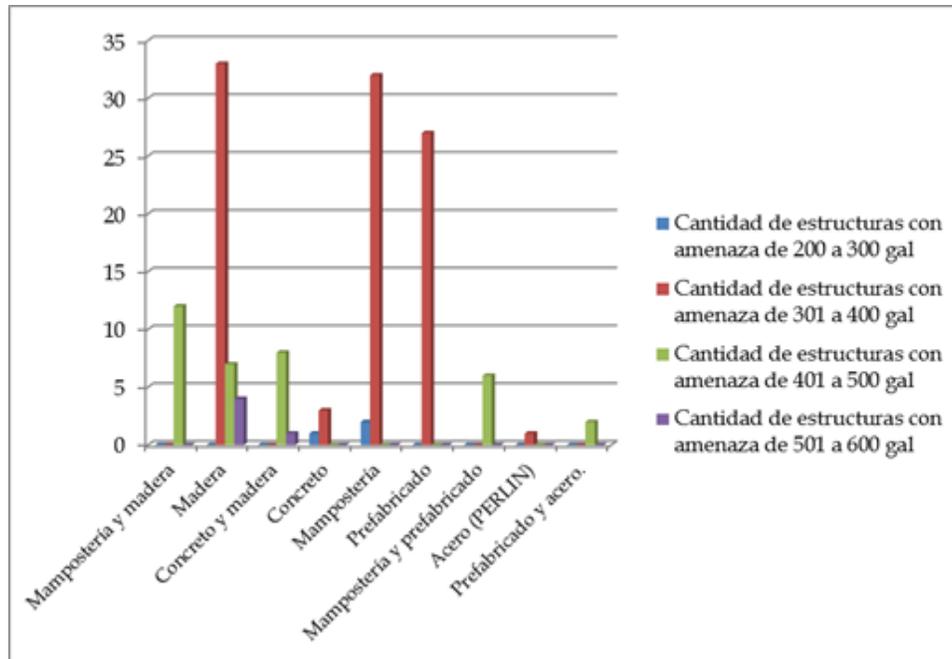


Gráfico 17: Cantidad de estructuras por cada material según rango de amenaza. Escenario 5

Una vez determinados los valores de amenaza para las 139 edificaciones evaluadas, se procede a calcular la amenaza para la infraestructura (líneas vitales) existente en la zona. En las siguientes se detallan los valores hallados tomando en cuenta los cinco escenarios propuestos.

Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Aceleración	Amenaza (Gal)
De transporte	Carretera (Calle)	24,5	500	623
	Puente	16,5	500	583
Energética	Líneas eléctricas	24,25	500	621
Hidráulica	Tubería	18,5	500	593
	Tanque de agua No.1	17,5	500	588
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	500	579

Tabla 34: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario No. 1

Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Aceleración	Amenaza (Gal)
De transporte	Carretera (Calle)	24,5	650	809
	Puente	16,5	650	757
Energética	Líneas eléctricas	24,25	650	808
Hidráulica	Tubería	18,5	650	770
	Tanque de agua No.1	17,5	650	764
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	650	752

Tabla 35: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario No. 2

Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Aceleración	Amenaza (Gal)
De transporte	Carretera (Calle)	24,5	529,2	659
	Puente	16,5	529,2	617
Energética	Líneas eléctricas	24,25	529,2	658
Hidráulica	Tubería	18,5	529,2	627
	Tanque de agua No.1	17,5	529,2	622
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	529,2	613

Tabla 36: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario No. 3

Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Aceleración	Amenaza (Gal)
De transporte	Carretera (Calle)	24,5	352,8	439
	Puente	16,5	352,8	411
Energética	Líneas eléctricas	24,25	352,8	438
Hidráulica	Tubería	18,5	352,8	418
	Tanque de agua No.1	17,5	352,8	415
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	352,8	408

Tabla 37: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario No. 4

Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Aceleración	Amenaza (Gal)
De transporte	Carretera (Calle)	24,5	264,6	329
	Puente	16,5	264,6	308
Energética	Líneas eléctricas	24,25	264,6	329
Hidráulica	Tubería	18,5	264,6	314
	Tanque de agua No.1	17,5	264,6	311
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	264,6	306

Tabla 38: Valores de amenaza sísmica para la infraestructura (líneas vitales) de la zona de estudio, según el escenario No. 5

De acuerdo con la información anterior, se puede determinar que entre mayor sea la aceleración pico efectiva que se estableció para cada escenario, mayor va a ser el valor de amenaza para las estructuras e infraestructuras, y por ende, mayor va a ser su exposición a que estas sean afectadas por un sismo en el caso que este se diera en el sector de Jucó de Orosi.

## **5.5.2. Estimación del porcentaje de daño ante amenaza sísmica por medio de curvas de fragilidad**

Una vez que se obtienen los valores de amenaza sísmica para cada estructura e infraestructura del sector estudiado, se procede a determinar el porcentaje de daño, para el cual, se van a utilizar curvas de fragilidad.

Las función de vulnerabilidad o función de daño, se representan por medio de curvas de fragilidad, las cuales, definen la probabilidad que tiene una estructura de encontrarse en un estado de daño dependiendo de la intensidad del fenómeno amenazante. Este parámetro puede darse debido a una falla del terreno (desplazamiento permanente del terreno) o del movimiento del terreno (aceleración pico efectiva o aceleración máxima, PGA-gal). Para el caso del presente trabajo, se va a analizar el daño esperado, utilizando el valor de la aceleración pico efectiva o aceleración máxima (PGA, gal), esto quiere decir, que las curvas a utilizar, van en función de esta aceleración.

El desarrollo de las funciones de vulnerabilidad para los diferentes tipos estructurales respecto de la amenaza sísmica, requiere de una detallada investigación, criterio de expertos y validación de las mismas. Es por ello, que en este trabajo, se utilizaron curvas de fragilidad halladas en diferentes informes e investigaciones desarrolladas por medio de la plataforma CAPRA (Probabilistic Risk Assessment Initiative).

Para el caso de estructuras (edificaciones), se han desarrollado curvas de fragilidad de acuerdo al tipo de sistema constructivo del que se compone la misma. Además, también se han creado curvas para el análisis del daño en líneas vitales (infraestructura), así como para la determinación del daño en vidas humanas y de lo cual se hablará más adelante.

### 5.5.2.1. Estimación del porcentaje de daño ante amenaza sísmica para las estructuras (Riesgo)

Para estimar el porcentaje de daño de cada una de las estructuras existentes en el Sector de Jucó de Orosi, se utilizaron las curvas de fragilidad que se mostrarán por medio de la figura 51 y la figura 52. Las curvas que se detallan en la figura 51 están incluidas en el informe “Riesgo sísmico de San José”, elaborado por medio de la plataforma CAPRA y la que se indica en la figura 52 también se obtuvo de dicha plataforma.

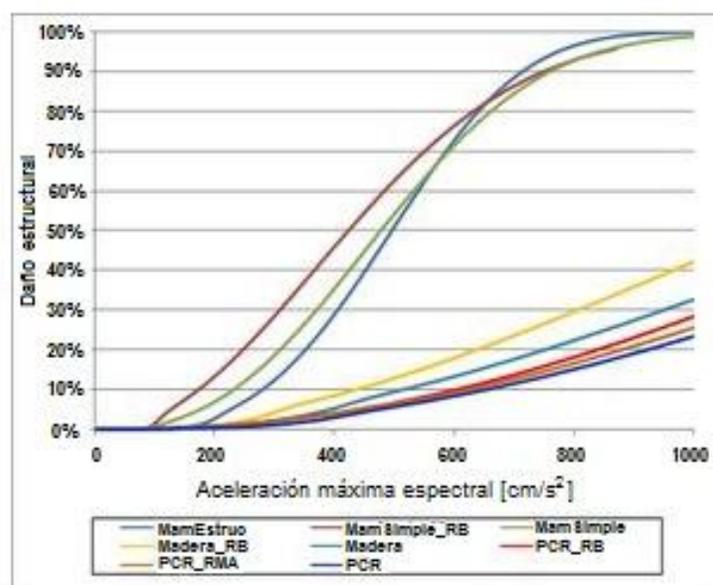


Figura 51: Curvas de fragilidad para establecer el daño ante amenaza sísmica para diferentes sistemas constructivos. (Fuente: CAPRA, n.d.)

En la tabla 39, se detallan los nombres de los sistemas constructivos a utilizar así como información que hay que tomar en cuenta a la hora de encontrar el porcentaje de daño.

Sistema	Tipo	Uso	No. pisos	Nivel Socioeconómico
Mampostería Estructural	MamEstruc	Todos	Todos	Todos
Mampostería Simple	MamSimple_RB	Residencial	Todos	Bajo
	MamSimple	Otros	Todos	Otros
Madera	Madera_RB	Residencial	Todos	Bajo
	Madera	Otros	Todos	Otros
Pórticos de Concreto	PCR_RB	Residencial	1 a 3	Bajo
	PCR_RMA	Residencial	1 a 3	Otros
	PCR	Otros	Otros	Todos

Tabla 39: Información necesaria para poder interpretar las curvas de fragilidad

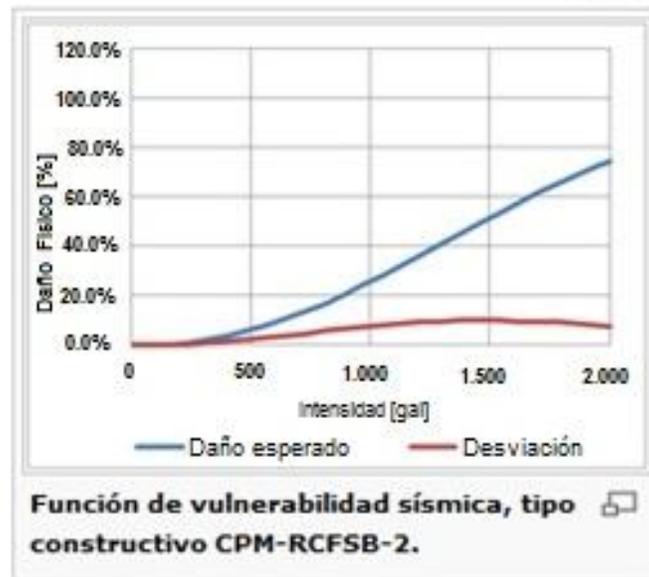


Figura 52: Curva de fragilidad para establecer el daño ante amenaza sísmica en estructuras de Sistemas de Concreto Prefabricado o baldosas. (Fuente: CAPRA, n.d.)

El porcentaje de daño estructural se va a determinar de la siguiente manera: Se toma el valor de amenaza calculado para cada estructura y se ubica en la curva de fragilidad correspondiente, buscando en la misma, el dato de aceleración máxima, ya que la amenaza se determinó en términos de gal (PGA). Luego se traza una línea vertical en dirección al valor de dicha aceleración, la cual debe cortar la curva, donde inmediatamente se traza una línea horizontal y con esto, se tiene el dato de daño esperado para cada estructura.

Una vez que se hallan los porcentajes de daño esperado, se estima además, cuales estructuras pueden o no colapsar ante la ocurrencia de un evento sísmico. Para este caso, se han establecido parámetros de colapso, los cuales se indican por medio de la tabla 40, además de los rangos en los que se establece el nivel del colapso.

<b>COLAPSO DE ESTRUCTURAS.</b>	
<b>Estructuras con rangos</b>	<b>Resultado</b>
Menores al 24% de daño	<b>Daños menores</b>
Entre 25% y 49% de daño	<b>Daños graves</b>
Entre 50% y 74% de daño	<b>Colapso parcial</b>
Mayores al 75% de daño	<b>Colapso total</b>

**Tabla 40: Rangos de porcentajes de daño para estimar el colapso de las estructuras**

Como se mencionó, para el presente trabajo, se utilizaron las curvas de fragilidad mostradas en las figuras 51 y 52 para determinar el daño que podría eventualmente impactar las estructuras, tomando los datos de amenaza que ya habían sido calculados.

En las tablas que se encuentran en el anexo dos del presente trabajo de investigación, se detallan los valores de porcentaje de daño para cada estructura así como el grado de colapso que tendría cada una, de acuerdo con el daño recibido. Todo lo anterior, para cada uno de los escenarios de cálculo propuestos.

A continuación y a manera de resumen, se mostrarán unas tablas-resumen con los porcentajes de daño obtenido para las estructuras tomando en cuenta los rangos de daño establecidos en la tabla anterior (tabla 40) para cada escenario y además, se detallarán unos gráficos, los cuales indican el porcentaje de daño general de las estructuras.

DAÑO DE LAS ESTRUCTURAS (RIESGO)										
RANGOS DE DAÑO	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero	Totales
Estructuras con % de daño menor al 24%	0	40	9	4	0	27	0	1	2	83
Estructuras con % de daño entre 25% y 49%	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
Estructuras con % de daño entre 50% y 74%	12	0	0	0	30	0	6	0	0	48
Estructuras con % de daño mayor al 75%	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4

Tabla 41: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 1

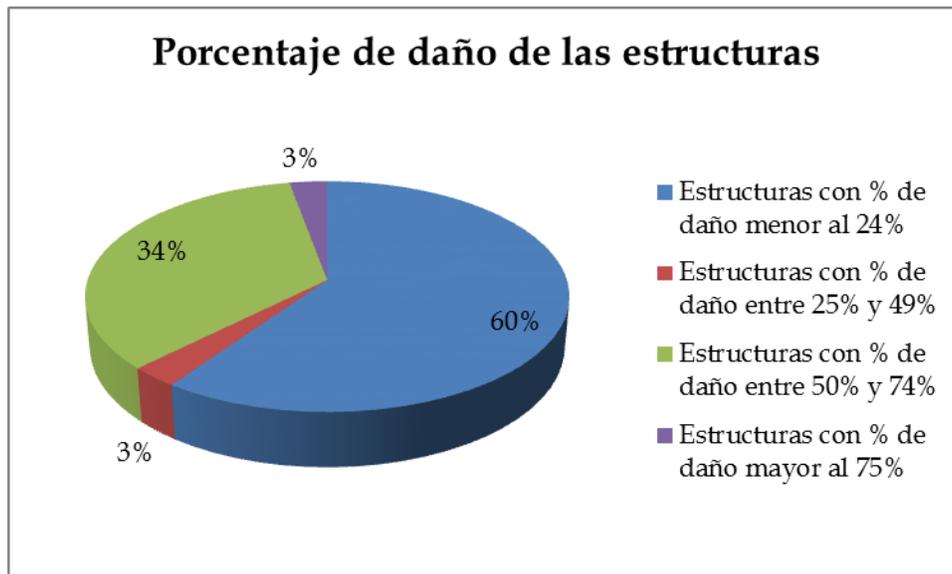


Gráfico 18: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 1

DAÑO DE LAS ESTRUCTURAS (RIESGO)										
RANGOS DE DAÑO	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero	Totales
Estructuras con % de daño menor al 24%	0	0	1	4	0	27	0	1	0	33
Estructuras con % de daño entre 25% y 49%	0	44	8	0	0	0	0	0	2	54
Estructuras con % de daño entre 50% y 74%	12	0	0	0	0	0	6	0	0	18
Estructuras con % de daño mayor al 75%	0	0	0	0	34	0	0	0	0	34

Tabla 42: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 2

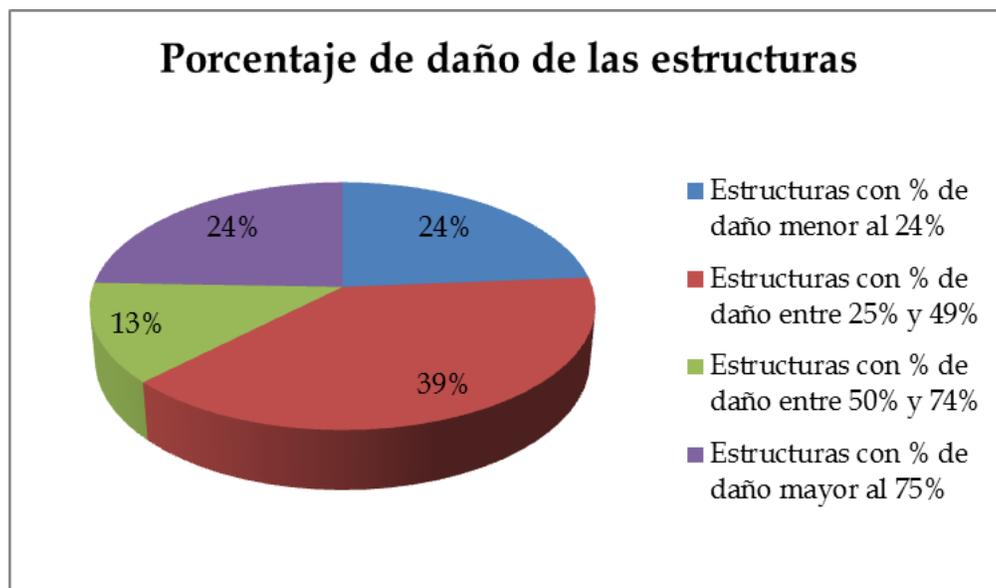


Gráfico 19: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 2

DAÑO DE LAS ESTRUCTURAS (RIESGO)										
RANGOS DE DAÑO	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero	Totales
Estructuras con % de daño menor al 24%	0	37	4	4	0	27	0	1	2	75
Estructuras con % de daño entre 25% y 49%	0	7	5	0	0	0	0	0	0	12
Estructuras con % de daño entre 50% y 74%	12	0	0	0	4	0	6	0	0	22
Estructuras con % de daño mayor al 75%	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30

Tabla 43: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 3

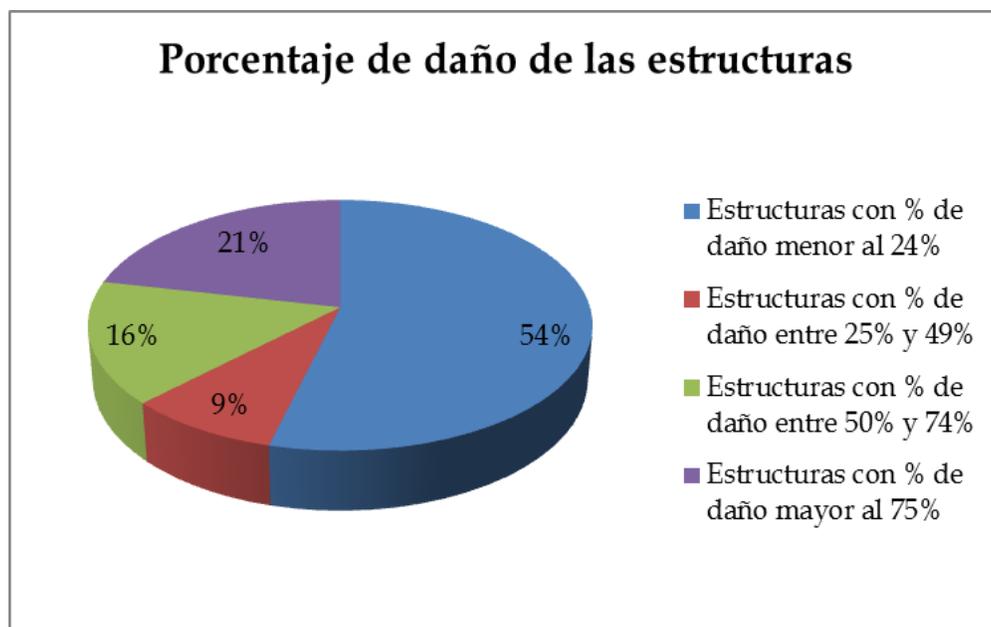


Gráfico 20: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 3

DAÑO DE LAS ESTRUCTURAS (RIESGO)										
RANGOS DE DAÑO	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero	Totales
Estructuras con % de daño menor al 24%	0	44	9	4	1	27	0	1	2	88
Estructuras con % de daño entre 25% y 49%	11	0	0	0	33	0	6	0	0	50
Estructuras con % de daño entre 50% y 74%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Estructuras con % de daño mayor al 75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 44: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 4

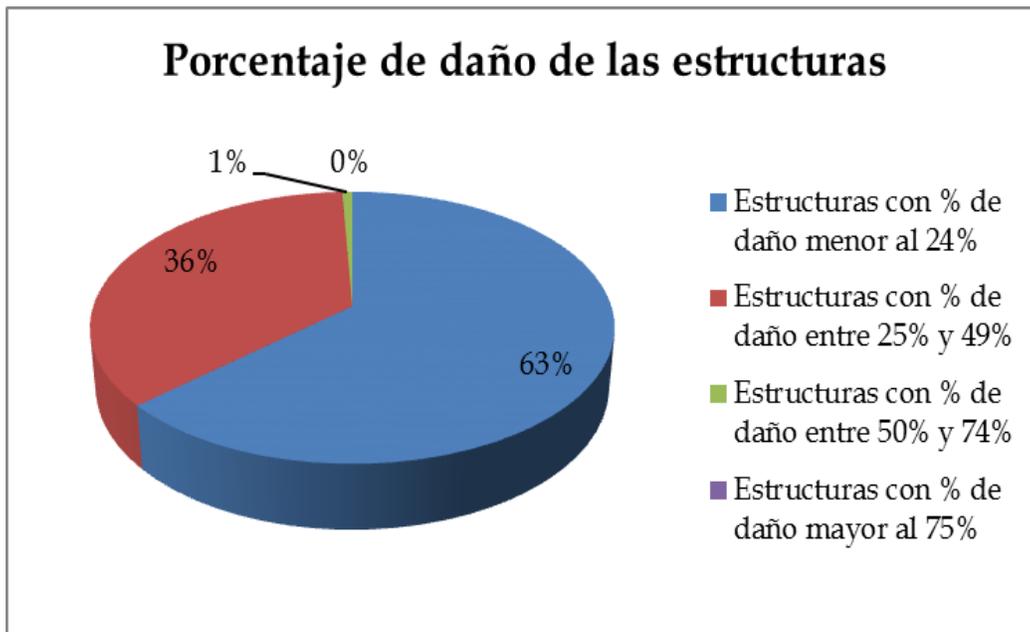


Gráfico 21: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 4

DAÑO DE LAS ESTRUCTURAS (RIESGO)										
RANGOS DE DAÑO	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero	Totales
Estructuras con % de daño menor al 24%	1	44	9	4	34	27	3	1	2	125
Estructuras con % de daño entre 25% y 49%	11	0	0	0	0	0	3	0	0	14
Estructuras con % de daño entre 50% y 74%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estructuras con % de daño mayor al 75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 45: Tabla-resumen con los rangos establecidos de porcentaje de daño para las estructuras del escenario 5

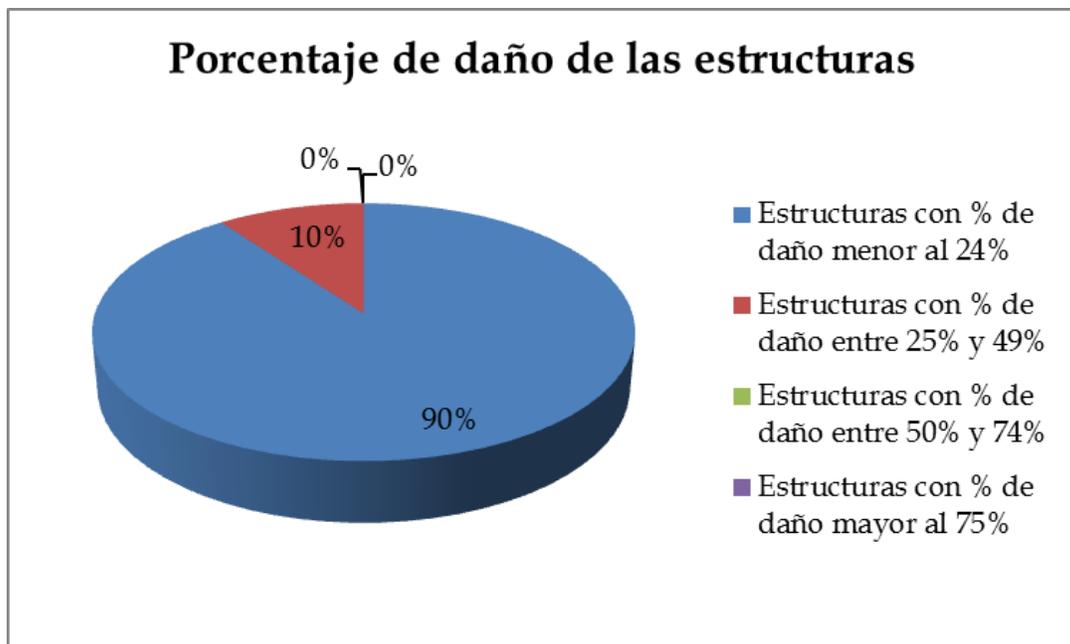


Gráfico 22: Porcentaje de estructuras según rangos de daño. Escenario 5

De acuerdo con los datos obtenidos, se puede determinar de manera general, que para los cinco escenarios, son muy pocas las estructuras en las que se va a dar un colapso total, pero en el escenario que se puede llegar a dar más colapso de estructuras es en el escenario No. 2, cuya aceleración, 650 PGA, se determinó por el Mapa de isoaceleraciones de Schmidt, la cual es mayor

que las demás aceleraciones utilizadas. En el escenario No. 5, las estructuras no llegarán a presentar ningún tipo de colapso, solo daños menores y graves. En las siguientes tablas se mostrarán los porcentajes de daño de forma general, los cuales están indicados en los gráficos y a manera de resumen, para ejemplificar mejor la situación de daño de las estructuras evaluadas.

TIPO DE COLAPSO	PORCENTAJE DE DAÑO
Daños menores	60%
Daños graves	3%
Colapso parcial	34%
Colapso total	3%

**Tabla 46: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario No. 1**

TIPO DE COLAPSO	PORCENTAJE DE DAÑO
Daños menores	24%
Daños graves	39%
Colapso parcial	13%
Colapso total	24%

**Tabla 47: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario No. 2**

TIPO DE COLAPSO	PORCENTAJE DE DAÑO
Daños menores	54%
Daños graves	9%
Colapso parcial	16%
Colapso total	21%

**Tabla 48: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario No. 3**

TIPO DE COLAPSO	PORCENTAJE DE DAÑO
Daños menores	63%
Daños graves	36%
Colapso parcial	1%
Colapso total	0%

Tabla 49: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario No. 4

TIPO DE COLAPSO	PORCENTAJE DE DAÑO
Daños menores	90%
Daños graves	10%
Colapso parcial	0%
Colapso total	0%

Tabla 50: Estimación del daño o colapso para las estructuras por medio del escenario No. 5

Tomando en cuenta lo que se mencionó, de forma general, el colapso en las estructuras va a ser muy poco, ya que se podrían originar más daños menores y daños graves en las estructuras, que colapso parcial o total. Los daños menores podrían ser grietas en pisos y paredes, los daños parciales podrían ser esas mismas grietas pero más pronunciadas, el colapso parcial podría ser la caída no total del techo o paredes y el colapso total sería la pérdida total de la estructura.

### 5.5.2.2. Estimación del porcentaje de daño ante amenaza sísmica para las líneas vitales (infraestructura)

Al igual que para las estructuras, también existen curvas de fragilidad que han sido desarrolladas para determinar el porcentaje de daño de las líneas vitales (infraestructura). Para el caso del sector de Jucó, las siguientes líneas vitales son las que se analizarán:

- Tanques de concreto para almacenamiento de agua potable.

- Tuberías.
- Carretera de acceso a la zona de estudio.
- Puente.
- Líneas eléctricas.

**Tanques de concreto:** Para el caso del sector de estudio, se van a analizar dos tanques existentes, uno que se le llamará Tanque de agua No. 1 y el otro, Tanque de agua No. 2, Escuela. En la siguiente tabla se muestran los valores de amenaza de los tanques para los cinco escenarios de estudio.

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Índice de Vulnerabilidad	Aceleración	Amenaza (Gal)
No. 1	Hidráulica	Tanque de agua No.1	17,5	500	588
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	500	579
No. 2	Hidráulica	Tanque de agua No.1	17,5	650	764
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	650	752
No. 3	Hidráulica	Tanque de agua No.1	17,5	529,2	622
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	529,2	613
No. 4	Hidráulica	Tanque de agua No.1	17,5	352,8	415
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	352,8	408
No. 5	Hidráulica	Tanque de agua No.1	17,5	264,6	311
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	15,75	264,6	306

**Tabla 51: Valores de amenaza determinados para los tanques de concreto del sector de Jucó de Orosi, según los escenarios de cálculo establecidos**

Tomando en cuenta la información antes citada, se procede a determinar el porcentaje de daño de los tanques por medio de la curva de fragilidad que se muestra por medio de la figura No. 53.

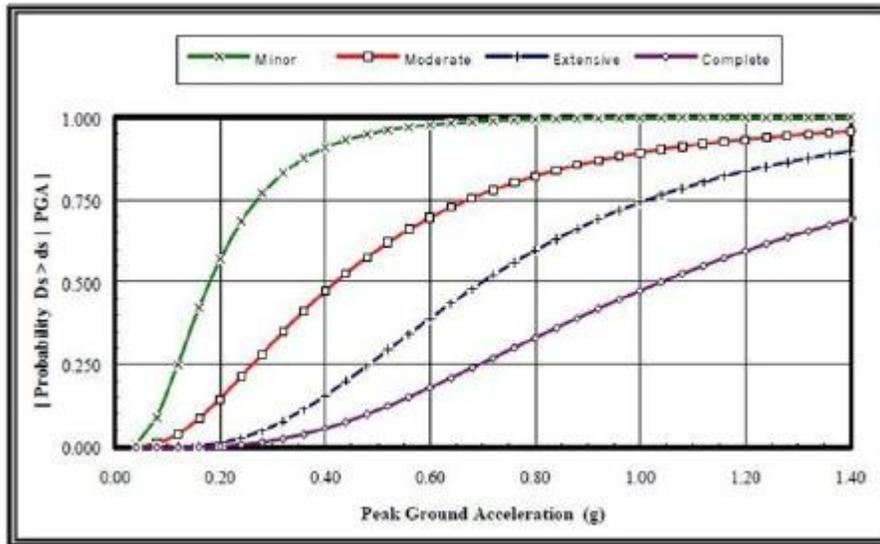


Figura 53: Curva de fragilidad para la determinación del daño en tanques de concreto. (Fuente: Federal Emergency Management Agency, 1999)

La curva anterior, analiza el daño de acuerdo a si puede ser leve, moderado, general y total. Como se tienen cinco escenarios, la curva leve se utilizó con los datos del escenario uno y dos, la curva moderado para el escenario cinco, la curva general para el escenario cuatro y la curva total para el escenario tres.

En la siguiente tabla, se detallan los porcentajes de daño para los tanques mencionados, así como el estado de daño que puede sufrir de acuerdo al porcentaje obtenido.

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Amenaza (Gal)	% de daño	Estado de daño
No. 1	Hidráulica	Tanque de agua No.1	588	95	Colapso total
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	579	94	Colapso total
No. 2	Hidráulica	Tanque de agua No.1	764	100	Colapso total
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	752	100	Colapso total
No. 3	Hidráulica	Tanque de agua No.1	622	18	Daños menores
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	613	17	Daños menores
No. 4	Hidráulica	Tanque de agua No.1	415	17	Daños menores
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	408	16	Daños menores
No. 5	Hidráulica	Tanque de agua No.1	311	32	Daños graves
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	306	31	Daños graves

Tabla 52: Porcentajes de daño determinados para los tanques de concreto del sector de Jucó de Orosi, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos

**Tuberías:** Para el caso de las tuberías, se determina una tasa de roturas de tubería por kilómetro y para esto, se usará la curva de fragilidad que se muestra en la figura 54.

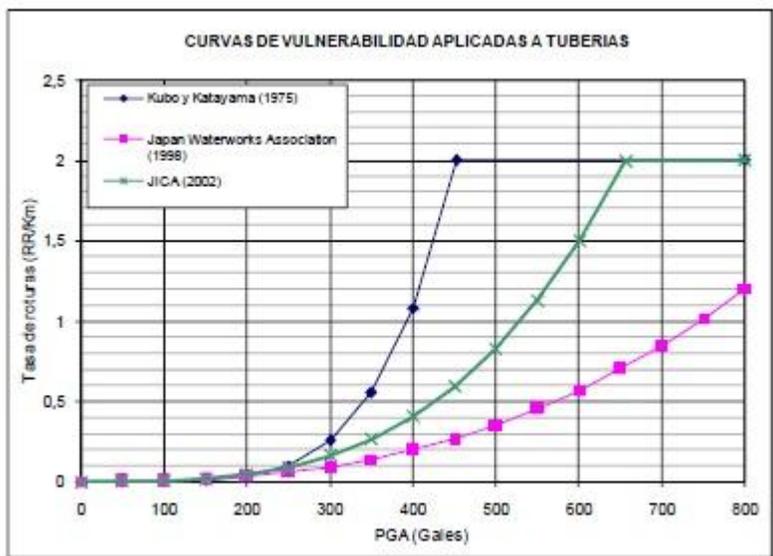


Figura 54: Curva de fragilidad para tuberías según el método japonés. (Fuente: FOPAE, n.d.)

De acuerdo con la figura anterior y según los datos de amenaza, en la siguiente tabla se muestran los valores de la tasa de rotura (por Km de tubería instalada) que pueden presentar las tuberías en caso de darse un sismo para los cinco escenarios de análisis. En este caso, se utilizó el método japonés JICA (2002).

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Amenaza (Gal)	Tasas de rotura
No. 1	Hidráulica	Tubería	593	1,38
No. 2	Hidráulica	Tubería	770	2
No. 3	Hidráulica	Tubería	627	1,6
No. 4	Hidráulica	Tubería	418	0,45
No. 5	Hidráulica	Tubería	314	0,2

Tabla 53: Tasas de rotura determinadas para tuberías, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos

**Vías terrestres:** La carretera de la comunidad de Jucó es de lastre, no es pavimentada, por lo tanto se usará la siguiente curva de fragilidad para determinar el porcentaje de daño de la misma.

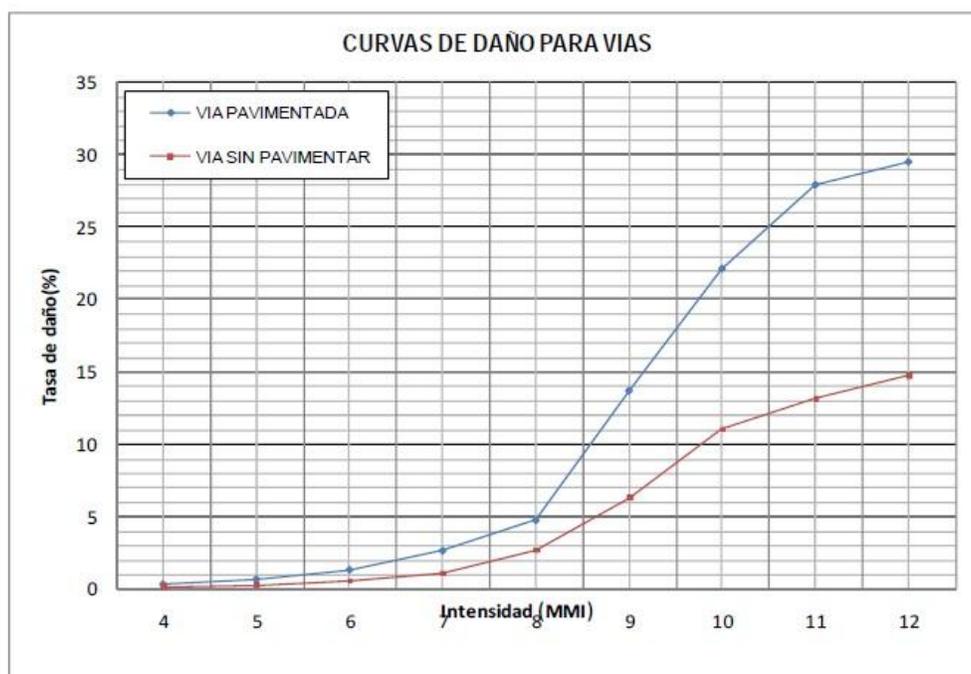


Figura 55: Curva de fragilidad para vías terrestres. (Fuente: FOPAE, n.d.)

La curva anterior no viene en términos de la aceleración si no de la Intensidad de Mercalli Modificado (MMI), es por ello que se debe hacer la conversión de estos valores a PGA (isoaceleraciones). <sup>18</sup>Para ello se utilizará la siguiente ecuación definida por Linkimer (2008) para la relación de PGA y MMI:

$$MMI=2.69\log(PGA_{\max})+0.56 \quad (\text{Ec. 5.3})$$

En la siguiente tabla, se muestran los porcentajes de daño para la carretera de acuerdo a los datos de amenaza para cada escenario y al uso de la curva antes mencionada.

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Amenaza (Gal)	Valor en MMI	% de daño
No. 1	De transporte	Vía terrestre	623	8	3
No. 2	De transporte	Vía terrestre	809	8,4	4
No. 3	De transporte	Vía terrestre	659	8	3
No. 4	De transporte	Vía terrestre	439	8	3
No. 5	De transporte	Vía terrestre	329	7	1

**Tabla 54: Porcentajes de daño determinados para la carretera de Jucó, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos**

**Puentes:** Para establecer el porcentaje de daño para el puente de la zona de estudio, se procede a utilizar la curva de fragilidad que se mostrará a continuación, así como los valores de amenaza para todos los escenarios.

---

<sup>18</sup> Esta información se tomó de la tesis del estudiante Jarlim Rojas, presentada en el año 2011 (únicamente se tomaron las dos líneas después de la numeración de la nota y la fórmula.

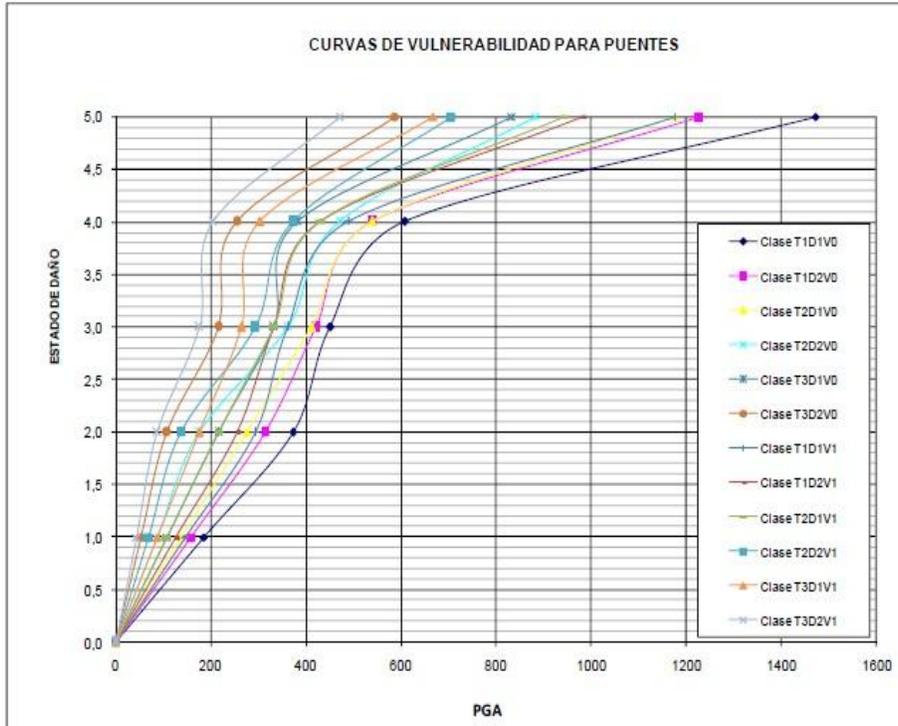


Figura 56: Curva de fragilidad para puentes. (Fuente: FOPAE, n.d.)

Para el caso del puente de Jucó, se asumen los valores del daño para un puente clase T1D1V0.

A continuación, se muestra una tabla con los valores de amenaza y daños para el puente respecto de los escenarios de cálculo.

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Amenaza (Gal)	% de daño
No. 1	De transporte	Puente	583	3,95
No. 2	De transporte	Puente	757	4,3
No. 3	De transporte	Puente	617	4
No. 4	De transporte	Puente	411	2,4
No. 5	De transporte	Puente	308	1,6

Tabla 55: Porcentajes de daño determinados para el puente de Jucó, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos

**Líneas eléctricas:** Para determinar el daño que ocurriría en las líneas eléctricas, se utilizará la siguiente curva de fragilidad.

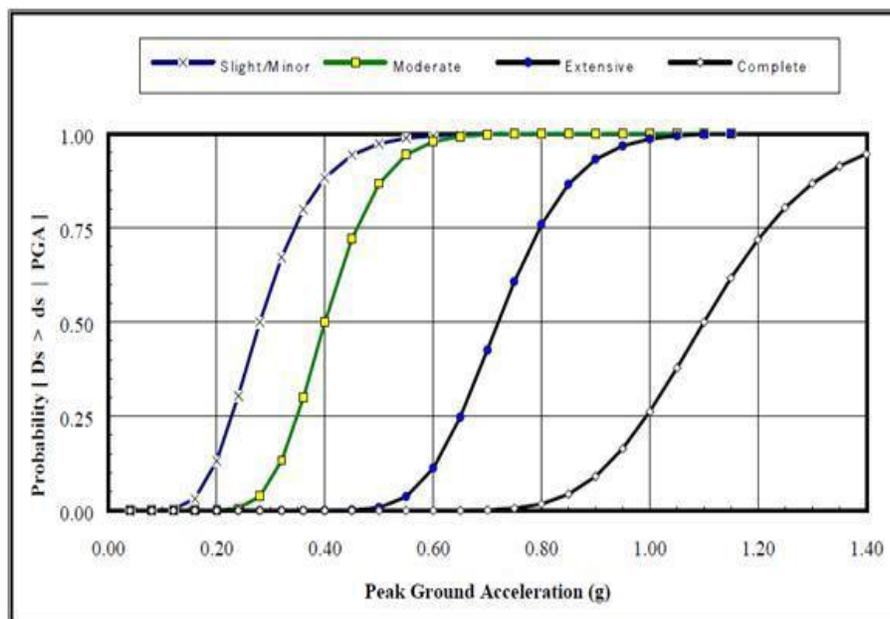


Figura 57: Curva de fragilidad para líneas eléctricas. (Fuente: Federal Emergency Management Agency, 1999)

En la tabla que se presenta a continuación, se muestran los valores del porcentaje de daño para líneas eléctricas de todos los escenarios.

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Amenaza (Gal)	% de daño	Estado de daño
No. 1	Energética	Líneas eléctricas	621	100	Colapso total
No. 2	Energética	Líneas eléctricas	808	100	Colapso total
No. 3	Energética	Líneas eléctricas	658	25	Daños graves
No. 4	Energética	Líneas eléctricas	438	0	Daños menores
No. 5	Energética	Líneas eléctricas	329	15	Daños menores

Tabla 56: Porcentajes de daño determinados para líneas eléctricas, de acuerdo a los escenarios de cálculo establecidos

## 5.6. Análisis de vulnerabilidad humana

Si se lleva a cabo un análisis de riesgo, se puede establecer una estimación de la afectación que produciría un evento natural sobre la población en términos de personas, las cuales podrían sufrir esta afectación en sus viviendas, personas que sufrirían alguna afectación física que requiera atención médica y personas que pudieran fallecer después de ocurrido el evento. Un método con el que se pueden realizar estas estimaciones es el de las funciones de vulnerabilidad humana, las cuales establecen el número de personas afectadas en función del porcentaje de daño físico obtenido.

Las funciones de vulnerabilidad humana están planteadas en términos del número esperado de víctimas mortales medidas en porcentaje respecto del daño sufrido en la estructura. Es por ello que se va a analizar la vulnerabilidad humana con respecto al daño de la estructura y al tipo de material de la misma.

Para llevar a cabo este análisis de vulnerabilidad humana, se determinará el número de víctimas (NV) afectadas por la ocurrencia de un sismo, el cual se establecerá por medio de la siguiente fórmula:

$$NV_i = \text{Ocupantes } i \times \text{Atrapados } (\%) \times \text{Fatalidad } (\%) \times FC_j \quad (\text{Ec. 5.4})$$

En donde,

**Ocupantes:** Corresponde al número total de personas que están presentes en el edificio o estructura en el momento que ocurre el sismo. Para establecer este parámetro, se definirá la cantidad de personas que podrían estar en la estructura durante el día o la noche. En el día solo se considera un porcentaje del total de habitantes de la estructura, ya que la mayoría, no se encuentra en su totalidad en las casas o edificaciones por motivos de trabajo, estudio, etc. Para el caso de la noche y dependiendo del tipo de estructura, se considera la cantidad de ocupantes en su totalidad, más que todo para las viviendas.

**Atrapados:** es el porcentaje de ocupantes de la estructura que quedan atrapados con vida debajo de los escombros de la edificación, este factor depende del tipo estructural.

**Fatalidad:** relación porcentual del número estimado de atrapados que podrían morir por el colapso o los daños en la edificación. En la sección de anexos de este trabajo, se presenta una tabla con estos porcentajes así como los del porcentaje de atrapados.

**Factor de Colapso (FC):** es una estimación de la probabilidad de colapso de la estructura a partir del daño de ésta. Para estimar el factor de colapso para cualquier estructura se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$FC = 1 - 0.5^{\phi} \quad (\text{Ecs. 5.5 y 5.6.})$$
$$\phi = \left( \frac{\text{Pérdida del edificio [\%]}}{30\%} \right)^{3.5}$$

**Porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE):** Para determinar este porcentaje, se debe tomar cada uno de los datos de porcentajes de daño de las estructuras por sistema constructivo, dividirlo entre la cantidad de estructuras que están incluidas en cada sistema y con eso se obtiene un valor promedio, el cual, va a corresponder al del %PE.

En las tablas que se mostrarán a continuación, se detallan los cálculos y resultados de ese porcentaje obtenido, tanto para las viviendas como para las edificaciones de uso público y comercial de la zona de estudio, con respecto a cada uno de los escenarios de estudio. Cabe resaltar que se hallará el %PE solo para las estructuras que resultaron con vulnerabilidad muy alta, alta y media, según el índice de vulnerabilidad determinado en la sección 5.4 del presente capítulo.

	MADERA	PREFABRICADO
Cantidad de casas	33	13
Daño total	687	172
Promedio	20,8	13,2

Tabla 57: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 1

	MAMPOSTERÍA Y MADERA	PREFABRICADO Y MAMPOSTERÍA	CONCRETO Y MADERA	PREFABRICADO Y ACERO
Cantidad de casas	12	6	8	2
Daño total	761	358	135	40
Promedio	63,4	59,7	16,9	20,0

Tabla 58: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 1

MATERIAL	CANTIDAD	OCUPACIÓN	DAÑO TOTAL	PROMEDIO
Concreto y madera	1	Cabaña	19,5	19,5
Madera	1	Cabaña	18	18

Tabla 59: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 1

	MADERA	PREFABRICADO
Cantidad de casas	33	13
Daño total	1029	293
Promedio	31,18	22,5

Tabla 60: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 2

	<b>MAMPOSTERÍA Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y ACERO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	12	6	8	2
<b>Daño total</b>	798	399	225	59
<b>Promedio</b>	<b>66,5</b>	<b>66,5</b>	<b>28,2</b>	<b>29,5</b>

Tabla 61: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 2

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>OCUPACIÓN</b>	<b>DAÑO TOTAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Concreto y madera</b>	1	Cabaña	10	10
<b>Madera</b>	1	Cabaña	10	10

Tabla 62: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 2

	<b>MADERA</b>	<b>PREFABRICADO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	33	13
<b>Daño total</b>	768	192
<b>Promedio</b>	<b>23,3</b>	<b>14,8</b>

Tabla 63: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 3

	<b>MAMPOSTERÍA Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y ACERO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	12	6	8	2
<b>Daño total</b>	781	368	135	45
<b>Promedio</b>	<b>65,1</b>	<b>61,3</b>	<b>16,9</b>	<b>22,5</b>

Tabla 64: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 3

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>OCUPACIÓN</b>	<b>DAÑO TOTAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Concreto y madera</b>	1	Cabaña	21,5	21,5
<b>Madera</b>	1	Cabaña	20	20

Tabla 65: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 3

	<b>MADERA</b>	<b>PREFABRICADO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	33	13
<b>Daño total</b>	387	81
<b>Promedio</b>	<b>11,7</b>	<b>6,2</b>

Tabla 66: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 4

	<b>MAMPOSTERÍA Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y ACERO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	12	6	8	2
<b>Daño total</b>	562,5	262	89	20
<b>Promedio</b>	<b>46,9</b>	<b>43,7</b>	<b>11,1</b>	<b>10,0</b>

Tabla 67: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 4

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>OCUPACIÓN</b>	<b>DAÑO TOTAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Concreto y madera</b>	1	Cabaña	10	10
<b>Madera</b>	1	Cabaña	10	10

Tabla 68: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 4

	<b>MADERA</b>	<b>PREFABRICADO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	33	13
<b>Daño total</b>	195	40
<b>Promedio</b>	<b>5,9</b>	<b>3,08</b>

Tabla 69: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas de sistemas constructivos compuestos de un solo material. Escenario No. 5

	<b>MAMPOSTERÍA Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO Y MADERA</b>	<b>PREFABRICADO Y ACERO</b>
<b>Cantidad de casas</b>	12	6	8	2
<b>Daño total</b>	324,50	148,00	48,50	10,00
<b>Promedio</b>	<b>27,0</b>	<b>24,7</b>	<b>6,1</b>	<b>5,0</b>

**Tabla 70: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para viviendas hechas en sistemas constructivos combinados. Escenario No. 5**

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>OCUPACIÓN</b>	<b>DAÑO TOTAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Concreto y madera</b>	1	Cabaña	5	5
<b>Madera</b>	1	Cabaña	4	4

**Tabla 71: Determinación del porcentaje de pérdida de las estructuras (%PE), para edificaciones dedicadas al uso público y que están hechas de sistemas constructivos combinados y de un solo material. Escenario No. 5**

De acuerdo con la información antes mencionada, se procede a determinar el número de víctimas esperadas por la ocurrencia de un sismo en la zona de Jucó de Orosi, respecto de los cinco escenarios establecidos para el análisis sísmico.

Estableciendo el porcentaje de daño de las estructuras por material y teniendo en cuenta las variables por utilizar, se procede a calcular este número de víctimas determinándose para el caso de que el sismo se llevara a cabo en el día y en la noche. En las siguientes tablas, se muestran los datos correspondientes para el cálculo del NV, lo que corresponde a la cantidad de víctimas esperadas. Se debe resaltar que este NV solo se calculó para las estructuras que presentaron vulnerabilidad cuando se hizo el análisis de vulnerabilidad. Las que no, no se tomaron en cuenta para la determinación del número de víctimas.

Número de víctimas esperadas durante el día en viviendas y edificios de uso comercial.

Escenario No. 1

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% pérdida de estr.	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	2,0	6,0	17,5	63,4	13,7	1,0	2,5
Mampostería y prefabricado	6	2,0	7,5	15,0	59,7	11,1	1,0	1,3
Madera	33	2,0	7,0	20,0	20,8	0,3	0,2	1,6
Concreto y madera	8	2,0	18,5	35,0	16,9	0,1	0,1	0,9
Prefabricado	13	2,0	10,0	15,0	13,2	0,06	0,04	0,1
Prefabricado y acero	2	2,0	6,0	12,5	20,0	0,2	0,2	0,05

Tabla 72: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 1

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% pérdida de estr.	Ø	FC	NV
Madera	1	4,0	7,0	20,0	18,00	0,2	0,1	0,1
Concreto y madera	1	4,0	18,5	35,0	19,50	0,2	0,1	0,4

Tabla 73: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día.

Escenario No. 1

**Número de víctimas esperadas durante la noche en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 1**

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD DE ESTRUCT.</b>	<b>No. DE OCUPANTES</b>	<b>% DE ATRAPADOS</b>	<b>% DE FATALIDAD</b>	<b>% pérdida de estr.</b>	<b>Ø</b>	<b>FC</b>	<b>NV</b>
Mampostería y madera	12	5,0	6,0	17,5	63,4	13,72	1,0	<b>6,3</b>
Mampostería y prefabricado	6	4,0	7,5	15,0	59,7	11,12	1,0	<b>2,7</b>
Madera	33	5,0	7,0	20,0	20,8	0,3	0,2	<b>4,0</b>
Concreto y madera	8	4,0	18,5	35,0	16,9	0,13	0,09	<b>1,8</b>
Prefabricado	13	5,0	10,0	15,0	13,2	0,06	0,04	<b>0,4</b>
Prefabricado y acero	2	4,0	6,0	12,5	20,0	0,24	0,2	<b>0,1</b>

**Tabla 74: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 1**

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD DE ESTRUCT.</b>	<b>No. DE OCUPANTES</b>	<b>% DE ATRAPADOS</b>	<b>% DE FATALIDAD</b>	<b>% pérdida de estr.</b>	<b>Ø</b>	<b>FC</b>	<b>NV</b>
Madera	1	7,0	7,0	20,0	18,00	0,2	0,1	<b>0,1</b>
Concreto y madera	1	7,0	18,5	35,0	19,50	0,2	0,1	<b>0,6</b>

**Tabla 75: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche.**

**Escenario No. 1**

**Número de víctimas esperadas durante el día en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 2**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% pérdida de estr.	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	2,0	6,0	17,5	66,5	16,22	1,0	2,5
Mampostería y prefabricado	6	2,0	7,5	15,0	66,5	16,22	1,0	1,3
Madera	33	2,0	7,0	20,0	31,2	1,1	0,5	5,1
Concreto y madera	8	2,0	18,5	35,0	28,2	0,81	0,4	4,4
Prefabricado	13	2,0	10,0	15,0	22,5	0,37	0,2	0,9
Prefabricado y acero	2	2,0	6,0	12,5	29,5	0,94	0,5	0,1

**Tabla 76: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 2**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% pérdida de estr.	Ø	FC	NV
Madera	1	4,0	7,0	20,0	29,00	0,9	0,5	0,3
Concreto y madera	1	4,0	18,5	35,0	29,50	0,9	0,5	1,2

**Tabla 77: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día.**

**Escenario No. 2**

**Número de víctimas esperadas durante la noche en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 2**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% pérdida de estr.	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	5,0	6,00	17,50	66,5	16,22	1,0	6,3
Mampostería y prefabricado	6	4,0	7,50	15,0	66,5	16,22	1,0	2,7
Madera	33	5,0	7,00	20,0	31,2	1,1	0,5	12,7
Concreto y madera	8	4,0	18,5	35,0	28,2	0,81	0,4	8,9
Prefabricado	13	5,0	10,0	15,0	22,5	0,37	0,2	2,2
Prefabricado y acero	2	4,0	6,0	12,5	29,5	0,94	0,5	0,3

**Tabla 78: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 2**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% pérdida de estr.	Ø	FC	NV
Madera	1	7,0	7,0	20,0	29,00	0,9	0,5	0,5
Concreto y madera	1	7,0	18,5	35,0	29,50	0,9	0,5	2,2

**Tabla 79: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche.**

**Escenario No. 2**

**Número de víctimas esperadas durante el día en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 3**

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD DE ESTRUCT.</b>	<b>No. DE OCUPANTES</b>	<b>% DE ATRAPADOS</b>	<b>% DE FATALIDAD</b>	<b>% PE</b>	<b>Ø</b>	<b>FC</b>	<b>NV</b>
Mampostería y madera	12	2,0	6,0	17,5	65,1	15,05	1,0	<b>2,5</b>
Mampostería y prefabricado	6	2,0	7,5	15,0	61,3	12,20	1,0	<b>1,3</b>
Madera	33	2,0	7,0	20,0	23,3	0,4	0,2	<b>2,3</b>
Concreto y madera	8	2,0	18,5	35,0	16,9	0,13	0,09	<b>0,9</b>
Prefabricado	13	2,0	10,0	15,0	14,8	0,08	0,06	<b>0,2</b>
Prefabricado y acero	2	2,0	6,0	12,5	22,5	0,37	0,2	<b>0,1</b>

**Tabla 80: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 3**

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD DE ESTRUCT.</b>	<b>No. DE OCUPANTES</b>	<b>% DE ATRAPADOS</b>	<b>% DE FATALIDAD</b>	<b>% PE</b>	<b>Ø</b>	<b>FC</b>	<b>NV</b>
Madera	1	4,0	7,0	20,00	20,0	0,2	0,2	<b>0,1</b>
Concreto y madera	1	4,0	18,5	35	21,5	0,3	0,2	<b>0,5</b>

**Tabla 81: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día.**

**Escenario No. 3**

**Número de víctimas esperadas durante la noche en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 3**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	5,0	6,0	17,5	65,1	15,1	1,0	<b>6,3</b>
Mampostería y prefabricado	6	4,0	7,5	15,0	61,3	12,20	1,0	<b>2,7</b>
Madera	33	5,0	7,0	20,0	23,3	0,4	0,2	<b>5,7</b>
Concreto y madera	8	4,0	18,5	35,0	16,9	0,13	0,09	<b>1,8</b>
Prefabricado	13	5,0	10,0	15,0	14,8	0,08	0,06	<b>0,6</b>
Prefabricado y acero	2	4,0	6,0	12,5	22,5	0,37	0,2	<b>0,1</b>

**Tabla 82: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 3**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Madera	1	7,0	7,0	20,0	20,0	0,2	0,2	<b>0,2</b>
Concreto y madera	1	7,0	18,5	35,0	21,5	0,3	0,2	<b>0,9</b>

**Tabla 83: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche.**

**Escenario No. 3**

Número de víctimas esperadas durante el día en viviendas y edificios de uso comercial.

Escenario No. 4

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	2,0	6,0	17,5	46,9	4,8	1,0	<b>2,4</b>
Mampostería y prefabricado	6	2,0	7,5	15,0	43,7	3,7	0,9	<b>1,2</b>
Madera	33	2,0	7,0	20,0	11,7	0,04	0,03	<b>0,2</b>
Concreto y madera	8	2,0	18,5	35,0	11,1	0,03	0,02	<b>0,2</b>
Prefabricado	13	2,0	10,0	15,0	6,2	0,004	0,003	<b>0,01</b>
Prefabricado y acero	2	2,0	6,0	12,5	10,0	0,02	0,015	<b>0,004</b>

**Tabla 84: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 4**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Madera	1	4,0	7,0	20,0	10,0	0,02	0,01	<b>0,01</b>
Concreto y madera	1	4,0	18,5	35,0	10,0	0,02	0,01	<b>0,04</b>

**Tabla 85: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día.**

**Escenario No. 4**

**Número de víctimas esperadas durante la noche en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 4**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	5,0	6,0	17,5	46,9	4,8	1,0	6,1
Mampostería y prefabricado	6	4,0	7,5	15,0	43,7	3,7	0,9	2,5
Madera	33	5,0	7,0	20,0	11,7	0,04	0,03	0,6
Concreto y madera	8	4,0	18,5	35,0	11,1	0,03	0,02	0,4
Prefabricado	13	5,0	10,0	15,0	6,2	0,004	0,003	0,03
Prefabricado y acero	2	4,0	6,0	12,5	10,0	0,02	0,015	0,01

**Tabla 86: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 4**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Madera	1	7,0	7,0	20,0	10,0	0,02	0,01	0,01
Concreto y madera	1	7,0	18,5	35,0	10,0	0,02	0,01	0,07

**Tabla 87: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche.**

**Escenario No. 4**

Número de víctimas esperadas durante el día en viviendas y edificios de uso comercial.

Escenario No. 5

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	2,0	6,0	17,5	27,0	0,7	0,4	1,0
Mampostería y prefabricado	6	2,0	7,5	15,0	24,7	0,5	0,3	0,4
Madera	33	2,0	7,0	20,0	5,9	0,003	0,002	0,02
Concreto y madera	8	2,0	18,5	35,0	6,1	0,004	0,003	0,03
Prefabricado	13	2,0	10,0	15,0	3,1	0,0003	0,0002	0,001
Prefabricado y acero	2	2,0	6,0	12,5	5,0	0,002	0,001	0,0004

Tabla 88: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante el día. Escenario No. 5

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Madera	1	4,0	7,0	20,0	4,0	0,001	0,001	0,0003
Concreto y madera	1	4,0	18,5	35,0	5,0	0,002	0,001	0,003

Tabla 89: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante el día.

Escenario No. 5

**Número de víctimas esperadas durante la noche en viviendas y edificios de uso comercial.**

**Escenario No. 5**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Mampostería y madera	12	5,0	6,0	17,5	27,0	0,7	0,4	<b>2,4</b>
Mampostería y prefabricado	6	4,0	7,5	15,0	24,7	0,5	0,3	<b>0,8</b>
Madera	33	5,0	7,0	20,0	5,9	0,003	0,002	<b>0,1</b>
Concreto y madera	8	4,0	18,5	35,0	6,1	0,004	0,003	<b>0,1</b>
Prefabricado	13	5,0	10,0	15,0	3,1	0,0003	0,0002	<b>0,002</b>
Prefabricado y acero	2	4,0	6,0	12,5	5,0	0,002	0,001	<b>0,001</b>

**Tabla 90: Determinación del número de víctimas para las viviendas durante la noche. Escenario No. 5**

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD DE ESTRUCT.	No. DE OCUPANTES	% DE ATRAPADOS	% DE FATALIDAD	% PE	Ø	FC	NV
Madera	1	7,0	7,0	20,0	4,0	0,001	0,001	<b>0,001</b>
Concreto y madera	1	7,0	18,5	35,0	5,0	0,002	0,001	<b>0,01</b>

**Tabla 91: Determinación del número de víctimas para edificaciones de uso comercial (cabañas) durante la noche.**

**Escenario No. 5**

En las tablas que se mostrarán a continuación, se detalla, por medio de una tabla-resumen, los datos del número de víctimas (NV) que se pudieran dar en la zona de estudio, en el caso de que ocurra un sismo ya sea en el día o en la noche, para cada uno de los escenarios de análisis propuestos.

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	No. TOTAL DE OCUPANTES	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	2,0	24,0	Vivienda	2,5
Mampostería y prefabricado	6	2,0	12,0	Vivienda	1,3
Madera	33	2,0	66,0	Vivienda	1,6
Concreto y madera	8	2,0	16,0	Vivienda	0,9
Prefabricado	13	2,0	26,0	Vivienda	0,1
Prefabricado y acero	2	2,0	4,0	Vivienda	0,05
Madera	1	4,0	4,0	Cabaña	0,1
Concreto y madera	1	4,0	4,0	Cabaña	0,4
<b>Total:</b>					<b>7</b>

Tabla 92: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 1

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	No. TOTAL DE OCUPANTES	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	5,0	60,0	Vivienda	6,3
Mampostería y prefabricado	6	4,0	24,0	Vivienda	2,7
Madera	33	5,0	165,0	Vivienda	4,0
Concreto y madera	8	4,0	32,0	Vivienda	1,8
Prefabricado	13	5,0	65,0	Vivienda	0,4
Prefabricado y acero	2	4,0	8,0	Vivienda	0,1
Madera	1	7,0	7,0	Cabaña	0,1
Concreto y madera	1	7,0	7,0	Cabaña	0,6
<b>Total:</b>					<b>16</b>

Tabla 93: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 1

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	No. TOTAL DE OCUPANTES	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	2,0	24,0	Vivienda	2,5
Mampostería y prefabricado	6	2,0	12,0	Vivienda	1,3
Madera	33	2,0	66,0	Vivienda	5,1
Concreto y madera	8	2,0	16,0	Vivienda	4,4
Prefabricado	13	2,0	26,0	Vivienda	0,9
Prefabricado y acero	2	2,0	4,0	Vivienda	0,1
Madera	1	4,0	4,0	Cabaña	0,3
Concreto y madera	1	4,0	4,0	Cabaña	1,2
<b>Total:</b>					<b>16</b>

Tabla 94: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 2

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TOTAL No. DE OCUPANTES	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	5,0	60,0	Vivienda	6,3
Mampostería y prefabricado	6	4,0	24,0	Vivienda	2,7
Madera	33	5,0	165,0	Vivienda	12,7
Concreto y madera	8	4,0	32,0	Vivienda	8,9
Prefabricado	13	5,0	65,0	Vivienda	2,2
Prefabricado y acero	2	4,0	8,0	Vivienda	0,3
Madera	1	7,0	7,0	Cabaña	0,5
Concreto y madera	1	7,0	7,0	Cabaña	2,2
<b>Total:</b>					<b>36</b>

Tabla 95: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 2

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	2,0	Vivienda	2,5
Mampostería y prefabricado	6	2,0	Vivienda	1,3
Madera	33	2,0	Vivienda	2,3
Concreto y madera	8	2,0	Vivienda	0,9
Prefabricado	13	2,0	Vivienda	0,2
Prefabricado y acero	2	2,0	Vivienda	0,1
Madera	1	4,0	Cabaña	0,1
Concreto y madera	1	4,0	Cabaña	0,5
			<b>Total:</b>	<b>8</b>

Tabla 96: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 3

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	5,0	Vivienda	6,3
Mampostería y prefabricado	6	4,0	Vivienda	2,7
Madera	33	5,0	Vivienda	5,7
Concreto y madera	8	4,0	Vivienda	1,8
Prefabricado	13	5,0	Vivienda	0,6
Prefabricado y acero	2	4,0	Vivienda	0,1
Madera	1	7,0	Cabaña	0,2
Concreto y madera	1	7,0	Cabaña	0,9
			<b>Total:</b>	<b>18</b>

Tabla 97: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 3

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	2,0	Vivienda	2,4
Mampostería y prefabricado	6	2,0	Vivienda	1,2
Madera	33	2,0	Vivienda	0,2
Concreto y madera	8	2,0	Vivienda	0,2
Prefabricado	13	2,0	Vivienda	0,01
Prefabricado y acero	2	2,0	Vivienda	0,004
Madera	1	4,0	Cabaña	0,01
Concreto y madera	1	4,0	Cabaña	0,04
			<b>Total:</b>	<b>4</b>

Tabla 98: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 4

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	5,0	Vivienda	6,1
Mampostería y prefabricado	6	4,0	Vivienda	2,5
Madera	33	5,0	Vivienda	0,6
Concreto y madera	8	4,0	Vivienda	0,4
Prefabricado	13	5,0	Vivienda	0,03
Prefabricado y acero	2	4,0	Vivienda	0,01
Madera	1	7,0	Cabaña	0,01
Concreto y madera	1	7,0	Cabaña	0,1
			<b>Total:</b>	<b>10</b>

Tabla 99: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 4

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	2,0	Vivienda	1,0
Mampostería y prefabricado	6	2,0	Vivienda	0,4
Madera	33	2,0	Vivienda	0,02
Concreto y madera	8	2,0	Vivienda	0,03
Prefabricado	13	2,0	Vivienda	0,0009
Prefabricado y acero	2	2,0	Vivienda	0,0004
Madera	1	4,0	Cabaña	0,0003
Concreto y madera	1	4,0	Cabaña	0,003
<b>Total:</b>				<b>1</b>

**Tabla 100: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en el día (mañana o tarde). Escenario No. 5**

TIPO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS	No. DE OCUPANTES PROMEDIO	TIPO DE OCUPACIÓN DE LA ESTRUCTURA	NV
Mampostería y madera	12	5,0	Vivienda	2,4
Mampostería y prefabricado	6	4,0	Vivienda	0,8
Madera	33	5,0	Vivienda	0,1
Concreto y madera	8	4,0	Vivienda	0,1
Prefabricado	13	5,0	Vivienda	0,002
Prefabricado y acero	2	4,0	Vivienda	0,001
Madera	1	7,0	Cabaña	0,001
Concreto y madera	1	7,0	Cabaña	0,01
<b>Total:</b>				<b>3</b>

**Tabla 101: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas para las edificaciones vulnerables, en el caso de que el sismo ocurriera en la noche. Escenario No. 5**

En la siguiente tabla, se muestra un resumen con los resultados totales del número de víctimas para cada uno de los escenarios de cálculo, tanto en el día como para la noche, así como la cantidad de personas que quedarían vivas después de ocurrido un sismo en la zona de estudio. Cabe mencionar que de este número de personas con vida, algunas pueden resultar accidentadas pero no se sabe con certeza cuantas serían.

ESCENARIO	CANTIDAD DE PERSONAS EN EL DÍA	CANTIDAD DE PERSONAS EN LA NOCHE	NV EN EL DÍA	NV EN LA NOCHE	CANTIDAD DE PERSONAS VIVAS, DÍA	CANTIDAD DE PERSONAS VIVAS, NOCHE
1	465	673	7	16	458	657
2	465	673	16	36	449	637
3	465	673	8	18	457	655
4	465	673	4	10	461	663
5	465	673	1	3	464	670

Tabla 102: Tabla-resumen con los valores del número de víctimas y cantidad de personas con vida, para todos los escenarios.

## CAPÍTULO VI. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS PARA DESLIZAMIENTOS

### 6.1. Amenaza a deslizamientos para la zona de estudio

Las formaciones geológicas en la zona de Jucó de Orosi, se encuentran moderadamente tectonizadas, esto evidenciado por el diaclasamiento observado en algunos sitios, el cual, unido a otras características del sector (fuertes pendientes, alto grado de meteorización y lluvias intensas), da como resultado una alta susceptibilidad a la inestabilidad de las laderas (deslizamientos).

Esta desestabilización, provoca deslizamientos de roca y suelo, así como avalanchas de lodo que amenazan tanto a las viviendas, las edificaciones y la infraestructura así como a la población del área de estudio (Jucó de Orosi).

Además de lo anterior, otros factores que han contribuido a desencadenar los deslizamientos son:

- Pendientes inadecuadas de los taludes artificiales.
- Meteorización intensa de las formaciones sedimentarias.
- Precipitación de moderada a intensa.
- Diaclasamiento intenso.

Para analizar la amenaza a deslizamientos presente en la comunidad de Jucó de Orosi, se debe tomar en cuenta, además de la geología del sector, los eventos producidos con anterioridad en esta zona, esto con el fin de determinar un panorama global sobre la ocurrencia de esta.

### **6.1.1. Antecedentes de eventos por deslizamientos suscitados en la zona de estudio**

#### **Eventos del 2003**

En mayo del 2003, la influencia de fuertes lluvias produjo una desestabilización en la ladera del Río Granados (ubicado en Jucó de Orosi), provocando un deslizamiento de moderada magnitud, el cual se desprendió de la naciente de este río, generando un flujo de lodo, que depositó parte del volumen de los materiales (aproximadamente 100000 m<sup>3</sup>) sobre el sector del sitio, ocasionando daños importantes en el puente del Río Granados y en el acueducto de la Comunidad de Jucó.

La consecuencia más evidente de este evento fue la sobredimentación de los cauces del río Granados y del río Jucó (también ubicado dentro de la zona de Jucó), además del levantamiento del nivel base, facilitando el desborde en los puntos más críticos (CNE, 2005).

.Además del evento mencionado, el 19 de junio de ese mismo año suscitó otro deslizamiento de material que se encauzó a través de los ríos Granados y Jucó provocando una avalancha de grandes proporciones que afectó fincas, caballerizas, casas y generó una fuerte erosión en los márgenes del río Granados. Se estima que el volumen de material desprendido se aproxima a los 500000 m<sup>3</sup>. (Decreto ejecutivo 32798)<sup>19</sup>

#### **Evento del 2004**

Un año después de ocurridos los eventos mencionados, se presenta un flujo de lodo de dimensiones moderadas, debido a la inestabilidad en la parte media del cauce de Granados provocando el movimiento de aproximadamente 10 000 m<sup>3</sup> de material. (CNE, 2005)

#### **Evento del 2005.**

El 24 de octubre del 2005 ocurre un deslizamiento en la parte alta del río Granados, por medio del cual se generó un desprendimiento de material de la parte superior de la corona del deslizamiento. El volumen del material desprendido fue aproximadamente 250 000 m<sup>3</sup>, de los cuales 75 000 m<sup>3</sup> se desplazaron súbitamente a lo largo del río, afectando los bienes de las personas, obras de protección, vías de comunicación, el puente sobre el río Granados (Puente de Hamaca), y el Río Jucó, tendido eléctrico, tubería de agua potable, además de las viviendas de los habitantes de la comunidad de Jucó.

---

<sup>19</sup> El Decreto Ejecutivo No. 32798 corresponde a, la declaración de estado de emergencia local con respecto a la situación provocada por el deslizamiento en la naciente del río Granados, que generó flujo de lodo y detritos en el cauce de ríos Granados y Jucó, ocasionando daños en las comunidades Jucó y la Anita, Orosi, por parte de la Presidencia de la República en el año 2003.

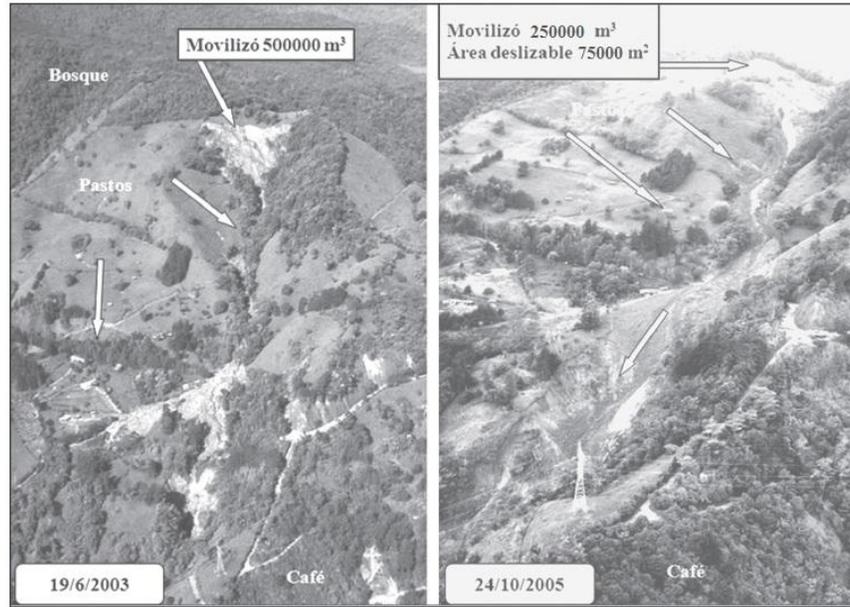


Imagen 16: Deslizamientos en Jucó de Orosi, años 2003 y 2005. (Fuente: <http://www.latindex.ucr.ac.cr/reflexiones-87-2/rfx87-2-06.pdf>)

## 6.2. Análisis de vulnerabilidad y amenaza ante deslizamientos

De acuerdo con la información mencionada, el sector de Jucó de Orosi es una zona propensa a que se susciten eventos por deslizamiento, debido el lugar está rodeado por montañas de gran altura y fuertes pendientes. En la imagen siguiente se denota esta característica del sector.



**Imagen 17: Situación actual de la zona de Jucó de Orosi, con respecto a su ubicación y a las montañas con grandes alturas y pendientes que rodean el lugar. (Foto del 6 de junio del 2011)**

Para llevar a cabo el análisis de amenaza y vulnerabilidad a que ocurra un deslizamiento, se hará un análisis de estabilización de taludes para poder determinar la cantidad de material que podría desprenderse si se da un evento por deslizamiento. Para el caso de los deslizamientos, la amenaza se determinará por medio de este análisis, lo cual va a permitir además, determinar un Factor de Seguridad que permita establecer el daño que pueda producir este sobre las estructuras y la cantidad de víctimas que pudiera haber si se llevara a cabo este evento.

### **6.3. Análisis de estabilización de taludes (laderas) para la zona de estudio**

Para poder determinar la cantidad de material que se podría desprender en el caso que suceda un evento por deslizamiento, se debe realizar un análisis general de estabilización de taludes, tomando en cuenta los valores de: aceleración máxima (**Amáx**) y factor de seguridad (**Fsd**).

### **Aceleración máxima (Amáx).**

La cuantificación del valor de aceleración máxima para estabilidad de taludes debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Si la masa considerada para deslizamiento es rígida, la aceleración inducida sobre la masa debe ser igual a la aceleración máxima esperada.
- Si la masa de suelo no es rígida y si se tiene en cuenta que la aceleración pico solo se presenta en períodos de tiempo muy pequeños no suficientes para producir una falla; se pueden utilizar valores entre 0.1 y 0.2 g, dependiendo de la intensidad del sismo esperado.

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis de estabilidad de taludes del presente trabajo de investigación, se hará de la siguiente manera:

- Se divide la zona a estudiar (se va a tomar en cuenta todo el sector de Jucó) en tres secciones, las cuales a su vez están subdivididas en dos subsecciones o pendientes cada una, para un total de seis (pendientes), por medio de las cuales se buscará el ángulo de inclinación de cada talud a analizar, lo que permitirá hallar la cantidad de material que se deslizará. En la figura 58, se muestra la señalización de las tres secciones antes indicadas, por medio de un croquis de la zona de estudio y en la figura 59, un mapa donde se detallan las seis pendientes que conforman las secciones.

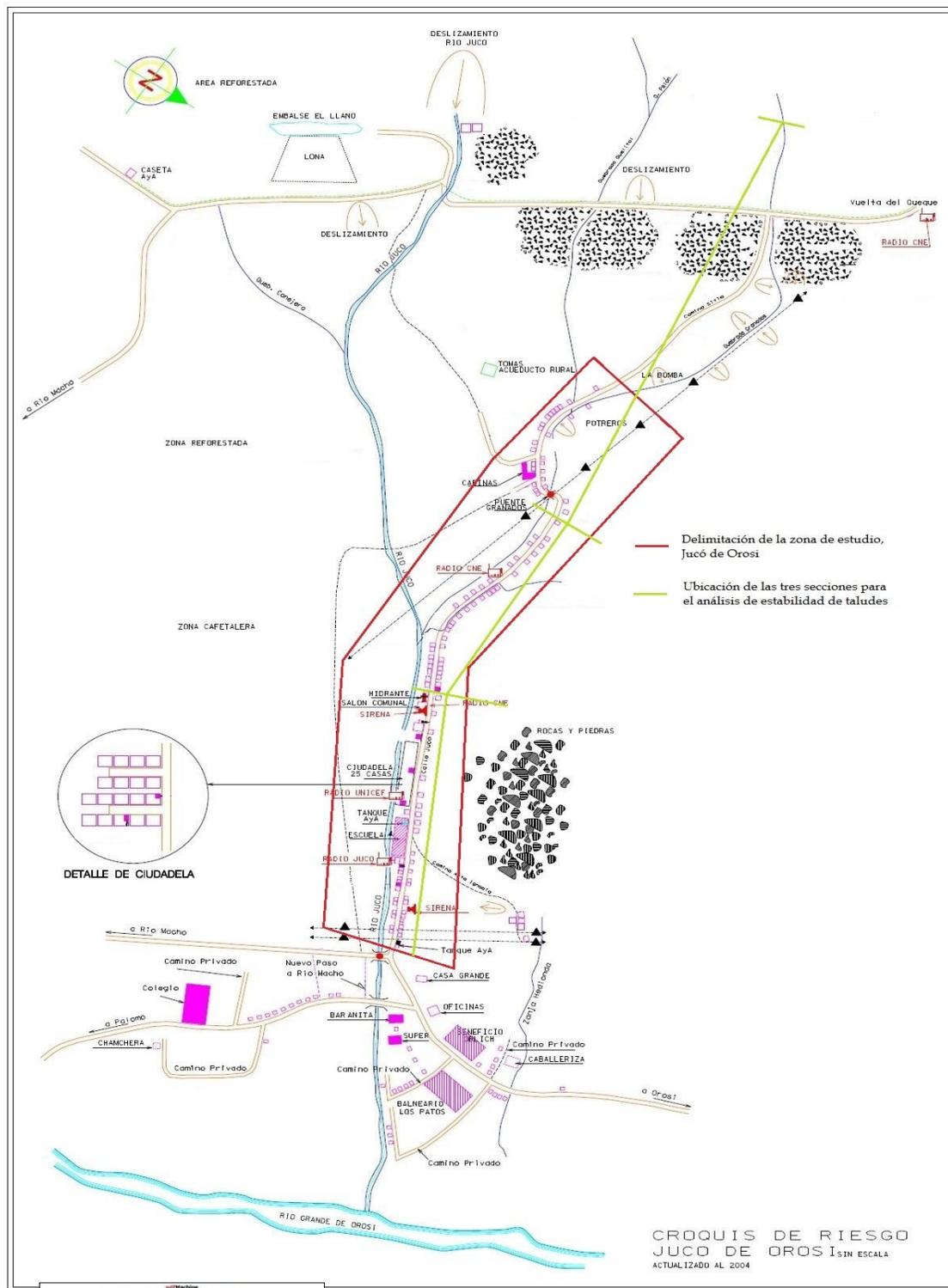


Figura 58: Croquis con la delimitación de la zona de estudio y la ubicación de las tres secciones, utilizadas para el análisis de estabilidad de taludes. (Fuente: CNE, 2011)

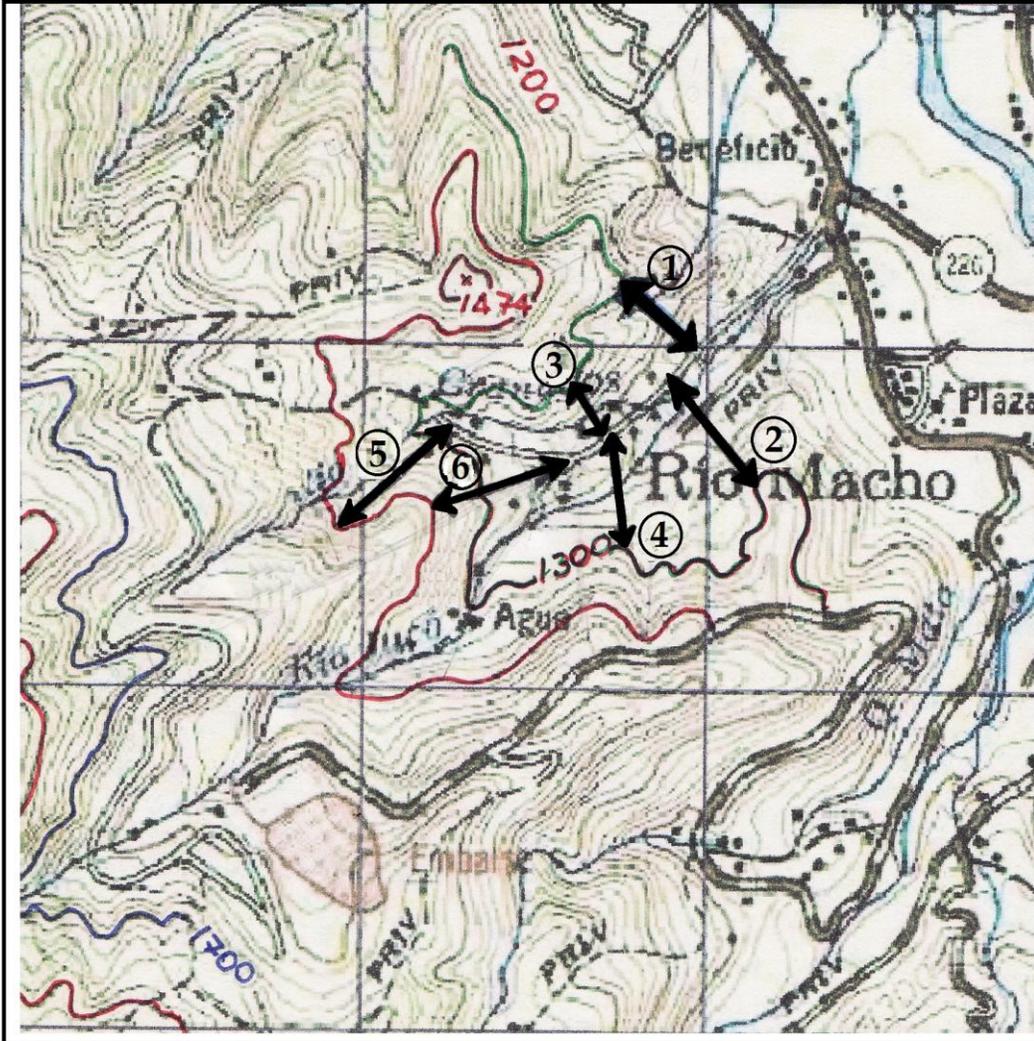


Figura 59: Subsecciones o pendientes por medio de las cuales se va a realizar el análisis de estabilidad de taludes para la zona de estudio

- Una vez que se lleva a cabo lo anterior, se procede a determinar un factor de seguridad inicial ( $F_s$ ) con el cual se halla la aceleración y una vez que se tiene ésta, se calcula el factor de seguridad ( $F_{sd}$ ) con respecto a la aceleración.

Desarrollando el primer punto mencionado, se procede a dividir la zona en tres secciones.

**Sección 1:** Esta sección tiene una distancia lineal de 650 m. Además, se debe tomar en cuenta que la altura de Jucó es de 1200 msnm aproximadamente (Astorga, 2004). Esta se puede ver por medio del siguiente perfil, el cual se muestra en la figura que se mostrará a continuación.

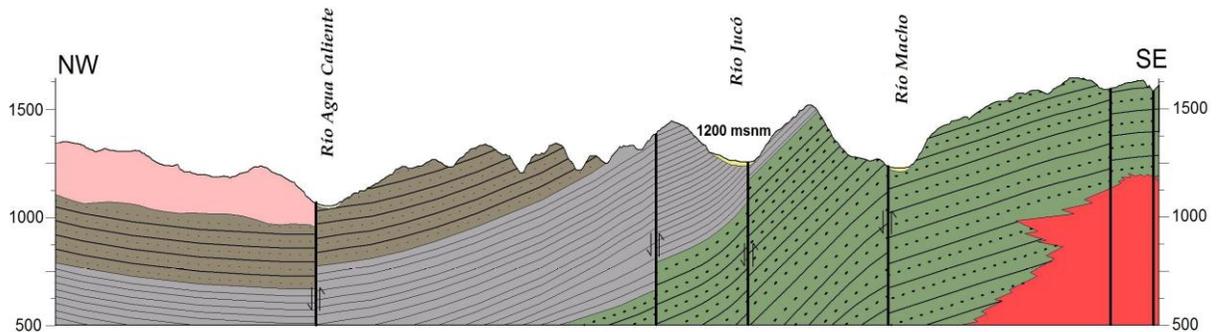


Figura 60: Perfil donde se muestra la altura de la zona de estudio. (Fuente: Astorga, A., 2004)

Para la sección antes mencionada, se tomaron en cuenta dos pendientes (taludes).

- **Pendiente (talud) 1:** tiene una altura de 100 m, una distancia horizontal de 260 m. Con estos dos datos, se calculó en ángulo de inclinación, el cual es  $21^\circ$ .
- **Pendiente (talud) 2:** tiene una altura de 100 m, una distancia horizontal de 360 m. Con estos dos datos, se calculó en ángulo de inclinación, el cual es  $15^\circ$ .

**Sección 2:** Esta sección tiene una distancia lineal de 500 m. Al igual que en la sección anterior, se tomaron en cuenta dos pendientes.

- **Pendiente (talud) 3:** tiene una altura de 100 m, una distancia horizontal de 160 m. Con estos dos datos, se calculó en ángulo de inclinación, el cual es  $33^\circ$ .
- **Pendiente (talud) 4:** tiene una altura de 100 m, una distancia horizontal de 320 m. Con estos dos datos, se calculó en ángulo de inclinación, el cual es  $21^\circ$ .

**Sección 3:** Esta sección tiene una distancia lineal de 1200 m. Al igual que en las secciones anteriores, se tomaron en cuenta dos pendientes.

- **Pendiente (talud) 5:** tiene una altura de 274 m, una distancia horizontal de 430 m. Con estos dos datos, se calculó en ángulo de inclinación, el cual es 32°.
- **Pendiente (talud) 6:** tiene una altura de 274 m, una distancia horizontal de 380 m. Con estos dos datos, se calculó en ángulo de inclinación, el cual es 35°.

Los cálculos de aceleración y factor de seguridad se harán tomando las tres secciones y las pendientes antes mencionadas.

Los datos mencionados anteriormente, se han compilado en la siguiente tabla a manera de resumen.

Sección	Pendiente	Altura (m)	Distancia (m)	Ángulo de inclinación del talud
1	1	100	260	21°
	2	100	360	15°
2	3	100	160	33°
	4	100	320	21°
3	5	274	430	32°
	6	274	380	35°

Tabla 103: Tabla-resumen de datos a utilizar en el análisis de estabilidad de taludes

### 6.3.1. Cálculo de la aceleración máxima

Para llevar a cabo este análisis, se debe calcular en primera instancia, la aceleración máxima (la que ésta relacionada con un sismo) la cual se determinará por medio de la siguiente fórmula, que además, esta detallada en la sección 4.4.2 del capítulo 4 del presente trabajo de investigación.

$$\frac{a_{max}}{g} = \left[ \frac{c_d}{c} \left( F_s - \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} \right) + \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} - 1 \right] \div \left( \frac{1}{\tan \alpha} + \tan \phi \right) \quad (\text{Ec. 6.1.})$$

El valor de factor de seguridad ( $F_s$ ), que se utilizará en la fórmula antes mencionada, se determina de la siguiente manera:

$$F_s = \frac{\gamma_b}{\gamma} \times \left( \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} \right) + \frac{c}{\gamma H \cos \alpha \sin \alpha} \quad (\text{Ec 6.2})$$

Para hallar el valor de  $c_d$ , se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$C_d = m \cdot \gamma \cdot H \quad (\text{Ec. 6.3})$$

Donde,

$m$  = es el número de estabilidad.

$\gamma$  = es el peso específico del suelo.

$H$  = es la altura de falla del talud.

El valor de  $m$  se determina utilizando el siguiente gráfico que se muestra en la figura No. 61.

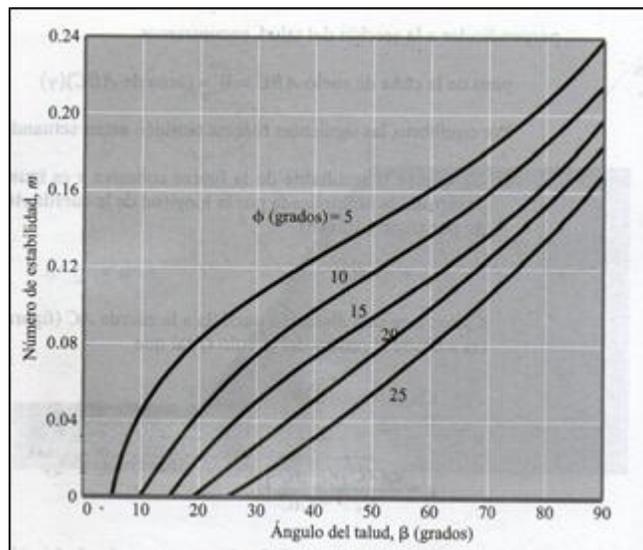


Figura 61: Número de estabilidad de Taylor para  $\phi > 0$ . (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de

Braja M. Das, 2001)

El ángulo de fricción,  $\phi$ , que se utilizará es de  $25^\circ$ , esto con el fin de poder determinar al número de estabilidad.

La cohesión (c) a utilizar tiene un valor de  $5 \text{ ton/m}^2$ .

El valor de  $\gamma$  y  $\gamma_b$  es de  $2,6 \text{ ton/m}^3$ , según se indica en el informe técnico ERN-CAPRA-T2-10, titulado "Amenaza por deslizamiento en el Distrito de Orosí".

Para el valor de H, se han escogido cinco alturas de falla: 10 m, 20 m, 30 m, 40 m y 50 m. Esto quiere decir que para realizar los cálculos de **Fs**, **Amáx** y **Fsd**, se debe hacer con cada una de las alturas antes indicadas.

Teniendo en cuenta la información antes señalada, se procede a calcular **Fs**, **Amáx** y **Fsd** para cada sección, tomando en consideración los ángulos de inclinación de sus pendientes.

En las tablas No. 104 y 105, se indican los valores determinados de **Fs** para las pendientes 1 y 2 de la sección 1, y en las tablas 106 y 107, se muestran los valores de **Amáx** para dichas pendientes.

$\gamma$	$\gamma_b$	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	c	H	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	FS
2,6	2,6	0,47	0,18	5	10	0,98	0,17	3,77
2,6	2,6	0,47	0,18	5	20	0,98	0,17	3,19
2,6	2,6	0,47	0,18	5	30	0,98	0,17	3,00
2,6	2,6	0,47	0,18	5	40	0,98	0,17	2,90
2,6	2,6	0,47	0,18	5	50	0,98	0,17	2,84

Tabla 104: Cálculo de Fs para la pendiente 1 de la sección 1

$\gamma$	$\gamma_b$	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	c	H	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	FS
2,6	2,6	0,47	0,14	5	10	0,99	0,14	4,74
2,6	2,6	0,47	0,14	5	20	0,99	0,14	4,05
2,6	2,6	0,47	0,14	5	30	0,99	0,14	3,82
2,6	2,6	0,47	0,14	5	40	0,99	0,14	3,70
2,6	2,6	0,47	0,14	5	50	0,99	0,14	3,63

Tabla 105: Cálculo de Fs para la pendiente 2 de la sección 1

m	$\gamma$	$c_d$	c	FS	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	H	$A_{m\acute{a}x}/g$
0,0	2,6	0,0	5	3,77	0,47	0,38	10	0,08
0,0	2,6	0,0	5	3,19	0,47	0,38	20	0,08
0,0	2,6	0,0	5	3,00	0,47	0,38	30	0,08
0,0	2,6	0,0	5	2,90	0,47	0,38	40	0,08
0,0	2,6	0,0	5	2,84	0,47	0,38	50	0,08

Tabla 106: Cálculo de  $A_{m\acute{a}x}$  para la pendiente 1 de la sección 1

m	$\gamma$	$c_d$	c	FS	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	H	$A_{m\acute{a}x}/g$
0,0	2,6	0,00	5	4,74	0,47	0,27	10	0,18
0,0	2,6	0,00	5	4,05	0,47	0,27	20	0,18
0,0	2,6	0,00	5	3,82	0,47	0,27	30	0,18
0,0	2,6	0,00	5	3,70	0,47	0,27	40	0,18
0,0	2,6	0,00	5	3,63	0,47	0,27	50	0,18

Tabla 107: Cálculo de  $A_{m\acute{a}x}$  para la pendiente 2 de la sección 1

En las tablas No. 108 y 109, se indican los valores determinados de Fs para las pendientes 3 y 4 de la sección 2, y en las tablas 110 y 111, se muestran los valores de  $A_{m\acute{a}x}$  para dichas pendientes.

$\gamma$	$\gamma_b$	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$c$	H	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	FS
2,6	2,6	0,47	0,65	5	10	0,84	0,54	1,15
2,6	2,6	0,47	0,65	5	20	0,84	0,54	0,94
2,6	2,6	0,47	0,65	5	30	0,84	0,54	0,86
2,6	2,6	0,47	0,65	5	40	0,84	0,54	0,83
2,6	2,6	0,47	0,65	5	50	0,84	0,54	0,81

Tabla 108: Cálculo de Fs para la pendiente 3 de la sección 2

$\gamma$	$\gamma_b$	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$c$	H	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	FS
2,6	2,6	0,47	0,38	5	10	0,93	0,36	1,81
2,6	2,6	0,47	0,38	5	20	0,93	0,36	1,52
2,6	2,6	0,47	0,38	5	30	0,93	0,36	1,43
2,6	2,6	0,47	0,38	5	40	0,93	0,36	1,38
2,6	2,6	0,47	0,38	5	50	0,93	0,36	1,35

Tabla 109: Cálculo de Fs para la pendiente 4 de la sección 2

m	$\gamma$	$c_d$	$c$	FS	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	H	$A_{m\acute{a}x}/g$
0,016	2,6	0,42	5	1,15	0,47	0,65	10	-0,12
0,016	2,6	0,83	5	0,94	0,47	0,65	20	-0,12
0,016	2,6	1,25	5	0,86	0,47	0,65	30	-0,12
0,016	2,6	1,66	5	0,83	0,47	0,65	40	-0,12
0,016	2,6	2,08	5	0,81	0,47	0,65	50	-0,12

Tabla 110: Cálculo de  $A_{m\acute{a}x}$  para la pendiente 3 de la sección 2

m	$\gamma$	$c_d$	$c$	FS	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	H	$A_{m\acute{a}x}/g$
0,0	2,6	0,00	5	1,81	0,47	0,38	10	0,08
0,0	2,6	0,00	5	1,52	0,47	0,38	20	0,08
0,0	2,6	0,00	5	1,43	0,47	0,38	30	0,08
0,0	2,6	0,00	5	1,38	0,47	0,38	40	0,08
0,0	2,6	0,00	5	1,35	0,47	0,38	50	0,08

Tabla 111: Cálculo de  $A_{m\acute{a}x}$  para la pendiente 4 de la sección 2

En las tablas No. 112 y 113, se indican los valores determinados de **Fs** para las pendientes 3 y 4 de la sección 2, y en las tablas 114 y 115, se muestran los valores de **Amáx** para dichas pendientes.

$\gamma$	$\gamma_b$	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	c	H	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	FS
2,6	2,6	0,47	0,42	5	10	0,92	0,39	2,94
2,6	2,6	0,47	0,42	5	20	0,92	0,39	2,54
2,6	2,6	0,47	0,42	5	30	0,92	0,39	2,41
2,6	2,6	0,47	0,42	5	40	0,92	0,39	2,34
2,6	2,6	0,47	0,42	5	50	0,92	0,39	2,30

Tabla 112: Cálculo de Fs para la pendiente 5 de la sección 3

$\gamma$	$\gamma_b$	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	c	H	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	FS
2,6	2,6	0,47	0,32	5	10	0,95	0,31	3,78
2,6	2,6	0,47	0,32	5	20	0,95	0,31	3,30
2,6	2,6	0,47	0,32	5	30	0,95	0,31	3,14
2,6	2,6	0,47	0,32	5	40	0,95	0,31	3,06
2,6	2,6	0,47	0,32	5	50	0,95	0,31	3,01

Tabla 113: Cálculo de Fs para la pendiente 6 de la sección 3

m	$\gamma$	$c_d$	c	FS	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	H	$A_{m\acute{a}x}/g$
0,014	2,6	0,36	5	2,94	0,47	0,62	10	-0,04
0,014	2,6	0,73	5	2,54	0,47	0,62	20	0,01
0,014	2,6	1,09	5	2,41	0,47	0,62	30	0,06
0,014	2,6	1,46	5	2,34	0,47	0,62	40	0,11
0,014	2,6	1,82	5	2,30	0,47	0,62	50	0,15

Tabla 114: Cálculo de Amáx para la pendiente 5 de la sección 3

<b>m</b>	<b>γ</b>	<b>c<sub>d</sub></b>	<b>c</b>	<b>FS</b>	<b>tan φ</b>	<b>tan α</b>	<b>H</b>	<b>A<sub>máx</sub>/g</b>
0,02	2,6	0,52	5	3,78	0,47	0,7	10	-0,003
0,02	2,6	1,04	5	3,30	0,47	0,7	20	0,11
0,02	2,6	1,56	5	3,14	0,47	0,7	30	0,23
0,02	2,6	2,08	5	3,06	0,47	0,7	40	0,35
0,02	2,6	2,60	5	3,01	0,47	0,7	50	0,47

Tabla 115: Cálculo de Amáx para la pendiente 6 de la sección 3

### 6.3.2. Cálculo del Factor de Seguridad, Fsd

Después de haber hallado los valores de aceleración máxima (**Amáx**) y del Factor de Seguridad (**Fs**), se procede a determinar el valor de **Fsd** para falla curva con un valor de **Amáx**.

Este Fsd, se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$Fsd = \frac{\sum [wtan\phi + c_d] \cos\alpha + [\cos^2 \alpha (1 + tan\alpha \times tan\phi + F_d)]}{\sum \left[ wtan\alpha + \frac{a_{max}}{g} w \right]} \quad (Ec. 6.4)$$

Los valores de **Fs** calculados en la sección 6.3.1, son los mismos que se utilizarán en esta sección para **Fd**, según la fórmula antes descrita.

Para hallar los valores de **w** y **l**, así como otros datos que sustentan la fórmula para **Fsd**, se procedió a utilizar el Método de las dovelas para estabilidad de taludes, el cual se explica con referencia a la figura No. 62.

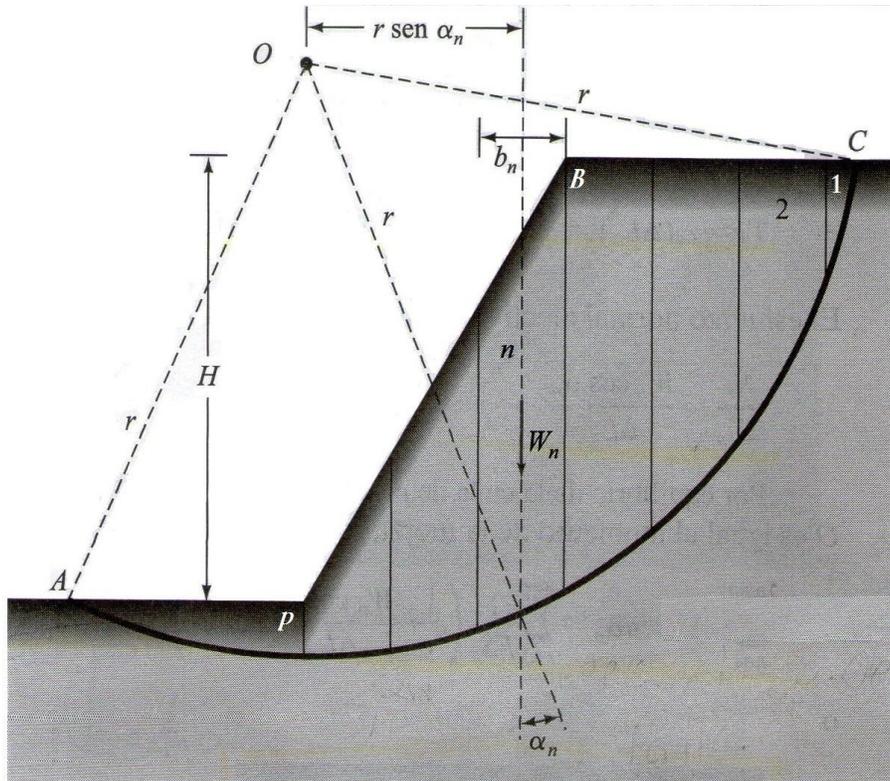


Figura 62: Análisis de estabilidad por el método de las dovelas. Representación de la superficie de falla de prueba.

(Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001)

Según la figura anterior, AC corresponde al arco de un círculo que representa la superficie de falla de un talud. El suelo arriba de la superficie de falla, se divide en varias dovelas verticales. El ancho ( $b_n$ ) que mide cada dovela puede ser igual o distinto. Por medio de la figura 63, se indica la longitud unitaria ( $\Delta L_n$  o  $l$ ) perpendicular de la dovela.  $W_n$  ( $w$ ) es el peso efectivo de la dovela.

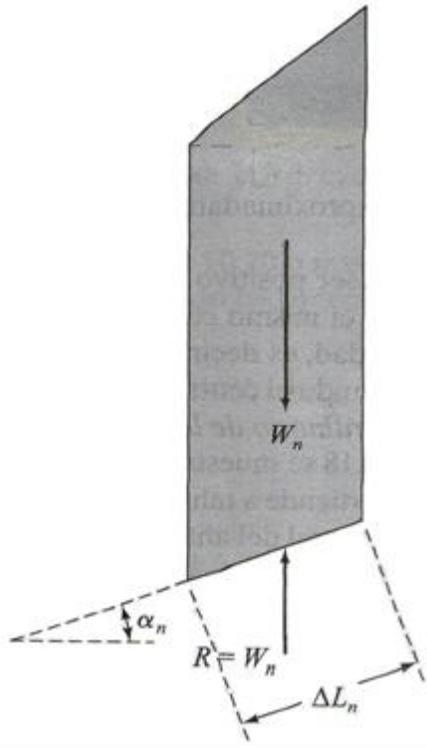


Figura 63: Análisis de estabilidad por el método de las dovelas. Representación de  $W_n$  y  $\Delta L_n$  en la dovela. (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001)

Otros factores que se muestran por medio de las figuras anteriores y que se incluyen en este análisis son:

$W_n$  = Peso efectivo de la dovela,  $W_n = A \times \gamma$ . (Ec. 6.5)

$\alpha_n$  = Ángulo de cada dovela con respecto a  $W_n$  y al radio  $r$ .

$r$  = Radio del arco AC.

En la tabla 116, se muestra un ejemplo del cálculo que se debe hacer para determinar todos los valores que se van a utilizar para desarrollar la fórmula del  $Fsd$ .

Dovela no. (1)	$W$ (kN/m) (2)	$\alpha_n$ (grados) (3)	$\text{sen } \alpha_n$ (4)	$\text{cos } \alpha_n$ (5)	$\Delta L_n$ (m) (6)	$W_n \text{ sen } \alpha_n$ (kN/m) (7)	$W_n \text{ cos } \alpha_n$ (kN/m) (8)
1	22.4	70	0.94	0.342	2.924	21.1	6.7
2	294.4	54	0.81	0.588	6.803	238.5	173.1
3	435.2	38	0.616	0.788	5.076	268.1	342.94
4	435.2	24	0.407	0.914	4.376	177.1	397.8
5	390.4	12	0.208	0.978	4.09	81.2	381.8
6	268.8	0	0	1	4	0	268.8
7	66.58	-8	-0.139	0.990	3.232	-9.25	65.9
					$\sum \text{col. 6} =$ 30.501 m	$\sum \text{col. 7} =$ 776.75 kN/m	$\sum \text{col. 8} =$ 1638.04 kN/m

Tabla 116: Ejemplo que muestra el procedimiento a realizar para determinar algunos de los factores que se necesitan para hallar el Fsd, utilizando como apoyo el método de las dovelas. (Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, de Braja M. Das, 2001)

Para determinar las áreas de cada dovela, así como el ángulo de ésta, se utilizó el programa de dibujo Auto CAD 2011.

Teniendo en cuenta toda la información antes indicada, se determina el valor de Fsd para las tres secciones establecidas. Primero, se halla el valor para la pendiente 1 de la sección 1. El Fsd se va a calcular para cada una de las alturas establecidas (10 m, 20 m, 30 m, 40 m y 50 m). En las tablas que se muestran a continuación (de la 117 a la 121), se detalla el procedimiento seguido para establecer todos los valores que dan como resultado el Fsd (Fsd se determina por medio de la ecuación 6.4).

Cálculo de Fsd para la pendiente 1 de la sección 1, con H=10 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) \cdot W$	
1	6,2	2,6	16,0	37	0,47	0,75	0,80	3,92	4,90	0,00	7,54	0,00	0,64	3,77	0,23	12,03	0,08	1,22	
2	13,6	2,6	35,4	30	0,47	0,58	0,87	4,00	4,60	0,00	16,63	0,00	0,76	3,77	0,26	20,52	0,08	2,70	
3	15,63	2,6	40,6	24	0,47	0,45	0,91	4,00	4,40	0,00	19,10	0,00	0,83	3,77	0,27	18,29	0,08	3,10	
4	15,69	2,6	40,8	19	0,47	0,34	0,95	4,00	4,21	0,00	19,17	0,00	0,90	3,77	0,28	13,87	0,08	3,12	
5	14,00	2,6	36,4	13	0,47	0,23	0,97	4,00	4,12	0,00	17,11	0,00	0,94	3,77	0,28	8,37	0,08	2,78	
6	10,70	2,6	27,8	8	0,47	0,14	0,99	4,00	4,04	0,00	13,08	0,00	0,98	3,77	0,28	3,89	0,08	2,12	
7	6,55	2,6	17,0	1	0,47	0,017	1,00	5,79	5,79	0,00	8,00	0,00	1,00	3,77	0,27	0,29	0,08	1,30	
											$\Sigma =$	100,63	0,00			1,85	77,27		16,35

Tabla 117: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=10 m

Utilizando los valores determinados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $Fsd^{20}=0,58$  y la relación  $1/Fsd=1,72$ .

<sup>20</sup> Fsd se determina por medio de la ecuación 6.4, esto para todos los casos donde se debe calcular este factor.

Cálculo de Fsd para la pendiente 1 de la sección 1, con H=20 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha \{ (1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d \}$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) * W$
1	34,1	2,6	88,7	33	0,47	0,65	0,84	10,00	11,90	0,00	41,68	0,00	0,71	3,19	0,29	57,65	0,08	6,77
2	57,2	2,6	148,8	27	0,47	0,51	0,89	8,00	8,99	0,00	69,92	0,00	0,79	3,19	0,31	75,87	0,08	11,36
3	62,4	2,6	162,1	22	0,47	0,40	0,93	8,00	8,60	0,00	76,20	0,00	0,86	3,19	0,32	64,85	0,08	12,38
4	61,1	2,6	158,9	18	0,47	0,32	0,95	8,00	8,42	0,00	74,68	0,00	0,90	3,19	0,32	50,84	0,08	12,13
5	54,0	2,6	140,5	13	0,47	0,23	0,97	8,00	8,25	0,00	66,02	0,00	0,94	3,19	0,33	32,31	0,08	10,73
6	41,5	2,6	107,9	8	0,47	0,14	0,99	8,00	8,08	0,00	50,73	0,00	0,98	3,19	0,33	15,11	0,08	8,24
7	27,4	2,6	71,3	2	0,47	0,03	1,00	12,38	12,38	0,00	33,52	0,00	1,00	3,19	0,32	2,14	0,08	5,45
$\Sigma =$											<b>412,75</b>	<b>0,00</b>			<b>2,22</b>	<b>298,78</b>		<b>67,06</b>

Tabla 118: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=20 m

Utilizando los valores determinados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,51** y la relación **1/Fsd=1,96**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 1 de la sección 1, con H=30 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha + \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) * W$
1	9,4	2,6	24,3	36	0,47	0,73	0,81	5,00	6,17	0,00	11,43	0,00	0,66	3,00	0,30	17,75	0,08	1,86
2	70,1	2,6	182,2	33	0,47	0,65	0,84	10,00	11,90	0,00	85,61	0,00	0,71	3,00	0,31	118,40	0,08	13,91
3	109,8	2,6	285,4	28	0,47	0,53	0,88	10,00	11,36	0,00	134,13	0,00	0,77	3,00	0,32	151,25	0,08	21,79
4	120,1	2,6	312,2	24	0,47	0,45	0,91	10,00	10,99	0,00	146,73	0,00	0,83	3,00	0,34	140,48	0,08	23,84
5	121,3	2,6	315,4	20	0,47	0,36	0,94	10,00	10,64	0,00	148,25	0,00	0,88	3,00	0,34	113,56	0,08	24,09
6	114,3	2,6	297,1	15	0,47	0,27	0,97	10,00	10,31	0,00	139,65	0,00	0,94	3,00	0,35	80,22	0,08	22,69
7	99,5	2,6	258,8	11	0,47	0,19	0,98	10,00	10,20	0,00	121,61	0,00	0,96	3,00	0,35	49,16	0,08	19,76
8	77,4	2,6	201,2	7	0,47	0,12	0,99	10,00	10,10	0,00	94,58	0,00	0,98	3,00	0,35	24,15	0,08	15,37
9	61,0	2,6	158,7	2	0,47	0,03	1,00	18,02	18,02	0,00	74,57	0,00	1,00	3,00	0,34	4,76	0,08	12,11
$\Sigma =$											<b>956,56</b>	<b>0,00</b>			<b>2,99</b>	<b>699,73</b>		<b>155,41</b>

Tabla 119: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=30 m

Utilizando los valores determinados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $Fsd=0,37$  y la relación  $1/Fsd=2,67$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 1 de la sección 1, con H=40 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m \dot{a} v} / g$	$(A_{m \dot{a} v} / g) * W$
1	104,3	2,6	271,1	35	0,47	0,70	0,82	17,00	20,73	0,00	127,41	0,00	0,67	2,90	0,31	189,75	0,08	20,70
2	227,6	2,6	591,7	29	0,47	0,55	0,87	17,00	19,54	0,00	278,10	0,00	0,76	2,90	0,33	325,44	0,08	45,18
3	256,6	2,6	667,2	23	0,47	0,42	0,92	17,00	18,48	0,00	313,58	0,00	0,85	2,90	0,35	280,22	0,08	50,95
4	252,2	2,6	655,8	18	0,47	0,32	0,95	17,00	17,89	0,00	308,24	0,00	0,90	2,90	0,36	209,86	0,08	50,08
5	217,9	2,6	566,5	12	0,47	0,21	0,97	17,00	17,53	0,00	266,25	0,00	0,94	2,90	0,36	118,96	0,08	43,26
6	155,7	2,6	404,8	7	0,47	0,12	0,99	17,00	17,17	0,00	190,25	0,00	0,98	2,90	0,36	48,58	0,08	30,91
7	67,8	2,6	176,2	2	0,47	0,03	1,00	19,03	19,03	0,00	82,81	0,00	1,00	2,90	0,35	5,29	0,08	13,46
$\Sigma =$											<b>1566,64</b>	<b>0,00</b>			<b>2,41</b>	<b>1178,10</b>		<b>254,54</b>

Tabla 120: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=40 m

Utilizando los valores determinados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,454** y la relación **1/Fsd=2,202**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 1 de la sección 1, con H=50 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{máv} / g$	$(A_{máv} / g) * W$
1	223,6	2,6	581,3	34	0,47	0,67	0,83	25,00	30,12	0,00	273,23	0,00	0,69	2,84	0,32	389,49	0,08	44,39
2	375,3	2,6	975,9	28	0,47	0,53	0,88	20,00	22,73	0,00	458,67	0,00	0,77	2,84	0,34	517,22	0,08	74,52
3	410,3	2,6	1066,8	23	0,47	0,42	0,92	20,00	21,74	0,00	501,37	0,00	0,85	2,84	0,36	448,04	0,08	81,46
4	402,0	2,6	1045,1	17	0,47	0,31	0,96	20,00	20,83	0,00	491,21	0,00	0,92	2,84	0,37	323,99	0,08	79,81
5	354,5	2,6	921,7	12	0,47	0,21	0,97	20,00	20,62	0,00	433,20	0,00	0,94	2,84	0,36	193,56	0,08	70,38
6	270,6	2,6	703,5	7	0,47	0,12	0,99	20,00	20,20	0,00	330,62	0,00	0,98	2,84	0,36	84,41	0,08	53,72
7	172,4	2,6	448,3	1	0,47	0,017	1,00	30,04	30,04	0,00	210,72	0,00	1,00	2,84	0,35	7,62	0,08	34,24
$\Sigma =$											<b>2699,02</b>	<b>0,00</b>			<b>2,47</b>	<b>1964,33</b>		<b>438,51</b>

Tabla 121: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 1, sección 1, con H=50 m

Utilizando los valores determinados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,455** y la relación **1/Fsd=2,198**.

Luego de haber determinado el Fsd para la pendiente 1, se continúa con la pendiente 2 de la sección 1. En las siguientes tablas (de la 122 a la 126), se muestra el procedimiento seguido para establecer todos los valores que dan como resultado el **Fsd**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 2 de la sección 1, con H=10 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{máx} / g$	$(A_{máx} / g) \cdot W$
1	6,69	2,6	17,39	27	0,47	0,51	0,89	5,00	5,62	0,00	8,18	0,00	0,79	4,74	0,21	8,87	0,18	3,09
2	15,24	2,6	39,62	23	0,47	0,42	0,92	5,00	5,43	0,00	18,62	0,00	0,85	4,74	0,21	16,64	0,18	7,03
3	18,37	2,6	47,76	19	0,47	0,34	0,95	5,00	5,26	0,00	22,45	0,00	0,90	4,74	0,22	16,24	0,18	8,48
4	19,59	2,6	50,93	16	0,47	0,29	0,96	5,00	5,21	0,00	23,94	0,00	0,92	4,74	0,22	14,77	0,18	9,04
5	19,01	2,6	49,43	12	0,47	0,21	0,97	5,00	5,15	0,00	23,23	0,00	0,94	4,74	0,22	10,38	0,18	8,77
6	16,71	2,6	43,45	8	0,47	0,14	0,99	5,00	5,05	0,00	20,42	0,00	0,98	4,74	0,22	6,08	0,18	7,71
7	12,76	2,6	33,18	4	0,47	0,07	1,00	5,00	5,00	0,00	15,59	0,00	1,00	4,74	0,22	2,32	0,18	5,89
8	8,19	2,6	21,29	0	0,47	0	1,00	7,55	7,55	0,00	10,01	0,00	1,00	4,74	0,21	0,00	0,18	3,78
$\Sigma =$											<b>142,44</b>	<b>0,00</b>			<b>1,73</b>	<b>75,31</b>		<b>53,79</b>

Tabla 122: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=10 m

Usando los valores hallados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,64$  y la relación  $1/F_{sd}=1,57$ .

**Cálculo de Fsd para la pendiente 2 de la sección 1, con H=20 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m \dot{a} v} / g$	$(A_{m \dot{a} v} / g) * W$	
1	52,64	2,6	136,86	24	0,47	0,45	0,91	15,00	16,48	0,00	64,33	0,00	0,83	4,05	0,25	61,59	0,18	24,29	
2	88,28	2,6	229,53	20	0,47	0,36	0,94	12,00	12,77	0,00	107,88	0,00	0,88	4,05	0,25	82,63	0,18	40,74	
3	95,45	2,6	248,17	16	0,47	0,29	0,96	12,00	12,50	0,00	116,64	0,00	0,92	4,05	0,26	71,97	0,18	44,04	
4	92,23	2,6	239,80	12	0,47	0,21	0,97	12,00	12,37	0,00	112,71	0,00	0,94	4,05	0,25	50,36	0,18	42,56	
5	79,10	2,6	205,66	8	0,47	0,14	0,99	12,00	12,12	0,00	96,66	0,00	0,98	4,05	0,26	28,79	0,18	36,50	
6	56,43	2,6	146,72	5	0,47	0,09	1,00	12,00	12,00	0,00	68,96	0,00	1,00	4,05	0,26	13,20	0,18	26,04	
7	24,75	2,6	64,35	1	0,47	0,02	1,00	13,53	13,53	0,00	30,24	0,00	1,00	4,05	0,25	1,29	0,18	11,42	
										$\Sigma =$	<b>597,41</b>	<b>0,00</b>			<b>1,78</b>	<b>309,83</b>			<b>225,59</b>

**Tabla 123: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=20 m**

Usando los valores hallados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,63** y la relación **1/Fsd=1,59**.

**Cálculo de Fsd para la pendiente 2 de la sección 1, con H=30 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{mav} / g$	$(A_{mav} / g) * W$
1	101,24	2,6	263,22	26	0,47	0,49	0,90	20,00	22,22	0,00	123,72	0,00	0,81	3,82	0,26	128,98	0,18	46,72
2	161,24	2,6	419,22	22	0,47	0,40	0,93	15,00	16,13	0,00	197,04	0,00	0,86	3,82	0,27	167,69	0,18	74,40
3	180,02	2,6	468,05	18	0,47	0,32	0,95	15,00	15,79	0,00	219,98	0,00	0,90	3,82	0,27	149,78	0,18	83,07
4	182,99	2,6	475,77	14	0,47	0,25	0,97	15,00	15,46	0,00	223,61	0,00	0,94	3,82	0,28	118,94	0,18	84,44
5	170,99	2,6	444,57	11	0,47	0,19	0,98	15,00	15,31	0,00	208,95	0,00	0,96	3,82	0,27	84,47	0,18	78,90
6	144,63	2,6	376,04	7	0,47	0,12	0,99	15,00	15,15	0,00	176,74	0,00	0,98	3,82	0,27	45,12	0,18	66,74
7	104,32	2,6	271,23	4	0,47	0,07	1,00	15,00	15,00	0,00	127,48	0,00	1,00	3,82	0,27	18,99	0,18	48,14
8	52,87	2,6	137,46	0	0,47	0	1,00	19,05	19,05	0,00	64,61	0,00	1,00	3,82	0,26	0,00	0,18	24,40
										$\Sigma =$	1342,12	0,00			2,15	713,97		506,80

**Tabla 124: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=30 m**

Usando los valores hallados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,511** y la relación **1/Fsd=1,96**.

**Cálculo de Fsd para la pendiente 2 de la sección 1, con H=40 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{máv} / g$	$(A_{máv} / g) * W$	
1	163,06	2,6	423,96	23	0,47	0,42	0,92	27,00	29,35	0,00	199,26	0,00	0,85	3,70	0,27	178,06	0,18	75,24	
2	255,89	2,6	665,31	20	0,47	0,36	0,94	20,00	21,28	0,00	312,70	0,00	0,88	3,70	0,28	239,51	0,18	118,08	
3	284,42	2,6	739,49	17	0,47	0,31	0,96	20,00	20,83	0,00	347,56	0,00	0,92	3,70	0,28	229,24	0,18	131,24	
4	290,73	2,6	755,90	14	0,47	0,25	0,97	20,00	20,62	0,00	355,27	0,00	0,94	3,70	0,28	188,97	0,18	134,16	
5	275,71	2,6	716,85	11	0,47	0,19	0,98	20,00	20,41	0,00	336,92	0,00	0,96	3,70	0,28	136,20	0,18	127,22	
6	240,09	2,6	624,23	8	0,47	0,14	0,99	20,00	20,20	0,00	293,39	0,00	0,98	3,70	0,28	87,39	0,18	110,79	
7	184,37	2,6	479,36	6	0,47	0,11	0,99	20,00	20,20	0,00	225,30	0,00	0,98	3,70	0,28	52,73	0,18	85,08	
8	130,01	2,6	338,03	2	0,47	0,03	1,00	32,78	32,78	0,00	158,87	0,00	1,00	3,70	0,27	10,14	0,18	59,99	
											$\Sigma =$	2229,27	0,00			2,24	1122,26		841,80

Tabla 125: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=40 m

Usando los valores hallados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $Fsd=0,507$  y la relación  $1/Fsd=1,97$ .

**Cálculo de Fsd para la pendiente 2 de la sección 1, con H=50 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{máv/g}$	$(A_{máv/g}) * W$	
1	208,36	2,6	541,7	24	0,47	0,45	0,91	30,00	33,0	0,00	254,6	0,0	0,83	3,63	0,28	243,8	0,18	96,1	
2	373,00	2,6	969,8	21	0,47	0,38	0,93	25,00	26,9	0,00	455,8	0,0	0,86	3,63	0,28	368,5	0,18	172,1	
3	419,01	2,6	1089,4	18	0,47	0,32	0,95	25,00	26,3	0,00	512,0	0,0	0,90	3,63	0,28	348,6	0,18	193,3	
4	428,08	2,6	1113,0	15	0,47	0,27	0,97	25,00	25,8	0,00	523,1	0,0	0,94	3,63	0,29	300,5	0,18	197,5	
5	401,87	2,6	1044,9	12	0,47	0,21	0,97	25,00	25,8	0,00	491,1	0,0	0,94	3,63	0,28	219,4	0,18	185,4	
6	341,65	2,6	888,3	9	0,47	0,16	0,99	25,00	25,3	0,00	417,5	0,0	0,98	3,63	0,29	142,1	0,18	157,7	
7	248,37	2,6	645,8	6	0,47	0,11	0,99	25,00	25,3	0,00	303,5	0,0	0,98	3,63	0,28	71,0	0,18	114,6	
8	130,11	2,6	338,3	2	0,47	0,03	1,00	32,54	32,5	0,00	159,0	0,0	1,00	3,63	0,28	10,1	0,18	60,0	
											$\Sigma =$	3116,6	0,0			2,27	1704,2		1176,9

**Tabla 126: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 2, sección 1, con H=50 m**

Usando los valores hallados por medio del procedimiento anterior para ser aplicados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,48** y la relación **1/Fsd=2,10**.

En las tablas 127 y 128 que se mostrarán a continuación, se detallan, a manera de resumen, los valores del Factor de Seguridad (Fsd) calculados para las pendientes 1 y 2 de la sección 1.

<b>H</b>	<b>Fsd</b>	<b>1/Fsd</b>
10	0,58	1,72
20	0,51	1,96
30	0,37	2,67
40	0,454	2,202
50	0,455	2,198

**Tabla 127: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 1 de la sección 1**

<b>H</b>	<b>Fsd</b>	<b>1/Fsd</b>
10	0,64	1,57
20	0,63	1,59
30	0,511	1,96
40	0,507	1,97
50	0,48	2,10

**Tabla 128: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 2 de la sección 1**

Una vez establecidos los valores de Fsd para las pendientes 1 y 2 de la sección 1 propuesta para el análisis de estabilidad de taludes, se procede a realizar lo antes descrito para las pendientes 3 y 4 de la sección 2. En las tablas que van de la 129 hasta la 138 se muestran los cálculos correspondientes de Fsd para las pendientes y sección antes mencionadas.

Cálculo de Fsd para la pendiente 3 de la sección 2, con H=10 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) * W$
1	2,66	2,6	6,92	51	0,47	1,23	0,63	2,00	3,17	0,42	3,25	0,83	0,40	1,15	0,55	8,51	-0,12	-0,83
2	12,01	2,6	31,23	42	0,47	0,90	0,74	3,00	4,05	0,42	14,68	1,25	0,55	1,15	0,68	28,10	-0,12	-3,76
3	16,07	2,6	41,78	33	0,47	0,65	0,84	3,00	3,57	0,42	19,64	1,25	0,71	1,15	0,81	27,16	-0,12	-5,03
4	15,13	2,6	39,34	24	0,47	0,45	0,91	3,00	3,30	0,42	18,49	1,25	0,83	1,15	0,88	17,70	-0,12	-4,73
5	12,60	2,6	32,76	16	0,47	0,29	0,96	3,00	3,13	0,42	15,40	1,25	0,92	1,15	0,91	9,50	-0,12	-3,94
6	8,73	2,6	22,70	9	0,47	0,16	0,99	3,00	3,03	0,42	10,67	1,25	0,98	1,15	0,92	3,63	-0,12	-2,73
7	3,66	2,6	9,52	1	0,47	0,017	1,00	3,32	3,32	0,42	4,47	1,38	1,00	1,15	0,88	0,16	-0,12	-1,14
$\Sigma =$											86,59	8,45			5,63	94,76		-22,17

Tabla 129: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=10 m

Utilizando los valores calculados por medio del procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,23$  y la relación  $1/F_{sd}=4,30$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 3 de la sección 2, con H=20 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{\text{máx}} / g$	$(A_{\text{máx}} / g) \cdot W$
1	6,44	2,6	16,74	54	0,47	1,38	0,59	3,00	5,08	0,83	7,87	2,50	0,35	0,94	0,62	23,11	-0,12	-2,01
2	34,22	2,6	88,97	46	0,47	1,04	0,69	5,00	7,25	0,83	41,82	4,16	0,48	0,94	0,76	92,53	-0,12	-10,70
3	48,05	2,6	124,93	37	0,47	0,75	0,80	5,00	6,25	0,83	58,72	4,16	0,64	0,94	0,93	93,70	-0,12	-15,03
4	47,82	2,6	124,33	29	0,47	0,55	0,87	5,00	5,75	0,83	58,44	4,16	0,76	0,94	1,02	68,38	-0,12	-14,96
5	43,22	2,6	112,37	22	0,47	0,40	0,93	5,00	5,38	0,83	52,81	4,16	0,86	0,94	1,09	44,95	-0,12	-13,52
6	35,00	2,6	91,00	15	0,47	0,27	0,97	5,00	5,15	0,83	42,77	4,16	0,94	0,94	1,13	24,57	-0,12	-10,95
7	23,57	2,6	61,28	8	0,47	0,14	0,99	5,00	5,05	0,83	28,80	4,16	0,98	0,94	1,12	8,58	-0,12	-7,37
8	9,20	2,6	23,92	1	0,47	0,017	1,00	5,29	5,29	0,83	11,24	4,40	1,00	0,94	1,08	0,41	-0,12	-2,88
$\Sigma =$											302,47	31,86			7,75	356,22		-77,43

Tabla 130: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=20 m

Utilizando los valores calculados por medio del procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,15$  y la relación  $1/F_{sd}=6,46$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 3 de la sección 2, con H=30 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) \cdot W$
1	30,40	2,6	79,04	50	0,47	1,19	0,64	7,00	10,94	1,25	37,15	8,74	0,41	0,86	0,74	94,06	-0,12	-9,51
2	95,65	2,6	248,69	41	0,47	0,87	0,75	8,00	10,67	1,25	116,88	9,98	0,56	0,86	0,91	216,36	-0,12	-29,92
3	123,51	2,6	321,13	33	0,47	0,65	0,84	8,00	9,52	1,25	150,93	9,98	0,71	0,86	1,07	208,73	-0,12	-38,64
4	118,18	2,6	307,27	26	0,47	0,49	0,90	8,00	8,89	1,25	144,42	9,98	0,81	0,86	1,15	150,56	-0,12	-36,97
5	103,04	2,6	267,90	19	0,47	0,34	0,95	8,00	8,42	1,25	125,91	9,98	0,90	0,86	1,21	91,09	-0,12	-32,23
6	79,49	2,6	206,67	13	0,47	0,23	0,97	8,00	8,25	1,25	97,14	9,98	0,94	0,86	1,21	47,54	-0,12	-24,87
7	59,78	2,6	155,43	4	0,47	0,07	1,00	13,92	13,92	1,25	73,05	17,37	1,00	0,86	1,19	10,88	-0,12	-18,70
$\Sigma =$											745,48	76,03			7,49	819,21		-190,84

Tabla 131: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=30 m

Utilizando los valores calculados por medio del procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,175$  y la relación  $1/F_{sd}=5,73$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 3 de la sección 2, con H=40 m.

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	33,61	2,6	87,39	53	0,47	1,33	0,60	7,00	11,67	1,66	41,07	11,65	0,36	0,83	0,71	116,22	-0,12	-10,51
2	143,68	2,6	373,57	44	0,47	0,97	0,71	10,00	14,08	1,66	175,58	16,64	0,50	0,83	0,88	362,36	-0,12	-44,95
3	195,62	2,6	508,61	36	0,47	0,73	0,81	10,00	12,35	1,66	239,05	16,64	0,66	0,83	1,07	371,29	-0,12	-61,19
4	193,05	2,6	501,93	28	0,47	0,53	0,88	10,00	11,36	1,66	235,91	16,64	0,77	0,83	1,16	266,02	-0,12	-60,39
5	173,83	2,6	451,96	21	0,47	0,38	0,93	10,00	10,75	1,66	212,42	16,64	0,86	0,83	1,22	171,74	-0,12	-54,38
6	140,66	2,6	365,72	15	0,47	0,27	0,97	10,00	10,31	1,66	171,89	16,64	0,94	0,83	1,28	98,74	-0,12	-44,00
7	95,09	2,6	247,23	8	0,47	0,14	0,99	10,00	10,10	1,66	116,20	16,64	0,98	0,83	1,26	34,61	-0,12	-29,75
8	38,20	2,6	99,32	1	0,47	0,017	1,00	10,82	10,82	1,66	46,68	18,00	1,00	0,83	1,22	1,69	-0,12	-11,95
$\Sigma =$											1238,79	129,49			8,79	1422,68		-317,12

Tabla 132: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=40 m

Utilizando los valores calculados por medio del procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,14** y la relación **1/Fsd=7,10**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 3 de la sección 2, con H=50 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	92,31	2,6	240,0	50	0,47	1,19	0,64	12,0	18,8	2,08	112,8	25,0	0,41	0,81	0,79	285,6	-0,12	-28,9
2	268,50	2,6	698,1	42	0,47	0,9	0,74	13,0	17,6	2,08	328,1	27,0	0,55	0,81	0,97	628,3	-0,12	-84,0
3	343,92	2,6	894,2	33	0,47	0,65	0,84	13,0	15,5	2,08	420,3	27,0	0,71	0,81	1,15	581,2	-0,12	-107,6
4	331,50	2,6	861,9	26	0,47	0,49	0,90	13,0	14,4	2,08	405,1	27,0	0,81	0,81	1,23	422,3	-0,12	-103,7
5	292,78	2,6	761,2	19	0,47	0,34	0,95	13,0	13,7	2,08	357,8	27,0	0,90	0,81	1,29	258,8	-0,12	-91,6
6	231,54	2,6	602,0	13	0,47	0,23	0,97	13,0	13,4	2,08	282,9	27,0	0,94	0,81	1,29	138,5	-0,12	-72,4
7	199,39	2,6	518,4	3	0,47	0,05	1,00	25,2	25,2	2,08	243,7	52,4	1,00	0,81	1,27	25,9	-0,12	-62,4
$\Sigma =$											2150,65	212,53			7,99	2340,65		-550,55

Tabla 133: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 3, sección 2, con H=50 m

Utilizando los valores calculados por medio del procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,165$  y la relación  $1/F_{sd}=6,05$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 4 de la sección 2, con H=10 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{máv} / g$	$(A_{máv} / g) * W$
1	6,17	2,6	16,04	36	0,47	0,73	0,81	4,00	4,94	0,00	7,54	0,00	0,66	3,22	0,28	11,71	0,08	1,22
2	13,61	2,6	35,39	30	0,47	0,58	0,87	4,00	4,60	0,00	16,63	0,00	0,76	3,22	0,30	20,52	0,08	2,70
3	15,63	2,6	40,64	24	0,47	0,45	0,91	4,00	4,40	0,00	19,10	0,00	0,83	3,22	0,31	18,29	0,08	3,10
4	15,69	2,6	40,79	18	0,47	0,32	0,95	4,00	4,21	0,00	19,17	0,00	0,90	3,22	0,32	13,05	0,08	3,12
5	14,00	2,6	36,40	13	0,47	0,23	0,97	4,00	4,12	0,00	17,11	0,00	0,94	3,22	0,32	8,37	0,08	2,78
6	10,70	2,6	27,82	8	0,47	0,14	0,99	4,00	4,04	0,00	13,08	0,00	0,98	3,22	0,32	3,89	0,08	2,12
7	6,41	2,6	16,67	1	0,47	0,017	1,00	5,79	5,79	0,00	7,83	0,00	1,00	3,22	0,31	0,28	0,08	1,27
$\Sigma =$											<b>100,46</b>	<b>0,00</b>			<b>2,17</b>	<b>76,13</b>		<b>16,32</b>

Tabla 134: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=10 m

Utilizando los valores determinados de acuerdo al procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,50** y la relación **1/Fsd=2,00**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 4 de la sección 2, con H=20 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	34,11	2,6	88,69	33	0,47	0,65	0,84	10,00	11,90	0,00	41,68	0,00	0,71	2,80	0,33	57,65	0,08	6,77
2	57,22	2,6	148,77	27	0,47	0,51	0,89	8,00	8,99	0,00	69,92	0,00	0,79	2,80	0,35	75,87	0,08	11,36
3	62,36	2,6	162,14	22	0,47	0,40	0,93	8,00	8,60	0,00	76,20	0,00	0,86	2,80	0,37	64,85	0,08	12,38
4	61,11	2,6	158,89	18	0,47	0,32	0,95	8,00	8,42	0,00	74,68	0,00	0,90	2,80	0,37	50,84	0,08	12,13
5	54,03	2,6	140,48	13	0,47	0,23	0,97	8,00	8,25	0,00	66,02	0,00	0,94	2,80	0,37	32,31	0,08	10,73
6	41,51	2,6	107,93	8	0,47	0,14	0,99	8,00	8,08	0,00	50,73	0,00	0,98	2,80	0,37	15,11	0,08	8,24
7	27,47	2,6	71,42	2	0,47	0,03	1,00	12,38	12,38	0,00	33,57	0,00	1,00	2,80	0,36	2,14	0,08	5,45
										$\Sigma =$	412,80	0,00			2,53	298,78		67,07

Tabla 135: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=20 m

Utilizando los valores determinados de acuerdo al procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,446** y la relación **1/Fsd=2,24**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 4 de la sección 2, con H=30 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) \cdot W$
1	9,35	2,6	24,31	36	0,47	0,73	0,81	5,00	6,17	0,00	11,43	0,00	0,66	2,65	0,33	17,75	0,08	1,86
2	70,06	2,6	182,16	33	0,47	0,65	0,84	10,00	11,90	0,00	85,61	0,00	0,71	2,65	0,35	118,40	0,08	13,91
3	109,76	2,6	285,38	28	0,47	0,53	0,88	10,00	11,36	0,00	134,13	0,00	0,77	2,65	0,36	151,25	0,08	21,79
4	120,07	2,6	312,18	24	0,47	0,45	0,91	10,00	10,99	0,00	146,73	0,00	0,83	2,65	0,38	140,48	0,08	23,84
5	121,32	2,6	315,43	20	0,47	0,36	0,94	10,00	10,64	0,00	148,25	0,00	0,88	2,65	0,39	113,56	0,08	24,09
6	114,28	2,6	297,13	15	0,47	0,27	0,97	10,00	10,31	0,00	139,65	0,00	0,94	2,65	0,40	80,22	0,08	22,69
7	99,52	2,6	258,75	11	0,47	0,19	0,98	10,00	10,20	0,00	121,61	0,00	0,96	2,65	0,39	49,16	0,08	19,76
8	77,40	2,6	201,24	7	0,47	0,12	0,99	10,00	10,10	0,00	94,58	0,00	0,98	2,65	0,39	24,15	0,08	15,37
9	61,02	2,6	158,65	2	0,47	0,03	1,00	18,02	18,02	0,00	74,57	0,00	1,00	2,65	0,38	4,76	0,08	12,11
$\Sigma =$											956,56	0,00			3,38	699,73		155,41

Tabla 136: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=30 m

Utilizando los valores determinados de acuerdo al procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,33** y la relación **1/Fsd=3,02**.

**Cálculo de Fsd para la pendiente 4 de la sección 2, con H=40 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$	
1	104,26	2,6	271,08	35	0,47	0,70	0,82	17,00	20,73	0,00	127,41	0,00	0,67	2,58	0,34	189,75	0,08	20,70	
2	227,58	2,6	591,71	29	0,47	0,55	0,87	17,00	19,54	0,00	278,10	0,00	0,76	2,58	0,37	325,44	0,08	45,18	
3	256,61	2,6	667,19	23	0,47	0,42	0,92	17,00	18,48	0,00	313,58	0,00	0,85	2,58	0,39	280,22	0,08	50,95	
4	252,24	2,6	655,82	18	0,47	0,32	0,95	17,00	17,89	0,00	308,24	0,00	0,90	2,58	0,40	209,86	0,08	50,08	
5	217,88	2,6	566,49	12	0,47	0,21	0,97	17,00	17,53	0,00	266,25	0,00	0,94	2,58	0,40	118,96	0,08	43,26	
6	155,69	2,6	404,79	7	0,47	0,12	0,99	17,00	17,17	0,00	190,25	0,00	0,98	2,58	0,40	48,58	0,08	30,91	
7	67,77	2,6	176,20	2	0,47	0,03	1,00	19,03	19,03	0,00	82,81	0,00	1,00	2,58	0,39	5,29	0,08	13,46	
											$\Sigma =$	<b>1566,64</b>	<b>0,00</b>			<b>2,70</b>	<b>1178,10</b>		<b>254,54</b>

**Tabla 137: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=40 m**

Utilizando los valores determinados de acuerdo al procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,40** y la relación **1/Fsd=2,47**.

**Cálculo de Fsd para la pendiente 4 de la sección 2, con H=50 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha * \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	223,59	2,6	581,3	34	0,47	0,67	0,83	25,0	30,1	0,00	273,2	0,0	0,69	2,54	0,36	389,5	0,08	44,4
2	375,34	2,6	975,9	28	0,47	0,53	0,88	20,0	22,7	0,00	458,7	0,0	0,77	2,54	0,38	517,2	0,08	74,5
3	410,29	2,6	1066,8	23	0,47	0,42	0,92	20,0	21,7	0,00	501,4	0,0	0,85	2,54	0,40	448,0	0,08	81,5
4	401,97	2,6	1045,1	17	0,47	0,31	0,96	20,0	20,8	0,00	491,2	0,0	0,92	2,54	0,42	324,0	0,08	79,8
5	354,50	2,6	921,7	12	0,47	0,21	0,97	20,0	20,6	0,00	433,2	0,0	0,94	2,54	0,41	193,6	0,08	70,4
6	270,56	2,6	703,5	7	0,47	0,12	0,99	20,0	20,2	0,00	330,6	0,0	0,98	2,54	0,41	84,4	0,08	53,7
7	172,44	2,6	448,3	1	0,47	0,017	1,00	30,0	30,0	0,00	210,7	0,0	1,00	2,54	0,40	7,6	0,08	34,2
$\Sigma =$											2699,02	0,00			2,76	1964,33		438,51

**Tabla 138: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 4, sección 2, con H=50 m**

Utilizando los valores determinados de acuerdo al procedimiento anterior para ser empleados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,41** y la relación **1/Fsd=2,46**.

En las tablas 139 y 140 que se expondrán a continuación, se detallan, a manera de resumen, los valores del Factor de Seguridad (Fsd) calculados para las pendientes 3 y 4 de la sección 2.

<b>H</b>	<b>Fsd</b>	<b>1/Fsd</b>
10	0,23	4,30
20	0,15	6,46
30	0,175	5,73
40	0,14	7,10
50	0,165	6,05

**Tabla 139: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 3 de la sección 2**

<b>H</b>	<b>Fsd</b>	<b>1/Fsd</b>
10	0,50	2,00
20	0,446	2,24
30	0,33	3,02
40	0,40	2,47
50	0,41	2,46

**Tabla 140: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 4 de la sección 2**

Luego de haber establecido los valores de Fsd para las pendientes 3 y 4 de la sección 2, se proceden a realizar los mismos cálculos para las pendientes 5 y 6 de la sección 3. En las tablas que van de la 141 hasta la 150, se muestran los datos resultantes que se necesitan para hallar Fsd, según las pendientes y sección antes mencionadas.

**Cálculo de Fsd para la pendiente 5 de la sección 3, con H=10 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) \cdot W$
1	2,14	2,6	5,56	52	0,47	1,28	0,62	1,78	2,87	0,36	2,62	0,65	0,38	2,94	0,21	7,12	-0,04	-0,22
2	10,15	2,6	26,39	44	0,47	0,97	0,71	2,75	3,87	0,36	12,40	1,00	0,50	2,94	0,25	25,60	-0,04	-1,05
3	13,94	2,6	36,24	35	0,47	0,70	0,82	2,75	3,35	0,36	17,03	1,00	0,67	2,94	0,30	25,37	-0,04	-1,45
4	13,66	2,6	35,52	27	0,47	0,51	0,89	2,75	3,09	0,36	16,69	1,00	0,79	2,94	0,33	18,11	-0,04	-1,42
5	12,08	2,6	31,41	19	0,47	0,34	0,95	2,75	2,89	0,36	14,76	1,00	0,90	2,94	0,36	10,68	-0,04	-1,25
6	9,41	2,6	24,47	12	0,47	0,21	0,97	2,75	2,84	0,36	11,50	1,00	0,94	2,94	0,35	5,14	-0,04	-0,98
7	7,07	2,6	18,38	3	0,47	0,05	1,00	4,79	4,79	0,36	8,64	1,74	1,00	2,94	0,35	0,92	-0,04	-0,73
										$\Sigma =$	83,65	7,40			2,15	92,94		-7,10

**Tabla 141: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=10 m**

Empleando los valores determinados según el procedimiento anterior para ser utilizados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,49** y la relación **1/Fsd=2,02**.

**Cálculo de Fsd para la pendiente 5 de la sección 3, con H=20 m**

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	7,62	2,6	19,81	50	0,47	1,19	0,64	3,50	5,47	0,73	9,31	2,55	0,41	2,54	0,25	23,58	0,01	0,17
2	42,48	2,6	110,45	42	0,47	0,90	0,74	6,00	8,11	0,73	51,91	4,37	0,55	2,54	0,31	99,40	0,01	0,94
3	59,30	2,6	154,18	33	0,47	0,65	0,84	6,00	7,14	0,73	72,46	4,37	0,71	2,54	0,36	100,22	0,01	1,31
4	57,20	2,6	148,72	25	0,47	0,47	0,91	6,00	6,59	0,73	69,90	4,37	0,83	2,54	0,40	69,90	0,01	1,26
5	49,12	2,6	127,71	18	0,47	0,32	0,95	6,00	6,32	0,73	60,02	4,37	0,90	2,54	0,41	40,87	0,01	1,08
6	35,94	2,6	93,44	11	0,47	0,19	0,98	6,00	6,12	0,73	43,92	4,37	0,96	2,54	0,41	17,75	0,01	0,79
7	19,47	2,6	50,62	3	0,47	0,05	1,00	8,03	8,03	0,73	23,79	5,85	1,00	2,54	0,40	2,53	0,01	0,43
$\Sigma =$											331,32	30,23			2,54	354,25		5,98

**Tabla 142: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=20 m**

Empleando los valores determinados según el procedimiento anterior para ser utilizados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,39$  y la relación  $1/F_{sd}=2,54$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 5 de la sección 3, con H=30 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	15,48	2,6	40,25	51	0,47	1,23	0,63	4,89	7,76	1,09	18,92	5,34	0,40	2,41	0,26	49,51	0,06	2,29
2	80,95	2,6	210,47	44	0,47	0,97	0,71	8,00	11,27	1,09	98,92	8,74	0,50	2,41	0,30	204,16	0,06	11,97
3	113,82	2,6	295,93	35	0,47	0,70	0,82	8,00	9,76	1,09	139,09	8,74	0,67	2,41	0,37	207,15	0,06	16,83
4	113,28	2,6	294,53	28	0,47	0,53	0,88	8,00	9,09	1,09	138,43	8,74	0,77	2,41	0,40	156,10	0,06	16,75
5	102,31	2,6	266,01	21	0,47	0,38	0,93	8,00	8,60	1,09	125,02	8,74	0,86	2,41	0,42	101,08	0,06	15,13
6	82,55	2,6	214,63	14	0,47	0,25	0,97	8,00	8,25	1,09	100,88	8,74	0,94	2,41	0,44	53,66	0,06	12,21
7	54,94	2,6	142,84	8	0,47	0,14	0,99	8,00	8,08	1,09	67,14	8,74	0,98	2,41	0,43	20,00	0,06	8,12
8	19,98	2,6	51,95	1	0,47	0,017	1,00	8,02	8,02	1,09	24,42	8,76	1,00	2,41	0,42	0,88	0,06	2,95
$\Sigma =$											712,80	66,51			3,04	792,53		86,26

Tabla 143: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=30 m

Empleando los valores determinados según el procedimiento anterior para ser utilizados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,29$  y la relación  $1/F_{sd}=3,43$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 5 de la sección 3, con H=40 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) \cdot W$
1	65,99	2,6	171,57	46	0,47	1,03	0,69	11,00	15,94	1,46	80,64	16,02	0,48	2,34	0,30	176,72	0,11	18,06
2	176,02	2,6	457,65	38	0,47	0,78	0,79	11,00	13,92	1,46	215,10	16,02	0,62	2,34	0,36	356,97	0,11	48,18
3	222,52	2,6	578,55	31	0,47	0,60	0,85	11,00	12,94	1,46	271,92	16,02	0,72	2,34	0,39	347,13	0,11	60,91
4	211,42	2,6	549,69	25	0,47	0,47	0,91	11,00	12,09	1,46	258,36	16,02	0,83	2,34	0,43	258,36	0,11	57,87
5	184,06	2,6	478,56	19	0,47	0,34	0,95	11,00	11,58	1,46	224,92	16,02	0,90	2,34	0,45	162,71	0,11	50,38
6	142,46	2,6	370,40	13	0,47	0,23	0,97	11,00	11,34	1,46	174,09	16,02	0,94	2,34	0,44	85,19	0,11	39,00
7	110,48	2,6	287,25	5	0,47	0,09	1,00	19,65	19,65	1,46	135,01	28,61	1,00	2,34	0,45	25,85	0,11	30,24
										$\Sigma =$	1360,02	124,71			2,83	1412,93		304,64

Tabla 144: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=40 m

Empleando los valores determinados según el procedimiento anterior para ser utilizados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,31$  y la relación  $1/F_{sd}=3,27$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 5 de la sección 3, con H=50 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) * W$
1	58,87	2,6	153,1	48	0,47	1,11	0,67	10,0	14,9	1,82	71,9	18,2	0,45	2,30	0,30	169,9	0,15	23,5
2	272,48	2,6	708,4	41	0,47	0,87	0,75	15,0	20,0	1,82	333,0	27,3	0,56	2,30	0,34	616,3	0,15	108,9
3	371,39	2,6	965,6	33	0,47	0,65	0,84	15,0	17,9	1,82	453,8	27,3	0,71	2,30	0,40	627,6	0,15	148,4
4	356,94	2,6	928,0	25	0,47	0,47	0,91	15,0	16,5	1,82	436,2	27,3	0,83	2,30	0,44	436,2	0,15	142,6
5	307,30	2,6	799,0	18	0,47	0,32	0,95	15,0	15,8	1,82	375,5	27,3	0,90	2,30	0,45	255,7	0,15	122,8
6	227,41	2,6	591,3	11	0,47	0,19	0,98	15,0	15,3	1,82	277,9	27,3	0,96	2,30	0,45	112,3	0,15	90,9
7	132,04	2,6	343,3	3	0,47	0,05	1,00	21,2	21,2	1,82	161,4	38,6	1,00	2,30	0,44	17,2	0,15	52,8
$\Sigma =$											<b>2109,70</b>	<b>193,30</b>			<b>2,83</b>	<b>2235,26</b>		<b>689,83</b>

Tabla 145: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 5, sección 3, con H=50 m

Empleando los valores determinados según el procedimiento anterior para ser utilizados en la fórmula establecida de Fsd, se tiene que el valor de  $F_{sd}=0,28$  y la relación  $1/F_{sd}=3,60$ .

Cálculo de Fsd para la pendiente 6 de la sección 3, con H=10 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m \max} / g$	$(A_{m \max} / g) \cdot W$	
1	6,45	2,6	16,77	49	0,47	1,15	0,66	3,19	4,83	0,52	7,88	1,66	0,64	3,78	0,26	19,29	-0,003	-0,05	
2	13,57	2,6	35,28	39	0,47	0,81	0,78	2,75	3,53	0,52	16,58	1,43	0,76	3,78	0,28	28,58	-0,003	-0,10	
3	16,20	2,6	42,12	31	0,47	0,60	0,85	2,75	3,24	0,52	19,80	1,43	0,83	3,78	0,28	25,27	-0,003	-0,12	
4	14,75	2,6	38,35	23	0,47	0,42	0,95	2,75	2,89	0,52	18,02	1,43	0,90	3,78	0,29	16,11	-0,003	-0,11	
5	12,12	2,6	31,51	16	0,47	0,29	0,97	2,75	2,84	0,52	14,81	1,43	0,94	3,78	0,28	9,14	-0,003	-0,09	
6	8,47	2,6	22,02	8	0,47	0,14	0,99	2,75	2,78	0,52	10,35	1,43	0,98	3,78	0,28	3,08	-0,003	-0,06	
7	3,95	2,6	10,27	1	0,47	0,017	1,00	3,38	3,38	0,52	4,83	1,76	1,00	3,78	0,27	0,17	-0,003	-0,03	
											$\Sigma =$	92,27	10,57			1,93	101,64		-0,55

Tabla 146: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=10 m

Usando los valores hallados conforme al procedimiento antes mencionado, los cuales se van a utilizar en la fórmula establecida para Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,53** y la relación **1/Fsd=1,90**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 6 de la sección 3, con H=20 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m \text{á}} / g$	$(A_{m \text{á}} / g) * W$
1	11,57	2,6	30,08	53	0,47	1,33	0,60	4,08	6,80	1,04	14,14	4,24	0,36	3,30	0,18	40,01	0,11	3,45
2	44,78	2,6	116,43	43	0,47	0,93	0,73	5,50	7,53	1,04	54,72	5,72	0,53	3,30	0,23	108,28	0,11	13,35
3	58,52	2,6	152,15	34	0,47	0,67	0,83	5,50	6,63	1,04	71,51	5,72	0,69	3,30	0,28	101,94	0,11	17,44
4	54,83	2,6	142,56	26	0,47	0,49	0,90	5,50	6,11	1,04	67,00	5,72	0,81	3,30	0,30	69,85	0,11	16,34
5	45,83	2,6	119,16	18	0,47	0,32	0,95	5,50	5,79	1,04	56,00	5,72	0,90	3,30	0,31	38,13	0,11	13,66
6	32,36	2,6	84,14	10	0,47	0,18	0,98	5,50	5,61	1,04	39,54	5,72	0,96	3,30	0,32	15,14	0,11	9,65
7	15,38	2,6	39,99	2	0,47	0,03	1,00	6,71	6,71	1,04	18,79	6,98	1,00	3,30	0,31	1,20	0,11	4,58
										$\Sigma =$	321,72	39,82			1,92	374,56		78,48

Tabla 147: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=20 m

Usando los valores hallados conforme al procedimiento antes mencionado, los cuales se van a utilizar en la fórmula establecida para Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,41** y la relación **1/Fsd=2,41**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 6 de la sección 3, con H=30 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	30,27	2,6	78,70	49	0,47	1,15	0,66	7,00	10,61	1,56	36,99	10,92	0,44	3,14	0,22	90,51	0,23	18,25
2	95,29	2,6	247,75	41	0,47	0,87	0,75	8,00	10,67	1,56	116,44	12,48	0,56	3,14	0,25	215,55	0,23	57,46
3	121,90	2,6	316,94	33	0,47	0,65	0,84	8,00	9,52	1,56	148,96	12,48	0,71	3,14	0,30	206,01	0,23	73,51
4	114,21	2,6	296,95	26	0,47	0,49	0,90	8,00	8,89	1,56	139,56	12,48	0,81	3,14	0,32	145,50	0,23	68,87
5	96,76	2,6	251,58	19	0,47	0,34	0,95	8,00	8,42	1,56	118,24	12,48	0,90	3,14	0,33	85,54	0,23	58,35
6	70,92	2,6	184,39	13	0,47	0,23	0,97	8,00	8,25	1,56	86,66	12,48	0,94	3,14	0,33	42,41	0,23	42,77
7	41,54	2,6	108,00	5	0,47	0,09	1,00	11,49	11,49	1,56	50,76	17,92	1,00	3,14	0,33	9,72	0,23	25,05
										$\Sigma =$	697,63	91,24			2,08	795,23		344,26

Tabla 148: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=30 m

Usando los valores hallados conforme al procedimiento antes mencionado, los cuales se van a utilizar en la fórmula establecida para Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,33** y la relación **1/Fsd=3,00**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 6 de la sección 3, con H=40 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\acute{a}x} / g$	$(A_{m\acute{a}x} / g) * W$
1	66,68	2,6	173,37	51	0,47	1,23	0,63	10,04	15,94	2,08	81,48	20,88	0,40	3,06	0,21	213,24	0,35	60,54
2	172,20	2,6	447,72	42	0,47	0,90	0,74	10,00	13,51	2,08	210,43	20,80	0,55	3,06	0,26	402,95	0,35	156,35
3	215,09	2,6	559,23	34	0,47	0,67	0,83	10,00	12,05	2,08	262,84	20,80	0,69	3,06	0,30	374,69	0,35	195,29
4	203,61	2,6	529,39	26	0,47	0,49	0,90	10,00	11,11	2,08	248,81	20,80	0,81	3,06	0,33	259,40	0,35	184,87
5	176,47	2,6	458,82	19	0,47	0,34	0,95	10,00	10,53	2,08	215,65	20,80	0,90	3,06	0,34	156,00	0,35	160,23
6	135,95	2,6	353,47	13	0,47	0,23	0,97	10,00	10,31	2,08	166,13	20,80	0,94	3,06	0,34	81,30	0,35	123,44
7	104,50	2,6	271,70	4	0,47	0,07	1,00	17,78	17,78	2,08	127,70	36,98	1,00	3,06	0,34	19,02	0,35	94,88
										$\Sigma =$	1313,04	161,87			2,11	1506,59		975,60

Tabla 149: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=40 m

Usando los valores hallados conforme al procedimiento antes mencionado, los cuales se van a utilizar en la fórmula establecida para Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,28** y la relación **1/Fsd=3,55**.

Cálculo de Fsd para la pendiente 6 de la sección 3, con H=50 m

No. Dovela	Area	$\gamma$	W	$\alpha_n$ dov	$\tan \phi$	$\tan \alpha$	$\cos \alpha$	$b_n$	$\Delta L_n$	$c_d$	$W \tan \phi$	$c_d L_n \cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$	$F_d$	$\cos^2 \alpha ((1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi) / F_d)$	$W \tan \alpha$	$A_{m\grave{a}x} / g$	$(A_{m\grave{a}x} / g) \cdot W$	
1	99,42	2,6	258,5	52	0,47	1,28	0,62	12,0	19,4	2,60	121,5	31,2	0,38	3,01	0,20	330,9	0,47	120,6	
2	284,18	2,6	738,9	42	0,47	0,90	0,74	13,0	17,6	2,60	347,3	33,8	0,54	3,01	0,26	665,0	0,47	344,7	
3	357,09	2,6	928,4	34	0,47	0,67	0,83	13,0	15,7	2,60	436,4	33,8	0,69	3,01	0,30	622,1	0,47	433,1	
4	334,57	2,6	869,9	26	0,47	0,49	0,90	13,0	14,4	2,60	408,8	33,8	0,81	3,01	0,33	426,2	0,47	405,8	
5	283,83	2,6	738,0	18	0,47	0,32	0,95	13,0	13,7	2,60	346,8	33,8	0,90	3,01	0,34	236,1	0,47	344,3	
6	209,10	2,6	543,7	11	0,47	0,19	0,98	13,0	13,3	2,60	255,5	33,8	0,96	3,01	0,35	103,3	0,47	253,6	
7	126,51	2,6	328,9	2	0,47	0,03	1,00	19,3	19,3	2,60	154,6	50,1	1,00	3,01	0,34	9,9	0,47	153,4	
											$\Sigma =$	2070,92	250,30			2,12	2393,5		2055,5

Tabla 150: Cálculo de los valores que se utilizarán para determinar el Fsd de la pendiente 6, sección 3, con H=50 m

Usando los valores hallados conforme al procedimiento antes mencionado, los cuales se van a utilizar en la fórmula establecida para Fsd, se tiene que el valor de **Fsd=0,25** y la relación **1/Fsd=4,06**.

En las siguientes tablas, la 151 y 152, se indican, a manera de resumen, los valores del Factor de Seguridad (Fsd) determinados para las pendientes 5 y 6 de la sección 3.

H	Fsd	1/Fsd
10	0,49	2,02
20	0,39	2,54
30	0,29	3,43
40	0,31	3,27
50	0,28	3,60

**Tabla 151: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 5 de la sección 3**

H	Fsd	1/Fsd
10	0,53	1,90
20	0,41	2,41
30	0,33	3,00
40	0,28	3,55
50	0,25	4,06

**Tabla 152: Tabla-resumen con los valores de Fsd y 1/Fsd correspondientes a la pendiente 6 de la sección 3**

Una vez realizado todo lo anterior, se tienen los valores de **Fsd** y **1/Fsd**, que se utilizarán para determinar el porcentaje de daño en la zona con respecto a un deslizamiento, así como la cantidad de víctimas que pueden darse si este se llevara a cabo (el deslizamiento). Antes de establecer este daño, de acuerdo con las tres secciones escogidas para el cálculo del Fsd, se puede estimar que la cantidad de estructuras que se verán afectadas, de acuerdo a las zonas delimitadas, es:

- **Sección No. 1:** 69, de las cuales se encuentran la escuela, el salón comunal, la iglesia, y 66 viviendas.
- **Sección No. 2:** 43, las cuales todas son viviendas.
- **Sección No. 2:** 27, de las cuales, dos son cabañas, una es cabina y 24 son viviendas.

En la figura 58, se ejemplifica lo que se indicó anteriormente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se procede a establecer el daño estructural y humano, con respecto a deslizamientos en la zona.

#### 6.4. Estimación del porcentaje del daño estructural y humano ante un deslizamiento, en la zona de estudio

Para establecer el porcentaje de daño ante un deslizamiento y al igual que en el caso de sismos, se utilizan curvas de fragilidad. En la figura 64, se muestra la curva de fragilidad para indicar el daño estructural para deslizamientos. Además, para este caso, se contemplan también las líneas vitales, ya que el análisis se realizará de forma general en el sector de Jucó de Orosi.

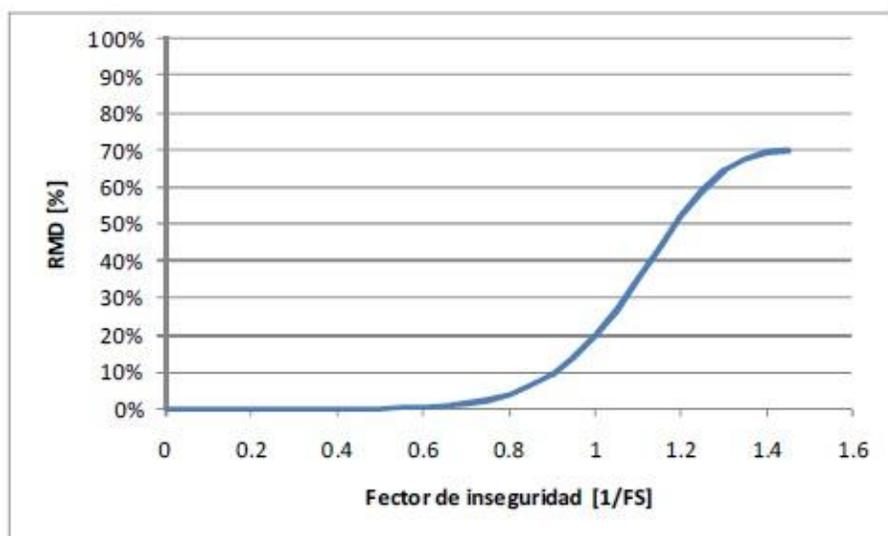


Figura 64: Curva de fragilidad para establecer el daño estructural ante una amenaza por deslizamientos. (Fuente: CAPRA, n.d.)

Para establecer la vulnerabilidad humana ante la ocurrencia de un deslizamiento y según estudios hechos por profesionales del CAPRA, se utilizan curvas de fragilidad empíricas basadas en

estimaciones del número total de víctimas en eventos recientes. En la figura 65, se muestra la curva de fragilidad para deslizamientos que se usará para estimar la vulnerabilidad humana.

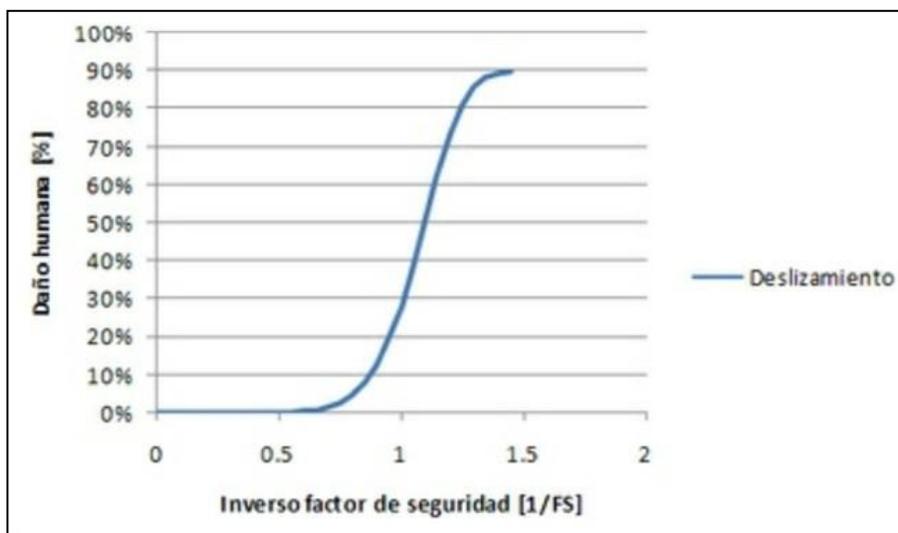


Figura 65: Curva de fragilidad para establecer la vulnerabilidad humana ante una amenaza por deslizamientos.

(Fuente: CAPRA, n.d.)

Tomando en cuenta los valores de Factor de Seguridad (**Fsd**) y de **1/Fsd**, calculados en la sección 6.3.2 del presente capítulo, se procede a establecer el porcentaje de daño para las estructuras e infraestructura y el de vulnerabilidad humana para las secciones 1, 2 y 3, utilizando las curvas antes mostradas. En las siguientes tablas, se muestran los resultados obtenidos para el daño que se obtendría en las estructuras si se suscitara un evento por deslizamiento, así como el porcentaje de víctimas, ya sea mortales, o accidentadas.

H	FS	1/FS	RMD (%)	% DAÑO HUMANO
10	0,58	1,72	70	90
20	0,51	1,96	70	90
30	0,37	2,67	70	90
40	0,454	2,202	70	90
50	0,455	2,198	70	90

Tabla 153: Porcentaje de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 1 de la sección 1

<b>H</b>	<b>FS</b>	<b>1/FS</b>	<b>RMD (%)</b>	<b>% DAÑO HUMANO</b>
10	0,64	1,57	70	90
20	0,63	1,59	70	90
30	0,51	1,96	70	90
40	0,51	1,97	70	90
50	0,48	2,10	70	90

**Tabla 154: Porcentaje de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 2 de la sección 1**

<b>H</b>	<b>FS</b>	<b>1/FS</b>	<b>RMD (%)</b>	<b>% DAÑO HUMANO</b>
10	0,23	4,30	70	90
20	0,15	6,46	70	90
30	0,17	5,73	70	90
40	0,14	7,10	70	90
50	0,17	6,05	70	90

**Tabla 155: Porcentaje de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 3 de la sección 2**

<b>H</b>	<b>FS</b>	<b>1/FS</b>	<b>RMD (%)</b>	<b>% DAÑO HUMANO</b>
10	0,50	2,00	70	90
20	0,45	2,24	70	90
30	0,33	3,02	70	90
40	0,40	2,47	70	90
50	0,41	2,46	70	90

**Tabla 156: Porcentaje de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 4 de la sección 2**

H	FS	1/FS	RMD (%)	% DAÑO HUMANO
10	0,49	2,02	70	90
20	0,39	2,54	70	90
30	0,29	3,43	70	90
40	0,31	3,27	70	90
50	0,28	3,60	70	90

**Tabla 157: Porcentaje de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 5 de la sección 3**

H	FS	1/FS	RMD (%)	% DAÑO HUMANO
10	0,53	1,90	70	90
20	0,41	2,41	70	90
30	0,33	3,00	70	90
40	0,28	3,55	70	90
50	0,25	4,06	70	90

**Tabla 158: Porcentaje de daño en las estructuras y de vulnerabilidad humana, ante deslizamientos, de acuerdo a la pendiente 6 de la sección 3**

De acuerdo con los datos obtenidos, si se diese un evento por deslizamiento en la zona de estudio, va a producir un daño casi total en las estructuras e infraestructura local, ya que para el análisis hecho respecto de las tres secciones, el daño se da en un 70% de las edificaciones (colapsarían aproximadamente 97 edificaciones y los servicios funcionarían apenas en un 30%) y líneas vitales de la zona. Además, el colapso humano sería en un 90%, del cual se espera que ese total se dé por la noche y un 45% se dé durante el día, esto quiere decir, que por cada edificación podrían quedar vivos de una a dos personas en la noche, y de tres a cuatro personas en el día, pero en el caso de los deslizamientos, este número se vuelve impredecible.

## 6.5. Estimación de la cantidad de material que se podría desprender de los taludes producto de un deslizamiento

Luego de haber realizado el análisis de estabilidad de taludes expuesto en la sección 6.3. del presente capítulo, se procede a estimar aproximadamente, cuánto material se desprendería de alguno de los taludes (pendientes) analizados.

Para llevar a cabo este procedimiento, se tomarán en cuenta las pendientes 5 y 6 (taludes), analizadas por medio de la sección 3 del análisis de estabilidad de taludes, anteriormente realizado. Cada una de ellas tiene una altura de 274 m, y es que, de las seis pendientes analizadas, estas son las más altas, por lo cual, representativas para la estimación de este cálculo. Se debe tomar el peso total para cada una, el cual se dividirá entre el peso específico del suelo y luego se multiplica por una distancia lineal, para este caso, se usará la misma del análisis de taludes. El procedimiento por seguir, se define por la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de masa a desprender (Vol)} = (W_i/\gamma) \times \text{dist (l)} \quad (\text{Ec. 6.6})$$

Como se mencionó antes, se utilizarán las pendientes 5 y 6 de la sección 3, del análisis de estabilidad de taludes, específicamente, los cálculos realizados con H=50 m, para los dos taludes (pendientes 5 y 6). Los datos de cada una de ellas, se citan a continuación:

**Pendiente 5:**

**Altura=** 274 m.

**W<sub>i</sub>=** 4488,72 ton.

**γ=** 2,6 ton/m<sup>3</sup>.

**Dist :** 430 m.

**Pendiente 6:**

**Altura=** 274 m.

**W<sub>i</sub>=** 4406,22 ton.

**γ=** 2,6 ton/m<sup>3</sup>.

**Dist :** 380 m.

De acuerdo con la información anterior, el volumen por desprender para la pendiente No. 5 es:

$$\text{Vol} = (4488,72 / 2,6) \times 430$$

$$\text{Vol} = 742365,2 \text{ m}^3.$$

Ahora, el volumen que se podría desprender de acuerdo a la pendiente (talud) No. 6, será igual a:

$$\text{Vol} = (4406,22 / 2,6) \times 380$$

$$\text{Vol} = 643986 \text{ m}^3.$$

## **CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE RIESGO PARA LA ZONA DE JUCÓ**

### **7.1. Efectos de los sismos y deslizamientos en la zona**

Los sismos dependiendo de su magnitud, producen vibraciones que pueden desestabilizar terrenos, lo cual puede provocar deslizamientos de materiales. Estos materiales pueden afectar carreteras, viviendas, zonas forestales, zonas dedicadas a la agricultura y ganadería, etc. Para el caso de Jucó de Orosi y como ya se ha mencionado en el presente trabajo, en años pasados, esta zona ha sido afectada por sismos de gran magnitud y deslizamientos que han provocado la destrucción de casas, desaparición de personas, pérdidas de áreas dedicadas a la agricultura, en fin, Jucó es una zona que se encuentra muy vulnerable para que se lleven a cabo estos dos fenómenos en el momento menos esperado. Uno de los factores que afecta el sector de Jucó, en lo que a deslizamientos se refiere, es la topografía tan irregular de la zona, la cual está formada de taludes (montaña) de grandes alturas, lo cual pone en peligro a la zona de que sufra un evento natural de este tipo (deslizamientos). En la siguiente figura, se muestra un extracto del Hoja Cartográfica Tapantí, que es donde se encuentra la zona de estudio, donde se detalla su topografía.

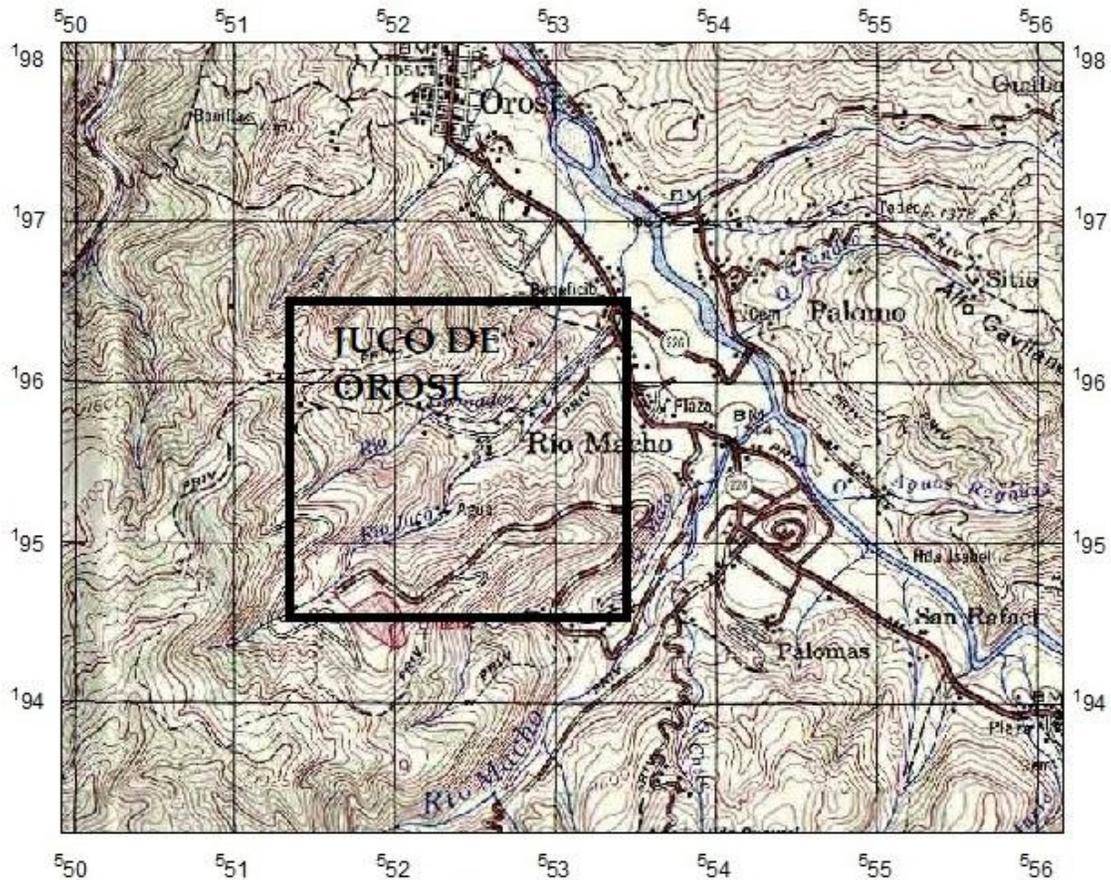


Figura 66: Topografía de la zona de Jucó que denota las grandes alturas de sus taludes. (Fuente: Hoja Cartográfica Tapantí, n.d.)

Además, de lo anterior, y como se estudió en el capítulo cinco del presente trabajo, Oroquí y por ende, los sectores que lo conforman, están ubicados en una zona que se encuentra rodeada de fallas tectónicas, que en el pasado, provocaron sismos de gran magnitud en la provincia de Cartago y en el cantón de Paraíso. Es por ello que, se procederá a realizar un análisis de riesgos con respecto a las pérdidas económicas que pueden haber en la zona, así como se detallarán, los mapas de vulnerabilidad, donde se indica, la alta vulnerabilidad de la zona y que lugares o estructuras están más propensos a que sufran estragos por el impacto que podría producir un sismo o deslizamiento.

## **7.2. Estimación del posible riesgo económico (pérdidas económicas)**

Para determinar el riesgo económico, que se puede dar a causa de un deslizamiento o un sismo, se debe establecer el valor, económicamente hablando, de las edificaciones o infraestructura, luego se establecen los m<sup>2</sup>, metros lineales o cantidades y con esta información se obtiene el riesgo.

Para establecer valor económico de cada estructura o infraestructura, se utilizaron los datos del “Manual de valores base unitarios por tipología constructiva” del año 2011. Además, se realizó la tabla que se mostrará a continuación, con el fin de actualizar los datos al presente año. Cabe mencionar que la información necesaria para hacer dicha tabla, se obtuvo de la base virtual del INEC.

INDICE DE PRECIOS DE INSUMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA, BASE ENERO, 1976. Variación porcentual mensual. Enero 2009 – Febrero 2012			INDICE DE PRECIOS DE INSUMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA, BASE ENERO, 1976. Variación porcentual mensual. Enero 2009 – Febrero 2012		
Año	Mes	Variación (%)	Año	Mes	Variación (%)
2009	Enero	-0,64	2009	Enero	1,63
2009	Febrero	-0,50	2009	Febrero	-0,32
2009	Marzo	-0,18	2009	Marzo	-0,11
2009	Abril	-0,04	2009	Abril	-0,32
2009	Mayo	0,07	2009	Mayo	0
2009	Junio	0,24	2009	Junio	0,34
2009	Julio	0,01	2009	Julio	1,19
2009	Agosto	0,40	2009	Agosto	0,6
2009	Setiembre	0,27	2009	Setiembre	0,58
2009	Octubre	-1,13	2009	Octubre	-0,24
2009	Noviembre	-0,15	2009	Noviembre	0,12
2009	Diciembre	0,00	2009	Diciembre	-0,21
2010	Enero	1,28	2010	Enero	2,16
2010	Febrero	0,13	2010	Febrero	0,1
2010	Marzo	0,03	2010	Marzo	0,65
2010	Abril	0,03	2010	Abril	0,18
2010	Mayo	0,02	2010	Mayo	-0,09
2010	Junio	0,00	2010	Junio	0,05
2010	Julio	1,28	2010	Julio	1,48
2010	Agosto	-0,3	2010	Agosto	-0,12
2010	Setiembre	0,01	2010	Setiembre	0,02
2010	Octubre	0,02	2010	Octubre	0,04
2010	Noviembre	0	2010	Noviembre	0,07
2010	Diciembre	0,1	2010	Diciembre	-0,06
2011	Enero	0,71	2011	Enero	1,22
2011	Febrero	0,00	2011	Febrero	0
2011	Marzo	0,11	2011	Marzo	0,39
2011	Abril	0,08	2011	Abril	-0,09
2011	Mayo	0,16	2011	Mayo	0,25
2011	Junio	0,19	2011	Junio	0,43
2011	Julio	0,36	2011	Julio	1,41
2011	Agosto	0,00	2011	Agosto	0,02
2011	Setiembre	-0,39	2011	Setiembre	0,05
2011	Octubre	-0,04	2011	Octubre	0
2011	Noviembre	-0,45	2011	Noviembre	-0,71
2011	Diciembre	0,15	2011	Diciembre	0,08
2012	Enero	1,82	2012	Enero	1,94
2012	Febrero	-0,40	2012	Febrero	-0,05
<b>Variación Total (%):</b>		<b>3,25</b>	<b>Variación Total (%):</b>		<b>12,68</b>
<b>Promedio incremento:</b>		<b>7,97</b>			

Tabla 159: Valor de inflación para insumos de la construcción tomando en cuenta a partir del mes de enero del 2009 al mes de febrero del 2012. (Fuente: INEC, 2012)

Tomando en cuenta la tabla anterior, más los datos de los costos de las estructuras e infraestructura, el área o metros lineales, y el porcentaje de daño, se procede a establecer el riesgo económico, de acuerdo a los escenarios de cálculo. En las tablas que se encuentran en el anexo tres del presente trabajo, se detallan los valores de pérdidas económicas (riesgo) para cada edificación, así como el costo total de las estructuras para cada escenario.

A continuación, se mostrarán unas tablas-resumen para cada escenario (que cuantifican los datos totales por cada sistema constructivo), que detallan rangos de pérdidas económicas (en miles y millones de colones), en los cuales se ubican, la cantidad de estructuras por sistema constructivo, que pertenecen a cada uno de los rangos, así como gráficos que indican la información antes mencionada, pero a manera de porcentaje.

CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LAS ESTRUCTURAS										
Pérdidas económicas	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de uno a cinco millones de colones	0	37	7	3	0	24	0	1	2	74
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 5,5 a 10 millones de colones	0	5	0	0	1	1	0	0	0	7
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 10,5 a 15 millones de colones	5	0	1	1	6	1	3	0	0	17
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 15,5 a 20 millones de colones	7	1	1	0	15	0	3	0	0	27
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 20,5 a 25 millones de colones	0	1	0	0	4	0	0	0	0	5
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas mayores a los 25 millones de colones	0	0	0	0	8	1	0	0	0	9

Tabla 160: Tabla-resumen con la cantidad de estructuras por rango de pérdidas económicas del escenario 1

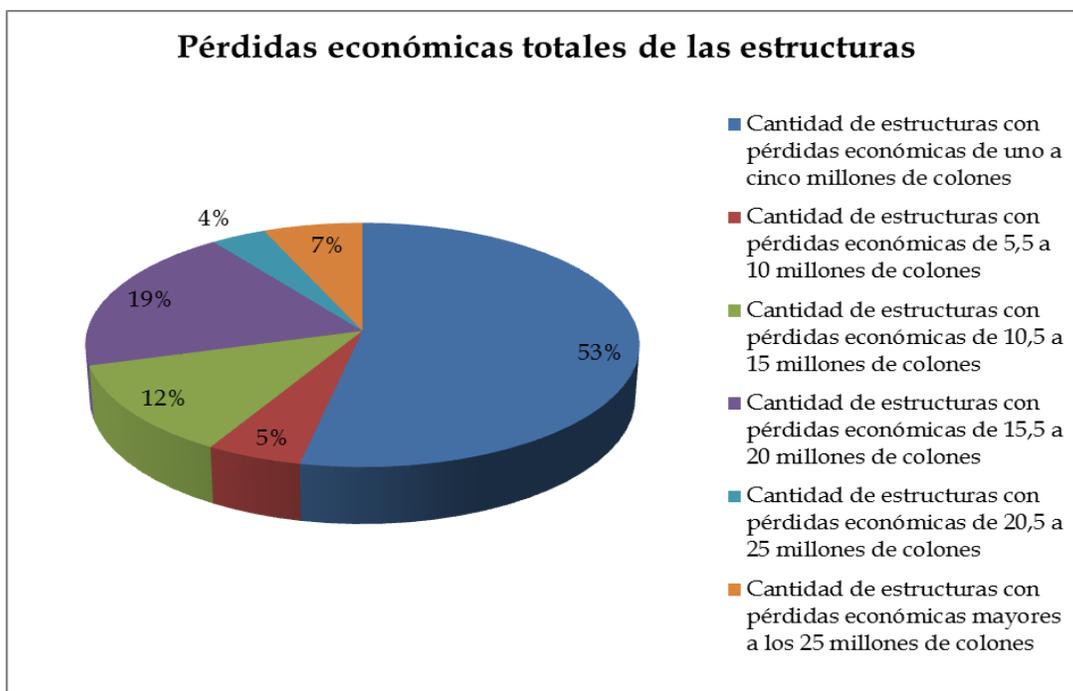


Gráfico 23: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 1

CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LAS ESTRUCTURAS										
Pérdidas económicas	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de uno a cinco millones de colones	0	4	2	2	0	19	0	0	1	28
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 5,5 a 10 millones de colones	0	38	5	1	0	6	0	1	1	52
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 10,5 a 15 millones de colones	5	0	0	0	1	0	3	0	0	9
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 15,5 a 20 millones de colones	7	0	1	0	5	1	3	0	0	17
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 20,5 a 25 millones de colones	0	1	1	1	10	0	0	0	0	13
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas mayores a los 25 millones de colones	0	1	0	0	18	1	0	0	0	20

Tabla 161: Tabla-resumen con la cantidad de estructuras por rango de pérdidas económicas del escenario 2

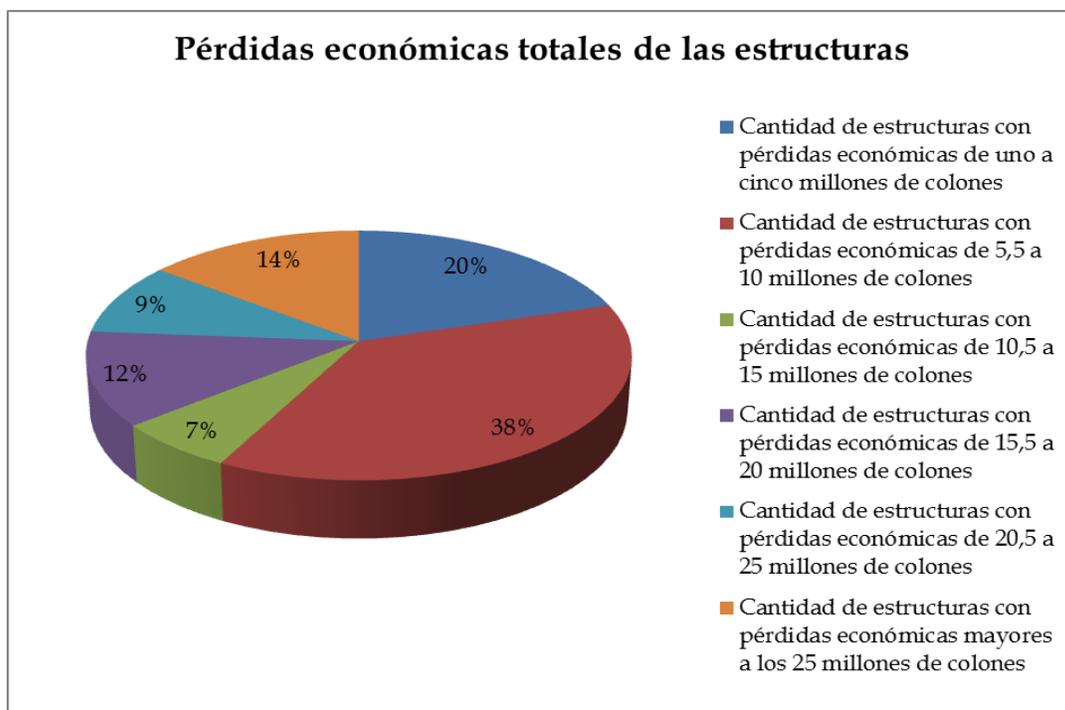


Gráfico 24: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 2

CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LAS ESTRUCTURAS										
Pérdidas económicas	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de uno a cinco millones de colones	0	27	3	3	0	24	0	1	1	59
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 5,5 a 10 millones de colones	0	16	4	0	0	1	0	0	1	22
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 10,5 a 15 millones de colones	5	1	0	1	3	1	3	0	0	14
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 15,5 a 20 millones de colones	7	0	2	0	10	0	3	0	0	22
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 20,5 a 25 millones de colones	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas mayores a los 25 millones de colones	0	0	0	0	9	1	0	0	0	10

Tabla 162: Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 3

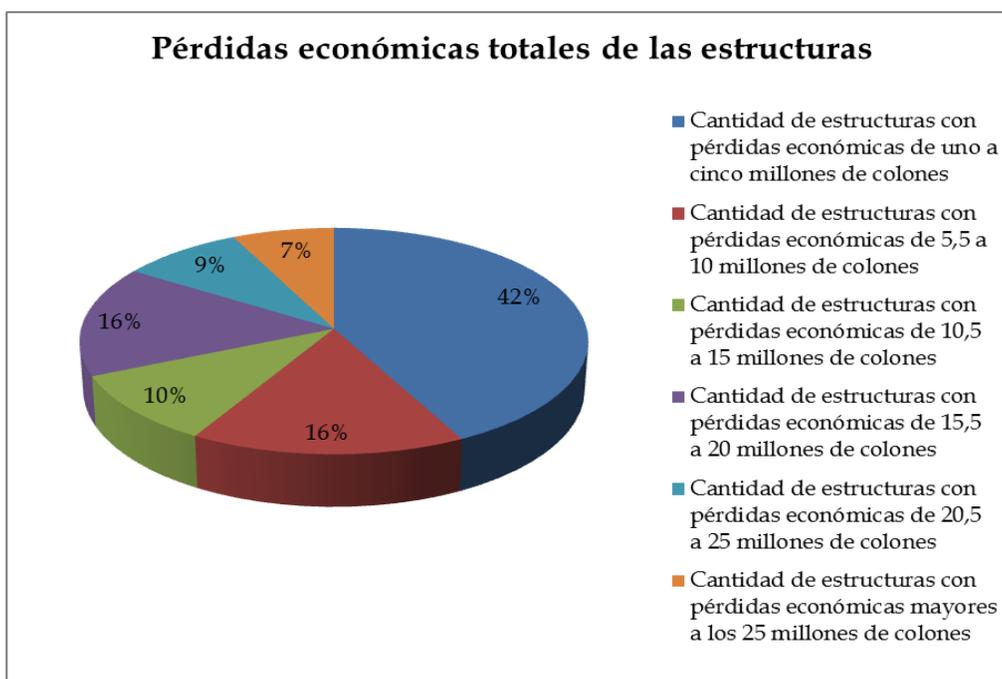


Gráfico 25: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 3

CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LAS ESTRUCTURAS										
Pérdidas económicas	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de quinientos mil a cinco millones de colones	0	41	7	3	2	26	0	1	2	82
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 5,5 a 10 millones de colones	5	2	2	1	22	0	3	0	0	35
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 10,5 a 15 millones de colones	7	1	0	0	3	0	3	0	0	14
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 15,5 a 20 millones de colones	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 20,5 a 25 millones de colones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas mayores a los 25 millones de colones	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5

Tabla 163: Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 4

### Pérdidas económicas totales de las estructuras

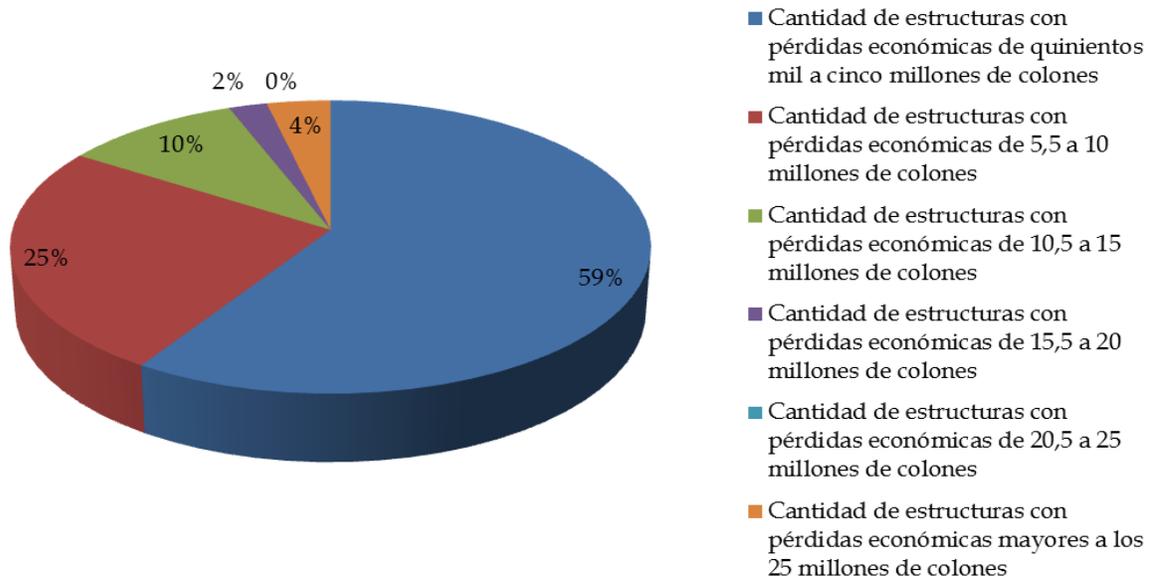
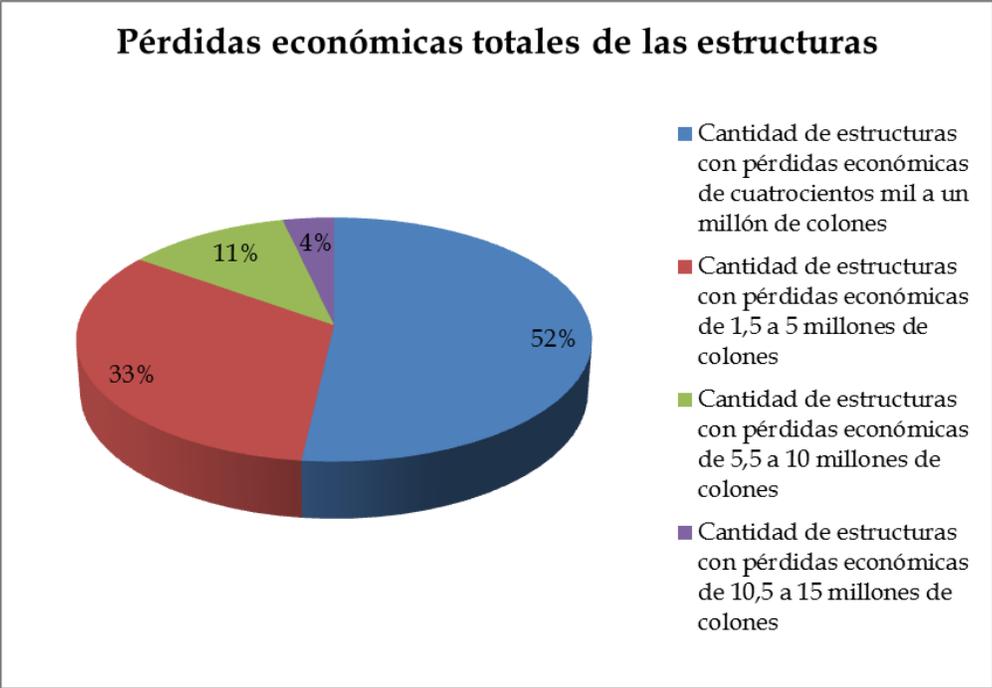


Gráfico 26: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 4

CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LAS ESTRUCTURAS										
Pérdidas económicas	Mampostería y madera	Madera	Concreto y madera	Concreto	Mampostería	Prefabricado	Mampostería y prefabricado	Acero (PERLIN)	Prefabricado y acero.	Totales
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de cuatrocientos mil a un millón de colones	0	37	4	3	0	25	0	1	2	72
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 1,5 a 5 millones de colones	4	6	5	1	26	1	3	0	0	46
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 5,5 a 10 millones de colones	8	1	0	0	3	1	3	0	0	16
Cantidad de estructuras con pérdidas económicas de 10,5 a 15 millones de colones	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5

Tabla 164: Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 5



**Gráfico 27: Porcentaje de la cantidad de estructuras según los rangos de pérdidas económicas. Escenario 5**

Además de los antes indicado, en la tabla 165, se mostrarán las pérdidas económicas totales para todas las estructuras, por cada escenario.

<b>PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES DE LAS ESTRUCTURAS</b>	
<b>ESCENARIOS</b>	<b>PÉRDIDAS TOTALES (RIESGO)</b>
No. 1: Mapa de Isoaceleraciones, Rojas	¢1.594.482.975,00
No. 2: Mapa Isoaceleraciones, Schmidt	¢2.149.045.290,00
No. 3: Sismo extremo	¢1.835.828.280,00
No. 4: Sismo severo	¢836.349.570,00
No. 5: Sismo moderado	¢409.868.775,00

**Tabla 165: Pérdidas económicas totales para cada escenario**

Según la información mencionada, los riesgos económicos que tendrían las estructuras ubicadas en la zona de estudio, son bastante considerables, ya que estos son superiores a los 400 millones de colones, que en el caso de que se diese una emergencia por sismos, la inversión por realizar por parte de las autoridades pertinentes sería muy alta. El caso más importante, es el correspondiente al escenario No. 2 (Mapa de isoaceleraciones de Schmidt), pues la inversión sería de más de 2000 mil millones de colones, claro está, en el caso de que se perdieran todas las estructuras de la zona.

Para el caso de los deslizamientos y según el análisis indicado en el capítulo seis, se determinó que las estructuras colapsarían en un 70%, lo cual corresponde a 97 edificaciones. Tomando como referencia el valor de ¢225.000,00, incluyendo un 8% de inflación para cada estructura, un área promedio de 90 m<sup>2</sup>, así como el porcentaje de daño antes mencionado, el riesgo económico para cada estructura sería aproximadamente de ¢15.309.000,00 colones, siendo en total de ¢1484.973.000,00 colones.

En las tablas que se mostrarán a continuación, detallan los valores de riesgo económico para la infraestructura de la zona (líneas vitales) tomando en cuenta todos los escenarios del análisis.

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	Material	% de daño	Costo de const. x m <sup>2</sup>	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del 2012	Valor total de la infraestructura (línea vital)	RIESGO (Pérdidas económicas)
No. 1	Hidráulica	Tanque de agua No.1	60	Concreto	0,95	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 19.440.000,00	¢ 18.468.000,00
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	55	Concreto	0,94	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 17.820.000,00	¢ 16.750.800,00
No. 2	Hidráulica	Tanque de agua No.1	60	Concreto	1,0	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 19.440.000,00	¢ 19.440.000,00
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	55	Concreto	1,0	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 17.820.000,00	¢ 17.820.000,00
No. 3	Hidráulica	Tanque de agua No.1	60	Concreto	0,18	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 19.440.000,00	¢ 3.499.200,00
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	55	Concreto	0,17	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 17.820.000,00	¢ 3.029.400,00
No. 4	Hidráulica	Tanque de agua No.1	60	Concreto	0,17	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 19.440.000,00	¢ 3.304.800,00
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	55	Concreto	0,16	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 17.820.000,00	¢ 2.851.200,00
No. 5	Hidráulica	Tanque de agua No.1	60	Concreto	0,32	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 19.440.000,00	¢ 6.220.800,00
		Tanque de agua No.2 (Escuela)	55	Concreto	0,31	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 17.820.000,00	¢ 5.524.200,00

Tabla 166: Estimación del riesgo económico para tanques de agua, tomando en cuenta todos los escenarios

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Metros lineales de construc. (m)	Tasa de roturas	Costo de const. x m	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del 2012	Valor total de la infraestructura (línea vital)	RIESGO (Pérdidas económicas)
No. 1	Hidráulica	Tubería PVC	2000	0,0138	¢ 27.000,00	¢ 2.160,00	¢ 29.160,00	¢ 58.320.000,00	¢ 804.816,00
No. 2	Hidráulica	Tubería PVC	2000	0,02	¢ 27.000,00	¢ 2.160,00	¢ 29.160,00	¢ 58.320.000,00	¢ 1.166.400,00
No. 3	Hidráulica	Tubería PVC	2000	0,016	¢ 27.000,00	¢ 2.160,00	¢ 29.160,00	¢ 58.320.000,00	¢ 933.120,00
No. 4	Hidráulica	Tubería PVC	2000	0,0045	¢ 27.000,00	¢ 2.160,00	¢ 29.160,00	¢ 58.320.000,00	¢ 262.440,00
No. 5	Hidráulica	Tubería PVC	2000	0,002	¢ 27.000,00	¢ 2.160,00	¢ 29.160,00	¢ 58.320.000,00	¢ 116.640,00

Tabla 167: Estimación del riesgo económico para tuberías, tomando en cuenta todos los escenarios

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Metros lineales de construc. (m)	% de daño	Costo de const. x m	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del 2012	Valor total de la infraestructura (línea vital)	RIESGO (Pérdidas económicas)
No. 1	De transporte	Vía terrestre	1250	0,03	¢ 60.000,00	¢ 4.800,00	¢ 64.800,00	¢ 81.000.000,00	¢ 2.430.000,00
No. 2	De transporte	Vía terrestre	1250	0,04	¢ 60.000,00	¢ 4.800,00	¢ 64.800,00	¢ 81.000.000,00	¢ 3.240.000,00
No. 3	De transporte	Vía terrestre	1250	0,03	¢ 60.000,00	¢ 4.800,00	¢ 64.800,00	¢ 81.000.000,00	¢ 2.430.000,00
No. 4	De transporte	Vía terrestre	1250	0,03	¢ 60.000,00	¢ 4.800,00	¢ 64.800,00	¢ 81.000.000,00	¢ 2.430.000,00
No. 5	De transporte	Vía terrestre	1250	0,01	¢ 60.000,00	¢ 4.800,00	¢ 64.800,00	¢ 81.000.000,00	¢ 810.000,00

Tabla 168: Estimación del riesgo económico para carreteras, tomando en cuenta todos los escenarios

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	% de daño	Costo de const. x m <sup>2</sup>	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del 2012	Valor total de la infraestructura (línea vital)	RIESGO (Pérdidas económicas)
No. 1	De transporte	Puente	28	0,0395	¢ 250.000,00	¢ 20.000,00	¢ 270.000,00	¢ 7.560.000,00	¢ 298.620,00
No. 2	De transporte	Puente	28	0,043	¢ 250.000,00	¢ 20.000,00	¢ 270.000,00	¢ 7.560.000,00	¢ 325.080,00
No. 3	De transporte	Puente	28	0,04	¢ 250.000,00	¢ 20.000,00	¢ 270.000,00	¢ 7.560.000,00	¢ 302.400,00
No. 4	De transporte	Puente	28	0,024	¢ 250.000,00	¢ 20.000,00	¢ 270.000,00	¢ 7.560.000,00	¢ 181.440,00
No. 5	De transporte	Puente	28	0,019	¢ 250.000,00	¢ 20.000,00	¢ 270.000,00	¢ 7.560.000,00	¢ 143.640,00

Tabla 169: Estimación del riesgo económico para puentes, tomando en cuenta todos los escenarios

Escenario	Tipo de Infraestructura	Utilización	Cantidad/ m lin de const.	% de daño	Costo de const. x m, poste	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del 2012	Valor total de la infraestructura (línea vital)	RIESGO (Pérdidas económicas)
No. 1	Líneas eléctricas	Postes	15	1	¢ 580.750,00	¢ 46.460,00	¢ 627.210,00	¢ 9.408.150,00	¢ 9.408.150,00
		Tendido	1250	1	¢ 1.400,00	¢ 112,00	¢ 1.512,00	¢ 1.890.000,00	¢ 1.890.000,00
No. 2	Líneas eléctricas	Postes	15	1	¢ 580.750,00	¢ 46.460,00	¢ 627.210,00	¢ 9.408.150,00	¢ 9.408.150,00
		Tendido	1250	1	¢ 1.400,00	¢ 112,00	¢ 1.512,00	¢ 1.890.000,00	¢ 1.890.000,00
No. 3	Líneas eléctricas	Postes	15	0,25	¢ 580.750,00	¢ 46.460,00	¢ 627.210,00	¢ 9.408.150,00	¢ 2.352.037,50
		Tendido	1250	0,25	¢ 1.400,00	¢ 112,00	¢ 1.512,00	¢ 1.890.000,00	¢ 472.500,00
No. 4	Líneas eléctricas	Postes	15	0	¢ 580.750,00	¢ 46.460,00	¢ 627.210,00	¢ 9.408.150,00	¢ 0,00
		Tendido	1250	0	¢ 1.400,00	¢ 112,00	¢ 1.512,00	¢ 1.890.000,00	¢ 0,00
No. 5	Líneas eléctricas	Postes	15	0,15	¢ 580.750,00	¢ 46.460,00	¢ 627.210,00	¢ 9.408.150,00	¢ 1.411.222,50
		Tendido	1250	0,15	¢ 1.400,00	¢ 112,00	¢ 1.512,00	¢ 1.890.000,00	¢ 283.500,00

Tabla 170: Estimación del riesgo económico para líneas eléctricas, tomando en cuenta todos los escenarios

En las siguientes tablas, se muestra un resumen con los resultados totales por escenario, de las pérdidas económicas para la infraestructura de la zona.

Tipo de Infraestructura	Utilización	RIESGO (Pérdidas económicas)
Hidráulica	Tanque 1.	¢ 18.468.000,00
	Tanque 2	¢ 16.750.800,00
Hidráulica	Tubería PVC	¢ 804.816,00
De transporte	Vía terrestre	¢ 2.430.000,00
De transporte	Puente	¢ 298.620,00
Líneas eléctricas	Postes	¢ 9.408.150,00
	Tendido	¢ 1.890.000,00
<b>Total:</b>		<b>¢ 50.050.386,00</b>

Tabla 171: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales.

Escenario 1

Tipo de Infraestructura	Utilización	RIESGO (Pérdidas económicas)
Hidráulica	Tanque 1.	¢ 19.440.000,00
	Tanque 2	¢ 17.820.000,00
Hidráulica	Tubería PVC	¢ 1.166.400,00
De transporte	Vía terrestre	¢ 3.240.000,00
De transporte	Puente	¢ 325.080,00
Líneas eléctricas	Postes	¢ 9.408.150,00
	Tendido	¢ 1.890.000,00
<b>Total:</b>		<b>¢ 53.289.630,00</b>

Tabla 172: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales.

Escenario 2

Tipo de Infraestructura	Utilización	RIESGO (Pérdidas económicas)
Hidráulica	Tanque 1.	¢ 3.499.200,00
	Tanque 2	¢ 3.029.400,00
Hidráulica	Tubería PVC	¢ 933.120,00
De transporte	Vía terrestre	¢ 2.430.000,00
De transporte	Puente	¢ 302.400,00
Líneas eléctricas	Postes	¢ 2.352.037,50
	Tendido	¢ 472.500,00
<b>Total:</b>		<b>¢ 13.018.657,50</b>

Tabla 173: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales.

Escenario 3

Tipo de Infraestructura	Utilización	RIESGO (Pérdidas económicas)
Hidráulica	Tanque 1.	¢ 3.304.800,00
	Tanque 2	¢ 2.851.200,00
Hidráulica	Tubería PVC	¢ 1.166.400,00
De transporte	Vía terrestre	¢ 2.430.000,00
De transporte	Puente	¢ 181.440,00
Líneas eléctricas	Postes	¢ 0,00
	Tendido	¢ 0,00
<b>Total:</b>		<b>¢ 9.933.840,00</b>

Tabla 174: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales.

Escenario 4

Tipo de Infraestructura	Utilización	RIESGO (Pérdidas económicas)
Hidráulica	Tanque 1.	¢ 6.220.800,00
	Tanque 2	¢ 5.524.200,00
Hidráulica	Tubería PVC	¢ 116.640,00
De transporte	Vía terrestre	¢ 810.000,00
De transporte	Puente	¢ 143.640,00
Líneas eléctricas	Postes	¢ 1.411.222,50
	Tendido	¢ 283.500,00
<b>Total:</b>		<b>¢ 14.510.002,50</b>

Tabla 175: Tabla-resumen con las pérdidas económicas totales de las líneas vitales. Escenario 5

Para el caso de los deslizamiento, el porcentaje de daño que se obtuvo según el análisis realizado en el capítulo seis, fue de un 70% tanto para estructuras como para la infraestructura, esto, porque dicho análisis fue hecho en todo el sector de estudio, de forma global. Es por ello, que las pérdidas económicas para la infraestructura de la zona, se calcula tomando en cuenta el porcentaje de daño antes mencionado. En la siguiente tabla, se detallan los valores del riesgo económico para las líneas vitales.

Tipo de Infraestructura	Utilización	Área de construcción (m <sup>2</sup> ) o metros lineales (m)	% de daño	Costo de const. x m <sup>2</sup> m, poste.	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del 2012	Valor total de la infraestructura (línea vital)	RIESGO (Pérdidas económicas)
Hidráulica	Tanque de agua No.1	60	0,7	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 19.440.000,00	¢ 13.608.000,00
	Tanque de agua No.2 (Escuela)	55	0,7	¢ 300.000,00	¢ 24.000,00	¢ 324.000,00	¢ 17.820.000,00	¢ 12.474.000,00
Hidráulica	Tubería PVC	2000	0,7	¢ 27.000,00	¢ 2.160,00	¢ 29.160,00	¢ 58.320.000,00	¢ 40.824.000,00
De transporte	Vía terrestre	1250	0,7	¢ 60.000,00	¢ 4.800,00	¢ 64.800,00	¢ 81.000.000,00	¢ 56.700.000,00
De transporte	Puente	28	0,7	¢ 250.000,00	¢ 20.000,00	¢ 270.000,00	¢ 7.560.000,00	¢ 5.292.000,00
Líneas eléctricas	Postes	15	0,7	¢ 580.750,00	¢ 46.460,00	¢ 627.210,00	¢ 9.408.150,00	¢ 6.585.705,00
	Tendido	1250	0,7	¢ 1.400,00	¢ 112,00	¢ 1.512,00	¢ 1.890.000,00	¢ 1.323.000,00
<b>Total:</b>							<b>¢ 136.806.705,00</b>	

Tabla 176: Valores de las pérdidas económicas totales de las líneas vitales para deslizamientos

### 7.3. Mapas de vulnerabilidad

#### Sismos:

Una vez que se determinó el índice de vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo para el caso de sismos, se establecen los mapas de vulnerabilidad. En estos mapas se indica la vulnerabilidad correspondiente a cada estructura.

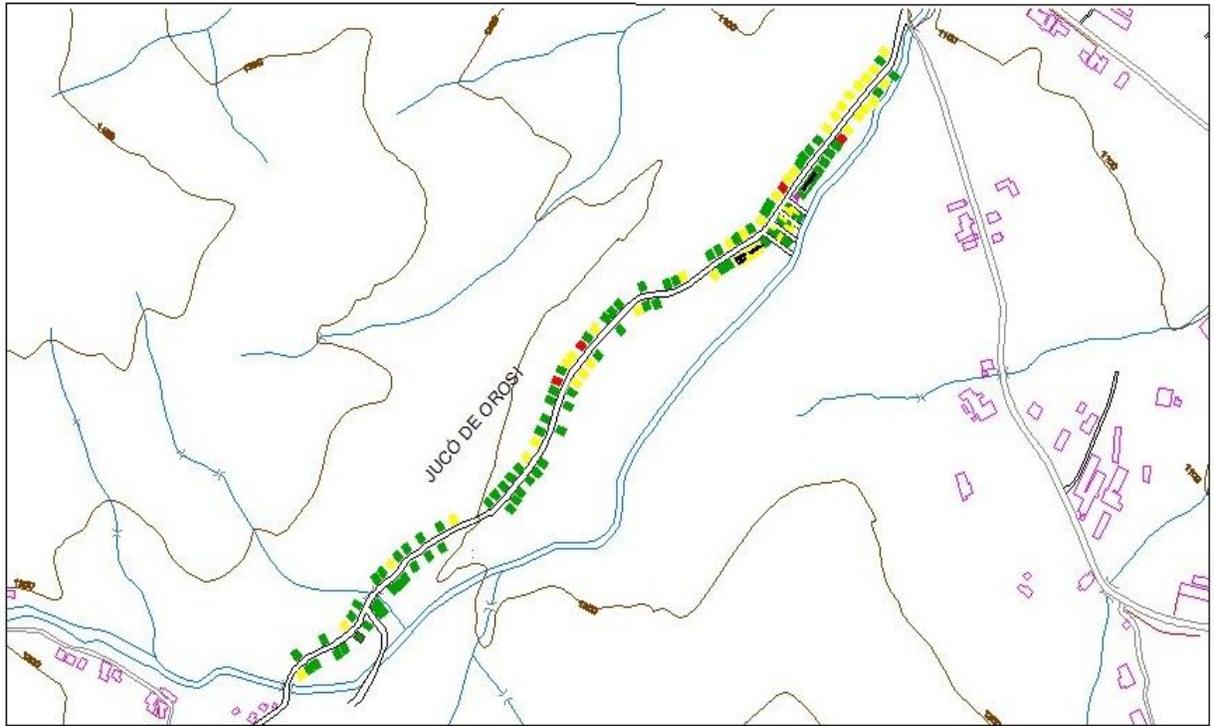
Se definieron los siguientes tipos de vulnerabilidad, el cual se identifica por medio de un color.

Vulnerabilidad baja: **Verde.**

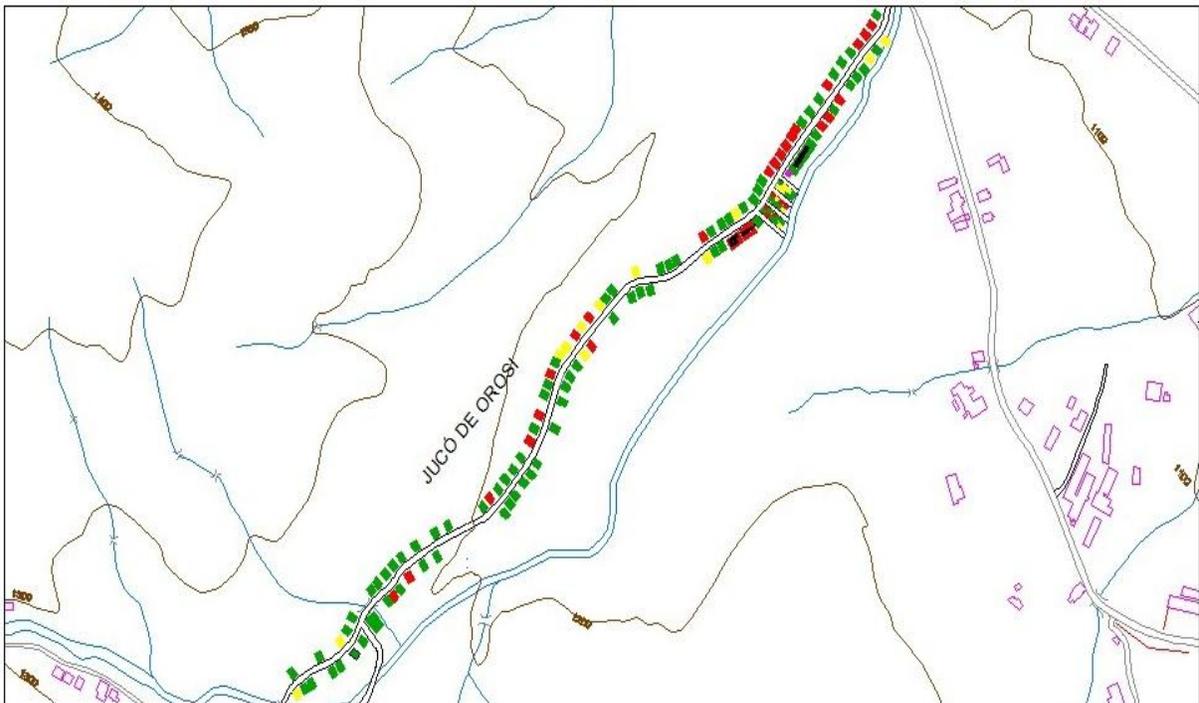
Vulnerabilidad media: **Amarillo.**

Vulnerabilidad alta: **Rojo.**

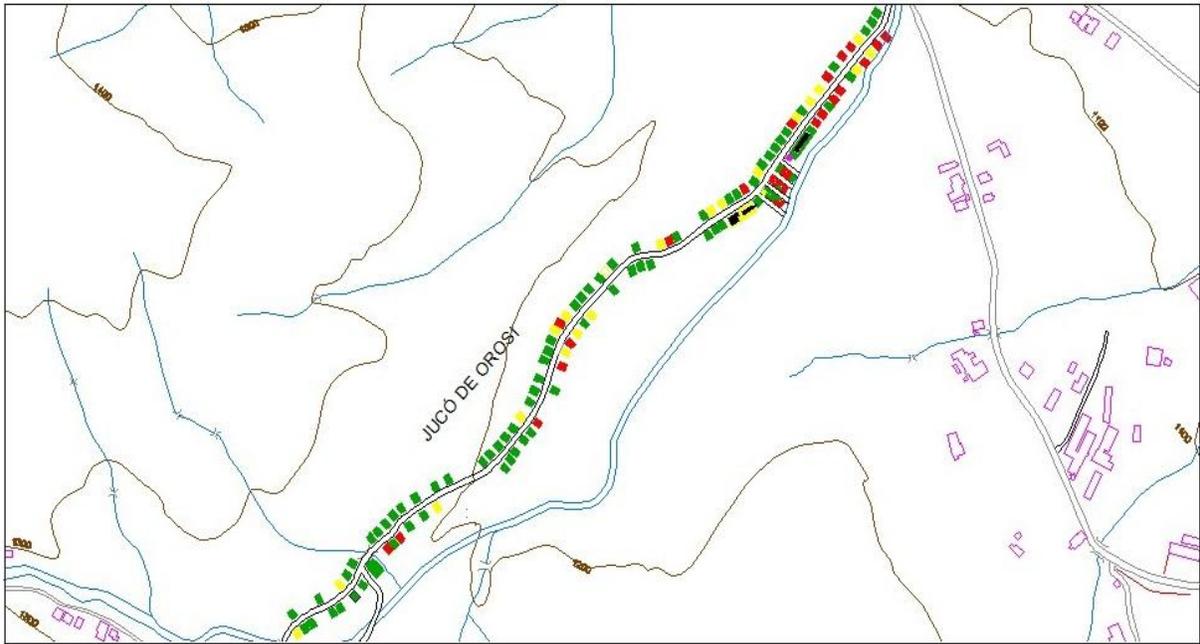
Se desarrolló un mapa para cada escenario sísmico, donde se indica la vulnerabilidad de las estructuras, indicando el color antes indicado en cada una de ellas.



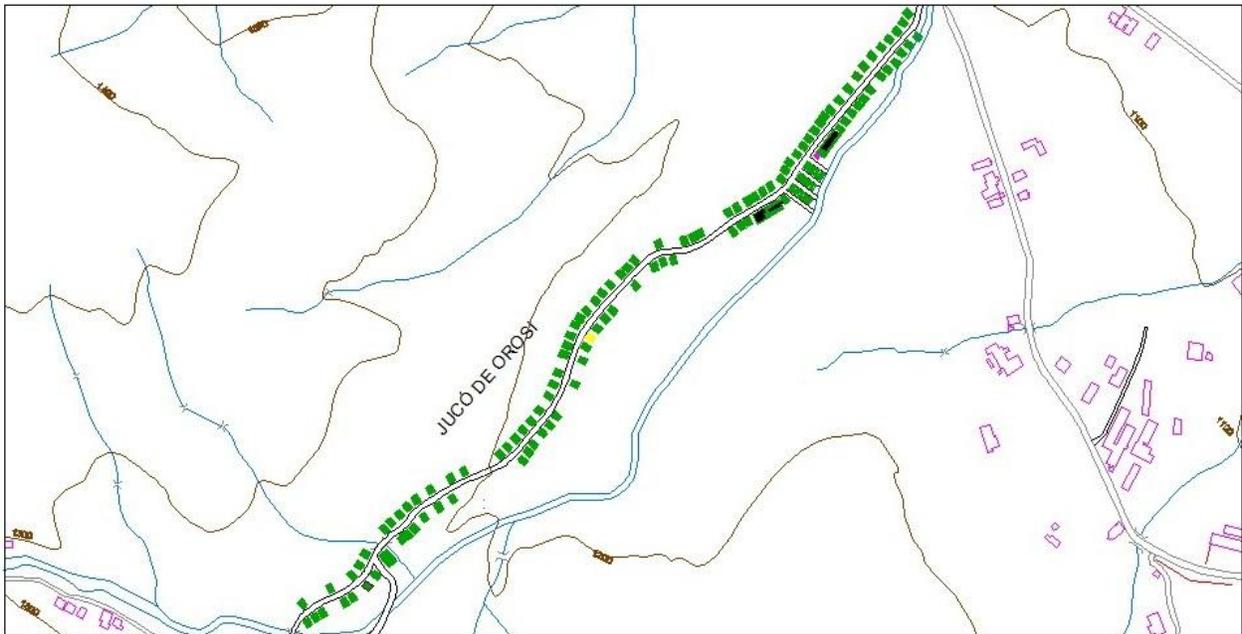
Mapa 1: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 1,  $a_{ef}= 500$  Gal



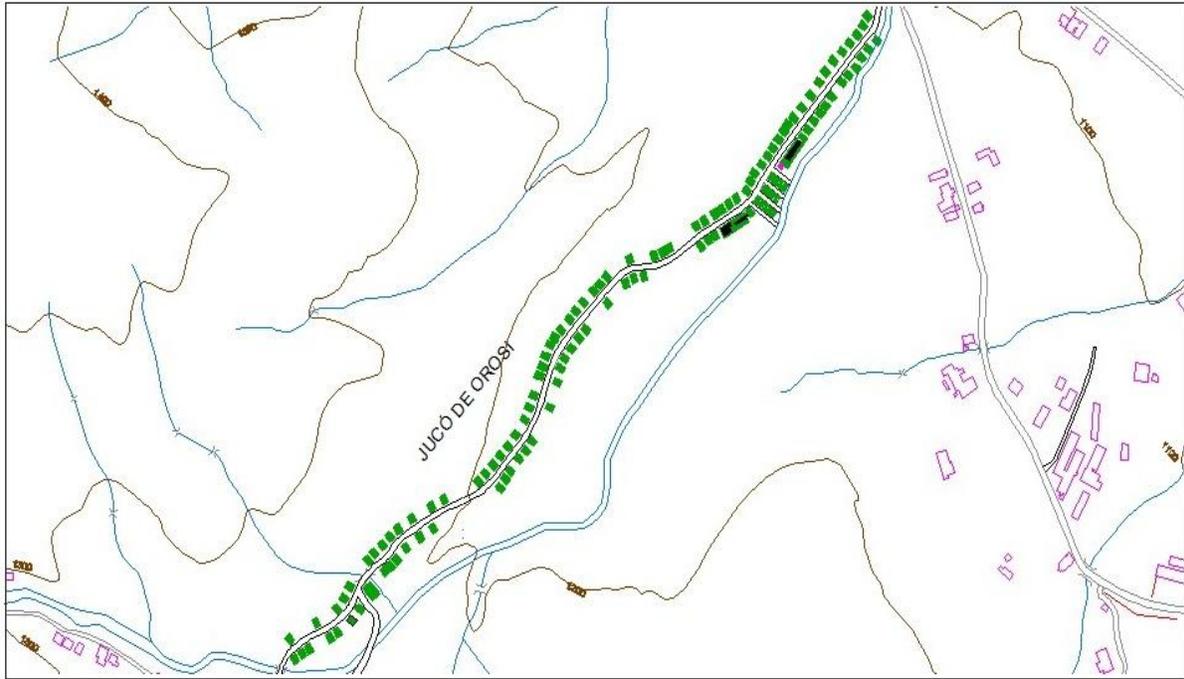
Mapa 2: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 2,  $a_{ef}= 650$  Gal



Mapa 3: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 3,  $a_{ef}= 529,2$  Gal



Mapa 4: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 4,  $a_{ef}= 352,8$  Gal



Mapa 5: Mapa de vulnerabilidad para las estructuras con respecto al escenario No. 5,  $a_{ef} = 264,6$  Gal

### Deslizamientos:

Al igual que en el caso de sismos, para deslizamientos también se estableció un mapa de vulnerabilidad, con respecto al análisis de estabilidad de taludes que se realizó en el capítulo seis del presente proyecto. En este mapa, las zonas de vulnerabilidad, se indican en las tres secciones que se utilizaron en el análisis mencionado.

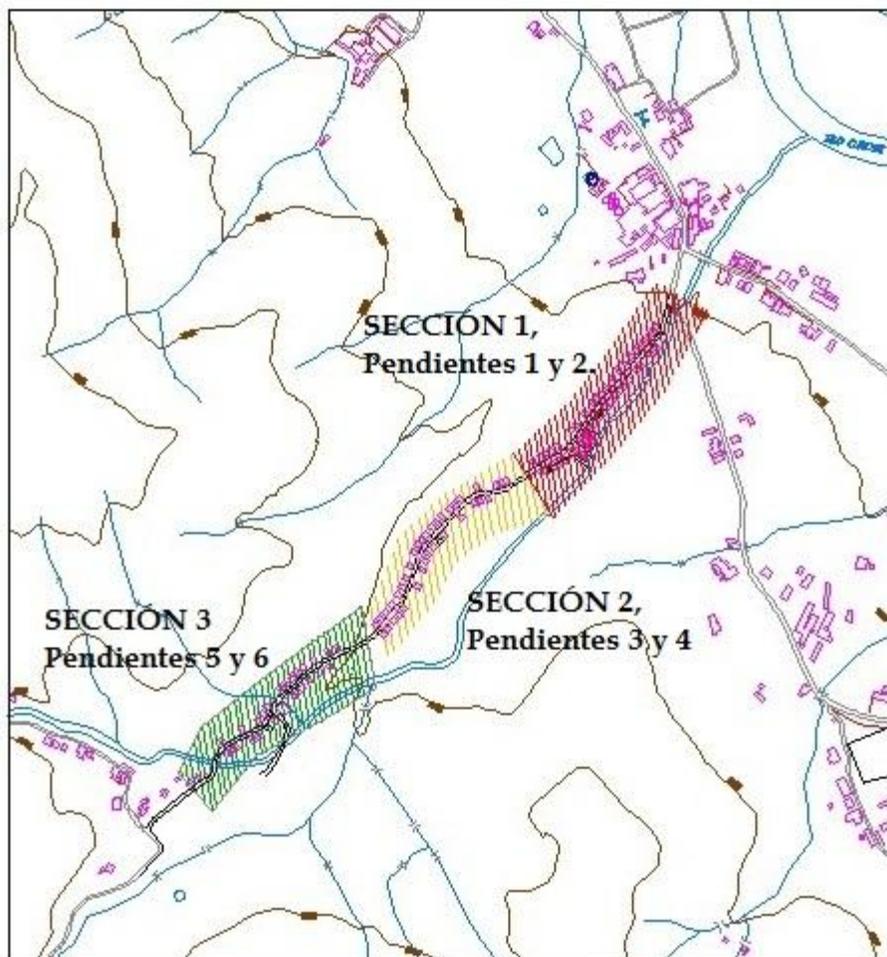
Se definieron los siguientes tipos de vulnerabilidad, el cual se identifica por medio de un color.

Vulnerabilidad baja: **Achurado color verde.**

Vulnerabilidad media: **Achurado color amarillo oscuro, casi anaranjado.**

Vulnerabilidad alta: **Achurado color Rojo.**

A continuación, se presenta el mapa de vulnerabilidad para el caso de deslizamientos.



Mapa 6: Mapa de vulnerabilidad ante posibles deslizamientos en la zona de Jucó de Orosi

## CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

- El sector de Jucó de Orosi, está ubicado en una zona, en la cual, la amenaza sísmica es de tipo tectónico y sismológico, esto quiere decir, que en ella se encuentran sistemas de fallamiento y fracturación neotectónicos activos y además, cuenta con historial sísmico importante, en donde se evidencian los sismos ocurridos en 1910 y 1951. Debido a esta característica, el sector también es susceptible a que se produzca la inestabilidad de laderas, lo cual puede llegar a desencadenar un deslizamiento. Jucó cuenta con antecedentes de eventos por deslizamientos, que han provocado grandes daños, físicos en su mayoría.
- Para determinar el índice de vulnerabilidad de las estructuras, se desarrolló y se utilizó una metodología llamada **“Matriz para el Análisis Visual de Vulnerabilidad Sísmica para estructuras”**, por medio de la cual, se debe hacer una evaluación previa de la estructura, luego se aplica a cada una la matriz, desarrollando para cada una los parámetros, variables y ponderadores que forman parte de esta y al final, se obtiene como resultado, el índice de vulnerabilidad. Además, se establecieron niveles de vulnerabilidad, los cuales, indican la clase de vulnerabilidad que va a tener la estructura de acuerdo al índice obtenido. Estos niveles se clasifican en: vulnerabilidad muy baja, baja, media, alta y muy alta. Para el cálculo del índice de vulnerabilidad de las líneas vitales, se desarrolló una matriz con un esquema muy similar al de la usada para el análisis de estructuras, solo que con parámetros propios para el análisis de infraestructura. El sentido de calificar los parámetros, poner porcentaje de ponderación y el establecimiento de niveles de vulnerabilidad es igual que en la matriz de edificaciones.

- De acuerdo a la determinación del índice de vulnerabilidad para cada estructura, se estableció que el sistema constructivo menos vulnerable es el de mampostería y el más vulnerable es el compuesto por mampostería y madera (sistema combinado).
- Para llevar a cabo el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante sismos, se establecieron cinco escenarios de diseño. El escenario uno fue establecido por medio del mapa de isoaceleraciones de Rojas; el segundo escenario, por el mapa de isoaceleraciones de Schmidt, el tercer, cuarto y quinto escenario, por medio de las especificaciones de severidad sísmica del Código Sísmico de Costa Rica-2002. Son: sismos extremos, sismos severos y sismos moderados respectivamente.
- De acuerdo con el análisis de amenaza y daño realizado para la zona de Jucó de Orosi, la pérdida o colapso total de las estructuras para el primer escenario es de un 3%, el colapso parcial corresponde a un 34%, los daños graves en las edificaciones equivalen al 3% y los daños menores al 60%. En lo que corresponde al factor de colapso determinado para estimar la cantidad de víctimas ante un evento sísmico durante el día (mañana o tarde) y tomando en cuenta el tipo de ocupación de la edificación así como el tipo de sistema constructivo, se podría esperar que para el escenario No. 1, hayan 7 víctimas mortales, además, quedarían vivas 458 personas heridas, no descartando que alguna resulte herida. En el caso de que el sismo se diera durante la noche, se esperaría que hayan 16 muertos y 657 personas vivas. Respecto del análisis de riesgo económico, las pérdidas económicas de las edificaciones serían de ₡1.594.482.975,00 colones y de la infraestructura, sería de ₡50.050.386,00 colones.

- Para el segundo escenario, el 34% de las estructuras, colapsará totalmente, el 13% colapsará parcialmente, el 39% sufriría daños graves y el 60%, daños menores. Según el factor de colapso determinado, en el caso de que el sismo se diera durante el día, se espera que hayan 16 fallecidos y 449 personas con vida. Si el sismo ocurriera en la noche, habrían 36 personas muertas y 637 personas con vida. Para este escenario, las pérdidas económicas ocurridas en las estructuras, tendrían un valor de ₡2.149.045.290,00 colones y las de las líneas vitales, serían de ₡53.289.630,00 colones.
- En el caso del tercer escenario, el 21% de las edificaciones colapsaría totalmente, el 16% de manera parcial, el 9% tendría daños graves y el 54% podría presentar daños menores. De acuerdo al análisis del factor de colapso, la cantidad de personas que fallecerían si el sismo sucediera de día sería de 8 y la cantidad de personas con vida, sería de 457. Si el sismo se diera de noche, podrían morir 18 personas y habrían 655 personas con vida. Las pérdidas o riesgo económico para las estructuras de este escenario, tendrían un valor de ₡1.835.828.280,00 colones, y para la infraestructura o líneas vitales, sería de ₡13.018.657,50 colones.
- Para el cuarto escenario, no habría colapso total de estructuras y solo un 1% de estas colapsarían parcialmente, pero las edificaciones si sufrirían daños graves, las cuales representarían un 36% y un 63% de estas, presentaría daños menores. Según el análisis de factor de colapso realizado, se esperaría que hayan 4 fallecidos y 461 personas vivas, si el sismo se diera en el día y si éste sucediera en la noche, habría 10 víctimas mortales y 663 personas con vida. En el caso del riesgo económico, se esperarían pérdidas económicas valoradas en ₡836.349.570,00 colones para estructuras y, ₡9.933.840,00 colones, para líneas vitales.
- En el caso del quinto escenario, no habría colapso total ni parcial de las edificaciones, pero estas si tendrían daños, lo que corresponde al 10% de las estructuras con daños graves y el

90% con daños menores. En lo correspondiente al factor de colapso, si en el sector de Jucó se llevara a cabo un sismo durante el día, podría morir una persona y 464 quedarían vivas. Si el evento sísmico ocurriera de noche, habrían tres fallecidos y 670 personas vivas. Las pérdidas económicas para este escenario constan de ₡409.868.775,00 colones en las estructuras, y de ₡14.510.002,50 colones en las líneas vitales.

- Para el análisis de amenaza y vulnerabilidad para deslizamientos en la zona de estudio, se hizo un análisis de estabilidad de taludes, por medio del cual, se establecen valores de Factor de Seguridad, con el fin de poder determinar el daño que podría producir un evento por deslizamiento, así como la cantidad de personas que podrían fallecer producto del mismo. El análisis de estabilidad de taludes, se llevó a cabo tomando en cuenta todo el sector como tal, no como en el caso de sismos que el análisis se hizo para las estructuras e infraestructura, para los deslizamientos, se analizó toda la zona como tal dividida en tres secciones.
- De acuerdo con los valores obtenidos del Factor de Seguridad por medio del análisis de estabilidad de taludes, se obtuvo, que en el caso de que se suscitara un deslizamiento en la zona, el daño en las estructuras e infraestructura sería de un 70%, teniendo así, 97 estructuras colapsadas totalmente y los servicios casi colapsados, funcionando a un 30%. El porcentaje de vulnerabilidad humana para el sector de Jucó, sería de un 90%. Si se toma como referencia que en la zona de estudio permanecen durante el día, 450 personas y que en la noche, 673 personas, entonces fallecerían 405 personas en el día y 606 en la noche. Entonces, la cantidad de heridos será de 45 si el sismo sucediera de día y de 67, si el sismo se diera en la noche.
- El riesgo o pérdidas económicas en las estructuras para el caso de que se diera un deslizamiento tendría un valor total de ₡1484.973.000,00 colones, y para las líneas vitales, correspondería a un total de ₡136.806.705,00.

## 8.2. Recomendaciones

- Aunque en la zona de estudio existe un Comité Local de Emergencias, este no funciona como debiera, ya que carece de formación que les permita a los miembros que actualmente los forman, estar alertas ante un eventual fenómeno natural. Es por ello, que se recomienda que por parte de la Comisión Nacional de Emergencias haya esa capacitación para dichos miembros, así como para la población en general, para que ellos estén preparados ante la posible ocurrencia de un sismo o un deslizamiento.
- Se recomienda revisar periódicamente los equipos de monitoreo como radios de comunicación, sirenas, etc, ya que en varias de las visitas realizadas, se pudo observar que algunos de estos equipos estaban descompuestos por falta de mantenimiento. Este equipo es imprescindible para el control y aviso de una posible amenaza natural a la población.
- La carretera o vía de acceso de Jucó de Orosi, actualmente se encuentra en mal estado, ya que aunque físicamente parece que fuera de lastre, en realidad, está colapsada debido a los deslizamientos que se han presentado en la zona, años atrás, porque en la mayoría de ocasiones, el material desprendido eran rocas de gran magnitud como se puede observar en la fotografía que se encuentra en el anexo 6 del presente trabajo. Es por ello que se recomienda el mejoramiento de esta calle, ya que en el caso de que se diera alguna emergencia debido a un sismo o deslizamientos, el estado actual de la vía podría provocar algún accidente.
- Se debe promover por parte de instituciones como la CNE, la escuela de Geología de la UCR, el OVSICORI, entre otras, la participación de los pobladores en programas de prevención en caso que se diese algún evento natural, así como la creación de material didáctico que sea apto y entendible para las personas del lugar.

- Es importante que las instituciones del Estado, como el ICE, el AyA, la CNE, entre otras, realicen estudios de vulnerabilidad más específicos, en donde profesionales de diferentes áreas como geólogos, ingenieros estructurales, entre otros, detallen la situación actual de riesgo y vulnerabilidad que existe en la zona de Jucó. Además, en lo que respecta a estudios geológicos, se debe hacer un estudio detallado de la zona en sí, ya que existen del Distrito de Orosi pero muy generalizados, entonces para la realización de proyectos como éste, falta información que es muy necesaria, en lo que a análisis de Riesgo y vulnerabilidad se refiere.
- Se debe tener más control por parte de la Municipalidad de la zona, en lo que respecta a permisos de construcción y uso de suelo, ya que, como se ha explicado en el presente trabajo, Jucó tiene taludes con pendientes con considerable altura, y se comprobó por medio de las visitas de campo, que en las partes más altas de la zona, así como en los alrededores, hay terrenos dedicados al ganado, edificaciones comerciales como cabinas, que no deberían estar ahí por lo complicada que es la zona y además, vulnerable a que se den deslizamientos de material.

## CAPÍTULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, R. y Bolaños, D., 2012. Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado. Informe realizado para las XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural.
- Aguilar, Y. y Arroyo, F., 2010. Somos vulnerables a furia de volcanes y terremotos. Artículo periodístico. Información obtenida el 26 de oct. Del 2011, de [www.aldia.cr/ad\\_ce/2010/enero/24/nacionales2236720.html](http://www.aldia.cr/ad_ce/2010/enero/24/nacionales2236720.html)
- Aldama, A., Gómez, C., y Guillén, B., 2008. Elaboración de una metodología de la vulnerabilidad sísmica. Artículo de la Revista de Matemática, Volumen 15, Número 1. Información obtenida el 6 de julio del 2011, de <http://www.latindex.ucr.ac.cr/mate-15-1/04-Aldama.pdf>
- Asociación Costarricense de Geotecnia, 1994. Código de Cimentaciones de Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica, ITCR. 1ra Edición.
- Astorga, A., 2004. Evaluación de la geoaptitud y la fragilidad ambiental de Orosi y definición de lineamientos sobre el uso del suelo. Informe Final realizado para la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE).
- Benitez, C., Pineda, J. y López P., Universidad de Oriente (UNIVO), El Salvador, 2009. Tesis “Metodología para la evaluación preliminar de daños post-sísmicos en edificaciones de concreto reforzado. Capítulo III. Información obtenida el 27 de junio del 2011, de [http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019172/019172\\_Cap3.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019172/019172_Cap3.pdf).
- Biblioteca de Investigaciones, 2010. Terremotos, tsunamis y fallas técnicas. Información obtenida el 11 de noviembre del 2011, de

<http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas/>

- Blogspot, 2010. Elementos de la onda. Información obtenida el 7 de febrero del 2012, de [http://ondas1234.blogspot.com/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://ondas1234.blogspot.com/2010_08_01_archive.html)
- Blogspot, 2010. Información sobre sismos. Obtenida el 11 de noviembre del 2011, de <http://problematika-sismos-realidad.blogspot.com>
- Bolaños M., Valdés R., Arce S., Chavarría R., y Vásquez R. Inestabilidad en laderas de Orosi. Información obtenida el 24 de agosto del 2011, de [www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/119/variosice.html](http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/119/variosice.html)
- CAPRA, 2012. Amenaza sísmica de Costa Rica. Información obtenida el 7 de marzo del 2012, de [http://www.ecapra.org/capra\\_wiki/es\\_wiki/index.php?title=Amenaza\\_s%C3%ADsmica\\_de\\_Costa\\_Rica](http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=Amenaza_s%C3%ADsmica_de_Costa_Rica)
- CAPRA, 2011. Evaluación de Riesgos Naturales-América Latino-Consultora. Amenaza por deslizamientos en el Distrito de Orosi. Informe técnico ERN-CAPRA-T2-10. Información obtenida el 8 de marzo del 2011, de [www.ecapra.org/capra\\_wiki/es\\_wiki/index.php?title=Deslizamientos\\_en\\_el\\_Distrito\\_de\\_Orósi%C3%AD](http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki/index.php?title=Deslizamientos_en_el_Distrito_de_Orósi%C3%AD)
- CAPRA, 2012. Metodología de modelación probabilística de Riesgos Naturales, Tomo 1. Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-5, Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura. Información suministrada por el Ing. Luis Miguel González en el mes de marzo del 2012.
- CAPRA, 2012. Vulnerabilidad humana ante eventos extremos. Información obtenida por medio de la plataforma CAPRA en el mes de marzo del 2012.

- Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe (CRID), 2009. Catálogo de herramientas y recursos de información sobre Preparativos para Desastres en Educación. Primera edición, San José, C.R., CRID, 2009.
- CEPREDENAC, 2011. Amenaza por deslizamiento (Deslave) en América Central. Centro para la coordinación para la prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). Embajada de Noruega/Instituto Noruego de Geotecnia (NGI).
- Cidbimena, 2004. Sismos interplaca e intraplaca. Información obtenida el 28 de noviembre del 2011, de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Setiembre2004/pdf/>
- Climent, A., Rojas, W., Alvarado, G. y Benito, B., 2008. Proyecto Resis II. Evaluación de la amenaza sísmica en Costa Rica. Información obtenida el 4 de febrero del 2012, de [http://www.rsn.geologia.ucr.ac.cr/Biblioteca/Amenaza\\_CR\\_08.pdf](http://www.rsn.geologia.ucr.ac.cr/Biblioteca/Amenaza_CR_08.pdf)
- CNE, 2012. Capítulo 4. Metodología para la estimación de daño para edificios en general. Información obtenida el 10 de febrero del 2012, de <http://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/CEDO-CRID%20v2.0/CEDO/pdf/spa/doc12132/doc12132-4.pdf>
- CNE, 2012. Ríos y cuencas. Características geomorfológicas, geológicas y climáticas. Información obtenida el 28 de marzo del 2012, de <http://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/pdf/spa/doc107/doc107-b.pdf>
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2003. Código Sísmico de Costa Rica 2002. Primera edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica , 2003.
- Cortés, V., 2008. Informe “Discrepancias entre uso actual y potencial de las laderas del Valle de Orosí”. Artículo realizado para la Revista Reflexiones, Volumen 87, No. 2. Información obtenida el 25 de mayo del 2012, de <http://www.latindex.ucr.ac.cr/reflexiones-87-2/rfx87-2-06.pdf>

- Cruz Roja Colombiana y SENA, Colombia, 2000. Prevención y atención de desastres. Información obtenida el 7 de febrero del 2012, de [http://www.crid.or.cr/cd/CD\\_comunitario/pdf/spa/doc1185/doc1185-a.pdf](http://www.crid.or.cr/cd/CD_comunitario/pdf/spa/doc1185/doc1185-a.pdf)
- Denyer, Percy, 2000. Geología estructural. Información tomada del libro “Geología de Costa Rica”, Editorial Tecnológica, ITCR. 1ra Edición, recopilado por Denyer P. y Kusssmaul S.
- Fernández M. y Montero W, (2002). Fallamiento y Sismicidad del Área entre Cartago y San José, Valle Central de Costa Rica. Artículo realizado para la Revista Geológica de América Central No. 2 de la Escuela Centroamericana de Geología de la UCR.
- FORO CIUDADES PARA LA VIDA, 2002. Gestión comunitaria de riesgos. Manual No. 2. Información obtenida el 3 de febrero del 2012, de <http://www.ciudad.org.pe/downloads/cursos/gestionriesgos.pdf>
- Fondo de Prevención y atención de Emergencias, FOPAE (n.d.). Sistemas de evaluación de daños para análisis de Riesgo. Información obtenida en el mes de marzo del 2012.
- Geología estructural, 1999. Fallas. Tipos de fallas técnicas 1. Información obtenida el 14 de noviembre del 2011, de <http://www.geovirtual2.cl/Geoestructural/gestro4a.html>
- Gobierno Bolivariano de Venezuela, Red Escolar Nacional, 2008. Zonas Sísmicas, volcánicas, cordilleras continentales y oceánicas. Información obtenida el 9 de noviembre del 2011, de <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/cienciasTierra/Tema15.html>
- Gobierno de España, Ministerio de Educación, Proyecto Biosfera, 2011. Las placas litosfericas o tectónicas. Información obtenida el 13 de noviembre del 2011, de <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNaturalII/contenido3.htm>
- González L., Ferrer M., Ortuño L. y Oteo C., 2004. Ingeniería Geológica, editorial Pearson Educación, Madrid España.

- GTZ, 2007, Guía para la gestión local del riesgo por Deslizamiento. GTZ, cooperación técnica alemana. 2da Edición, El Salvador.
- Hernández, C., 2010. Vulnerabilidad ante los desastres. Información obtenida el 3 de febrero del 2012, de [http://www.cienciayjuego.com/jhome/index.php?option=com\\_content&view=article&id=113:vulnerabilidad-ante-los-desastres&catid=36:04](http://www.cienciayjuego.com/jhome/index.php?option=com_content&view=article&id=113:vulnerabilidad-ante-los-desastres&catid=36:04)
- Henríquez, C., Cabalceta, G., Bertsch, F. y Alvarado, A., 2012. Principales suelos de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Información obtenida el 17 de junio del 2012, de [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
- Laboratorio de procesamiento de imagen, Gobierno de España, 2011. Ondas sísmicas. Información obtenida el 4 de diciembre del 2011, de [http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_06\\_07/...io3/public\\_html/Ondas/Ondas.html](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/...io3/public_html/Ondas/Ondas.html)
- Linkimer, L. y Schmidt, V., 2002. Informe de Amenaza Sísmica de la zona central de Costa Rica, en coordinación con el Instituto Nacional de Seguros. Informe realizado por profesionales de la UCR (Linkimer y Schmidt).
- MIDEPLAN, 2010. Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública. Documento obtenido del sitio web del MIDEPLAN, [www.mideplan.go.cr](http://www.mideplan.go.cr) el día 5 de mayo del 2011
- Ministerio de Hacienda, 2011. Manual de valores base unitarios por tipología constructiva. Información obtenida el 9 de abril del 2012, de <http://dgt.hacienda.go.cr/valoraciones/Normativavaloraciontribadmin/Parametrosdevaloracion/Documents/Manual%20de%20Valores%20Base%20Unitarios%20por%20Tipología%20Constructiva%20periodo%202012.pdf>

- Monografías, 2012. Ecología y Educación ambiental. Desastres naturales. Información obtenida el 19 de enero del 2012, de <http://www.monografias.com/trabajos32/desastres-naturales/desastres-naturales.shtml>
- Monografías, 2012. Los desastres de la naturaleza. Información obtenida el 19 de enero del 2012, de <http://www.monografias.com/trabajos12/lldesast/lldesast.shtml>
- Monografías, 2011. Volcanes y sismos. Información obtenida el 7 de noviembre del 2011, de <http://www.monografias.com/trabajo38/volcanes-sismos/volcanes-sismos2.shtml#sismos>
- Morales, L., (n.d.). Historia de la sismología en Costa Rica. Información obtenida el 5 de diciembre del 2012, de <http://inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADa%20UCR/Vol.%20XXIV/No.59/Historia%20de%20la%20sismologia%20en%20Costa%20Rica.pdf>
- Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, 2010. Informe de Sismicidad Histórica de Costa Rica. Información obtenida el 19 de agosto del 2011, de <http://ovsicon.una.ac.cr/sismologia/sismicidad-historia.html>
- OPS. Escuela Politécnica Nacional Ecuador, 2001. Manual para la mitigación de desastres naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable. Organización Panamericana de la Salud.
- OVSICORI, 2011. Deslizamientos. Información obtenida el 15 de noviembre del 2011, de <http://www.ovsicon.una.ac.cr/Riesgos/riesgos/materiales/DeslizamientosSeparadores.pdf>
- PAHO, 2012. Vulnerabilidad estructural. Información obtenida el 30 de enero del 2012, de <http://www.paho.org/spanish/dd/ped/Fundamentos-cap2.pdf>

- Parra, Y., 2004. Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos en el distrito de Orosi, Costa Rica. Tesis para grado de Maestría. CATIE, Costa Rica.
- Peraldo G. y Astorga A., 2000. Reducción del proceso de desastre. Información tomada del libro “Geología de Costa Rica”, Editorial Tecnológica, ITCR. 1ra Edición, recopilado por Denyer P. y Kussmaul S.
- Plan Regulador para la atención de la emergencia por deslizamientos y flujos de lodo en la cuenca de Río Jucó, Orosi. Esta información fue suministrada por funcionarios de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) en el año 2011.
- Procuraduría General de la Republica, 2005. Decreto Ejecutivo No.32798. Información obtenida el 8 de marzo del 2011, de [www.pgr.go.cr](http://www.pgr.go.cr)
- Quirós, Silvia. Amenazas Hidrometeorológicas del Cantón de Paraíso. Información obtenida el 11 de noviembre del 2011, de [http://issuu.com/silviaquiros-calderon/docs/amenazas\\_hidrometeorologicas](http://issuu.com/silviaquiros-calderon/docs/amenazas_hidrometeorologicas)
- R. Mora. 2002. Fundamentos sobre deslizamientos. Información obtenida el 23 de noviembre del 2011 de, [www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf)
- R. Mora, 2002. Las Partes de un deslizamiento. Información obtenida el 23 de noviembre del 2011 de, [www.bvsde.paho.org/bvsde/e/fulltext/uni/conf15.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsde/e/fulltext/uni/conf15.pdf)
- Safina S., Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2002. Tesis “Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Información obtenida el 6 de julio del 2011, de <http://tesisenred.net/bistream/handle/10803/6226/14CAPITULO5.pdf?sequence=14>

- Salazar, L., Obando, L. y Mora R., 1992. Acueducto metropolitano, tramo embalse El Llano-Río Navarro (Costa Rica): Un sitio bajo amenaza. Artículo realizado para la Revista Geológica de América Central, No. 14 de la Escuela Centroamericana de Geología de la UCR.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador, 2012. Escalas de Magnitud. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de <http://snet.gob.sv/ver/seccion+educativa/sismologia/escalas+de+magnitud/>
- Servicio Sismológico de Chile, 2012. ¿Qué es la intensidad y magnitud sísmica? Información obtenida el 3 de enero del 2012, de <http://ssn.dgf.uchile.cl/informes/que.html>
- Sísmica, 2012. Análisis Sísmico de Edificios. Capítulo I: Intensidad sísmica y magnitud. Información obtenida el 30 de diciembre del 2011, de <http://publiespe.espe.edu.ec/investigativas/rman/c1b2b.htm>
- Sismos interplaca e intraplaca. Información obtenida el 28 de noviembre del 2011, de <http://sismos.cricyt.edu.ar/?q=node/7>
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 2012. Escalas sísmicas, intensidad y magnitud. Información obtenida el 12 de enero del 2012, de <http://www.smis.org.mx/htm/sm7.htm>
- Soldano, A., 2009. Conceptos sobre riesgo. CONAE. Información obtenida el 3 de febrero del 2012, de <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a2bfbe57f2.37678682.pdf>
- Terra, 2012. Efectos de los terremotos. Noticias especiales. Información obtenida el 18 de enero del 2012, de <http://www.terra.com.mx/articulo.aspx?articuloid=46731>
- Tesis en red, 2012. Capítulo 4. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Información obtenida el 30 de enero del 2012, de

<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6226/13CAPITULO4.pdf?sequence=13>

- Vega, E. y Vega, M., 2005. Vulnerabilidad ante desastres naturales. ¿Cómo actuar? Informe Final. Información obtenida el 8 de marzo del 2011, de <http://www.cieco.org/docs/Informe%20Vulnerabilidad%20Final.pdf>
- Villalón M., 2003. Guía para la Elaboración de Inventarios de Elementos de Riesgo en Área Vulnerables a Inundaciones y Sismos en Costa Rica. Información obtenida el 3 de mayo del 2011, de [http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Informes%20estudiantes%20ITC/Análisis%20de%20riesgo%20en%20Canas%20Costa%20Rica/villalon\\_semanat.PDF](http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Informes%20estudiantes%20ITC/Análisis%20de%20riesgo%20en%20Canas%20Costa%20Rica/villalon_semanat.PDF)
- Universidad Industrial de Santander, 2012. Capítulo 9. Amenazas sísmicas. Información obtenida el 21 de mayo del 2012, de [http://ocw.uis.edu.co:8080/educommons/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/carpeta-6/portal\\_factory/ECDocument/CAP09-en-proceso.pdf](http://ocw.uis.edu.co:8080/educommons/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/carpeta-6/portal_factory/ECDocument/CAP09-en-proceso.pdf)
- Web.me, 2012. Longitud y velocidad de una onda. Información obtenida el 7 de febrero del 2012, de [http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias\\_comunicacion/Longitud\\_Velocidad\\_Onda.html](http://web.me.com/eltrifasico/tecnologias_comunicacion/Longitud_Velocidad_Onda.html)
- Westen, C., Woldai, T., Slob, S. y Vargas, R, ITC. Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica. Información obtenida el 4 de febrero del 2012, de [http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones\\_Powerpoint/05\\_Amenaza\\_sismica/Amenaza\\_sismica.pdf](http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Presentaciones_Powerpoint/05_Amenaza_sismica/Amenaza_sismica.pdf)
- Wikipedia, 2012. Aceleración sísmica. Información obtenida el 9 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Aceleración\\_sísmica](http://es.wikipedia.org/wiki/Aceleración_sísmica)

- Wikipedia, 2012. Desastre natural. Información obtenida el 19 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Desastre\\_natural](http://es.wikipedia.org/wiki/Desastre_natural)
- Wikipedia, 2011. Epicentro. Información obtenida el 6 de diciembre del 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Epicentro>
- Wikipedia, 2012. Escala macrosísmica europea. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_macrosísmica\\_europea](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_macrosísmica_europea)
- Wikipedia, 2012. Escala Medvedev-Sponheuer-Karnik. Información obtenida el 5 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_Medvedev-Sponheuer-Karnik](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_Medvedev-Sponheuer-Karnik)
- Wikipedia, 2012. Escala Shindo. Información obtenida el 8 de enero del 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Shindo>
- Wikipedia, 2012. Escala sismológica de magnitud de momento. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_sismológica\\_de\\_magnitud\\_de\\_momento](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismológica_de_magnitud_de_momento).
- Wikipedia, 2012. Escala sismológica de Mercalli. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_sismológica\\_de\\_Mercalli](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismológica_de_Mercalli)
- Wikipedia, 2012. Escala sismológica de Richter. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_sismológica\\_de\\_Richter](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismológica_de_Richter)
- Wikipedia, 2012. Fenómeno natural. Información obtenida el 4 de noviembre del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Fen%C3%B3meno\\_natural](http://es.wikipedia.org/wiki/Fen%C3%B3meno_natural)
- Wikipedia, 2012. Geografía de Costa Rica. Información obtenida el 6 de diciembre del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa\\_de\\_Costa\\_Rica](http://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_Costa_Rica)

- Wikipedia, 2011. Hipocentro. Información obtenida el 6 de diciembre del 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Hipocentro>
- Wikipedia, 2012. Infraestructura urbana. Información obtenida el 2 de setiembre del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Infraestructura\\_urbana](http://es.wikipedia.org/wiki/Infraestructura_urbana)
- Wikipedia, 2012. Magnitud de las ondas de cuerpo. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Magnitud\\_de\\_las\\_ondas\\_de\\_cuerpo](http://es.wikipedia.org/wiki/Magnitud_de_las_ondas_de_cuerpo)
- Wikipedia, 2012. Magnitud de onda superficial. Información obtenida el 3 de enero del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Magnitud\\_de\\_onda\\_superficial](http://es.wikipedia.org/wiki/Magnitud_de_onda_superficial)
- Wikipedia, 2011. Onda sísmica y sus tipos. Información obtenida el 4 de diciembre del 2011, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Onda\\_sísmica](http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_sísmica)
- Wikipedia, 2012. Placa de Cocos. Información obtenida el 26 de marzo del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Placa\\_de\\_Cocos](http://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_Cocos)
- Wikipedia, 2012. Placa del Caribe. Información obtenida el 31 de marzo del 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Placa\\_del\\_Caribe](http://es.wikipedia.org/wiki/Placa_del_Caribe)
- Wikipedia, 2011. Placa Tectónica. Información obtenida el 12 de noviembre del 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Placa-tect%C3%B3nica>
- Wikipedia, 2011. Subducción. Información obtenida el 13 de noviembre del 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/subducci%C3%B3n>
- Wikipedia, 2011. Terremoto, intensidades, magnitudes, escalas y efectos. Información obtenida el 10 de noviembre del 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/terremoto>
- Wilches G., 1993. La vulnerabilidad global. Información obtenida el 28 de enero del 2012, de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc4083/doc4083-b.pdf>

## ANEXOS

**Anexo 1: Tablas con los resultados del cálculo de la amenaza para las estructuras del Sector de Jucó de Orosi, de acuerdo a cada escenario de cálculo**

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
1	Vivienda	Mamp. y mad.	60,4	500	802
2	Vivienda	Madera	42,1	500	711
3	Vivienda	Conc. y mad.	80,5	500	902,5
4	Vivienda	Madera	40,1	500	700,5
5	Vivienda	Madera	115,8	500	1079
6	Vivienda	Madera	40,1	500	700
7	Vivienda	Madera	100,4	500	1002
8	Vivienda	Mamp. y mad.	75,2	500	876
9	Vivienda	Conc. y mad.	60,4	500	802
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	59,3	500	796,3
11	Cabina	Concreto	16,7	500	584
12	Vivienda	Madera	114,0	500	1070
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	78,0	500	890
14	Vivienda	Madera	49,8	500	749
15	Vivienda	Mampostería	17,0	500	585
16	Cabaña	Madera	42,2	500	711
17	Vivienda	Conc. y mad.	82,5	500	913
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	40,5	500	703
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	18,8	500	594
20	Vivienda	Madera	118,9	500	1095
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	59,2	500	796
22	Vivienda	Madera	51,2	500	756
23	Vivienda	Madera	40,0	500	700
24	Vivienda	Madera	57,0	500	785
25	Vivienda	Madera	37,8	500	689
26	Vivienda	Prefabricado	38,9	500	694
27	Vivienda	Mampostería	14,5	500	572
28	Vivienda	Madera	35,5	500	678
29	Vivienda	Madera	52,1	500	761
30	Vivienda	Madera	54,8	500	774
31	Vivienda	Concreto	15,2	500	576
32	Vivienda	Madera	54,8	500	774
33	Vivienda	Prefabricado	30,1	500	650
34	Vivienda	Prefabricado	13,9	500	570
35	Vivienda	Concreto	14,5	500	573
36	Vivienda	Prefabricado	32,2	500	661
37	Vivienda	Madera	48,5	500	742
38	Vivienda	Mampostería	11,8	500	559
39	Vivienda	Conc. y mad.	75,4	500	877
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	20,7	500	604
41	Vivienda	Conc. y mad.	63,2	500	816
42	Vivienda	Madera	34,8	500	674
43	Vivienda	Madera	42,9	500	715
44	Vivienda	Conc. y mad.	68,8	500	844
45	Vivienda	Concreto	13,3	500	567
46	Vivienda	Conc. y mad.	91,0	500	955
47	Vivienda	Mampostería	13,9	500	570
48	Vivienda	Madera	37,8	500	689
49	Vivienda	Madera	37,9	500	689
50	Vivienda	Mamp. y mad.	87,6	500	938
51	Vivienda	Madera	42,3	500	712
52	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	500	925
53	Vivienda	Mampostería	15,3	500	576
54	Vivienda	Mamp. y mad.	81,8	500	909
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	24,7	500	624
56	Vivienda	Mamp. y pref.	77,3	500	887
57	Vivienda	Prefabricado	42,7	500	713
58	Vivienda	Madera	47,6	500	738
59	Vivienda	Mamp. y mad.	78,6	500	893
60	Vivienda	Prefabricado	45,0	500	725
61	Vivienda	Prefabricado	39,1	500	695
62	Vivienda	Prefabricado	41,3	500	706,5
63	Vivienda	Prefabricado	42,0	500	710
64	Vivienda	Mamp. y pref.	78,4	500	892
65	Vivienda	Prefabricado	44,2	500	721
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	48,8	500	744
67	Vivienda	Pref. y acero.	75,8	500	879
68	Vivienda	Prefabricado	39,9	500	699
69	Vivienda	Prefabricado	41,0	500	705
70	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	500	908

## Continuación

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
71	Vivienda	Mampostería	19,5	500	598
72	Vivienda	Prefabricado	39,1	500	695
73	Vivienda	Prefabricado	37,6	500	688
74	Vivienda	Prefabricado	42,9	500	715
75	Vivienda	Prefabricado	39,1	500	695,3
76	Vivienda	Mamp. y pref.	76,9	500	884,5
77	Vivienda	Madera	46,9	500	734
78	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	500	908
79	Vivienda	Prefabricado	43,5	500	718
80	Vivienda	Madera	44,5	500	722,5
81	Vivienda	Mampostería	21,1	500	605,5
82	Vivienda	Madera	49,1	500	745,5
83	Vivienda	Madera	41,4	500	707
84	Vivienda	Mamp. y mad.	75,9	500	879
85	Vivienda	Madera	47,4	500	737
86	Vivienda	Madera	48,8	500	744
87	Vivienda	Mampostería	15,3	500	576
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	64,5	500	823
89	Vivienda	Mampostería	18,4	500	592
90	Vivienda	Prefabricado	31,4	500	657
91	Vivienda	Madera	39,3	500	697
92	Vivienda	Madera	46,7	500	734
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	50,8	500	754
94	Vivienda	Prefabricado	45,4	500	727
95	Vivienda	Mamp. y pref.	81,2	500	906
96	Vivienda	Mampostería	17,0	500	585
97	Vivienda	Mampostería	21,5	500	607
98	Vivienda	Madera	40,0	500	700
99	Vivienda	Mampostería	18,2	500	591
100	Vivienda	Mampostería	20,2	500	601
101	Vivienda	Mampostería	21,8	500	609
102	Vivienda	Mampostería	21,5	500	608
103	Vivienda	Mampostería	19,3	500	596
104	Vivienda	Mampostería	18,2	500	591
105	Vivienda	Pref. y acero.	77,1	500	886
106	Vivienda	Madera	45,9	500	730
107	Vivienda	Madera	50,1	500	751
108	Vivienda	Mampostería	17,7	500	589
109	Vivienda	Mampostería	18,0	500	590
110	Vivienda	Prefabricado	42,5	500	713
111	Vivienda	Prefabricado	35,7	500	679
112	Vivienda	Mampostería	17,0	500	585
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	19,5	500	598
114	Vivienda	Madera	41,6	500	708
115	Vivienda	Madera	47,7	500	738
116	Vivienda	Prefabricado	43,6	500	718
117	Vivienda	Madera	41,9	500	709,5
118	Vivienda	Madera	59,0	500	795
119	Vivienda	Prefabricado	41,1	500	706
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,9	500	609
121	Vivienda	Mamp. y mad.	84,7	500	924
122	Vivienda	Madera	47,4	500	737
123	Vivienda	Mampostería	16,6	500	583
124	Vivienda	Mampostería	19,9	500	600
125	Vivienda	Mamp. y mad.	86,5	500	932
126	Vivienda	Madera	46,3	500	732
127	Vivienda	Mampostería	17,4	500	587
128	Vivienda	Mamp. y pref.	82,2	500	911
129	Vivienda	Mampostería	20,3	500	601
130	Vivienda	Mampostería	20,7	500	604
131	Vivienda	Mamp. y mad.	77,8	500	889
132	Vivienda	Mamp. y pref.	65,8	500	829
133	Vivienda	Prefabricado	32,5	500	662,5
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	17,5	500	587
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,6	500	608
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	26,4	500	632
137	Escuela	Prefabricado	35,4	500	677
138	Salon comunal	Mampostería	13,0	500	565
139	Iglesia	Mampostería	14,1	500	570,5

Valores de amenaza sísmica para cada estructura de la zona de estudio. Escenario No. 1

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
1	Vivienda	Mamp. y mad.	60,4	650	1043
2	Vivienda	Madera	42,1	650	924
3	Vivienda	Conc. y mad.	80,5	650	1173
4	Vivienda	Madera	40,1	650	911
5	Vivienda	Madera	115,8	650	1403
6	Vivienda	Madera	40,1	650	910
7	Vivienda	Madera	100,4	650	1303
8	Vivienda	Mamp. y mad.	75,2	650	1139
9	Vivienda	Conc. y mad.	60,4	650	1043
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	59,3	650	1035
11	Cabina	Concreto	16,7	650	759
12	Vivienda	Madera	114,0	650	1391
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	78,0	650	1157
14	Vivienda	Madera	49,8	650	973
15	Vivienda	Mampostería	17,0	650	761
16	Cabaña	Madera	42,2	650	924
17	Vivienda	Conc. y mad.	82,5	650	1186
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	40,5	650	913,5
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	18,8	650	772
20	Vivienda	Madera	118,9	650	1423
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	59,2	650	1035
22	Vivienda	Madera	51,2	650	983
23	Vivienda	Madera	40,0	650	910
24	Vivienda	Madera	57,0	650	1021
25	Vivienda	Madera	37,8	650	896
26	Vivienda	Prefabricado	38,9	650	903
27	Vivienda	Mampostería	14,5	650	744
28	Vivienda	Madera	35,5	650	881
29	Vivienda	Madera	52,1	650	989
30	Vivienda	Madera	54,8	650	1006
31	Vivienda	Concreto	15,2	650	748,5
32	Vivienda	Madera	54,8	650	1006
33	Vivienda	Prefabricado	30,1	650	845
34	Vivienda	Prefabricado	13,9	650	740
35	Vivienda	Concreto	14,5	650	744
36	Vivienda	Prefabricado	32,2	650	859
37	Vivienda	Madera	48,5	650	965
38	Vivienda	Mampostería	11,8	650	727
39	Vivienda	Conc. y mad.	75,4	650	1140
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	20,7	650	785
41	Vivienda	Conc. y mad.	63,2	650	1061
42	Vivienda	Madera	34,8	650	876
43	Vivienda	Madera	42,9	650	929
44	Vivienda	Conc. y mad.	68,8	650	1097
45	Vivienda	Concreto	13,3	650	737
46	Vivienda	Conc. y mad.	91,0	650	1242
47	Vivienda	Mampostería	13,9	650	740
48	Vivienda	Madera	37,8	650	895,5
49	Vivienda	Madera	37,9	650	896
50	Vivienda	Mamp. y mad.	87,6	650	1219
51	Vivienda	Madera	42,3	650	925
52	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	650	1203
53	Vivienda	Mampostería	15,3	650	749
54	Vivienda	Mamp. y mad.	81,8	650	1182
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	24,7	650	811
56	Vivienda	Mamp. y pref.	77,3	650	1153
57	Vivienda	Prefabricado	42,7	650	927
58	Vivienda	Madera	47,6	650	960
59	Vivienda	Mamp. y mad.	78,6	650	1161
60	Vivienda	Prefabricado	45,0	650	942,5
61	Vivienda	Prefabricado	39,1	650	904
62	Vivienda	Prefabricado	41,3	650	918
63	Vivienda	Prefabricado	42,0	650	923
64	Vivienda	Mamp. y pref.	78,4	650	1160
65	Vivienda	Prefabricado	44,2	650	938
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	48,8	650	967
67	Vivienda	Pref. y acero.	75,8	650	1143
68	Vivienda	Prefabricado	39,9	650	909
69	Vivienda	Prefabricado	41,0	650	917
70	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	650	1181

## Continuación

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
71	Vivienda	Mampostería	19,5	650	777
72	Vivienda	Prefabricado	39,1	650	904
73	Vivienda	Prefabricado	37,6	650	894
74	Vivienda	Prefabricado	42,9	650	929
75	Vivienda	Prefabricado	39,1	650	904
76	Vivienda	Mamp. y pref.	76,9	650	1150
77	Vivienda	Madera	46,9	650	955
78	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	650	1181
79	Vivienda	Prefabricado	43,5	650	933
80	Vivienda	Madera	44,5	650	939
81	Vivienda	Mampostería	21,1	650	787
82	Vivienda	Madera	49,1	650	969
83	Vivienda	Madera	41,4	650	919
84	Vivienda	Mamp. y mad.	75,9	650	1143
85	Vivienda	Madera	47,4	650	958
86	Vivienda	Madera	48,8	650	967
87	Vivienda	Mampostería	15,3	650	749
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	64,5	650	1070
89	Vivienda	Mampostería	18,4	650	770
90	Vivienda	Prefabricado	31,4	650	854
91	Vivienda	Madera	39,3	650	905,5
92	Vivienda	Madera	46,7	650	954
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	50,8	650	980
94	Vivienda	Prefabricado	45,4	650	945
95	Vivienda	Mamp. y pref.	81,2	650	1178
96	Vivienda	Mampostería	17,0	650	760
97	Vivienda	Mampostería	21,5	650	790
98	Vivienda	Madera	40,0	650	910
99	Vivienda	Mampostería	18,2	650	768
100	Vivienda	Mampostería	20,2	650	781,5
101	Vivienda	Mampostería	21,8	650	792
102	Vivienda	Mampostería	21,5	650	790
103	Vivienda	Mampostería	19,3	650	775
104	Vivienda	Mampostería	18,2	650	768
105	Vivienda	Pref. y acero.	77,1	650	1151
106	Vivienda	Madera	45,9	650	949
107	Vivienda	Madera	50,1	650	976
108	Vivienda	Mampostería	17,7	650	765
109	Vivienda	Mampostería	18,0	650	767
110	Vivienda	Prefabricado	42,5	650	926
111	Vivienda	Prefabricado	35,7	650	882
112	Vivienda	Mampostería	17,0	650	761
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	19,5	650	777
114	Vivienda	Madera	41,6	650	920
115	Vivienda	Madera	47,7	650	960
116	Vivienda	Prefabricado	43,6	650	933
117	Vivienda	Madera	41,9	650	922
118	Vivienda	Madera	59,0	650	1033,5
119	Vivienda	Prefabricado	41,1	650	917
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,9	650	792
121	Vivienda	Mamp. y mad.	84,7	650	1201
122	Vivienda	Madera	47,4	650	958
123	Vivienda	Mampostería	16,6	650	758
124	Vivienda	Mampostería	19,9	650	780
125	Vivienda	Mamp. y mad.	86,5	650	1212
126	Vivienda	Madera	46,3	650	951
127	Vivienda	Mampostería	17,4	650	763
128	Vivienda	Mamp. y pref.	82,2	650	1184,5
129	Vivienda	Mampostería	20,3	650	782
130	Vivienda	Mampostería	20,7	650	785
131	Vivienda	Mamp. y mad.	77,8	650	1155
132	Vivienda	Mamp. y pref.	65,8	650	1078
133	Vivienda	Prefabricado	32,5	650	861
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	17,5	650	764
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,6	650	790
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	26,4	650	821
137	Escuela	Prefabricado	35,4	650	880
138	Salon comunal	Mampostería	13,0	650	734,5
139	Iglesia	Mampostería	14,1	650	742

Valores de amenaza sísmica para cada estructura de la zona de estudio. Escenario No. 2

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
1	Vivienda	Mamp. y mad.	60,4	529,2	849
2	Vivienda	Madera	42,1	529,2	752
3	Vivienda	Conc. y mad.	80,5	529,2	955
4	Vivienda	Madera	40,1	529,2	741
5	Vivienda	Madera	115,8	529,2	1142
6	Vivienda	Madera	40,1	529,2	741
7	Vivienda	Madera	100,4	529,2	1061
8	Vivienda	Mamp. y mad.	75,2	529,2	927
9	Vivienda	Conc. y mad.	60,4	529,2	849
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	59,3	529,2	843
11	Cabina	Concreto	16,7	529,2	618
12	Vivienda	Madera	114,0	529,2	1133
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	78,0	529,2	942
14	Vivienda	Madera	49,8	529,2	792,5
15	Vivienda	Mampostería	17,0	529,2	619
16	Cabaña	Madera	42,2	529,2	752,5
17	Vivienda	Conc. y mad.	82,5	529,2	966
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	40,5	529,2	744
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	18,8	529,2	629
20	Vivienda	Madera	118,9	529,2	1159
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	59,2	529,2	842
22	Vivienda	Madera	51,2	529,2	800
23	Vivienda	Madera	40,0	529,2	741
24	Vivienda	Madera	57,0	529,2	831
25	Vivienda	Madera	37,8	529,2	729
26	Vivienda	Prefabricado	38,9	529,2	735
27	Vivienda	Mampostería	14,5	529,2	606
28	Vivienda	Madera	35,5	529,2	717
29	Vivienda	Madera	52,1	529,2	805
30	Vivienda	Madera	54,8	529,2	819
31	Vivienda	Concreto	15,2	529,2	609
32	Vivienda	Madera	54,8	529,2	819
33	Vivienda	Prefabricado	30,1	529,2	688
34	Vivienda	Prefabricado	13,9	529,2	603
35	Vivienda	Concreto	14,5	529,2	606
36	Vivienda	Prefabricado	32,2	529,2	699,6
37	Vivienda	Madera	48,5	529,2	786
38	Vivienda	Mampostería	11,8	529,2	592
39	Vivienda	Conc. y mad.	75,4	529,2	928
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	20,7	529,2	639
41	Vivienda	Conc. y mad.	63,2	529,2	864
42	Vivienda	Madera	34,8	529,2	713
43	Vivienda	Madera	42,9	529,2	756
44	Vivienda	Conc. y mad.	68,8	529,2	893
45	Vivienda	Concreto	13,3	529,2	600
46	Vivienda	Conc. y mad.	91,0	529,2	1011
47	Vivienda	Mampostería	13,9	529,2	603
48	Vivienda	Madera	37,8	529,2	729
49	Vivienda	Madera	37,9	529,2	730
50	Vivienda	Mamp. y mad.	87,6	529,2	992,5
51	Vivienda	Madera	42,3	529,2	753
52	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	529,2	979
53	Vivienda	Mampostería	15,3	529,2	610
54	Vivienda	Mamp. y mad.	81,8	529,2	962
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	24,7	529,2	660
56	Vivienda	Mamp. y pref.	77,3	529,2	938
57	Vivienda	Prefabricado	42,7	529,2	755
58	Vivienda	Madera	47,6	529,2	781
59	Vivienda	Mamp. y mad.	78,6	529,2	945
60	Vivienda	Prefabricado	45,0	529,2	767
61	Vivienda	Prefabricado	39,1	529,2	736
62	Vivienda	Prefabricado	41,3	529,2	748
63	Vivienda	Prefabricado	42,0	529,2	752
64	Vivienda	Mamp. y pref.	78,4	529,2	944
65	Vivienda	Prefabricado	44,2	529,2	763
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	48,8	529,2	787,5
67	Vivienda	Pref. y acero.	75,8	529,2	930
68	Vivienda	Prefabricado	39,9	529,2	740
69	Vivienda	Prefabricado	41,0	529,2	746
70	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	529,2	961

## Continuación

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
71	Vivienda	Mampostería	19,5	529,2	633
72	Vivienda	Prefabricado	39,1	529,2	736
73	Vivienda	Prefabricado	37,6	529,2	728
74	Vivienda	Prefabricado	42,9	529,2	756
75	Vivienda	Prefabricado	39,1	529,2	736
76	Vivienda	Mamp. y pref.	76,9	529,2	936
77	Vivienda	Madera	46,9	529,2	777
78	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	529,2	961
79	Vivienda	Prefabricado	43,5	529,2	759,5
80	Vivienda	Madera	44,5	529,2	765
81	Vivienda	Mampostería	21,1	529,2	641
82	Vivienda	Madera	49,1	529,2	789
83	Vivienda	Madera	41,4	529,2	748
84	Vivienda	Mamp. y mad.	75,9	529,2	931
85	Vivienda	Madera	47,4	529,2	780
86	Vivienda	Madera	48,8	529,2	787
87	Vivienda	Mampostería	15,3	529,2	610
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	64,5	529,2	871
89	Vivienda	Mampostería	18,4	529,2	627
90	Vivienda	Prefabricado	31,4	529,2	695
91	Vivienda	Madera	39,3	529,2	737
92	Vivienda	Madera	46,7	529,2	776,5
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	50,8	529,2	798
94	Vivienda	Prefabricado	45,4	529,2	770
95	Vivienda	Mamp. y pref.	81,2	529,2	959
96	Vivienda	Mampostería	17,0	529,2	619
97	Vivienda	Mampostería	21,5	529,2	643
98	Vivienda	Madera	40,0	529,2	741
99	Vivienda	Mampostería	18,2	529,2	625
100	Vivienda	Mampostería	20,2	529,2	636
101	Vivienda	Mampostería	21,8	529,2	645
102	Vivienda	Mampostería	21,5	529,2	643
103	Vivienda	Mampostería	19,3	529,2	631
104	Vivienda	Mampostería	18,2	529,2	625
105	Vivienda	Pref. y acero.	77,1	529,2	937
106	Vivienda	Madera	45,9	529,2	772
107	Vivienda	Madera	50,1	529,2	795
108	Vivienda	Mampostería	17,7	529,2	623
109	Vivienda	Mampostería	18,0	529,2	625
110	Vivienda	Prefabricado	42,5	529,2	754
111	Vivienda	Prefabricado	35,7	529,2	718
112	Vivienda	Mampostería	17,0	529,2	619
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	19,5	529,2	632,5
114	Vivienda	Madera	41,6	529,2	749
115	Vivienda	Madera	47,7	529,2	781
116	Vivienda	Prefabricado	43,6	529,2	760
117	Vivienda	Madera	41,9	529,2	751
118	Vivienda	Madera	59,0	529,2	841
119	Vivienda	Prefabricado	41,1	529,2	747
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,9	529,2	645
121	Vivienda	Mamp. y mad.	84,7	529,2	978
122	Vivienda	Madera	47,4	529,2	780
123	Vivienda	Mampostería	16,6	529,2	617
124	Vivienda	Mampostería	19,9	529,2	635
125	Vivienda	Mamp. y mad.	86,5	529,2	987
126	Vivienda	Madera	46,3	529,2	774
127	Vivienda	Mampostería	17,4	529,2	621,5
128	Vivienda	Mamp. y pref.	82,2	529,2	964
129	Vivienda	Mampostería	20,3	529,2	637
130	Vivienda	Mampostería	20,7	529,2	639
131	Vivienda	Mamp. y mad.	77,8	529,2	941
132	Vivienda	Mamp. y pref.	65,8	529,2	877,5
133	Vivienda	Prefabricado	32,5	529,2	701
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	17,5	529,2	622
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,6	529,2	643
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	26,4	529,2	669
137	Escuela	Prefabricado	35,4	529,2	716,5
138	Salon comunal	Mampostería	13,0	529,2	598
139	Iglesia	Mampostería	14,1	529,2	604

Valores de amenaza sísmica para cada estructura de la zona de estudio. Escenario No. 3

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
1	Vivienda	Mamp. y mad.	60,4	352,8	566
2	Vivienda	Madera	42,1	352,8	501
3	Vivienda	Conc. y mad.	80,5	352,8	637
4	Vivienda	Madera	40,1	352,8	494
5	Vivienda	Madera	115,8	352,8	761,5
6	Vivienda	Madera	40,1	352,8	494
7	Vivienda	Madera	100,4	352,8	707
8	Vivienda	Mamp. y mad.	75,2	352,8	618
9	Vivienda	Conc. y mad.	60,4	352,8	566
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	59,3	352,8	562
11	Cabina	Concreto	16,7	352,8	412
12	Vivienda	Madera	114,0	352,8	755
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	78,0	352,8	628
14	Vivienda	Madera	49,8	352,8	528
15	Vivienda	Mampostería	17,0	352,8	413
16	Cabaña	Madera	42,2	352,8	502
17	Vivienda	Conc. y mad.	82,5	352,8	644
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	40,5	352,8	496
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	18,8	352,8	419
20	Vivienda	Madera	118,9	352,8	772
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	59,2	352,8	562
22	Vivienda	Madera	51,2	352,8	533
23	Vivienda	Madera	40,0	352,8	494
24	Vivienda	Madera	57,0	352,8	554
25	Vivienda	Madera	37,8	352,8	486
26	Vivienda	Prefabricado	38,9	352,8	490
27	Vivienda	Mampostería	14,5	352,8	404
28	Vivienda	Madera	35,5	352,8	478
29	Vivienda	Madera	52,1	352,8	537
30	Vivienda	Madera	54,8	352,8	546
31	Vivienda	Concreto	15,2	352,8	406
32	Vivienda	Madera	54,8	352,8	546
33	Vivienda	Prefabricado	30,1	352,8	459
34	Vivienda	Prefabricado	13,9	352,8	402
35	Vivienda	Concreto	14,5	352,8	404
36	Vivienda	Prefabricado	32,2	352,8	466
37	Vivienda	Madera	48,5	352,8	524
38	Vivienda	Mampostería	11,8	352,8	395
39	Vivienda	Conc. y mad.	75,4	352,8	619
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	20,7	352,8	426
41	Vivienda	Conc. y mad.	63,2	352,8	576
42	Vivienda	Madera	34,8	352,8	475,5
43	Vivienda	Madera	42,9	352,8	504
44	Vivienda	Conc. y mad.	68,8	352,8	595
45	Vivienda	Concreto	13,3	352,8	400
46	Vivienda	Conc. y mad.	91,0	352,8	674
47	Vivienda	Mampostería	13,9	352,8	402
48	Vivienda	Madera	37,8	352,8	486
49	Vivienda	Madera	37,9	352,8	486
50	Vivienda	Mamp. y mad.	87,6	352,8	662
51	Vivienda	Madera	42,3	352,8	502
52	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	352,8	653
53	Vivienda	Mampostería	15,3	352,8	407
54	Vivienda	Mamp. y mad.	81,8	352,8	641
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	24,7	352,8	440
56	Vivienda	Mamp. y pref.	77,3	352,8	626
57	Vivienda	Prefabricado	42,7	352,8	503
58	Vivienda	Madera	47,6	352,8	521
59	Vivienda	Mamp. y mad.	78,6	352,8	630
60	Vivienda	Prefabricado	45,0	352,8	512
61	Vivienda	Prefabricado	39,1	352,8	491
62	Vivienda	Prefabricado	41,3	352,8	498,5
63	Vivienda	Prefabricado	42,0	352,8	501
64	Vivienda	Mamp. y pref.	78,4	352,8	629
65	Vivienda	Prefabricado	44,2	352,8	509
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	48,8	352,8	525
67	Vivienda	Pref. y acero.	75,8	352,8	620
68	Vivienda	Prefabricado	39,9	352,8	493,5
69	Vivienda	Prefabricado	41,0	352,8	498
70	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	352,8	641

## Continuación

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
71	Vivienda	Mampostería	19,5	352,8	422
72	Vivienda	Prefabricado	39,1	352,8	491
73	Vivienda	Prefabricado	37,6	352,8	485
74	Vivienda	Prefabricado	42,9	352,8	504
75	Vivienda	Prefabricado	39,1	352,8	491
76	Vivienda	Mamp. y pref.	76,9	352,8	624
77	Vivienda	Madera	46,9	352,8	518
78	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	352,8	641
79	Vivienda	Prefabricado	43,5	352,8	506
80	Vivienda	Madera	44,5	352,8	510
81	Vivienda	Mampostería	21,1	352,8	427
82	Vivienda	Madera	49,1	352,8	526
83	Vivienda	Madera	41,4	352,8	499
84	Vivienda	Mamp. y mad.	75,9	352,8	620,5
85	Vivienda	Madera	47,4	352,8	520
86	Vivienda	Madera	48,8	352,8	525
87	Vivienda	Mampostería	15,3	352,8	407
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	64,5	352,8	580,5
89	Vivienda	Mampostería	18,4	352,8	418
90	Vivienda	Prefabricado	31,4	352,8	464
91	Vivienda	Madera	39,3	352,8	491,5
92	Vivienda	Madera	46,7	352,8	518
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	50,8	352,8	532
94	Vivienda	Prefabricado	45,4	352,8	513
95	Vivienda	Mamp. y pref.	81,2	352,8	639
96	Vivienda	Mampostería	17,0	352,8	413
97	Vivienda	Mampostería	21,5	352,8	429
98	Vivienda	Madera	40,0	352,8	494
99	Vivienda	Mampostería	18,2	352,8	417
100	Vivienda	Mampostería	20,2	352,8	424
101	Vivienda	Mampostería	21,8	352,8	430
102	Vivienda	Mampostería	21,5	352,8	429
103	Vivienda	Mampostería	19,3	352,8	421
104	Vivienda	Mampostería	18,2	352,8	417
105	Vivienda	Pref. y acero.	77,1	352,8	625
106	Vivienda	Madera	45,9	352,8	515
107	Vivienda	Madera	50,1	352,8	530
108	Vivienda	Mampostería	17,7	352,8	415
109	Vivienda	Mampostería	18,0	352,8	416
110	Vivienda	Prefabricado	42,5	352,8	503
111	Vivienda	Prefabricado	35,7	352,8	479
112	Vivienda	Mampostería	17,0	352,8	413
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	19,5	352,8	422
114	Vivienda	Madera	41,6	352,8	499,5
115	Vivienda	Madera	47,7	352,8	521
116	Vivienda	Prefabricado	43,6	352,8	507
117	Vivienda	Madera	41,9	352,8	501
118	Vivienda	Madera	59,0	352,8	561
119	Vivienda	Prefabricado	41,1	352,8	498
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,9	352,8	430
121	Vivienda	Mamp. y mad.	84,7	352,8	652
122	Vivienda	Madera	47,4	352,8	520
123	Vivienda	Mampostería	16,6	352,8	411,5
124	Vivienda	Mampostería	19,9	352,8	423
125	Vivienda	Mamp. y mad.	86,5	352,8	658
126	Vivienda	Madera	46,3	352,8	516
127	Vivienda	Mampostería	17,4	352,8	414
128	Vivienda	Mamp. y pref.	82,2	352,8	643
129	Vivienda	Mampostería	20,3	352,8	424
130	Vivienda	Mampostería	20,7	352,8	426
131	Vivienda	Mamp. y mad.	77,8	352,8	627
132	Vivienda	Mamp. y pref.	65,8	352,8	585
133	Vivienda	Prefabricado	32,5	352,8	467,5
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	17,5	352,8	414,5
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,6	352,8	429
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	26,4	352,8	446
137	Escuela	Prefabricado	35,4	352,8	478
138	Salon comunal	Mampostería	13,0	352,8	399
139	Iglesia	Mampostería	14,1	352,8	402,5

Valores de amenaza sísmica para cada estructura de la zona de estudio. Escenario No. 4

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
1	Vivienda	Mamp. y mad.	60,4	264,6	424
2	Vivienda	Madera	42,1	264,6	376
3	Vivienda	Conc. y mad.	80,5	264,6	478
4	Vivienda	Madera	40,1	264,6	371
5	Vivienda	Madera	115,8	264,6	571
6	Vivienda	Madera	40,1	264,6	371
7	Vivienda	Madera	100,4	264,6	530
8	Vivienda	Mamp. y mad.	75,2	264,6	463,5
9	Vivienda	Conc. y mad.	60,4	264,6	424
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	59,3	264,6	421
11	Cabina	Concreto	16,7	264,6	309
12	Vivienda	Madera	114,0	264,6	566
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	78,0	264,6	471
14	Vivienda	Madera	49,8	264,6	396
15	Vivienda	Mampostería	17,0	264,6	310
16	Cabaña	Madera	42,2	264,6	376
17	Vivienda	Conc. y mad.	82,5	264,6	483
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	40,5	264,6	372
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	18,8	264,6	314
20	Vivienda	Madera	118,9	264,6	579
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	59,2	264,6	421
22	Vivienda	Madera	51,2	264,6	400
23	Vivienda	Madera	40,0	264,6	370
24	Vivienda	Madera	57,0	264,6	415,5
25	Vivienda	Madera	37,8	264,6	365
26	Vivienda	Prefabricado	38,9	264,6	367,5
27	Vivienda	Mampostería	14,5	264,6	303
28	Vivienda	Madera	35,5	264,6	359
29	Vivienda	Madera	52,1	264,6	402,5
30	Vivienda	Madera	54,8	264,6	410
31	Vivienda	Concreto	15,2	264,6	305
32	Vivienda	Madera	54,8	264,6	410
33	Vivienda	Prefabricado	30,1	264,6	344
34	Vivienda	Prefabricado	13,9	264,6	301
35	Vivienda	Concreto	14,5	264,6	303
36	Vivienda	Prefabricado	32,2	264,6	350
37	Vivienda	Madera	48,5	264,6	393
38	Vivienda	Mampostería	11,8	264,6	296
39	Vivienda	Conc. y mad.	75,4	264,6	464
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	20,7	264,6	319,5
41	Vivienda	Conc. y mad.	63,2	264,6	432
42	Vivienda	Madera	34,8	264,6	357
43	Vivienda	Madera	42,9	264,6	378
44	Vivienda	Conc. y mad.	68,8	264,6	446,5
45	Vivienda	Concreto	13,3	264,6	300
46	Vivienda	Conc. y mad.	91,0	264,6	505
47	Vivienda	Mampostería	13,9	264,6	301
48	Vivienda	Madera	37,8	264,6	364,5
49	Vivienda	Madera	37,9	264,6	365
50	Vivienda	Mamp. y mad.	87,6	264,6	496
51	Vivienda	Madera	42,3	264,6	377
52	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	264,6	490
53	Vivienda	Mampostería	15,3	264,6	305
54	Vivienda	Mamp. y mad.	81,8	264,6	481
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	24,7	264,6	330
56	Vivienda	Mamp. y pref.	77,3	264,6	469
57	Vivienda	Prefabricado	42,7	264,6	377,5
58	Vivienda	Madera	47,6	264,6	391
59	Vivienda	Mamp. y mad.	78,6	264,6	473
60	Vivienda	Prefabricado	45,0	264,6	384
61	Vivienda	Prefabricado	39,1	264,6	368
62	Vivienda	Prefabricado	41,3	264,6	374
63	Vivienda	Prefabricado	42,0	264,6	376
64	Vivienda	Mamp. y pref.	78,4	264,6	472
65	Vivienda	Prefabricado	44,2	264,6	382
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	48,8	264,6	394
67	Vivienda	Pref. y acero.	75,8	264,6	465
68	Vivienda	Prefabricado	39,9	264,6	370
69	Vivienda	Prefabricado	41,0	264,6	373
70	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	264,6	481

## Continuación

No.	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	INDICE DE VULNERABILIDAD	ACELERACIÓN	AMENAZA (gal)
71	Vivienda	Mampostería	19,5	264,6	316
72	Vivienda	Prefabricado	39,1	264,6	368
73	Vivienda	Prefabricado	37,6	264,6	364
74	Vivienda	Prefabricado	42,9	264,6	378
75	Vivienda	Prefabricado	39,1	264,6	368
76	Vivienda	Mamp. y pref.	76,9	264,6	468
77	Vivienda	Madera	46,9	264,6	389
78	Vivienda	Mamp. y mad.	81,6	264,6	481
79	Vivienda	Prefabricado	43,5	264,6	380
80	Vivienda	Madera	44,5	264,6	382
81	Vivienda	Mampostería	21,1	264,6	320
82	Vivienda	Madera	49,1	264,6	394,5
83	Vivienda	Madera	41,4	264,6	374
84	Vivienda	Mamp. y mad.	75,9	264,6	465
85	Vivienda	Madera	47,4	264,6	390
86	Vivienda	Madera	48,8	264,6	394
87	Vivienda	Mampostería	15,3	264,6	305
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	64,5	264,6	435
89	Vivienda	Mampostería	18,4	264,6	313
90	Vivienda	Prefabricado	31,4	264,6	348
91	Vivienda	Madera	39,3	264,6	369
92	Vivienda	Madera	46,7	264,6	388
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	50,8	264,6	399
94	Vivienda	Prefabricado	45,4	264,6	385
95	Vivienda	Mamp. y pref.	81,2	264,6	479,5
96	Vivienda	Mampostería	17,0	264,6	309,5
97	Vivienda	Mampostería	21,5	264,6	321
98	Vivienda	Madera	40,0	264,6	370
99	Vivienda	Mampostería	18,2	264,6	313
100	Vivienda	Mampostería	20,2	264,6	318
101	Vivienda	Mampostería	21,8	264,6	322
102	Vivienda	Mampostería	21,5	264,6	322
103	Vivienda	Mampostería	19,3	264,6	316
104	Vivienda	Mampostería	18,2	264,6	313
105	Vivienda	Pref. y acero.	77,1	264,6	469
106	Vivienda	Madera	45,9	264,6	386
107	Vivienda	Madera	50,1	264,6	397
108	Vivienda	Mampostería	17,7	264,6	311,5
109	Vivienda	Mampostería	18,0	264,6	312
110	Vivienda	Prefabricado	42,5	264,6	377
111	Vivienda	Prefabricado	35,7	264,6	359
112	Vivienda	Mampostería	17,0	264,6	310
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	19,5	264,6	316
114	Vivienda	Madera	41,6	264,6	375
115	Vivienda	Madera	47,7	264,6	391
116	Vivienda	Prefabricado	43,6	264,6	380
117	Vivienda	Madera	41,9	264,6	375,5
118	Vivienda	Madera	59,0	264,6	421
119	Vivienda	Prefabricado	41,1	264,6	373
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,9	264,6	322
121	Vivienda	Mamp. y mad.	84,7	264,6	489
122	Vivienda	Madera	47,4	264,6	390
123	Vivienda	Mampostería	16,6	264,6	309
124	Vivienda	Mampostería	19,9	264,6	317
125	Vivienda	Mamp. y mad.	86,5	264,6	493
126	Vivienda	Madera	46,3	264,6	387
127	Vivienda	Mampostería	17,4	264,6	311
128	Vivienda	Mamp. y pref.	82,2	264,6	482
129	Vivienda	Mampostería	20,3	264,6	318
130	Vivienda	Mampostería	20,7	264,6	319,5
131	Vivienda	Mamp. y mad.	77,8	264,6	470
132	Vivienda	Mamp. y pref.	65,8	264,6	439
133	Vivienda	Prefabricado	32,5	264,6	351
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	17,5	264,6	311
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	21,6	264,6	322
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	26,4	264,6	334
137	Escuela	Prefabricado	35,4	264,6	358
138	Salon comunal	Mampostería	13,0	264,6	299
139	Iglesia	Mampostería	14,1	264,6	302

Valores de amenaza sísmica para cada estructura de la zona de estudio. Escenario No. 5

Anexo 2: Tablas con los resultados del cálculo del porcentaje de daño (riesgo) para las estructuras de la zona de estudio, de acuerdo a cada escenario

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA
1	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	802	60,0	Colapso parcial
2	W1	Vivienda	Madera	711	18,0	Daños menores
3	C1	Vivienda	Conc. y mad.	902,5	24,5	Daños menores
4	W1	Vivienda	Madera	700,5	18,0	Daños menores
5	W1	Vivienda	Madera	1079	33,0	Daños graves
6	W1	Vivienda	Madera	700	18,0	Daños menores
7	W1	Vivienda	Madera	1002	33,0	Daños graves
8	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	876	62,5	Colapso parcial
9	C1	Vivienda	Conc. y mad.	802	20,0	Daños menores
10	C1	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	796,3	19,5	Daños menores
11	C1	Cabina	Concreto	584	9,0	Daños menores
12	W1	Vivienda	Madera	1070	33,0	Daños graves
13	C1	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	890	24,0	Daños menores
14	W1	Vivienda	Madera	749	20,0	Daños menores
15	RM1	Vivienda	Mampostería	585	70,0	Colapso parcial
16	W1	Cabaña	Madera	711	18,0	Daños menores
17	C1	Vivienda	Conc. y mad.	913	11,5	Daños menores
18	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	703	13,0	Daños menores
19	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	594	72,0	Colapso parcial
20	W1	Vivienda	Madera	1095	33,0	Daños graves
21	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	796	22,0	Daños menores
22	W1	Vivienda	Madera	756	20,0	Daños menores
23	W1	Vivienda	Madera	700	18,0	Daños menores
24	W1	Vivienda	Madera	785	22,0	Daños menores
25	W1	Vivienda	Madera	689	17,0	Daños menores
26	PC1	Vivienda	Prefabricado	694	12,0	Daños menores
27	RM1	Vivienda	Mampostería	572	67,0	Colapso parcial
28	W1	Vivienda	Madera	678	17,0	Daños menores
29	W1	Vivienda	Madera	761	21,0	Daños menores
30	W1	Vivienda	Madera	774	21,0	Daños menores
31	C1	Vivienda	Concreto	576	9,0	Daños menores
32	W1	Vivienda	Madera	774	21,0	Daños menores
33	PC1	Vivienda	Prefabricado	650	11,0	Daños menores
34	PC1	Vivienda	Prefabricado	570	8,0	Daños menores
35	C1	Vivienda	Concreto	573	8,0	Daños menores
36	PC1	Vivienda	Prefabricado	661	11,0	Daños menores
37	W1	Vivienda	Madera	742	20,0	Daños menores
38	RM1	Vivienda	Mampostería	559	65,0	Colapso parcial
39	C1	Vivienda	Conc. y mad.	877	10,5	Daños menores
40	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	604	75,0	Colapso parcial
41	C1	Vivienda	Conc. y mad.	816	11,0	Daños menores
42	W1	Vivienda	Madera	674	17,0	Daños menores
43	W1	Vivienda	Madera	715	18,0	Daños menores
44	C1	Vivienda	Conc. y mad.	844	21,5	Daños menores
45	C1	Vivienda	Concreto	567	8,0	Daños menores
46	C1	Vivienda	Conc. y mad.	955	12,0	Daños menores
47	RM1	Vivienda	Mampostería	570	67,0	Colapso total
48	W1	Vivienda	Madera	689	17,0	Daños menores
49	W1	Vivienda	Madera	689	17,0	Daños menores
50	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	938	64,5	Colapso parcial
51	W1	Vivienda	Madera	712	18,0	Daños menores
52	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	925	64,5	Colapso parcial
53	RM1	Vivienda	Mampostería	576	68,0	Colapso parcial
54	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	909	64,0	Colapso parcial
55	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	624	77,0	Colapso total
56	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	887	59,5	Colapso parcial
57	PC1	Vivienda	Prefabricado	713	13,0	Daños menores
58	W1	Vivienda	Madera	738	20,0	Daños menores
59	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	893	63,0	Colapso parcial
60	PC1	Vivienda	Prefabricado	725	14,0	Daños menores
61	PC1	Vivienda	Prefabricado	695	12,0	Daños menores
62	PC1	Vivienda	Prefabricado	706,5	13,0	Daños menores
63	PC1	Vivienda	Prefabricado	710	13,0	Daños menores
64	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	892	60,0	Colapso parcial
65	PC1	Vivienda	Prefabricado	721	13,0	Daños menores
66	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	744	14,0	Daños menores
67	S2	Vivienda	Pref. y acero.	879	20,0	Daños menores
68	PC1	Vivienda	Prefabricado	699	13,0	Daños menores
69	PC1	Vivienda	Prefabricado	705	13,0	Daños menores
70	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	908	64,0	Colapso parcial

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA
71	RM1	Vivienda	Mampostería	598	73,0	Colapso parcial
72	PC1	Vivienda	Prefabricado	695	12,0	Daños menores
73	PC1	Vivienda	Prefabricado	688	12,0	Daños menores
74	PC1	Vivienda	Prefabricado	715	13,0	Daños menores
75	PC1	Vivienda	Prefabricado	695,3	12,0	Daños menores
76	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	884,5	59,5	Colapso parcial
77	W1	Vivienda	Madera	734	19,0	Daños menores
78	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	908	64,0	Colapso parcial
79	PC1	Vivienda	Prefabricado	718	13,0	Daños menores
80	W1	Vivienda	Madera	722,5	19,0	Daños menores
81	RM1	Vivienda	Mampostería	605,5	74,0	Colapso parcial
82	W1	Vivienda	Madera	745,5	20,0	Daños menores
83	W1	Vivienda	Madera	707	18,0	Daños menores
84	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	879	62,5	Colapso parcial
85	W1	Vivienda	Madera	737	19,0	Daños menores
86	W1	Vivienda	Madera	744	20,0	Daños menores
87	RM1	Vivienda	Mampostería	576	68,0	Colapso parcial
88	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	823	24,0	Daños menores
89	RM1	Vivienda	Mampostería	592	71,0	Colapso parcial
90	PC1	Vivienda	Prefabricado	657	11,0	Daños menores
91	W1	Vivienda	Madera	697	18,0	Daños menores
92	W1	Vivienda	Madera	734	19,0	Daños menores
93	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	754	20,0	Daños menores
94	PC1	Vivienda	Prefabricado	727	14,0	Daños menores
95	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	906	60,5	Colapso parcial
96	RM1	Vivienda	Mampostería	585	70,0	Colapso parcial
97	RM1	Vivienda	Mampostería	607	74,0	Colapso parcial
98	W1	Vivienda	Madera	700	18,0	Daños menores
99	RM1	Vivienda	Mampostería	591	71,0	Colapso parcial
100	RM1	Vivienda	Mampostería	601	73,0	Colapso parcial
101	RM1	Vivienda	Mampostería	609	75,0	Colapso total
102	RM1	Vivienda	Mampostería	608	74,0	Colapso parcial
103	RM1	Vivienda	Mampostería	596	72,0	Colapso parcial
104	RM1	Vivienda	Mampostería	591	71,0	Colapso parcial
105	S2	Vivienda	Prof. y acero.	886	20,0	Daños menores
106	W1	Vivienda	Madera	730	19,0	Daños menores
107	W1	Vivienda	Madera	751	20,0	Daños menores
108	RM1	Vivienda	Mampostería	589	71,0	Colapso parcial
109	RM1	Vivienda	Mampostería	590	71,0	Colapso parcial
110	PC1	Vivienda	Prefabricado	713	13,0	Daños menores
111	PC1	Vivienda	Prefabricado	679	12,0	Daños menores
112	RM1	Vivienda	Mampostería	585	70,0	Colapso parcial
113	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	598	73,0	Colapso parcial
114	W1	Vivienda	Madera	708	18,0	Daños menores
115	W1	Vivienda	Madera	738	20,0	Daños menores
116	PC1	Vivienda	Prefabricado	718	13,0	Daños menores
117	W1	Vivienda	Madera	709,5	18,0	Daños menores
118	W1	Vivienda	Madera	795	22,0	Daños menores
119	PC1	Vivienda	Prefabricado	706	13,0	Daños menores
120	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	609	75,0	Colapso total
121	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	924	64,5	Colapso parcial
122	W1	Vivienda	Madera	737	19,0	Daños menores
123	RM1	Vivienda	Mampostería	583	70,0	Colapso parcial
124	RM1	Vivienda	Mampostería	600	73,0	Colapso parcial
125	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	932	64,5	Colapso parcial
126	W1	Vivienda	Madera	732	19,0	Daños menores
127	RM1	Vivienda	Mampostería	587	70,0	Colapso parcial
128	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	911	61,0	Colapso parcial
129	RM1	Vivienda	Mampostería	601	73,0	Colapso parcial
130	RM1	Vivienda	Mampostería	604	74,0	Colapso parcial
131	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	889	63,0	Colapso parcial
132	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	829	57,5	Colapso parcial
133	PC1	Vivienda	Prefabricado	662,5	11,0	Daños menores
134	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	587	70,0	Colapso parcial
135	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	608	74,0	Colapso parcial
136	S2	Vivienda	Acero	632	10,0	Daños menores
137	PC1	Escuela	Prefabricado	677	12,0	Daños menores
138	RM1	Salon comunal	Mampostería	565	66,0	Colapso parcial
139	RM1	Iglesia	Mampostería	570,5	67,0	Colapso parcial

Porcentajes de daño y estados de colapso de las estructuras para el escenario No. 1

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA
1	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1043	66,5	Colapso parcial
2	W1	Vivienda	Madera	924	29,0	Daños graves
3	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1173	29,5	Daños graves
4	W1	Vivienda	Madera	911	28,0	Daños graves
5	W1	Vivienda	Madera	1403	33,0	Daños graves
6	W1	Vivienda	Madera	910	28,0	Daños graves
7	W1	Vivienda	Madera	1303	33,0	Daños graves
8	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1139	66,5	Colapso parcial
9	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1043	29,5	Daños graves
10	C1	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	1035	29,5	Daños graves
11	C1	Cabina	Concreto	759	15,0	Daños menores
12	W1	Vivienda	Madera	1391	33,0	Daños graves
13	C1	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	1157	29,5	Daños graves
14	W1	Vivienda	Madera	973	31,0	Daños graves
15	RM1	Vivienda	Mampostería	761	94,0	Colapso total
16	W1	Cabaña	Madera	924	29,0	Daños graves
17	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1186	19,0	Daños menores
18	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	913,5	22,0	Daños menores
19	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	772	95,0	Colapso total
20	W1	Vivienda	Madera	1423	33,0	Daños graves
21	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	1035	33,0	Daños graves
22	W1	Vivienda	Madera	983	32,0	Daños graves
23	W1	Vivienda	Madera	910	28,0	Daños graves
24	W1	Vivienda	Madera	1021	33,0	Daños graves
25	W1	Vivienda	Madera	896	27,0	Daños graves
26	PC1	Vivienda	Prefabricado	903	21,0	Daños menores
27	RM1	Vivienda	Mampostería	744	93,0	Colapso total
28	W1	Vivienda	Madera	881	27,0	Daños graves
29	W1	Vivienda	Madera	989	32,0	Daños graves
30	W1	Vivienda	Madera	1006	33,0	Daños graves
31	C1	Vivienda	Concreto	748,5	15,0	Daños menores
32	W1	Vivienda	Madera	1006	33,0	Daños graves
33	PC1	Vivienda	Prefabricado	845	18,0	Daños menores
34	PC1	Vivienda	Prefabricado	740	14,0	Daños menores
35	C1	Vivienda	Concreto	744	15,0	Daños graves
36	PC1	Vivienda	Prefabricado	859	19,0	Daños menores
37	W1	Vivienda	Madera	965	31,0	Daños graves
38	RM1	Vivienda	Mampostería	727	92,0	Colapso total
39	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1140	29,5	Daños graves
40	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	785	96,0	Colapso total
41	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1061	29,5	Daños graves
42	W1	Vivienda	Madera	876	26,0	Daños graves
43	W1	Vivienda	Madera	929	29,0	Daños graves
44	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1097	29,5	Daños graves
45	C1	Vivienda	Concreto	737	11,0	Daños menores
46	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1242	29,5	Daños graves
47	RM1	Vivienda	Mampostería	740	93,0	Colapso total
48	W1	Vivienda	Madera	895,5	27,0	Daños graves
49	W1	Vivienda	Madera	896	27,0	Daños graves
50	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1219	66,5	Colapso parcial
51	W1	Vivienda	Madera	925	29,0	Daños graves
52	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1203	66,5	Colapso parcial
53	RM1	Vivienda	Mampostería	749	93,0	Colapso total
54	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1182	66,5	Colapso parcial
55	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	811	97,0	Colapso total
56	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	1153	66,5	Colapso parcial
57	PC1	Vivienda	Prefabricado	927	22,0	Daños menores
58	W1	Vivienda	Madera	960	31,0	Daños graves
59	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1161	66,5	Colapso parcial
60	PC1	Vivienda	Prefabricado	942,5	23,0	Daños menores
61	PC1	Vivienda	Prefabricado	904	21,0	Daños menores
62	PC1	Vivienda	Prefabricado	918	22,0	Daños menores
63	PC1	Vivienda	Prefabricado	923	22,0	Daños menores
64	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	1160	67,0	Colapso parcial
65	PC1	Vivienda	Prefabricado	938	23,0	Daños menores
66	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	967	24,0	Daños menores
67	S2	Vivienda	Pref. y acero.	1143	29,5	Daños graves
68	PC1	Vivienda	Prefabricado	909	21,0	Daños menores
69	PC1	Vivienda	Prefabricado	917	22,0	Daños menores
70	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1181	66,5	Colapso parcial

Continuación

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA
71	RM1	Vivienda	Mampostería	777	95,0	Colapso total
72	PC1	Vivienda	Prefabricado	904	21,0	Daños menores
73	PC1	Vivienda	Prefabricado	894	21,0	Daños menores
74	PC1	Vivienda	Prefabricado	929	22,0	Daños menores
75	PC1	Vivienda	Prefabricado	904	21,0	Daños menores
76	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	1150	66,5	Colapso parcial
77	W1	Vivienda	Madera	955	30,0	Daños graves
78	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1181	66,5	Colapso parcial
79	PC1	Vivienda	Prefabricado	933	23,0	Daños menores
80	W1	Vivienda	Madera	939	30,0	Daños graves
81	RM1	Vivienda	Mampostería	787	96,0	Colapso total
82	W1	Vivienda	Madera	969	31,0	Daños graves
83	W1	Vivienda	Madera	919	28,0	Daños graves
84	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1143	66,5	Colapso parcial
85	W1	Vivienda	Madera	958	31,0	Daños graves
86	W1	Vivienda	Madera	967	31,0	Daños graves
87	RM1	Vivienda	Mampostería	749	93,0	Colapso total
88	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	1070	33,0	Daños graves
89	RM1	Vivienda	Mampostería	770	95,0	Colapso total
90	PC1	Vivienda	Prefabricado	854	19,0	Daños menores
91	W1	Vivienda	Madera	905,5	28,0	Daños graves
92	W1	Vivienda	Madera	954	30,0	Daños graves
93	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	980	32,0	Daños graves
94	PC1	Vivienda	Prefabricado	945	23,0	Daños menores
95	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	1178	67,0	Colapso parcial
96	RM1	Vivienda	Mampostería	760	94,0	Colapso total
97	RM1	Vivienda	Mampostería	790	96,0	Colapso total
98	W1	Vivienda	Madera	910	28,0	Daños graves
99	RM1	Vivienda	Mampostería	768	95,0	Colapso total
100	RM1	Vivienda	Mampostería	781,5	96,0	Colapso total
101	RM1	Vivienda	Mampostería	792	96,0	Colapso total
102	RM1	Vivienda	Mampostería	790	96,0	Colapso total
103	RM1	Vivienda	Mampostería	775	95,0	Colapso total
104	RM1	Vivienda	Mampostería	768	95,0	Colapso total
105	S2	Vivienda	Pref. y acero.	1151	29,5	Daños graves
106	W1	Vivienda	Madera	949	30,0	Daños graves
107	W1	Vivienda	Madera	976	32,0	Daños graves
108	RM1	Vivienda	Mampostería	765	95,0	Colapso total
109	RM1	Vivienda	Mampostería	767	95,0	Colapso total
110	PC1	Vivienda	Prefabricado	926	22,0	Daños menores
111	PC1	Vivienda	Prefabricado	882	20,0	Daños menores
112	RM1	Vivienda	Mampostería	761	94,0	Colapso total
113	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	777	95,0	Colapso total
114	W1	Vivienda	Madera	920	29,0	Daños graves
115	W1	Vivienda	Madera	960	31,0	Daños graves
116	PC1	Vivienda	Prefabricado	933	23,0	Daños menores
117	W1	Vivienda	Madera	922	29,0	Daños graves
118	W1	Vivienda	Madera	1033,5	33,0	Daños graves
119	PC1	Vivienda	Prefabricado	917	22,0	Daños menores
120	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	792	96,0	Colapso total
121	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1201	66,5	Colapso parcial
122	W1	Vivienda	Madera	958	31,0	Daños graves
123	RM1	Vivienda	Mampostería	758	94,0	Colapso total
124	RM1	Vivienda	Mampostería	780	96,0	Colapso total
125	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1212	66,5	Colapso parcial
126	W1	Vivienda	Madera	951	30,0	Daños graves
127	RM1	Vivienda	Mampostería	763	95,0	Colapso total
128	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	1184,5	67,5	Colapso parcial
129	RM1	Vivienda	Mampostería	782	96,0	Colapso total
130	RM1	Vivienda	Mampostería	785	96,0	Colapso total
131	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	1155	66,5	Colapso parcial
132	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	1078	64,5	Colapso parcial
133	PC1	Vivienda	Prefabricado	861	19,0	Daños menores
134	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	764	95,0	Colapso total
135	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	790	96,0	Colapso total
136	S2	Vivienda	Acero (PERLIN)	821	18,0	Daños menores
137	PC1	Escuela	Prefabricado	880	20,0	Daños menores
138	RM1	Salon comunal	Mampostería	734,5	92,0	Colapso total
139	RM1	Iglesia	Mampostería	742	93,0	Colapso total

Porcentajes de daño y estados de colapso de las estructuras para el escenario No. 2

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	COLAPSO DE ESTRUCT.
1	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	849	61,5	Colapso parcial
2	W1	Vivienda	Madera	752	20	Daños menores
3	C1	Vivienda	Conc. y mad.	955	27	Daños graves
4	W1	Vivienda	Madera	741	20	Daños menores
5	W1	Vivienda	Madera	1142	33	Daños graves
6	W1	Vivienda	Madera	741	20	Daños menores
7	W1	Vivienda	Madera	1061	33	Daños graves
8	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	927	64,5	Colapso parcial
9	C1	Vivienda	Conc. y mad.	849	22	Daños menores
10	C1	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	843	21,5	Daños menores
11	C1	Cabina	Concreto	618	10	Daños menores
12	W1	Vivienda	Madera	1133	33	Daños graves
13	C1	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	942	26,5	Daños graves
14	W1	Vivienda	Madera	792	22	Daños menores
15	RM1	Vivienda	Mampostería	619	77	Colapso total
16	W1	Cabaña	Madera	752	20	Daños menores
17	C1	Vivienda	Conc. y mad.	966	27,5	Daños graves
18	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	744	14	Daños menores
19	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	629	78	Colapso total
20	W1	Vivienda	Madera	1159	33	Daños graves
21	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	842	25	Daños graves
22	W1	Vivienda	Madera	800	22	Daños menores
23	W1	Vivienda	Madera	741	20	Daños menores
24	W1	Vivienda	Madera	831	24	Daños menores
25	W1	Vivienda	Madera	729	19	Daños menores
26	PC1	Vivienda	Prefabricado	735	14	Daños menores
27	RM1	Vivienda	Mampostería	606	74	Colapso parcial
28	W1	Vivienda	Madera	717	18	Daños menores
29	W1	Vivienda	Madera	805	23	Daños menores
30	W1	Vivienda	Madera	819	23	Daños menores
31	C1	Vivienda	Concreto	609	10	Daños menores
32	W1	Vivienda	Madera	819	23	Daños menores
33	PC1	Vivienda	Prefabricado	688	12	Daños menores
34	PC1	Vivienda	Prefabricado	603	12	Daños menores
35	C1	Vivienda	Concreto	606	18	Daños menores
36	PC1	Vivienda	Prefabricado	700	13	Daños menores
37	W1	Vivienda	Madera	786	22	Daños menores
38	RM1	Vivienda	Mampostería	592	71	Colapso parcial
39	C1	Vivienda	Conc. y mad.	928	25,5	Daños graves
40	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	639	80	Colapso total
41	C1	Vivienda	Conc. y mad.	864	23	Daños menores
42	W1	Vivienda	Madera	713	18	Daños menores
43	W1	Vivienda	Madera	756	20	Daños menores
44	C1	Vivienda	Conc. y mad.	893	24	Daños menores
45	C1	Vivienda	Concreto	600	9	Daños menores
46	C1	Vivienda	Conc. y mad.	1011	29,5	Daños graves
47	RM1	Vivienda	Mampostería	603	86	Colapso total
48	W1	Vivienda	Madera	729	19	Daños menores
49	W1	Vivienda	Madera	730	19	Daños menores
50	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	993	66	Colapso parcial
51	W1	Vivienda	Madera	753	20	Daños menores
52	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	979	66	Colapso parcial
53	RM1	Vivienda	Mampostería	610	75	Colapso total
54	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	962	65,5	Colapso parcial
55	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	660	83	Colapso total
56	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	938	61,5	Colapso parcial
57	PC1	Vivienda	Prefabricado	755	15	Daños menores
58	W1	Vivienda	Madera	781	22	Daños menores
59	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	945	65	Colapso parcial
60	PC1	Vivienda	Prefabricado	767	15	Daños menores
61	PC1	Vivienda	Prefabricado	736	14	Daños menores
62	PC1	Vivienda	Prefabricado	748	14	Daños menores
63	PC1	Vivienda	Prefabricado	752	14	Daños menores
64	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	944	61,5	Colapso parcial
65	PC1	Vivienda	Prefabricado	763	15	Daños menores
66	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	788	16	Daños menores
67	S2	Vivienda	Pref. y acero.	930	22	Daños menores
68	PC1	Vivienda	Prefabricado	740	14	Daños menores
69	PC1	Vivienda	Prefabricado	746	14	Daños menores
70	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	961	65,5	Colapso parcial

Continuación

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	COLAPSO DE ESTRUCT.
71	RM1	Vivienda	Mampostería	633	79	Colapso total
72	PC1	Vivienda	Prefabricado	736	14	Daños menores
73	PC1	Vivienda	Prefabricado	728	14	Daños menores
74	PC1	Vivienda	Prefabricado	756	15	Daños menores
75	PC1	Vivienda	Prefabricado	736	14	Daños menores
76	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	936	61,5	Colapso parcial
77	W1	Vivienda	Madera	777	21	Daños menores
78	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	961	65,5	Colapso parcial
79	PC1	Vivienda	Prefabricado	760	15	Daños menores
80	W1	Vivienda	Madera	765	21	Daños menores
81	RM1	Vivienda	Mampostería	641	80	Colapso total
82	W1	Vivienda	Madera	789	22	Daños menores
83	W1	Vivienda	Madera	748	20	Daños menores
84	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	931	64,5	Colapso parcial
85	W1	Vivienda	Madera	780	22	Daños menores
86	W1	Vivienda	Madera	787	22	Daños menores
87	RM1	Vivienda	Mampostería	610	75	Colapso total
88	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	871	26	Colapso total
89	RM1	Vivienda	Mampostería	627	78	Colapso total
90	PC1	Vivienda	Prefabricado	695	12	Daños menores
91	W1	Vivienda	Madera	737	19	Daños menores
92	W1	Vivienda	Madera	776	21	Daños menores
93	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	798	22	Daños menores
94	PC1	Vivienda	Prefabricado	770	15	Daños menores
95	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	959	62	Colapso parcial
96	RM1	Vivienda	Mampostería	619	77	Colapso total
97	RM1	Vivienda	Mampostería	643	81	Colapso total
98	W1	Vivienda	Madera	741	20	Daños menores
99	RM1	Vivienda	Mampostería	625	78	Colapso total
100	RM1	Vivienda	Mampostería	636	80	Colapso total
101	RM1	Vivienda	Mampostería	645	81	Colapso total
102	RM1	Vivienda	Mampostería	643	81	Colapso total
103	RM1	Vivienda	Mampostería	631	79	Colapso total
104	RM1	Vivienda	Mampostería	625	78	Colapso total
105	S2	Vivienda	Pref. y acero.	937	23	Daños menores
106	W1	Vivienda	Madera	772	21	Daños menores
107	W1	Vivienda	Madera	795	22	Daños menores
108	RM1	Vivienda	Mampostería	623	77	Colapso total
109	RM1	Vivienda	Mampostería	625	78	Colapso total
110	PC1	Vivienda	Prefabricado	754	15	Daños menores
111	PC1	Vivienda	Prefabricado	718	13	Daños menores
112	RM1	Vivienda	Mampostería	619	77	Colapso total
113	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	632	79	Colapso total
114	W1	Vivienda	Madera	749	20	Daños menores
115	W1	Vivienda	Madera	781	22	Daños menores
116	PC1	Vivienda	Prefabricado	760	15	Daños menores
117	W1	Vivienda	Madera	751	20	Daños menores
118	W1	Vivienda	Madera	841	25	Daños graves
119	PC1	Vivienda	Prefabricado	747	14	Daños menores
120	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	645	81	Colapso total
121	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	978	66	Colapso parcial
122	W1	Vivienda	Madera	780	22	Daños menores
123	RM1	Vivienda	Mampostería	617	76	Colapso total
124	RM1	Vivienda	Mampostería	635	79	Colapso total
125	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	987	66	Colapso parcial
126	W1	Vivienda	Madera	774	21	Daños menores
127	RM1	Vivienda	Mampostería	622	77	Colapso total
128	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	964	62	Colapso parcial
129	RM1	Vivienda	Mampostería	637	80	Colapso total
130	RM1	Vivienda	Mampostería	639	80	Colapso total
131	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	941	65	Colapso parcial
132	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	877	59,5	Colapso parcial
133	PC1	Vivienda	Prefabricado	701	13	Daños menores
134	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	622	77	Colapso total
135	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	643	81	Colapso total
136	S2	Vivienda	Acero (PERLIN)	669	13	Daños menores
137	PC1	Escuela	Prefabricado	717	13	Daños menores
138	RM1	Salon comunal	Mampostería	598	73	Colapso parcial
139	RM1	Iglesia	Mampostería	604	74	Colapso parcial

Porcentajes de daño y estados de colapso de las estructuras para el escenario No. 3

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA.
1	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	566	39,0	Daños graves
2	W1	Vivienda	Madera	501	10,0	Daños menores
3	C1	Vivienda	Conc. y mad.	637	13,0	Daños menores
4	W1	Vivienda	Madera	494	9,0	Daños menores
5	W1	Vivienda	Madera	761,5	21,0	Daños menores
6	W1	Vivienda	Madera	494	9,0	Daños menores
7	W1	Vivienda	Madera	707	18,0	Daños menores
8	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	618	45,0	Daños graves
9	C1	Vivienda	Conc. y mad.	566	10,0	Daños menores
10	C1	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	562	10,0	Daños menores
11	C1	Cabina	Concreto	412	4,0	Daños menores
12	W1	Vivienda	Madera	755	20,0	Daños menores
13	C1	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	628	12,5	Daños menores
14	W1	Vivienda	Madera	528	11,0	Daños menores
15	RM1	Vivienda	Mampostería	413	32,0	Daños graves
16	W1	Cabaña	Madera	502	10,0	Daños menores
17	C1	Vivienda	Conc. y mad.	644	5,5	Daños menores
18	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	496	6,0	Daños menores
19	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	419	33,0	Daños graves
20	W1	Vivienda	Madera	772	21,0	Daños menores
21	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	562	12,0	Daños menores
22	W1	Vivienda	Madera	533	11,0	Daños menores
23	W1	Vivienda	Madera	494	9,0	Daños menores
24	W1	Vivienda	Madera	554	12,0	Daños menores
25	W1	Vivienda	Madera	486	9,0	Daños menores
26	PC1	Vivienda	Prefabricado	490	6,0	Daños menores
27	RM1	Vivienda	Mampostería	404	30,0	Daños graves
28	W1	Vivienda	Madera	478	9,0	Daños menores
29	W1	Vivienda	Madera	537	11,0	Daños menores
30	W1	Vivienda	Madera	546	11,0	Daños menores
31	C1	Vivienda	Concreto	406	4,0	Daños menores
32	W1	Vivienda	Madera	546	11,0	Daños menores
33	PC1	Vivienda	Prefabricado	459	5,0	Daños menores
34	PC1	Vivienda	Prefabricado	402	5,0	Daños menores
35	C1	Vivienda	Concreto	404	8,0	Daños menores
36	PC1	Vivienda	Prefabricado	466	5,0	Daños menores
37	W1	Vivienda	Madera	524	11,0	Daños menores
38	RM1	Vivienda	Mampostería	395	28,0	Daños graves
39	C1	Vivienda	Conc. y mad.	619	12,0	Daños menores
40	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	426	9,0	Daños menores
41	C1	Vivienda	Conc. y mad.	576	10,5	Daños menores
42	W1	Vivienda	Madera	475,5	9,0	Daños menores
43	W1	Vivienda	Madera	504	10,0	Daños menores
44	C1	Vivienda	Conc. y mad.	595	11,0	Daños menores
45	C1	Vivienda	Concreto	400	4,0	Daños menores
46	C1	Vivienda	Conc. y mad.	674	14,5	Daños menores
47	RM1	Vivienda	Mampostería	402	40,0	Daños graves
48	W1	Vivienda	Madera	486	9,0	Daños menores
49	W1	Vivienda	Madera	486	9,0	Daños menores
50	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	662	50,0	Colapso parcial
51	W1	Vivienda	Madera	502	10,0	Daños menores
52	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	653	49,0	Daños graves
53	RM1	Vivienda	Mampostería	407	30,0	Daños graves
54	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	641	47,5	Daños graves
55	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	440	38,0	Daños graves
56	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	626	44,0	Daños graves
57	PC1	Vivienda	Prefabricado	503	6,0	Daños menores
58	W1	Vivienda	Madera	521	10,0	Daños menores
59	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	630	46,5	Daños graves
60	PC1	Vivienda	Prefabricado	512	7,0	Daños menores
61	PC1	Vivienda	Prefabricado	491	6,0	Daños menores
62	PC1	Vivienda	Prefabricado	498,5	6,0	Daños menores
63	PC1	Vivienda	Prefabricado	501	6,0	Daños menores
64	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	629	44,0	Daños graves
65	PC1	Vivienda	Prefabricado	509	6,0	Daños menores
66	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	525	7,0	Daños menores
67	S2	Vivienda	Pref. y acero.	620	10,0	Daños menores
68	PC1	Vivienda	Prefabricado	493,5	6,0	Daños menores
69	PC1	Vivienda	Prefabricado	498	6,0	Daños menores
70	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	641	47,5	Daños graves

Continuación

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA.
71	RM1	Vivienda	Mampostería	422	34,0	Daños graves
72	PC1	Vivienda	Prefabricado	491	6,0	Daños menores
73	PC1	Vivienda	Prefabricado	485	6,0	Daños menores
74	PC1	Vivienda	Prefabricado	504	6,0	Daños menores
75	PC1	Vivienda	Prefabricado	491	6,0	Daños menores
76	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	624	43,5	Daños graves
77	W1	Vivienda	Madera	518	10,0	Daños menores
78	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	641	47,5	Daños graves
79	PC1	Vivienda	Prefabricado	506	6,0	Daños menores
80	W1	Vivienda	Madera	510	10,0	Daños menores
81	RM1	Vivienda	Mampostería	427	35,0	Daños graves
82	W1	Vivienda	Madera	526	11,0	Daños menores
83	W1	Vivienda	Madera	499	10,0	Daños menores
84	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	620,5	45,5	Daños graves
85	W1	Vivienda	Madera	520	10,0	Daños menores
86	W1	Vivienda	Madera	525	11,0	Daños menores
87	RM1	Vivienda	Mampostería	407	30,0	Daños graves
88	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	580,5	13,0	Daños graves
89	RM1	Vivienda	Mampostería	418	33,0	Daños graves
90	PC1	Vivienda	Prefabricado	464	5,0	Daños menores
91	W1	Vivienda	Madera	491,5	9,0	Daños menores
92	W1	Vivienda	Madera	518	10,0	Daños menores
93	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	532	11,0	Daños menores
94	PC1	Vivienda	Prefabricado	513	7,0	Daños menores
95	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	639	45,0	Daños graves
96	RM1	Vivienda	Mampostería	413	32,0	Daños graves
97	RM1	Vivienda	Mampostería	429	35,0	Daños graves
98	W1	Vivienda	Madera	494	9,0	Daños menores
99	RM1	Vivienda	Mampostería	417	33,0	Daños graves
100	RM1	Vivienda	Mampostería	424	34,0	Daños graves
101	RM1	Vivienda	Mampostería	430	35,0	Daños graves
102	RM1	Vivienda	Mampostería	429	35,0	Daños graves
103	RM1	Vivienda	Mampostería	421	33,0	Daños graves
104	RM1	Vivienda	Mampostería	417	33,0	Daños graves
105	S2	Vivienda	Pref. y acero.	625	10,0	Daños menores
106	W1	Vivienda	Madera	515	10,0	Daños menores
107	W1	Vivienda	Madera	530	11,0	Daños menores
108	RM1	Vivienda	Mampostería	415	32,0	Daños graves
109	RM1	Vivienda	Mampostería	416	32,0	Daños graves
110	PC1	Vivienda	Prefabricado	503	6,0	Daños menores
111	PC1	Vivienda	Prefabricado	479	6,0	Daños menores
112	RM1	Vivienda	Mampostería	413	32,0	Daños graves
113	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	422	34,0	Daños graves
114	W1	Vivienda	Madera	499,5	9,0	Daños menores
115	W1	Vivienda	Madera	521	10,0	Daños menores
116	PC1	Vivienda	Prefabricado	507	6,0	Daños menores
117	W1	Vivienda	Madera	501	9,0	Daños menores
118	W1	Vivienda	Madera	561	12,0	Daños menores
119	PC1	Vivienda	Prefabricado	498	6,0	Daños menores
120	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	430	35,0	Daños graves
121	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	652	49,0	Daños graves
122	W1	Vivienda	Madera	520	10,0	Daños menores
123	RM1	Vivienda	Mampostería	411,5	31,0	Daños graves
124	RM1	Vivienda	Mampostería	423	34,0	Daños graves
125	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	658	49,5	Daños graves
126	W1	Vivienda	Madera	516	10,0	Daños menores
127	RM1	Vivienda	Mampostería	414	32,0	Daños graves
128	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	643	46,0	Daños graves
129	RM1	Vivienda	Mampostería	424	34,0	Daños graves
130	RM1	Vivienda	Mampostería	426	35,0	Daños graves
131	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	627	46,5	Daños graves
132	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	585	39,5	Daños graves
133	PC1	Vivienda	Prefabricado	467,5	5,0	Daños menores
134	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	414,5	32,0	Daños graves
135	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	429	35,0	Daños graves
136	S2	Vivienda	Acero (PERLIN)	446	5,0	Daños menores
137	PC1	Escuela	Prefabricado	478	6,0	Daños menores
138	RM1	Salon comunal	Mampostería	399	29,0	Daños graves
139	RM1	Iglesia	Mampostería	402,5	30,0	Daños graves

Porcentajes de daño y estados de colapso de las estructuras para el escenario No. 4

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA.
1	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	424	20,0	Daños menores
2	W1	Vivienda	Madera	376	4,0	Daños menores
3	C1	Vivienda	Conc. y mad.	478	7,5	Daños menores
4	W1	Vivienda	Madera	371	4,0	Daños menores
5	W1	Vivienda	Madera	371	12,0	Daños menores
6	W1	Vivienda	Madera	371	4,0	Daños menores
7	W1	Vivienda	Madera	330	11,0	Daños menores
8	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	463,5	25,5	Daños graves
9	C1	Vivienda	Conc. y mad.	424	5,0	Daños menores
10	C1	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	421	5,0	Daños menores
11	C1	Cabina	Concreto	309	2,0	Daños menores
12	W1	Vivienda	Madera	366	12,0	Daños menores
13	C1	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	471	7,0	Daños menores
14	W1	Vivienda	Madera	396	5,0	Daños menores
15	RM1	Vivienda	Mampostería	310	14,0	Daños menores
16	W1	Cabaña	Madera	376	4,0	Daños menores
17	C1	Vivienda	Conc. y mad.	483	2,5	Daños menores
18	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	372	3,0	Daños menores
19	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	314	14,0	Daños menores
20	W1	Vivienda	Madera	379	13,0	Daños menores
21	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	421	6,0	Daños menores
22	W1	Vivienda	Madera	400	5,0	Daños menores
23	W1	Vivienda	Madera	370	4,0	Daños menores
24	W1	Vivienda	Madera	415,5	6,0	Daños menores
25	W1	Vivienda	Madera	365	4,0	Daños menores
26	PC1	Vivienda	Prefabricado	367,5	3,0	Daños menores
27	RM1	Vivienda	Mampostería	303	13,0	Daños menores
28	W1	Vivienda	Madera	359	4,0	Daños menores
29	W1	Vivienda	Madera	402,5	6,0	Daños menores
30	W1	Vivienda	Madera	410	6,0	Daños menores
31	C1	Vivienda	Concreto	305	2,0	Daños menores
32	W1	Vivienda	Madera	410	6,0	Daños menores
33	PC1	Vivienda	Prefabricado	344	3,0	Daños menores
34	PC1	Vivienda	Prefabricado	301	2,0	Daños menores
35	C1	Vivienda	Concreto	303	4,0	Daños menores
36	PC1	Vivienda	Prefabricado	350	3,0	Daños menores
37	W1	Vivienda	Madera	393	5,0	Daños menores
38	RM1	Vivienda	Mampostería	296	12,0	Daños menores
39	C1	Vivienda	Conc. y mad.	464	6,5	Daños menores
40	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	319,5	15,0	Daños menores
41	C1	Vivienda	Conc. y mad.	432	6,0	Daños menores
42	W1	Vivienda	Madera	357	4,0	Daños menores
43	W1	Vivienda	Madera	378	4,0	Daños menores
44	C1	Vivienda	Conc. y mad.	446,5	6,0	Daños menores
45	C1	Vivienda	Concreto	300	2,0	Daños menores
46	C1	Vivienda	Conc. y mad.	505	8,0	Daños menores
47	RM1	Vivienda	Mampostería	301	18,0	Daños menores
48	W1	Vivienda	Madera	364,5	4,0	Daños menores
49	W1	Vivienda	Madera	365	4,0	Daños menores
50	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	496	29,5	Daños graves
51	W1	Vivienda	Madera	377	4,0	Daños menores
52	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	490	29,0	Daños graves
53	RM1	Vivienda	Mampostería	305	13,0	Daños menores
54	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	481	28,0	Daños graves
55	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	330	17,0	Daños menores
56	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	469	24,5	Daños menores
57	PC1	Vivienda	Prefabricado	377,5	3,0	Daños menores
58	W1	Vivienda	Madera	391	5,0	Daños menores
59	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	473	26,5	Daños graves
60	PC1	Vivienda	Prefabricado	384	3,0	Daños menores
61	PC1	Vivienda	Prefabricado	368	3,0	Daños menores
62	PC1	Vivienda	Prefabricado	374	3,0	Daños menores
63	PC1	Vivienda	Prefabricado	376	3,0	Daños menores
64	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	472	25,5	Daños graves
65	PC1	Vivienda	Prefabricado	382	3,0	Daños menores
66	PC1	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	394	4,0	Daños menores
67	S2	Vivienda	Pref. y acero.	465	5,0	Daños menores
68	PC1	Vivienda	Prefabricado	370	3,0	Daños menores
69	PC1	Vivienda	Prefabricado	373	3,0	Daños menores
70	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	481	28,0	Daños graves

Continuación

No.	CÓDIGO LANAME	TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE MATERIAL	AMENAZA (gal)	% de daño	ESTRUCT. COLAPSADA.
71	RM1	Vivienda	Mampostería	316	15,0	Daños menores
72	PC1	Vivienda	Prefabricado	368	3,0	Daños menores
73	PC1	Vivienda	Prefabricado	364	3,0	Daños menores
74	PC1	Vivienda	Prefabricado	378	3,0	Daños menores
75	PC1	Vivienda	Prefabricado	368	3,0	Daños menores
76	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	468	24,5	Daños menores
77	W1	Vivienda	Madera	389	5,0	Daños menores
78	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	481	28,0	Daños graves
79	PC1	Vivienda	Prefabricado	380	3,0	Daños menores
80	W1	Vivienda	Madera	382	5,0	Daños menores
81	RM1	Vivienda	Mampostería	320	15,0	Daños menores
82	W1	Vivienda	Madera	394,5	5,0	Daños menores
83	W1	Vivienda	Madera	374	4,0	Daños menores
84	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	465	25,5	Daños graves
85	W1	Vivienda	Madera	390	5,0	Daños menores
86	W1	Vivienda	Madera	394	5,0	Daños menores
87	RM1	Vivienda	Mampostería	305	13,0	Daños menores
88	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	435	7,0	Daños menores
89	RM1	Vivienda	Mampostería	313	14,0	Daños menores
90	PC1	Vivienda	Prefabricado	348	3,0	Daños menores
91	W1	Vivienda	Madera	369	4,0	Daños menores
92	W1	Vivienda	Madera	388	5,0	Daños menores
93	W1	Vivienda (2 pisos)	Madera	399	5,0	Daños menores
94	PC1	Vivienda	Prefabricado	385	3,0	Daños menores
95	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	479,5	26,0	Daños graves
96	RM1	Vivienda	Mampostería	309,5	14,0	Daños menores
97	RM1	Vivienda	Mampostería	321	15,0	Daños menores
98	W1	Vivienda	Madera	370	4,0	Daños menores
99	RM1	Vivienda	Mampostería	313	14,0	Daños menores
100	RM1	Vivienda	Mampostería	318	15,0	Daños menores
101	RM1	Vivienda	Mampostería	322	16,0	Daños menores
102	RM1	Vivienda	Mampostería	322	16,0	Daños menores
103	RM1	Vivienda	Mampostería	316	15,0	Daños menores
104	RM1	Vivienda	Mampostería	313	14,0	Daños menores
105	S2	Vivienda	Pref. y acero.	469	5,0	Daños menores
106	W1	Vivienda	Madera	386	5,0	Daños menores
107	W1	Vivienda	Madera	397	5,0	Daños menores
108	RM1	Vivienda	Mampostería	311,5	14,0	Daños menores
109	RM1	Vivienda	Mampostería	312	14,0	Daños menores
110	PC1	Vivienda	Prefabricado	377	3,0	Daños menores
111	PC1	Vivienda	Prefabricado	359	3,0	Daños menores
112	RM1	Vivienda	Mampostería	310	14,0	Daños menores
113	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	316	15,0	Daños menores
114	W1	Vivienda	Madera	375	4,0	Daños menores
115	W1	Vivienda	Madera	391	5,0	Daños menores
116	PC1	Vivienda	Prefabricado	380	3,0	Daños menores
117	W1	Vivienda	Madera	375,5	4,0	Daños menores
118	W1	Vivienda	Madera	421	6,0	Daños menores
119	PC1	Vivienda	Prefabricado	373	3,0	Daños menores
120	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	322	16,0	Daños menores
121	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	489	29,0	Daños graves
122	W1	Vivienda	Madera	390	5,0	Daños menores
123	RM1	Vivienda	Mampostería	309	14,0	Daños menores
124	RM1	Vivienda	Mampostería	317	15,0	Daños menores
125	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	493	29,5	Daños graves
126	W1	Vivienda	Madera	387	5,0	Daños menores
127	RM1	Vivienda	Mampostería	311	14,0	Daños menores
128	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	482	26,5	Daños graves
129	RM1	Vivienda	Mampostería	318	15,0	Daños menores
130	RM1	Vivienda	Mampostería	319,5	15,0	Daños menores
131	RM1	Vivienda	Mamp. y mad.	470	26,0	Daños graves
132	RM1	Vivienda	Mamp. y pref.	439	21,0	Daños menores
133	PC1	Vivienda	Prefabricado	351	3,0	Daños menores
134	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	311	14,0	Daños menores
135	RM2	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	322	16,0	Daños menores
136	S2	Vivienda	Acero (PERLIN)	334	2,0	Daños menores
137	PC1	Escuela	Prefabricado	358	3,0	Daños menores
138	RM1	Salon comunal	Mampostería	299	13,0	Daños menores
139	RM1	Iglesia	Mampostería	302	13,0	Daños menores

Porcentajes de daño y estados de colapso de las estructuras para el escenario No. 5

**Anexo 3: Tablas con los resultados del cálculo de las pérdidas económicas (riesgo) para las estructuras de la zona de estudio, de acuerdo a cada escenario**

No.	Tipo de Estructura	Tipo de material	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	% de daño	Costo de construcción por m <sup>2</sup>	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del	Valor total de la estructura o edificación	RIESGO (Pérdidas económicas)
1	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	0,60	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.655.000,00	€ 12.393.000,00
2	Vivienda	Madera	90,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 4.548.960,00
3	Vivienda	Conc. y mad.	70,0	0,25	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 3.426.370,00
4	Vivienda	Madera	100,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.054.400,00
5	Vivienda	Madera	70,0	0,33	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 4.613.380,00
6	Vivienda	Madera	100,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.054.400,00
7	Vivienda	Madera	95,0	0,33	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 8.803.080,00
8	Vivienda	Mamp. y mad.	120,0	0,63	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 18.225.000,00
9	Vivienda	Conc. y mad.	90,0	0,20	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 4.374.000,00
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	240,0	0,20	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 73.872.000,00	€ 14.405.040,00
11	Cabina	Concreto	600,0	0,09	€235.000,00	€ 18.800,00	€ 253.800,00	€ 152.280.000,00	€ 13.705.200,00
12	Vivienda	Madera	90,0	0,33	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 5.934.060,00
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	250,0	0,24	€240.000,00	€ 19.200,00	€ 259.200,00	€ 64.800.000,00	€ 15.552.000,00
14	Vivienda	Madera	95,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 5.335.200,00
15	Vivienda	Mampostería	90,0	0,70	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 15.309.000,00
16	Cabaña	Madera	80,0	0,18	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 24.624.000,00	€ 4.432.320,00
17	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,12	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 2.654.775,00
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	180,0	0,13	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 43.740.000,00	€ 5.686.200,00
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	200,0	0,70	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 48.600.000,00	€ 34.020.000,00
20	Vivienda	Madera	90,0	0,33	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 5.934.060,00
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	100,0	0,22	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 6.177.600,00
22	Vivienda	Madera	85,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 4.773.600,00
23	Vivienda	Madera	80,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.043.520,00
24	Vivienda	Madera	85,0	0,22	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 5.250.960,00
25	Vivienda	Madera	85,0	0,17	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 4.057.560,00
26	Vivienda	Prefabricado	90,0	0,12	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 2.624.400,00
27	Vivienda	Mampostería	75,0	0,67	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 14.985.000,00	€ 10.039.950,00
28	Vivienda	Madera	90,0	0,17	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 4.296.240,00
29	Vivienda	Madera	60,0	0,21	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 11.988.000,00	€ 2.517.480,00
30	Vivienda	Madera	80,0	0,21	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.717.440,00
31	Vivienda	Concreto	150,0	0,09	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 36.450.000,00	€ 3.280.500,00
32	Vivienda	Madera	80,0	0,21	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.717.440,00
33	Vivienda	Prefabricado	75,0	0,11	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 14.985.000,00	€ 1.648.350,00
34	Vivienda	Prefabricado	100,0	0,10	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 2.430.000,00
35	Vivienda	Concreto	100,0	0,16	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 3.888.000,00
36	Vivienda	Prefabricado	70,0	0,11	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 1.538.460,00
37	Vivienda	Madera	100,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.616.000,00
38	Vivienda	Mampostería	120,0	0,65	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 18.954.000,00
39	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,11	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 2.551.500,00
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	160,0	0,75	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 38.880.000,00	€ 29.160.000,00
41	Vivienda	Conc. y mad.	110,0	0,11	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 26.730.000,00	€ 2.940.300,00
42	Vivienda	Madera	85,0	0,17	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 4.057.560,00
43	Vivienda	Madera	100,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.054.400,00
44	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,22	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 19.980.000,00	€ 4.295.700,00
45	Vivienda	Concreto	90,0	0,08	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 1.749.600,00
46	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,12	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 2.770.200,00
47	Vivienda	Mampostería	90,0	0,80	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 17.496.000,00
48	Vivienda	Madera	80,0	0,17	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 3.818.880,00
49	Vivienda	Madera	90,0	0,17	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 4.296.240,00
50	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 15.673.500,0
51	Vivienda	Madera	80	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 3.499.200,0
52	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 15.673.500,0
53	Vivienda	Mampostería	85	0,68	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 14.045.400,0
54	Vivienda	Mamp. y pref.	100	0,64	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 15.552.000,0
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,77	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,0	€ 67.359.600,0
56	Vivienda	Mamp. y pref.	110	0,60	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,0	€ 15.904.350,0
57	Vivienda	Prefabricado	120	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 3.790.800,0
58	Vivienda	Madera	80	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 3.888.000,0
59	Vivienda	Mamp. y mad.	90	0,63	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 13.778.100,0
60	Vivienda	Prefabricado	80	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 2.721.600,0
61	Vivienda	Prefabricado	80	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 2.332.800,0
62	Vivienda	Prefabricado	85	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 2.685.150,0
63	Vivienda	Prefabricado	90	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 2.843.100,0
64	Vivienda	Mamp. y pref.	120	0,60	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 17.496.000,0
65	Vivienda	Prefabricado	80	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 2.527.200,0
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	160	0,14	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 77.760.000,0	€ 10.886.400,0
67	Vivienda	Pref. y acero.	70	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,0	€ 3.402.000,0
68	Vivienda	Prefabricado	75	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 18.225.000,0	€ 2.369.250,0
69	Vivienda	Prefabricado	80	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 2.527.200,0

Continuación

70	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,64	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 12.441.600,00
71	Vivienda	Mampostería	110	0,73	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 19.512.900,00
72	Vivienda	Prefabricado	85	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 2.478.600,00
73	Vivienda	Prefabricado	90	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 2.624.400,00
74	Vivienda	Prefabricado	70	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,00	€ 2.211.300,00
75	Vivienda	Prefabricado	85	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 2.478.600,00
76	Vivienda	Mamp. y pref.	80	0,60	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 11.566.800,00
77	Vivienda	Madera	70	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,00	€ 3.251.900,00
78	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,64	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 12.441.600,00
79	Vivienda	Prefabricado	100	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.159.000,00
80	Vivienda	Madera	85	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.924.450,00
81	Vivienda	Mampostería	85	0,74	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 15.284.700,00
82	Vivienda	Madera	90	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 4.374.000,00
83	Vivienda	Madera	90	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 3.936.600,00
84	Vivienda	Mamp. y mad.	85	0,63	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 12.909.375,00
85	Vivienda	Madera	80	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 3.693.600,00
86	Vivienda	Madera	85	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 4.131.000,00
87	Vivienda	Mampostería	100	0,68	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 16.524.000,00
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	180	0,24	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 20.995.200,00
89	Vivienda	Mampostería	120	0,71	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 20.703.600,00
90	Vivienda	Prefabricado	80	0,11	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 2.138.400,00
91	Vivienda	Madera	85	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.717.900,00
92	Vivienda	Madera	90	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 4.155.300,00
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	160	0,20	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 77.760.000,00	€ 15.552.000,00
94	Vivienda	Prefabricado	90	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 3.061.800,00
95	Vivienda	Mamp. y pref.	85	0,61	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 12.496.275,00
96	Vivienda	Mampostería	120	0,70	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 20.412.000,00
97	Vivienda	Mampostería	100	0,74	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 17.982.000,00
98	Vivienda	Madera	80	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 3.499.200,00
99	Vivienda	Mampostería	100	0,71	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 17.253.000,00
100	Vivienda	Mampostería	130	0,73	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 51.590.000,00	€ 23.060.700,00
101	Vivienda	Mampostería	100	0,75	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 18.225.000,00
102	Vivienda	Mampostería	125	0,74	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 30.375.000,00	€ 22.477.500,00
103	Vivienda	Mampostería	85	0,72	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 14.871.600,00
104	Vivienda	Mampostería	100	0,71	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 17.253.000,00
105	Vivienda	Pref. y acero.	100	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 4.860.000,00
106	Vivienda	Madera	85	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.924.450,00
107	Vivienda	Madera	100	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 4.860.000,00
108	Vivienda	Mampostería	110	0,71	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 18.978.300,00
109	Vivienda	Mampostería	80	0,71	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 13.802.400,00
110	Vivienda	Prefabricado	85	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 2.685.150,00
111	Vivienda	Prefabricado	120	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 3.499.200,00
112	Vivienda	Mampostería	110	0,70	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 18.711.000,00
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,73	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 63.860.400,00
114	Vivienda	Madera	85	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.717.900,00
115	Vivienda	Madera	80	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 3.888.000,00
116	Vivienda	Prefabricado	100	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.159.000,00
117	Vivienda	Madera	100	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 4.374.000,00
118	Vivienda	Madera	80	0,22	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 4.276.800,00
119	Vivienda	Prefabricado	105	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,00	€ 3.316.950,00
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	185	0,75	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 89.910.000,00	€ 67.432.500,00
121	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 15.673.500,00
122	Vivienda	Madera	100	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 4.617.000,00
123	Vivienda	Mampostería	120	0,70	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 20.412.000,00
124	Vivienda	Mampostería	115	0,73	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,00	€ 20.399.850,00
125	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 17.240.850,00
126	Vivienda	Madera	80	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 3.693.600,00
127	Vivienda	Mampostería	120	0,70	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 20.412.000,00
128	Vivienda	Mamp. y pref.	105	0,61	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,00	€ 15.564.150,00
129	Vivienda	Mampostería	115	0,73	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,00	€ 20.399.850,00
130	Vivienda	Mampostería	85	0,74	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 15.284.700,00
131	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,63	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 16.839.900,00
132	Vivienda	Mamp. y pref.	90	0,38	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 12.575.250,00
133	Vivienda	Prefabricado	80	0,11	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 2.138.400,00
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	170	0,70	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 82.620.000,00	€ 57.834.000,00
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,74	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 64.735.200,00
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	150	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 56.450.000,00	€ 3.645.000,00
137	Escuela	Prefabricado	800	0,12	€395.000,0	€ 31.600,0	€ 426.600,0	€ 341.280.000,00	€ 40.953.600,00
138	Salon comunal	Mampostería	150	0,66	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 56.450.000,00	€ 24.057.000,00
139	Iglesia	Mampostería	250	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 60.750.000,00	€ 40.702.500,00
<b>Valor total:</b>									<b>€ 1.594.482.975,00</b>

No.	Tipo de Estructura	Tipo de material	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	% de daño	Costo de construcción por m <sup>2</sup>	Inflación (800)	Costo con el valor de inflación a febrero del	Valor total de la estructura o edificación	RIESGO
1	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	0,67	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€20.655.000,00	€ 13.735.575,00
2	Vivienda	Madera	90,0	0,29	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€25.272.000,00	€ 7.328.880,00
3	Vivienda	Conc. y mad.	70,0	0,30	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€13.986.000,00	€ 4.125.870,00
4	Vivienda	Madera	100,0	0,28	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€28.080.000,00	€ 7.862.400,00
5	Vivienda	Madera	70,0	0,33	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€13.986.000,00	€ 4.615.380,00
6	Vivienda	Madera	100,0	0,28	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€28.080.000,00	€ 7.862.400,00
7	Vivienda	Madera	95,0	0,33	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€26.676.000,00	€ 8.803.080,00
8	Vivienda	Mamp. y mad.	120,0	0,67	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€29.160.000,00	€ 19.391.400,00
9	Vivienda	Conc. y mad.	90,0	0,30	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€21.870.000,00	€ 6.451.650,00
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	240,0	0,30	€285.000,00	€22.800,00	€307.800,00	€73.872.000,00	€ 21.792.240,00
11	Cabina	Concreto	600,0	0,16	€235.000,00	€18.800,00	€253.800,00	€152.280.000,00	€ 24.364.800,00
12	Vivienda	Madera	90,0	0,33	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€17.982.000,00	€ 5.934.060,00
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	250,0	0,30	€240.000,00	€19.200,00	€259.200,00	€64.800.000,00	€ 19.116.000,00
14	Vivienda	Madera	95,0	0,31	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€26.676.000,00	€ 8.269.560,00
15	Vivienda	Mampostería	90,0	0,94	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€21.870.000,00	€ 20.557.800,00
16	Cabaña	Madera	80,0	0,29	€285.000,00	€22.800,00	€307.800,00	€24.624.000,00	€ 7.140.960,00
17	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,19	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€23.085.000,00	€ 4.386.150,00
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	180,0	0,22	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€43.740.000,00	€ 9.622.800,00
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	200,0	0,95	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€48.600.000,00	€ 46.170.000,00
20	Vivienda	Madera	90,0	0,33	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€17.982.000,00	€ 5.934.060,00
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	100,0	0,33	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€28.080.000,00	€ 9.266.400,00
22	Vivienda	Madera	85,0	0,32	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€23.868.000,00	€ 7.637.760,00
23	Vivienda	Madera	80,0	0,28	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€22.464.000,00	€ 6.289.920,00
24	Vivienda	Madera	85,0	0,33	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€23.868.000,00	€ 7.876.440,00
25	Vivienda	Madera	85,0	0,27	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€23.868.000,00	€ 6.444.360,00
26	Vivienda	Prefabricado	90,0	0,21	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€21.870.000,00	€ 4.592.700,00
27	Vivienda	Mampostería	80,0	0,93	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€15.984.000,00	€ 14.865.120,00
28	Vivienda	Madera	90,0	0,27	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€25.272.000,00	€ 6.823.440,00
29	Vivienda	Madera	60,0	0,32	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€11.988.000,00	€ 3.836.160,00
30	Vivienda	Madera	80,0	0,33	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€22.464.000,00	€ 7.413.120,00
31	Vivienda	Concreto	150,0	0,15	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€36.450.000,00	€ 5.467.500,00
32	Vivienda	Madera	80,0	0,33	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€22.464.000,00	€ 7.413.120,00
33	Vivienda	Prefabricado	80,0	0,18	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€15.984.000,00	€ 2.877.120,00
34	Vivienda	Prefabricado	100,0	0,17	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€24.300.000,00	€ 4.131.000,00
35	Vivienda	Concreto	100,0	0,26	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€24.300.000,00	€ 6.318.000,00
36	Vivienda	Prefabricado	70,0	0,19	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€13.986.000,00	€ 2.637.340,00
37	Vivienda	Madera	100,0	0,31	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€28.080.000,00	€ 8.704.800,00
38	Vivienda	Mampostería	120,0	0,92	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€29.160.000,00	€ 26.827.200,00
39	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,30	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€24.300.000,00	€ 7.168.500,00
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	160,0	0,96	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€38.880.000,00	€ 37.324.800,00
41	Vivienda	Conc. y mad.	110,0	0,30	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€26.730.000,00	€ 7.885.350,00
42	Vivienda	Madera	85,0	0,26	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€23.868.000,00	€ 6.205.680,00
43	Vivienda	Madera	100,0	0,29	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€28.080.000,00	€ 8.143.200,00
44	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,30	€185.000,00	€14.800,00	€199.800,00	€19.980.000,00	€ 5.894.100,00
45	Vivienda	Concreto	90,0	0,11	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€21.870.000,00	€ 2.405.700,00
46	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,30	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€23.085.000,00	€ 6.810.075,00
47	Vivienda	Mampostería	90,0	0,98	€225.000,00	€18.000,00	€243.000,00	€21.870.000,00	€ 21.432.600,00
48	Vivienda	Madera	80,0	0,27	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€22.464.000,00	€ 6.065.280,00
49	Vivienda	Madera	90,0	0,27	€260.000,00	€20.800,00	€280.800,00	€25.272.000,00	€ 6.823.440,00
50	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,67	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€24.300.000,00	€ 16.159.500,00
51	Vivienda	Madera	80	0,29	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€19.440.000,00	€ 5.637.600,00
52	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,67	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€24.300.000,00	€ 16.159.500,00
53	Vivienda	Mampostería	85	0,93	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€20.655.000,00	€ 19.209.150,00
54	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,67	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€24.300.000,00	€ 16.159.500,00
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,97	€450.000,00	€ 36.000,00	€ 486.000,00	€87.480.000,00	€ 84.855.600,00
56	Vivienda	Mamp. y pref.	110	0,67	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€26.730.000,00	€ 17.775.450,00
57	Vivienda	Prefabricado	120	0,22	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€29.160.000,00	€ 6.415.200,00
58	Vivienda	Madera	80	0,31	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€19.440.000,00	€ 6.026.400,00
59	Vivienda	Mamp. y mad.	90	0,67	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€21.870.000,00	€ 14.543.550,00
60	Vivienda	Prefabricado	80	0,23	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€19.440.000,00	€ 4.471.200,00
61	Vivienda	Prefabricado	80	0,21	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€19.440.000,00	€ 4.082.400,00
62	Vivienda	Prefabricado	85	0,22	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€20.655.000,00	€ 4.544.100,00
63	Vivienda	Prefabricado	90	0,22	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€21.870.000,00	€ 4.811.400,00
64	Vivienda	Mamp. y pref.	120	0,67	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€29.160.000,00	€ 19.337.200,00
65	Vivienda	Prefabricado	80	0,23	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€19.440.000,00	€ 4.471.200,00
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	160	0,24	€450.000,00	€ 36.000,00	€ 486.000,00	€77.760.000,00	€ 18.662.400,00
67	Vivienda	Pref. y acero.	70	0,30	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€17.010.000,00	€ 5.017.950,00
68	Vivienda	Prefabricado	75	0,21	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€18.225.000,00	€ 3.827.250,00
69	Vivienda	Prefabricado	80	0,22	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€19.440.000,00	€ 4.276.800,00

Continuación

70	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 12.927.600,00
71	Vivienda	Mampostería	110	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€26.730.000,00	€ 25.393.500,00
72	Vivienda	Prefabricado	85	0,21	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 4.337.550,00
73	Vivienda	Prefabricado	90	0,21	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€21.870.000,00	€ 4.592.700,00
74	Vivienda	Prefabricado	70	0,22	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€17.010.000,00	€ 3.742.200,00
75	Vivienda	Prefabricado	85	0,21	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 4.337.550,00
76	Vivienda	Mamp. y pref.	80	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 12.927.600,00
77	Vivienda	Madera	70	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€17.010.000,00	€ 5.103.000,00
78	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 12.927.600,00
79	Vivienda	Prefabricado	100	0,23	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 5.589.000,00
80	Vivienda	Madera	85	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 6.196.500,00
81	Vivienda	Mampostería	85	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 19.828.800,00
82	Vivienda	Madera	90	0,31	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€21.870.000,00	€ 6.779.700,00
83	Vivienda	Madera	90	0,28	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€21.870.000,00	€ 6.123.600,00
84	Vivienda	Mamp. y mad.	85	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 13.735.375,00
85	Vivienda	Madera	80	0,31	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 6.026.400,00
86	Vivienda	Madera	85	0,31	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 6.403.050,00
87	Vivienda	Mampostería	100	0,93	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 22.599.000,00
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	180	0,33	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€87.480.000,00	€ 28.868.400,00
89	Vivienda	Mampostería	120	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€29.160.000,00	€ 27.702.000,00
90	Vivienda	Prefabricado	80	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 3.693.600,00
91	Vivienda	Madera	85	0,28	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 5.783.400,00
92	Vivienda	Madera	90	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€21.870.000,00	€ 6.561.000,00
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	160	0,32	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€77.760.000,00	€ 24.883.200,00
94	Vivienda	Prefabricado	90	0,23	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€21.870.000,00	€ 5.030.100,00
95	Vivienda	Mamp. y pref.	85	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 13.838.850,00
96	Vivienda	Mampostería	120	0,94	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€29.160.000,00	€ 27.410.400,00
97	Vivienda	Mampostería	100	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 23.328.000,00
98	Vivienda	Madera	80	0,28	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 5.443.200,00
99	Vivienda	Mampostería	100	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 23.085.000,00
100	Vivienda	Mampostería	130	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€31.590.000,00	€ 30.326.400,00
101	Vivienda	Mampostería	100	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 23.328.000,00
102	Vivienda	Mampostería	125	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€30.375.000,00	€ 29.160.000,00
103	Vivienda	Mampostería	85	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 19.622.250,00
104	Vivienda	Mampostería	100	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 23.085.000,00
105	Vivienda	Pref. y acero.	100	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 7.168.500,00
106	Vivienda	Madera	85	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 6.196.500,00
107	Vivienda	Madera	100	0,32	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 7.776.000,00
108	Vivienda	Mampostería	110	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€26.730.000,00	€ 25.393.500,00
109	Vivienda	Mampostería	80	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 18.468.000,00
110	Vivienda	Prefabricado	85	0,22	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 4.544.100,00
111	Vivienda	Prefabricado	120	0,20	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€29.160.000,00	€ 5.832.000,00
112	Vivienda	Mampostería	110	0,94	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€26.730.000,00	€ 25.126.200,00
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,95	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€87.480.000,00	€ 83.106.000,00
114	Vivienda	Madera	85	0,29	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 5.989.950,00
115	Vivienda	Madera	80	0,31	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 6.026.400,00
116	Vivienda	Prefabricado	100	0,23	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 5.589.000,00
117	Vivienda	Madera	100	0,29	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 7.047.000,00
118	Vivienda	Madera	80	0,33	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 6.413.200,00
119	Vivienda	Prefabricado	105	0,22	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€25.515.000,00	€ 5.613.300,00
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	185	0,96	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€89.910.000,00	€ 86.313.600,00
121	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 16.139.500,00
122	Vivienda	Madera	100	0,31	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€24.300.000,00	€ 7.333.000,00
123	Vivienda	Mampostería	120	0,94	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€29.160.000,00	€ 27.410.400,00
124	Vivienda	Mampostería	115	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€27.945.000,00	€ 26.827.200,00
125	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€26.730.000,00	€ 17.775.450,00
126	Vivienda	Madera	80	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 5.832.000,00
127	Vivienda	Mampostería	120	0,95	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€29.160.000,00	€ 27.702.000,00
128	Vivienda	Mamp. y pref.	105	0,68	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€25.515.000,00	€ 17.222.625,00
129	Vivienda	Mampostería	115	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€27.945.000,00	€ 26.827.200,00
130	Vivienda	Mampostería	85	0,96	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€20.655.000,00	€ 19.828.800,00
131	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,67	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€26.730.000,00	€ 17.775.450,00
132	Vivienda	Mamp. y pref.	90	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€21.870.000,00	€ 14.106.150,00
133	Vivienda	Prefabricado	80	0,19	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€19.440.000,00	€ 3.693.600,00
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	170	0,95	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€82.620.000,00	€ 78.459.800,00
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,96	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€87.480.000,00	€ 83.980.800,00
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	150	0,18	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€36.450.000,00	€ 6.561.000,00
137	Escuela	Prefabricado	800	0,20	€395.000,0	€ 31.600,0	€ 426.600,0	€ 341.280.000,00	€ 68.256.000,00
138	Salon comunal	Mampostería	150	0,92	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,00	€ 33.534.000,00
139	Iglesia	Mampostería	250	0,93	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 60.750.000,00	€ 56.497.500,00
<b>Valor total:</b>									<b>€ 2.149.045.290,00</b>

Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 2

No.	Tipo de Estructura	Tipo de material	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	% de daño	Costo de construcción por m <sup>2</sup>	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del	Valor total de la estructura o edificación	RIESGO
1	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	0,62	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.635.000,00	€ 12.702.825,00
2	Vivienda	Madera	90,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 5.054.400,00
3	Vivienda	Conc. y mad.	70,0	0,27	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 3.776.220,00
4	Vivienda	Madera	100,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.616.000,00
5	Vivienda	Madera	70,0	0,33	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 4.615.380,00
6	Vivienda	Madera	100,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.616.000,00
7	Vivienda	Madera	95,0	0,33	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 8.803.080,00
8	Vivienda	Mamp. y mad.	120,0	0,65	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 18.808.200,00
9	Vivienda	Conc. y mad.	90,0	0,22	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 4.811.400,00
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	240,0	0,22	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 73.872.000,00	€ 15.882.480,00
11	Cabina	Concreto	600,0	0,10	€235.000,00	€ 18.800,00	€ 253.800,00	€ 152.280.000,00	€ 19.228.000,00
12	Vivienda	Madera	90,0	0,33	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 5.934.060,00
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	250,0	0,27	€240.000,00	€ 19.200,00	€ 259.200,00	€ 64.800.000,00	€ 17.172.000,00
14	Vivienda	Madera	95,0	0,22	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 5.868.720,00
15	Vivienda	Mampostería	90,0	0,77	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 16.839.900,00
16	Cabaña	Madera	80,0	0,20	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 24.624.000,00	€ 4.924.800,00
17	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,28	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 6.348.375,00
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	180,0	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 43.740.000,00	€ 6.123.600,00
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	200,0	0,78	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 48.600.000,00	€ 37.908.000,00
20	Vivienda	Madera	90,0	0,33	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 5.934.060,00
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	100,0	0,25	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 7.020.000,00
22	Vivienda	Madera	85,0	0,22	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 5.250.960,00
23	Vivienda	Madera	80,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.492.800,00
24	Vivienda	Madera	85,0	0,24	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 5.728.320,00
25	Vivienda	Madera	85,0	0,19	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 4.534.920,00
26	Vivienda	Prefabricado	90,0	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 3.061.800,00
27	Vivienda	Mampostería	80,0	0,74	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 15.984.000,00	€ 11.828.160,00
28	Vivienda	Madera	90,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 4.548.960,00
29	Vivienda	Madera	60,0	0,23	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 11.988.000,00	€ 2.757.240,00
30	Vivienda	Madera	80,0	0,23	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 5.166.720,00
31	Vivienda	Concreto	150,0	0,10	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 36.450.000,00	€ 3.645.000,00
32	Vivienda	Madera	80,0	0,23	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 5.166.720,00
33	Vivienda	Prefabricado	80,0	0,12	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 15.984.000,00	€ 1.918.080,00
34	Vivienda	Prefabricado	100,0	0,12	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 2.916.000,00
35	Vivienda	Concreto	100,0	0,18	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 4.374.000,00
36	Vivienda	Prefabricado	70,0	0,13	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 1.818.180,00
37	Vivienda	Madera	100,0	0,22	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 6.177.600,00
38	Vivienda	Mampostería	120,0	0,71	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 20.703.600,00
39	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,26	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 6.196.500,00
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	160,0	0,80	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 38.880.000,00	€ 31.104.000,00
41	Vivienda	Conc. y mad.	110,0	0,23	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 26.730.000,00	€ 6.147.900,00
42	Vivienda	Madera	85,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 4.296.240,00
43	Vivienda	Madera	100,0	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 5.616.000,00
44	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,24	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 19.980.000,00	€ 4.795.200,00
45	Vivienda	Concreto	90,0	0,09	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 1.968.300,00
46	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,30	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 6.810.075,00
47	Vivienda	Mampostería	90,0	0,86	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 18.808.200,00
48	Vivienda	Madera	80,0	0,19	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.268.160,00
49	Vivienda	Madera	90,0	0,19	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 4.801.680,00
50	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,66	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 16.038.000,00
51	Vivienda	Madera	80	0,20	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.492.800,00
52	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,66	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 16.038.000,00
53	Vivienda	Mampostería	85	0,75	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.635.000,00	€ 15.491.250,00
54	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,66	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 15.916.500,00
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,83	€450.000,00	€ 36.000,00	€ 486.000,00	€ 87.480.000,00	€ 72.608.400,00
56	Vivienda	Mamp. y pref.	110	0,62	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 26.730.000,00	€ 16.438.950,00
57	Vivienda	Prefabricado	120	0,15	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 4.374.000,00
58	Vivienda	Madera	80	0,22	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 4.942.080,00
59	Vivienda	Mamp. y mad.	90	0,65	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 14.215.500,00
60	Vivienda	Prefabricado	80	0,15	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 2.916.000,00
61	Vivienda	Prefabricado	80	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 2.721.600,00
62	Vivienda	Prefabricado	85	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.635.000,00	€ 2.891.700,00
63	Vivienda	Prefabricado	90	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 3.061.800,00
64	Vivienda	Mamp. y pref.	120	0,62	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 17.933.400,00
65	Vivienda	Prefabricado	80	0,15	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 2.916.000,00
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	160	0,16	€450.000,00	€ 36.000,00	€ 486.000,00	€ 77.760.000,00	€ 12.441.600,00
67	Vivienda	Pref. y acero.	70	0,22	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 17.010.000,00	€ 3.742.200,00
68	Vivienda	Prefabricado	75	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 18.225.000,00	€ 2.551.500,00
69	Vivienda	Prefabricado	80	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 2.721.600,00

**Continuación**

70	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,66	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 12.733.200,00
71	Vivienda	Mampostería	110	0,79	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 21.116.700,00
72	Vivienda	Prefabricado	85	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 2.891.700,00
73	Vivienda	Prefabricado	90	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 3.061.800,00
74	Vivienda	Prefabricado	70	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,00	€ 2.551.500,00
75	Vivienda	Prefabricado	85	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 2.891.700,00
76	Vivienda	Mamp. y pref.	80	0,62	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 11.935.600,00
77	Vivienda	Madera	70	0,21	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 19.656.000,00	€ 4.127.760,00
78	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,66	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 12.733.200,00
79	Vivienda	Prefabricado	100	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.645.000,00
80	Vivienda	Madera	85	0,21	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 23.868.000,00	€ 5.012.280,00
81	Vivienda	Mampostería	85	0,80	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 16.524.000,00
82	Vivienda	Madera	90	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 25.272.000,00	€ 5.559.840,00
83	Vivienda	Madera	90	0,20	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 25.272.000,00	€ 5.054.400,00
84	Vivienda	Mamp. y mad.	85	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 13.322.475,00
85	Vivienda	Madera	80	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 22.464.000,00	€ 4.942.080,00
86	Vivienda	Madera	85	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 23.868.000,00	€ 5.250.960,00
87	Vivienda	Mampostería	100	0,75	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 18.225.000,00
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	180	0,26	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 50.544.000,00	€ 13.141.440,00
89	Vivienda	Mampostería	120	0,78	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 22.744.800,00
90	Vivienda	Prefabricado	80	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 2.332.800,00
91	Vivienda	Madera	85	0,19	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 23.868.000,00	€ 4.534.920,00
92	Vivienda	Madera	90	0,21	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 25.272.000,00	€ 5.307.120,00
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	160	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 44.928.000,00	€ 9.884.160,00
94	Vivienda	Prefabricado	90	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 3.280.500,00
95	Vivienda	Mamp. y pref.	85	0,62	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 12.806.100,00
96	Vivienda	Mampostería	120	0,77	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 22.453.200,00
97	Vivienda	Mampostería	100	0,81	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 19.683.000,00
98	Vivienda	Madera	80	0,20	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 22.464.000,00	€ 4.492.800,00
99	Vivienda	Mampostería	100	0,78	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 18.954.000,00
100	Vivienda	Mampostería	130	0,80	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 31.590.000,00	€ 25.272.000,00
101	Vivienda	Mampostería	100	0,81	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 19.683.000,00
102	Vivienda	Mampostería	125	0,81	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 30.375.000,00	€ 24.603.750,00
103	Vivienda	Mampostería	85	0,79	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 16.317.450,00
104	Vivienda	Mampostería	100	0,78	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 18.954.000,00
105	Vivienda	Pref. y acero.	100	0,23	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 5.589.000,00
106	Vivienda	Madera	85	0,21	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 23.868.000,00	€ 5.012.280,00
107	Vivienda	Madera	100	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 28.080.000,00	€ 6.177.600,00
108	Vivienda	Mampostería	110	0,77	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 20.582.100,00
109	Vivienda	Mampostería	80	0,78	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 15.163.200,00
110	Vivienda	Prefabricado	85	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.098.250,00
111	Vivienda	Prefabricado	120	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 3.790.800,00
112	Vivienda	Mampostería	110	0,77	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 20.582.100,00
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,79	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 69.109.200,00
114	Vivienda	Madera	85	0,20	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 23.868.000,00	€ 4.773.600,00
115	Vivienda	Madera	80	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 22.464.000,00	€ 4.942.080,00
116	Vivienda	Prefabricado	100	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.645.000,00
117	Vivienda	Madera	100	0,20	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 28.080.000,00	€ 5.616.000,00
118	Vivienda	Madera	80	0,25	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 22.464.000,00	€ 5.616.000,00
119	Vivienda	Prefabricado	105	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,00	€ 3.572.100,00
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	185	0,81	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 89.910.000,00	€ 72.827.100,00
121	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,66	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 16.038.000,00
122	Vivienda	Madera	100	0,22	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 28.080.000,00	€ 6.177.600,00
123	Vivienda	Mampostería	120	0,76	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 22.161.600,00
124	Vivienda	Mampostería	115	0,79	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,00	€ 22.076.550,00
125	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,66	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 17.641.800,00
126	Vivienda	Madera	80	0,21	€260.000,0	€ 20.800,0	€ 280.800,0	€ 22.464.000,00	€ 4.717.440,00
127	Vivienda	Mampostería	120	0,77	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 22.453.200,00
128	Vivienda	Mamp. y pref.	105	0,62	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,00	€ 15.819.300,00
129	Vivienda	Mampostería	115	0,80	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,00	€ 22.356.000,00
130	Vivienda	Mampostería	85	0,80	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 16.524.000,00
131	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,65	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 17.374.500,00
132	Vivienda	Mamp. y pref.	90	0,60	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 13.012.650,00
133	Vivienda	Prefabricado	80	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 2.527.200,00
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	170	0,77	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 82.620.000,00	€ 63.617.400,00
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,81	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 70.838.800,00
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	150	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,00	€ 4.738.500,00
137	Escuela	Prefabricado	800	0,13	€395.000,0	€ 31.600,0	€ 426.600,0	€ 341.280.000,00	€ 44.366.400,00
138	Salon comunal	Mampostería	150	0,73	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 194.400.000,00	€ 141.912.000,00
139	Iglesia	Mampostería	250	0,74	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,00	€ 26.973.000,00
<b>Valor total:</b>									<b>€ 1.835.828.280,00</b>

No.	Tipo de Estructura	Tipo de material	Área de construcción (m <sup>2</sup> ).	% de daño.	Costo de construcción por m <sup>2</sup>	Inflación (80%)	Costo con el valor de inflación a febrero del	Valor total de la estructura o edificación.	RIESGO.
1	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	0,39	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.655.000,00	€ 8.055.450,00
2	Vivienda	Madera	90,0	0,10	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 2.527.200,00
3	Vivienda	Conc. y mad.	70,0	0,13	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 1.818.180,00
4	Vivienda	Madera	100,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 2.527.200,00
5	Vivienda	Madera	70,0	0,21	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 2.937.060,00
6	Vivienda	Madera	100,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 2.527.200,00
7	Vivienda	Madera	95,0	0,18	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 4.801.680,00
8	Vivienda	Mamp. y mad.	120,0	0,45	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 13.122.000,00
9	Vivienda	Conc. y mad.	90,0	0,10	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 2.187.000,00
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	240,0	0,10	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 73.872.000,00	€ 7.387.200,00
11	Cabina	Concreto	600,0	0,04	€235.000,00	€ 18.800,00	€ 253.800,00	€ 152.280.000,00	€ 6.091.200,00
12	Vivienda	Madera	90,0	0,20	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 3.596.400,00
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	250,0	0,13	€240.000,00	€ 19.200,00	€ 259.200,00	€ 64.800.000,00	€ 8.100.000,00
14	Vivienda	Madera	95,0	0,11	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 2.934.360,00
15	Vivienda	Mampostería	90,0	0,32	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 6.998.400,00
16	Cabaña	Madera	80,0	0,10	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 24.624.000,00	€ 2.462.400,00
17	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,05	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 1.154.250,00
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	180,0	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 43.740.000,00	€ 2.624.400,00
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	200,0	0,33	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 48.600.000,00	€ 16.038.000,00
20	Vivienda	Madera	90,0	0,21	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 3.776.220,00
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	100,0	0,12	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 3.369.600,00
22	Vivienda	Madera	85,0	0,11	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 2.625.480,00
23	Vivienda	Madera	80,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 2.021.760,00
24	Vivienda	Madera	85,0	0,12	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 2.864.160,00
25	Vivienda	Madera	85,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 2.148.120,00
26	Vivienda	Prefabricado	90,0	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 1.312.200,00
27	Vivienda	Mampostería	80,0	0,30	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 15.984.000,00	€ 4.795.200,00
28	Vivienda	Madera	90,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 2.274.480,00
29	Vivienda	Madera	60,0	0,11	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 11.988.000,00	€ 1.318.680,00
30	Vivienda	Madera	80,0	0,11	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 2.471.040,00
31	Vivienda	Concreto	150,0	0,04	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 36.450.000,00	€ 1.458.000,00
32	Vivienda	Madera	80,0	0,11	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 2.471.040,00
33	Vivienda	Prefabricado	80,0	0,05	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 15.984.000,00	€ 799.200,00
34	Vivienda	Prefabricado	100,0	0,05	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 1.215.000,00
35	Vivienda	Concreto	100,0	0,08	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 1.944.000,00
36	Vivienda	Prefabricado	70,0	0,05	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 699.300,00
37	Vivienda	Madera	100,0	0,11	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 3.088.800,00
38	Vivienda	Mampostería	120,0	0,28	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 8.164.800,00
39	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,12	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 2.916.000,00
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	160,0	0,09	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 38.580.000,00	€ 3.499.200,00
41	Vivienda	Conc. y mad.	110,0	0,11	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 26.730.000,00	€ 2.806.650,00
42	Vivienda	Madera	85,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 2.148.120,00
43	Vivienda	Madera	100,0	0,10	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 2.808.000,00
44	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,11	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 19.980.000,00	€ 2.197.800,00
45	Vivienda	Concreto	90,0	0,04	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 874.800,00
46	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,15	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 3.347.325,00
47	Vivienda	Mampostería	90,0	0,40	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 8.748.000,00
48	Vivienda	Madera	80,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 2.021.760,00
49	Vivienda	Madera	90,0	0,09	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 2.274.480,00
50	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,50	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 12.150.000,00
51	Vivienda	Madera	80	0,10	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 1.944.000,00
52	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,49	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 11.907.000,00
53	Vivienda	Mampostería	85	0,30	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.655.000,00	€ 6.196.500,00
54	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,48	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 11.342.500,00
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,38	€450.000,00	€ 36.000,00	€ 486.000,00	€ 87.480.000,00	€ 33.242.400,00
56	Vivienda	Mamp. y pref.	110	0,44	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 26.730.000,00	€ 11.761.200,00
57	Vivienda	Prefabricado	120	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 1.749.600,00
58	Vivienda	Madera	80	0,10	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 1.944.000,00
59	Vivienda	Mamp. y mad.	90	0,47	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 10.169.550,00
60	Vivienda	Prefabricado	80	0,07	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 1.360.800,00
61	Vivienda	Prefabricado	80	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 1.166.400,00
62	Vivienda	Prefabricado	85	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.655.000,00	€ 1.239.300,00
63	Vivienda	Prefabricado	90	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 1.312.200,00
64	Vivienda	Mamp. y pref.	120	0,44	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 12.830.400,00
65	Vivienda	Prefabricado	80	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 1.166.400,00
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	160	0,07	€450.000,00	€ 36.000,00	€ 486.000,00	€ 77.760.000,00	€ 5.443.200,00
67	Vivienda	Pref. y acero.	70	0,10	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 17.010.000,00	€ 1.701.000,00
68	Vivienda	Prefabricado	75	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 18.225.000,00	€ 1.093.500,00
69	Vivienda	Prefabricado	80	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 19.440.000,00	€ 1.166.400,00

Continuación

70	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,48	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 9.234.000,0
71	Vivienda	Mampostería	110	0,34	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,0	€ 9.088.200,0
72	Vivienda	Prefabricado	85	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 1.239.300,0
73	Vivienda	Prefabricado	90	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 1.312.200,0
74	Vivienda	Prefabricado	70	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,0	€ 1.020.600,0
75	Vivienda	Prefabricado	85	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 1.239.300,0
76	Vivienda	Mamp. y pref.	80	0,44	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 8.456.400,0
77	Vivienda	Madera	70	0,48	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,0	€ 8.079.750,0
78	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,48	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 9.234.000,0
79	Vivienda	Prefabricado	100	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 1.458.000,0
80	Vivienda	Madera	85	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 2.065.500,0
81	Vivienda	Mampostería	85	0,35	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 7.229.250,0
82	Vivienda	Madera	90	0,11	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 2.405.700,0
83	Vivienda	Madera	90	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 2.187.000,0
84	Vivienda	Mamp. y mad.	85	0,46	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 9.398.025,0
85	Vivienda	Madera	80	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 1.944.000,0
86	Vivienda	Madera	85	0,11	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 2.272.050,0
87	Vivienda	Mampostería	100	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 7.290.000,0
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	180	0,13	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,0	€ 11.372.400,0
89	Vivienda	Mampostería	120	0,33	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 9.622.800,0
90	Vivienda	Prefabricado	80	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 972.000,0
91	Vivienda	Madera	85	0,09	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 1.858.950,0
92	Vivienda	Madera	90	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 2.187.000,0
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	160	0,11	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 77.760.000,0	€ 8.553.600,0
94	Vivienda	Prefabricado	90	0,07	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 1.530.900,0
95	Vivienda	Mamp. y pref.	85	0,45	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 9.294.750,0
96	Vivienda	Mampostería	120	0,32	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 9.331.200,0
97	Vivienda	Mampostería	100	0,35	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 8.505.000,0
98	Vivienda	Madera	80	0,09	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 1.749.600,0
99	Vivienda	Mampostería	100	0,33	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 8.019.000,0
100	Vivienda	Mampostería	130	0,34	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 31.590.000,0	€ 10.740.600,0
101	Vivienda	Mampostería	100	0,35	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 8.505.000,0
102	Vivienda	Mampostería	125	0,35	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 30.375.000,0	€ 10.631.250,0
103	Vivienda	Mampostería	85	0,33	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 6.616.150,0
104	Vivienda	Mampostería	100	0,33	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 8.019.000,0
105	Vivienda	Pref. y acero.	100	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 2.430.000,0
106	Vivienda	Madera	85	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 2.065.500,0
107	Vivienda	Madera	100	0,11	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 2.673.000,0
108	Vivienda	Mampostería	110	0,32	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,0	€ 8.553.600,0
109	Vivienda	Mampostería	80	0,32	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 6.220.800,0
110	Vivienda	Prefabricado	85	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 1.239.300,0
111	Vivienda	Prefabricado	120	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 1.749.600,0
112	Vivienda	Mampostería	110	0,32	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,0	€ 8.553.600,0
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,34	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,0	€ 29.743.200,0
114	Vivienda	Madera	85	0,09	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 1.858.950,0
115	Vivienda	Madera	80	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 1.944.000,0
116	Vivienda	Prefabricado	100	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 1.458.000,0
117	Vivienda	Madera	100	0,09	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 2.187.000,0
118	Vivienda	Madera	80	0,12	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 2.332.800,0
119	Vivienda	Prefabricado	105	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,0	€ 1.530.900,0
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	185	0,35	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 89.910.000,0	€ 31.468.500,0
121	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,49	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 11.907.000,0
122	Vivienda	Madera	100	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,0	€ 2.430.000,0
123	Vivienda	Mampostería	120	0,31	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 9.039.600,0
124	Vivienda	Mampostería	115	0,34	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,0	€ 9.501.300,0
125	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,50	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,0	€ 13.231.350,0
126	Vivienda	Madera	80	0,10	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 1.944.000,0
127	Vivienda	Mampostería	120	0,32	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,0	€ 9.331.200,0
128	Vivienda	Mamp. y pref.	105	0,46	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,0	€ 11.736.900,0
129	Vivienda	Mampostería	115	0,34	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,0	€ 9.501.300,0
130	Vivienda	Mampostería	85	0,35	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,0	€ 7.229.250,0
131	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,47	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,0	€ 12.429.450,0
132	Vivienda	Mamp. y pref.	90	0,40	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,0	€ 8.638.650,0
133	Vivienda	Prefabricado	80	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,0	€ 972.000,0
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	170	0,32	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 82.620.000,0	€ 26.438.400,0
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,35	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,0	€ 30.618.000,0
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	150	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,0	€ 1.822.500,0
137	Escuela	Prefabricado	800	0,06	€395.000,0	€ 31.600,0	€ 426.600,0	€ 341.280.000,0	€ 20.476.800,0
138	Salon comunal	Mampostería	150	0,29	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,0	€ 10.370.500,0
139	Iglesia	Mampostería	250	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 60.750.000,0	€ 18.225.000,0
								<b>Valor total:</b>	<b>€ 836.349.570,00</b>

No.	Tipo de Estructura	Tipo de material	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	% de daño	Costo de construcción por m <sup>2</sup>	Inflación (8%)	Costo con el valor de inflación a febrero del	Valor total de la estructura o edificación	RIESGO
1	Vivienda	Mamp. y mad.	85,0	0,20	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 20.655.000,00	€ 4.131.000,00
2	Vivienda	Madera	90,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 1.010.880,00
3	Vivienda	Conc. y mad.	70,0	0,08	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 1.048.950,00
4	Vivienda	Madera	100,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 1.123.200,00
5	Vivienda	Madera	70,0	0,12	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 1.678.320,00
6	Vivienda	Madera	100,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 1.123.200,00
7	Vivienda	Madera	95,0	0,11	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 2.934.360,00
8	Vivienda	Mamp. y mad.	120,0	0,26	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 7.435.800,00
9	Vivienda	Conc. y mad.	90,0	0,05	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 1.093.500,00
10	Cabaña (dos pisos)	Conc. y mad.	240,0	0,05	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 73.872.000,00	€ 3.693.600,00
11	Cabina	Concreto	600,0	0,02	€235.000,00	€ 18.800,00	€ 253.800,00	€ 152.280.000,00	€ 3.045.600,00
12	Vivienda	Madera	90,0	0,12	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 2.157.840,00
13	Vivienda (dos pisos C y M)	Concreto y madera	250,0	0,07	€240.000,00	€ 19.200,00	€ 259.200,00	€ 64.800.000,00	€ 4.536.000,00
14	Vivienda	Madera	95,0	0,05	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 26.676.000,00	€ 1.333.800,00
15	Vivienda	Mampostería	90,0	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 3.061.800,00
16	Cabaña	Madera	80,0	0,04	€285.000,00	€ 22.800,00	€ 307.800,00	€ 24.624.000,00	€ 984.960,00
17	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,03	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 577.125,00
18	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	180,0	0,03	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 43.740.000,00	€ 1.312.200,00
19	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	200,0	0,14	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 48.600.000,00	€ 6.804.000,00
20	Vivienda	Madera	90,0	0,13	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 17.982.000,00	€ 2.337.660,00
21	Vivienda (2 pisos)	Madera	100,0	0,06	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 1.684.800,00
22	Vivienda	Madera	85,0	0,05	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 1.193.400,00
23	Vivienda	Madera	80,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 898.560,00
24	Vivienda	Madera	85,0	0,06	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 1.432.080,00
25	Vivienda	Madera	85,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 954.720,00
26	Vivienda	Prefabricado	90,0	0,03	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 656.100,00
27	Vivienda	Mampostería	80,0	0,13	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 15.984.000,00	€ 2.077.920,00
28	Vivienda	Madera	90,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 1.010.880,00
29	Vivienda	Madera	60,0	0,06	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 11.988.000,00	€ 719.280,00
30	Vivienda	Madera	80,0	0,06	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 1.347.840,00
31	Vivienda	Concreto	150,0	0,02	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 36.450.000,00	€ 729.000,00
32	Vivienda	Madera	80,0	0,06	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 1.347.840,00
33	Vivienda	Prefabricado	80,0	0,03	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.984.000,00	€ 479.520,00
34	Vivienda	Prefabricado	100,0	0,02	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 486.000,00
35	Vivienda	Concreto	100,0	0,04	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 972.000,00
36	Vivienda	Prefabricado	70,0	0,03	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 13.986.000,00	€ 419.580,00
37	Vivienda	Madera	100,0	0,05	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 1.404.000,00
38	Vivienda	Mampostería	120,0	0,12	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 29.160.000,00	€ 3.499.200,00
39	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,07	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 24.300.000,00	€ 1.579.500,00
40	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	160,0	0,15	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 38.880.000,00	€ 5.832.000,00
41	Vivienda	Conc. y mad.	110,0	0,06	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 26.730.000,00	€ 1.603.800,00
42	Vivienda	Madera	85,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 23.868.000,00	€ 954.720,00
43	Vivienda	Madera	100,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 28.080.000,00	€ 1.123.200,00
44	Vivienda	Conc. y mad.	100,0	0,06	€185.000,00	€ 14.800,00	€ 199.800,00	€ 19.980.000,00	€ 1.198.800,00
45	Vivienda	Concreto	90,0	0,02	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 437.400,00
46	Vivienda	Conc. y mad.	95,0	0,08	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 23.085.000,00	€ 1.846.800,00
47	Vivienda	Mampostería	90,0	0,18	€225.000,00	€ 18.000,00	€ 243.000,00	€ 21.870.000,00	€ 3.936.600,00
48	Vivienda	Madera	80,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 22.464.000,00	€ 898.560,00
49	Vivienda	Madera	90,0	0,04	€260.000,00	€ 20.800,00	€ 280.800,00	€ 25.272.000,00	€ 1.010.880,00
50	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 7.168.500,00
51	Vivienda	Madera	80	0,04	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 777.600,00
52	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,29	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 7.047.000,00
53	Vivienda	Mampostería	85	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 2.685.150,00
54	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,28	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 6.804.000,00
55	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,17	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 14.871.600,00
56	Vivienda	Mamp. y pref.	110	0,25	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 6.348.850,00
57	Vivienda	Prefabricado	120	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 874.800,00
58	Vivienda	Madera	80	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 972.000,00
59	Vivienda	Mamp. y mad.	90	0,27	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 3.795.550,00
60	Vivienda	Prefabricado	80	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 583.200,00
61	Vivienda	Prefabricado	80	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 583.200,00
62	Vivienda	Prefabricado	85	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 619.650,00
63	Vivienda	Prefabricado	90	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 656.100,00
64	Vivienda	Mamp. y pref.	120	0,26	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 7.435.800,00
65	Vivienda	Prefabricado	80	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 583.200,00
66	Vivienda (2 pisos)	Prefabricado	160	0,04	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 77.760.000,00	€ 3.110.400,00
67	Vivienda	Pref. y acero.	70	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,00	€ 850.500,00
68	Vivienda	Prefabricado	75	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 18.225.000,00	€ 546.750,00
69	Vivienda	Prefabricado	80	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 583.200,00

Continuación

70	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,28	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 5.443.200,00
71	Vivienda	Mampostería	110	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 4.009.500,00
72	Vivienda	Prefabricado	85	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 619.650,00
73	Vivienda	Prefabricado	90	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 656.100,00
74	Vivienda	Prefabricado	70	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,00	€ 510.300,00
75	Vivienda	Prefabricado	85	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 619.650,00
76	Vivienda	Mamp. y pref.	80	0,25	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 4.762.800,00
77	Vivienda	Madera	70	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 17.010.000,00	€ 850.500,00
78	Vivienda	Mamp. y mad.	80	0,28	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 5.443.200,00
79	Vivienda	Prefabricado	100	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 729.000,00
80	Vivienda	Madera	85	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 1.032.750,00
81	Vivienda	Mampostería	85	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.098.250,00
82	Vivienda	Madera	90	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 1.093.500,00
83	Vivienda	Madera	90	0,04	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 874.800,00
84	Vivienda	Mamp. y mad.	85	0,26	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 5.267.025,00
85	Vivienda	Madera	80	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 972.000,00
86	Vivienda	Madera	85	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 1.032.750,00
87	Vivienda	Mampostería	100	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.159.000,00
88	Vivienda (2 pisos)	Madera	180	0,07	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 6.123.600,00
89	Vivienda	Mampostería	120	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 4.082.400,00
90	Vivienda	Prefabricado	80	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 583.200,00
91	Vivienda	Madera	85	0,04	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 826.200,00
92	Vivienda	Madera	90	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 1.093.500,00
93	Vivienda (2 pisos)	Madera	160	0,05	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 77.760.000,00	€ 3.888.000,00
94	Vivienda	Prefabricado	90	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 656.100,00
95	Vivienda	Mamp. y pref.	85	0,26	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 5.370.300,00
96	Vivienda	Mampostería	120	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 4.082.400,00
97	Vivienda	Mampostería	100	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.645.000,00
98	Vivienda	Madera	80	0,04	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 777.600,00
99	Vivienda	Mampostería	100	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.402.000,00
100	Vivienda	Mampostería	130	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 31.590.000,00	€ 4.738.500,00
101	Vivienda	Mampostería	100	0,16	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.888.000,00
102	Vivienda	Mampostería	125	0,16	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 30.375.000,00	€ 4.860.000,00
103	Vivienda	Mampostería	85	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.098.250,00
104	Vivienda	Mampostería	100	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 3.402.000,00
105	Vivienda	Pref. y acero.	100	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 1.215.000,00
106	Vivienda	Madera	85	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 1.032.750,00
107	Vivienda	Madera	100	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 1.215.000,00
108	Vivienda	Mampostería	110	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 3.742.200,00
109	Vivienda	Mampostería	80	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 2.721.600,00
110	Vivienda	Prefabricado	85	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 619.650,00
111	Vivienda	Prefabricado	120	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 874.800,00
112	Vivienda	Mampostería	110	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 3.742.200,00
113	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,15	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 13.122.000,00
114	Vivienda	Madera	85	0,04	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 826.200,00
115	Vivienda	Madera	80	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 972.000,00
116	Vivienda	Prefabricado	100	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 729.000,00
117	Vivienda	Madera	100	0,04	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 972.000,00
118	Vivienda	Madera	80	0,06	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 1.166.400,00
119	Vivienda	Prefabricado	105	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,00	€ 765.450,00
120	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	185	0,16	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 89.910.000,00	€ 14.385.600,00
121	Vivienda	Mamp. y mad.	100	0,29	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 7.047.000,00
122	Vivienda	Madera	100	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 24.300.000,00	€ 1.215.000,00
123	Vivienda	Mampostería	120	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 4.082.400,00
124	Vivienda	Mampostería	115	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,00	€ 4.191.750,00
125	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,30	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 7.885.350,00
126	Vivienda	Madera	80	0,05	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 972.000,00
127	Vivienda	Mampostería	120	0,14	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 29.160.000,00	€ 4.082.400,00
128	Vivienda	Mamp. y pref.	105	0,27	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 25.515.000,00	€ 6.761.475,00
129	Vivienda	Mampostería	115	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 27.945.000,00	€ 4.191.750,00
130	Vivienda	Mampostería	85	0,15	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 20.655.000,00	€ 3.098.250,00
131	Vivienda	Mamp. y mad.	110	0,26	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 26.730.000,00	€ 6.949.800,00
132	Vivienda	Mamp. y pref.	90	0,21	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 21.870.000,00	€ 4.592.700,00
133	Vivienda	Prefabricado	80	0,03	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 19.440.000,00	€ 583.200,00
134	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	170	0,14	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 82.620.000,00	€ 11.566.800,00
135	Vivienda (2 pisos)	Mampostería	180	0,16	€450.000,0	€ 36.000,0	€ 486.000,0	€ 87.480.000,00	€ 13.996.800,00
136	Vivienda	Acero (PERLIN)	150	0,02	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,00	€ 729.000,00
137	Escuela	Prefabricado	800	0,03	€395.000,0	€ 31.600,0	€ 426.600,0	€ 341.280.000,00	€ 10.238.400,00
138	Salon comunal	Mampostería	150	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 36.450.000,00	€ 4.738.500,00
139	Iglesia	Mampostería	250	0,13	€225.000,0	€ 18.000,0	€ 243.000,0	€ 60.750.000,00	€ 7.897.500,00
<b>Valor total:</b>									<b>€ 409.868.775,00</b>

Estimación del riesgo económico para las estructuras. Escenario No. 5

#### **Anexo 4: Levantamiento fotográfico del sector de Jucó de Orosi**



**Puente sobre el Río Granados**



**Estado actual de la carretera de Jucó de Orosi**



**Casas de madera ubicadas en la zona de estudio**



**Casas de mampostería ubicadas en la zona de estudio**

## Anexo 5: Tipos de Sistemas constructivos, según el LANAME

### 4.2.1 Sistemas Estructurales

A continuación se presenta una descripción general de cada uno de los 16 sistemas estructurales de tipos de modelos de edificios.

#### **Madera, marcos livianos (W1):**

Consisten en estructuras pequeñas, con un área de menos de 500 m<sup>2</sup>. El componente estructural esencial de estas estructuras son marcos y vigas de madera. Los cerramientos de pared están hechos con base en tablas clavadas. Muchos de estas edificaciones, especialmente las que son vivienda de una sola familia, no han sido construidas de acuerdo con las metodologías convencionales solicitadas en los códigos de construcción. Por lo tanto pueden contar componentes estructurales insuficientes para resistir cargas laterales. Las cargas laterales son transmitidas por medio de los diafragmas a muros de cortante. Los diafragmas consisten en láminas de techo y pisos, los cuales se encuentran cubiertos con tablilla o bien plywood. Los muros de cortante están recubiertos por paneles de gipsum o plywood.

#### **Madera, areas mayores a 500 m<sup>2</sup> (W2):**

Estos edificios generalmente son utilizados para el comercio o la industria, o bien para vivienda multifamiliar con un área mayor a los 500 m<sup>2</sup>. El sistema estructural de estos edificios comprende marcos de madera con vigas de grandes luces. Estos miembros horizontales, pueden ser vigas o armaduras de madera o de acero. Las cargas laterales son resistidas por los diafragmas de madera y los muros exteriores cubiertos por entablillado, plywood u otro tipo de panel de madera.

#### **Marcos no arriostrados de acero (S1):**

Estos edificios cuentan con marcos formados por vigas y columnas de acero. En algunos casos las uniones viga-columna tienen una reducida capacidad para resistir momento, pero en otros casos los marcos han sido diseñados para resistir los momentos debidos a cargas laterales. Usualmente la estructura está confinada en su exterior por muros no estructurales de casi cualquier material (block, ladrillo, paneles de concreto

prefabricados, baldosas). Los marcos pueden ubicarse casi en cualquier parte del edificio. Estos edificios son más flexibles que los que cuentan con muros de corte. Esta poca rigidez puede ocasionar grandes desplazamientos relativos entre los niveles y causar un daño estructural mayor.

#### **Marco de Acero Arriostrado (S2):**

Estos edificios son similares a los de marco no arriostrados, excepto en que su sistema estructural cuenta con componentes que ayudan a resistir cargas laterales mediante arriostramiento de los marcos.

#### **Marcos de Acero Livianos (S3) :**

Estos edificios usualmente son prefabricados y cuentan con marcos transversales que aportan rigidez considerable. El techo y las paredes, consisten en paneles livianos usualmente de metal corrugado. Los marcos son construidos en segmentos y son ensamblados en sitio mediante uniones de pernos. Las cargas laterales en la dirección transversal son resistidas por marcos rígidos, y las cargas llegan a ellos por medio de los diafragmas. Las cargas en la dirección longitudinal son resistidas por miembros a tensión.

#### **Marcos de acero con muros de concreto colados en sitio (S4) :**

Los muros de cortante son colados en sitio y deben comportarse como muros de carga. El marco de acero es diseñado únicamente para cargas verticales. Las cargas laterales son transferidas por los diafragmas a los muros de cortante. El marco de acero proporciona un sistema secundario para resistir cargas laterales dependiendo de la rigidez del marco y de la capacidad para resistir momento con que se diseñen las uniones viga-columna.

#### **Marcos de acero con muros de mampostería no confinada reforzada (S5) :**

Este es uno de los tipos de edificios más antiguos. Los muros de mampostería pueden estar fuera del plano definido por los marcos principales.

Los bloques de mampostería sólidamente rellenos, proporcionan rigidez para resistir fuerzas laterales cuando se encuentran en el plano de el marco transversal.

**Marcos de concreto (C1) :**

Estos edificios son similares a los marcos de acero no-arriostrados excepto en que los marcos son de concreto reforzado. Hay una gran variedad de sistemas. En edificios viejos, se puede dar una falla frágil que produzca el colapso del mismo. Los más modernos han sido diseñados para presentar un comportamiento dúctil durante el sismo, y se espera que presenten grandes deformaciones, antes de el colapso.

**Muros de cortante de concreto (C2) :**

Los componentes del sistema estructural resistente a cargas laterales son muros de cortante de concreto reforzado, los cuales usualmente funcionan como muros de carga. En edificios viejos, los muros son extensos y los esfuerzos sobre el mismo son escasos. En edificios más modernos, los muros de corte son de extensión limitada lo cual provoca un efecto torsor que da origen a fuerzas adicionales en los elementos de la periferia.

**Marcos de concreto con muros de mampostería no reforzada (C3) :**

Estos edificios son similares a los edificios de marcos de concreto con muros de mampostería rellena excepto porque son de concreto reforzado. En estos edificios, la resistencia a cortante de las columnas, luego del agrietamiento del relleno de la mampostería, puede limitar el comportamiento semi-dúctil del sistema.

**Muros de concreto prefabricado con baldosas (PC1) :**

Los edificios tienen un diafragma de madera o de metal, usualmente de gran tamaño, el cual distribuye las fuerzas laterales a muros de cortante en concreto prefabricado. Los muros son esbeltos, pero relativamente pesados, mientras que los techos son livianos. Los edificios diseñados con códigos sin requerimientos sismo-resistentes, pueden presentar longitudes de traslape inadecuadas en los muros incapaces de resistir fuerzas fuera del plano. En estos casos las conexiones entre los planos pueden ser frágiles.

**Marcos de concreto prefabricado con muros de concreto (PC2) :**

Estos edificios presentan diafragmas con elementos de concreto prefabricado ya sea con o sin una losa de concreto sobre ellos. Las uniones viga-columna usualmente son

coladas en sitio. Se utilizan uniones de acero soldadas para interconectar los elementos entre sí. Las cargas laterales son resistidas por muros de concreto prefabricados o colados en sitio.

**Muros de Mampostería reforzada tipo cajón entrepisos livianos (RM1):**

Estos edificios tienen en la periferia muros de carga de bloques de mampostería reforzada. Los muros son elementos verticales que forman parte de el sistema estructural resistente a fuerzas laterales. Los pisos y techos se soportan mediante vigas de madera. Pueden haber vigas de acero soportadas sobre columnas de acero.

**Muros de mampostería reforzada tipo cajón entrepisos de concreto prefabricado (RM2) :**

Estos edificios son semejantes a los anteriores, excepto porque cuentan con entrepisos de concreto prefabricado compuestos por vigas T y bloques de entepiso, los cuales están apoyados en vigas y columnas de acero o de concreto (colado en sitio o prefabricado). Generalmente existe una losa de concreto colada en sitio.

**Muros de carga de mampostería no reforzada (URM):**

Estos edificios incluyen elementos estructurales que pueden variar según la edad de el edificio. En edificios construidos antes de 1900 los techos y pisos son de madera y están soportados en marcos de madera.

**Anexo 6: Tabla para establecer el porcentaje de atrapados y fatalidad por cada tipo de estructura**

<b>Cod</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Atrapados [%]</b>	<b>Fatalidad [%]</b>
A1	Adobe / tapia	2	10
A2	Bahareque	5	15
MS1	Mampostería simple sin diafragma	5	15
MS2B	Mampostería simple con diafragma rígido - Bajos	5	15
MS2M	Mampostería simple con diafragma rígido - Medios	5	15
MSC1	Mampostería semi confinada sin diafragma	5	15
MSC1	Mampostería semi confinada con diafragma rígido	5	15
MC2B	Mampostería confinada sin diafragma - Bajos	5	15
MC3B	Mampostería confinada con diafragma - Bajos	5	15
MC3M	Mampostería confinada con diafragma - Medios	5	15
MR1L	Mampostería Reforzada diafragma flexible (madera, acero o prefab.) - Bajos	5	15
MR1M	Mampostería Reforzada diafragma flexible (madera, acero o prefab.) - Medios	5	15
MR2L	Mampostería Reforzada Diafragma "rígido" - Bajos	5	15
MR2M	Mampostería Reforzada Diafragma "rígido" - Medios	5	15
MR2H	Mampostería Reforzada Diafragma "rígido" - Altos	5	15
W1	Madera Pórticos Livianos	7	20
W2	Madera Comercial-Industrial	7	20
S1L	Acero-Pórticos Resistentes a Momento - Bajos	2	10
S1M	Acero-Pórticos Resistentes a Momento - Medios	2	10
S1H	Acero-Pórticos Resistentes a Momento - Altos	2	10
S2L	Acero-Pórticos arriostrados - Bajos	7	25
S2M	Acero-Pórticos arriostrados - Medios	7	25
S2H	Acero-Pórticos arriostrados - Altos	7	25
S3	Marcos de acero livianos	7	25
S4L	Pórticos de acero con muros mampostería simple - Bajos	30	50
S4M	Pórticos de acero con muros mampostería simple - Medios	30	50
S4H	Pórticos de acero con muros mampostería simple - Altos	30	50
C1L	Concreto-Pórticos resistentes a momentos Acabados flexibles - Bajos	30	50
C1M	Concreto-Pórticos resistentes a momentos Acabados flexibles - Medios	30	50
C1H	Concreto-Pórticos resistentes a momentos Acabados flexibles - Altos	30	50
C2L	Concreto-Pórticos resistentes a momentos Acabados frágiles - Bajos	30	50
C2M	Concreto-Pórticos resistentes a momentos Acabados frágiles - Medios	30	50
C2H	Concreto-Pórticos resistentes a momentos Acabados frágiles - Altos	30	50
C3L	Concreto- Muros mampostería - Bajos	30	50
C3M	Concreto- Muros mampostería - Medios	30	50
C3H	Concreto- Muros mampostería - Altos	30	50
CP1	Concreto prefabricado - Tilt-up	10	15
CP2L	Concreto prefabricado en porticos con muros estructurales de concreto - Bajos	15	30
CP2M	Concreto prefabricado en porticos con muros estructurales de concreto - Medios	15	30
CP2H	Concreto prefabricado en porticos con muros estructurales de concreto - Altos	15	30
CLC	Sistema losa-columna (Reticular celulado)	50	50
BAC	Bodega - cerchas sobre estructura metálica con cerramiento ligero	7	20
BAL	Bodega - cerchas sobre estructura metálica con cerramiento ligero	7	20
BCC	Bodega - cercha sobre columnas y vigas concreto con muros mampostería	7	20
BCL	Bodega - cercha sobre columnas y vigas concreto con muros mampostería	7	20
I	Iglesias en mampostería simple	20	40

**Anexo 7: Fotografía que muestra restos de material producto de un deslizamiento**

