

1.1 Listado Tablas

2 Anexos

2.1 Fotos



Figura 1 Vivienda sobre el Río Amazonas, Amazonas, extremo Sur de Colombia. FUENTE: uniquocolombia.com.



Figura 2 Arquitectura de la Aldea Kogui, Sierra nevada de Santa Marta, Magdalena, Norte de Colombia FUENTE: (Gomez Jimenez , 2009)



Figura 3 Ancianos Koguis. FUENTE: <https://www.flickr.com/photos/tatianapereira/7099589749/sizes//>



Figura 4 Pueblo indígena Nabusimake, Sierra nevada de Santa Marta, Norte de Colombia. FUENTE: Colombia Travel.

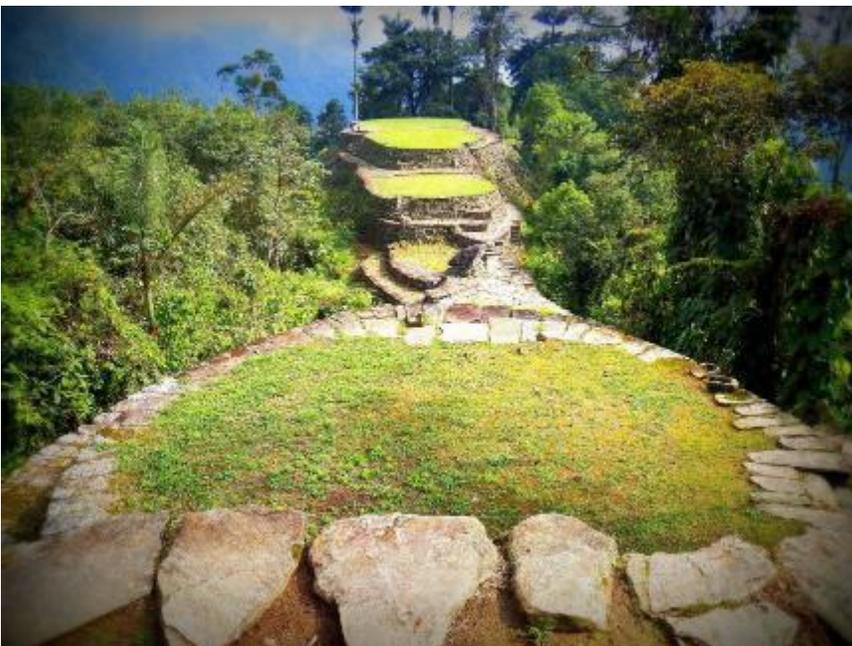


Figura 5 Terrazas en Ciudad perdida, también llamada Teyuna y Buritaca, Sierra Nevada de Santa Martha, Norte de Colombia. FUENTE: http://caracol.com.co/radio/2016/03/07/fotorrelato/1457363396_541872.html#1457363396_541872_1457363651.



Figura 6 Escultura en piedra, Parque arqueológico de San Agustín, Huila, Sur de Colombia. FUENTE: <https://co.pinterest.com/pin/365002744775030188/>.



Figura 7 El Tambo, casa rural de autóctonas a tradicional negra del Pacífico colombiano, Buenaventura, Valle del Cauca, Oeste de Colombia. FUENTE: (Mosquera Torres, 2010) Foto por Robert West.



Figura 8 Mural "Rueda" pintado en 1939 por José Clemente Orozco en Hospicio Cabañas, Guadalajara, Jalisco, México. Foto tomada por el autor.



Figura 9 Casa típica del Eje Cafetero, Salamina, Caldas, Centro-oeste de Colombia. Foto: Torobay.



Figura 10 Plaza Villa de Leyva, Boyacá, Centro de Colombia. FUENTE: Aventure Colombia.



Figura 11 Templo de congreso, Cúcuta, Norte de Santander, Nor-este de Colombia FUENTE: <http://wikimapia.org/15848248/Templo-Historico-de-Villa-Del-Rosario>.



Figura 12 Templo San Laureano, Bucaramanga, Santander, Nor-este de Colombia. FUENTE: La Montaña Producciones, Via Google Maps.



Figura 13 Intervención del 2017 en mural de Rodez, La Candelaria, Bogotá, Centro de Colombia. FUENTE : (Lopez, 2017).



Figura 14 Construcciones coloniales con balcones floridos y la Catedral de la ciudad, Plaza Bolívar, Cartagena de Indias, Bolívar, Costa Caribe, Norte de Colombia. FUENTE: Shutterstock.



Figura 15 Centro Histórico de Mompox, Bolívar, Norte de Colombia. FUENTE: (Colparques, 2018)

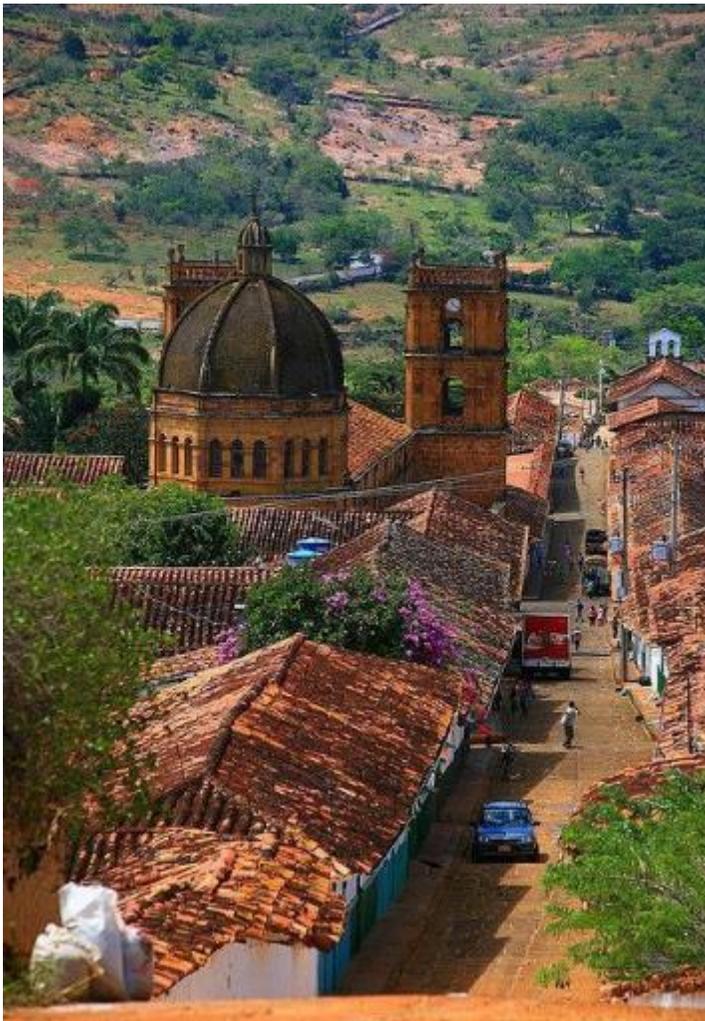


Figura 16 Calles de Barichara, Santander, Nor-este de Colombia. FUENTE: foursquare.com.



Figura 17 Vivienda campesina, Pitalito, Huila, Sur de Colombia. FUENTE: <http://nuevaera66.blogspot.com.es>.



Figura 18 Fachada Casa Zarama, Pasto, Nariño, Sur de Colombia. FUENTE: <http://www.panoramio.com/user/6748382>.



Figura 19 Patio interior de la Casa Zarama FUENTE: <http://www.cotelconarino.org/informacion-general/54-san-juan-de-pasto.html>.



Figura 20 Sistema de drizas para el reforzamiento estructural de una edificación de adobe – Belén, Chile. FUENTE: (Giribas, 2017).



Figura 21 Sistema de reforzamiento estructural con tiras de llantas de carro recicladas. FUENTE: (Charleson, 2011).

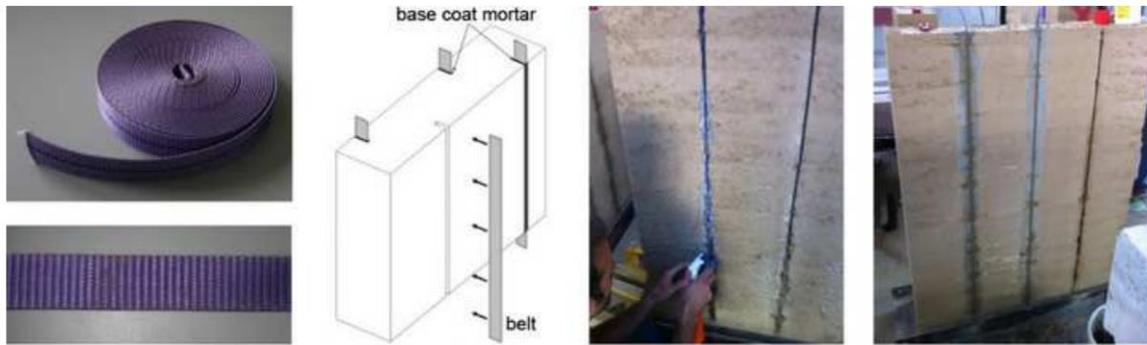


Figura 22 Sistema de reforzamiento estructural con riatas de poliéster. FUENTE: (Miccoli, Muller, & Pospisil, *Construction and Building MATERIALS: Rammed earth walls strengthened with polyester fabric strips: experimental analysis under in plano cyclic loading*, 2014).



Figura 23 Sistema de reforzamiento estructural con bambú. FUENTE: (Blondet M. , Torrealva, Villa García , Ginocchio, & Madueño, 2005).



Figura 24 Sistema de confinamiento mediante vigas y columnas de concreto reforzado- Morropón, Piura. FUENTE: (San Bartolomé Ramos, 2014).



Figura 25 Falla en "V", muro de adobe con estructura de confinamiento a porticado de concreto reforzado. FUENTE: (San Bartolomé & Delgado, 2007).



Figura 26 Refuerzo con tensores de madera. Esquina con "llaves", muros con "grapas", Sucre - Bolivia. FUENTE: (Peñaranda Orías, 2011).

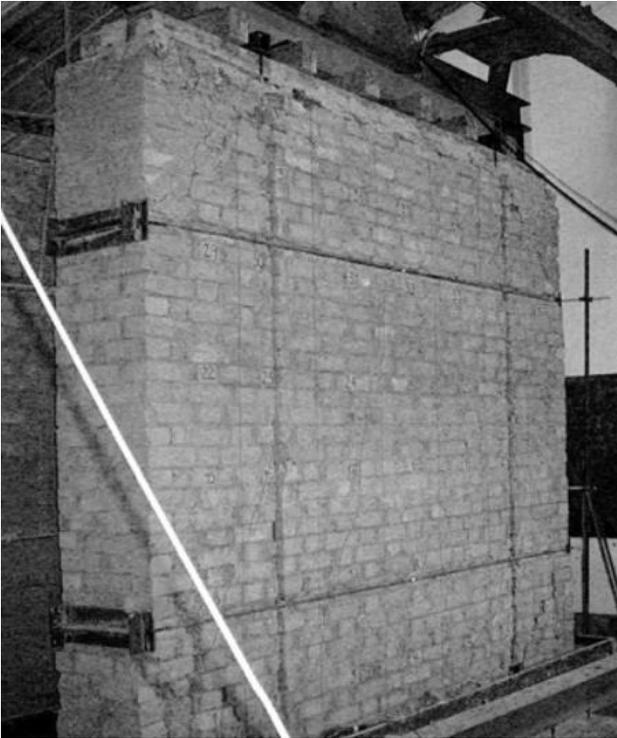


Figura 27 Refuerzo mediante varillas de acero postensadas. FUENTE: (Lopez Perez, y otros, 2007).



Figura 28 Refuerzo mediante platinas de acero. FUENTE: (Universidad de los Andes, 2018)



Figura 29 Rehabilitación de patrimonio con concreto - Salón circular Dionisio, Compañía 1263, Chile. FUENTE: Felipe Ugarte.

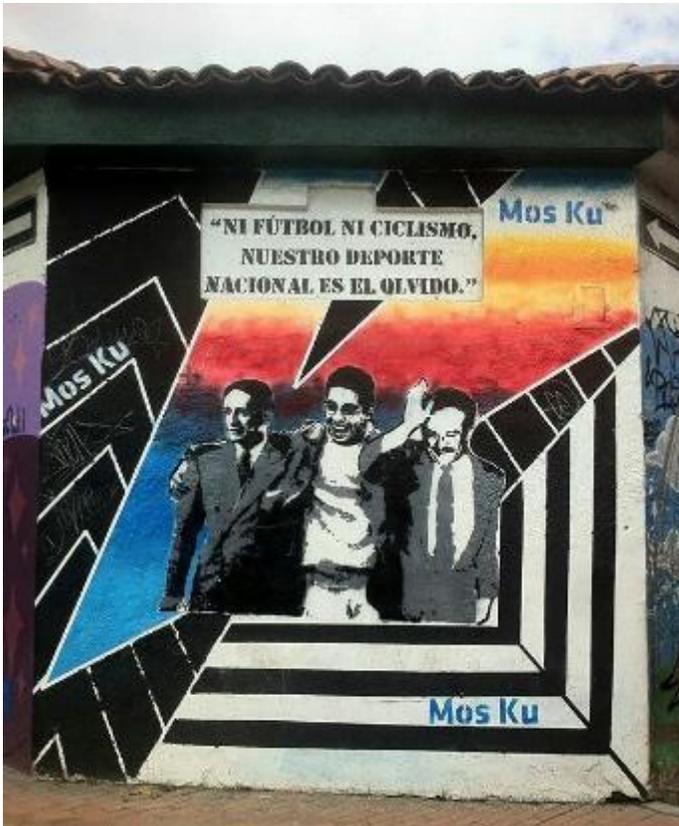


Figura 30 Mural de personajes históricos de la política colombiana asesinados. Izquierda Jorge Eliecer Gaitán (1903-1948); Centro, Jaime Garzón (1960-1999); Derecha, Luis Carlos Galán (1943-1989). Por MosKu. FUENTE: https://www.facebook.com/MosKu4?hc_location=uf.

2.2 Fotos históricas



Figura 31 Ubicación Casa Zarama. Vista Calle 19, Plazas de Nariño, al fondo el volcán Galeras. Realizado por Alphons Stubel en 1869. FUENTE: (Servicio Geológico Colombiano, 2009).



Figura 32 Ubicación Casa Zarama, Panorámica de la ciudad de Pasto, 1902. FUENTE: (Universidad de Nariño, 2010).



Figura 33 Ubicación Casa Zarama, Vista desde la Casa de don Lorenzo, Alcaldía Municipal de Pasto. FUENTE: (Pasto tierra cultural, 2005).

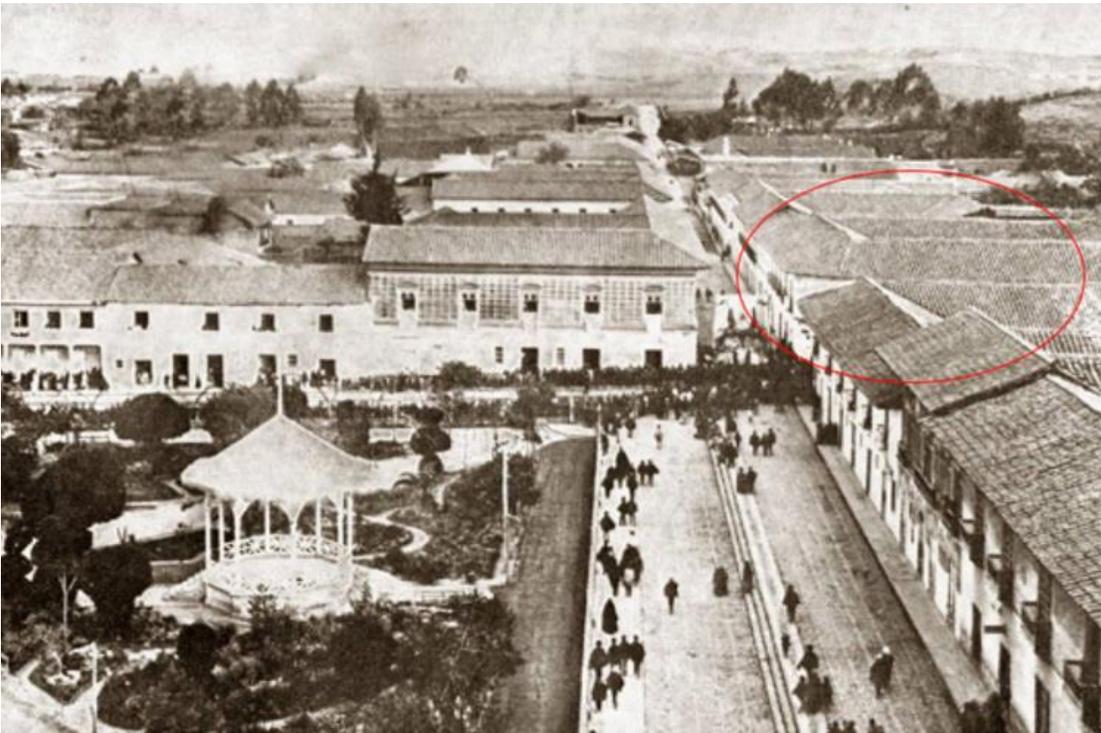


Figura 34 Ubicación Casa Zarama, Vista desde cubierta de la iglesia de San Juan. FUENTE: (Pasto tierra cultural, 2005).



Figura 35 Ubicación Casa Zarama, Vista desde la Carrera 24, al fondo campanario de San Agustín. FUENTE: (Pasto tierra cultural, 2005).



Figura 36 Ubicación Casa Zarama, Vista desde la plaza de Nariño sobre la Calle 18. FUENTE: (Archivo fotográfico banco Maestro Eduardo Campo Pantoja).



Figura 37 Ubicación Casa Zarama, Vista Calle 18 No 24. FUENTE:



Figura 38 Ubicación Casa Zarama, Vista desde la calle 18, al fondo la Iglesia San Juan. FUENTE: (Archivo fotográfico banco Maestro Eduardo Campo Pantoja).



Figura 39 Erupción del volcán Galeras, 1932. FUENTE: (Universidad de Nariño, 2010).

2.3 Registro fotográfico



Figura 40 Centro Shirakaba, “La antigua casona, donde según estudios de la Academia Nariñense de Historia, fue la primera propiedad donde se apresó a Antonio Nariño en el año de 1814” (Pasto Ciudad Soñada, 2011)- Plaza de Nariño, Centro de Pasto. Foto tomada por el autor.



Figura 41 Fachada Casa Zarama. Plano horizontal - Calle 18; Plano inclinado - Carrera 24. Foto tomada por el autor.



Figura 42 Hall, segundo piso Casa José Antonio. Foto tomada por el autor.

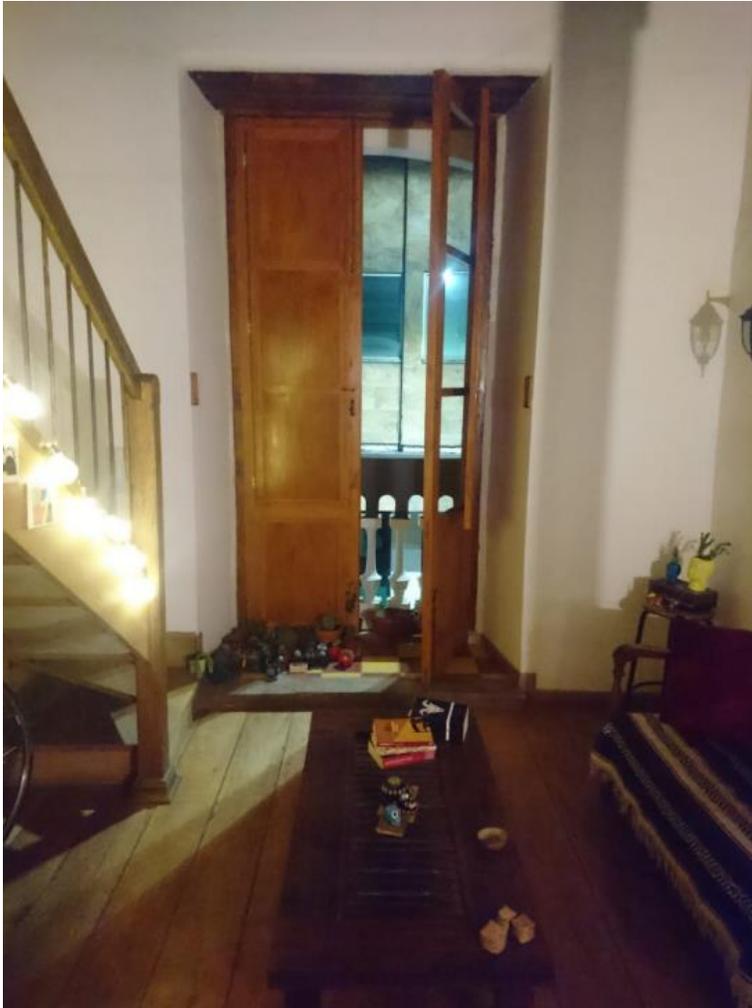


Figura 43 Interior aparta estudio, segundo piso, Casa José Antonio. Foto tomada por el autor.



Figura 44 Roca utilizada para la construcción de cimentación, Calle 10 No 25 – 10. Foto tomada por el autor.



Figura 45 Rocas volcánicas en el subsuelo, Calle 10 No 25 – 10. Foto tomada por el autor.



Figura 46 Ausencia de junta sísmica entre la edificación en tapia y las construcciones de rigidez y alturas distintas, Frente la Casa Zarama, Calle 18 No 23. Foto tomada por el autor.



Figura 47 Sobre cargas causados por motos en entrepiso de segunda planta, Berlimotos, Carrera 28 No 18-45. Foto tomada por el autor.



Figura 48 Humedad basal de muro de tapia. Parqueadero Carrera 24 No 21. Foto tomada por el autor.



Figura 49 Distintos pavimentos del primer piso de la Casa Zarama (Arriba). / Anden de laja negra, Calle del centro de Pasto - Piso de baldosa de barro, Carpintería, Calle 11 No 26 - 24 Mosaico baldosa hidráulica, Iglesia la merced, Calle 18 No 22 (Abajo). Foto tomada por el autor.



Figura 50 Curso práctico de tapia pisada, Cabanes, Valencia – 2017. Foto tomada por el autor.



Figura 51 Disposición de adobe dentro del tapial. Posición cabeza (Izquierda) / Posición parámetro (Derecha). Foto tomada por el autor.



Figura 52 Muro de tapia, grieta vertical bajo junta del bloque superior, Parqueadero Calle 17 No 28. Foto tomada por el autor.



Figura 53 Corte muro de tapia cara interna a la vivienda. Carrera 27 No 15. Foto tomada por el autor.



Figura 54 Refuerzo horizontal con madera rolliza. Parqueadero Carrera 24 No 21. Foto tomada por el autor.



Figura 55 Dintel de madera en todo el espesor del muro, Segunda planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 56 Arco, Local comercial primera planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 57 Corte de casa republicana en tapia. Parqueadero Calle 22 No 21ª. Foto tomada por el autor.



Figura 58 Flecha en vano de fachada. Parqueadero Calle 19 No 21. Foto tomada por el autor.



Figura 59 Estructura de la culata y hastial en bloque de Adobe, Calle 18 No 26. Foto tomada por el autor.



Figura 60 Terminación y anclaje del muro de bahareque con los tirantes. Foto tomada por el autor.



Figura 61 Muro en bahareque, Genoy, Nariño. Foto tomada por el autor.



Figura 62 Bloques de adobe. Foto tomada por el autor.



Figura 63 Sócalo en barro y recubrimiento de pañete de cal, Nariño, Nariño. Foto tomada por el autor.



Figura 64 Picado del muro de tapia. Nariño, Nariño. Foto tomada por el autor.



Figura 65 Enlucido con capas de diversos materiales. Catambuco, Nariño. Foto tomada por el autor.



Figura 66 Enlucido y guarda sillas internas de la Casa Zarama, Ventura Café. Foto tomada por el autor.



Figura 67 Sistema de entepiso con viga rolliza, Primera planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 68 Estructura del entablado, Local comercial primera planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 69 Pavimento de baldosa hidráulica y entablado, Pasillos segunda planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 70 Pedestal del pilar de madera, Patio interno primera plana, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 71 Pilares de madera, Patio interno, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 72 Estructura pasillos. 1, Casa Campesina, Cabrera. 2, Casa Campesina, Vía Genoy – Nariño. 3, Constructora Rumipamba, Pasto. 4, Casa Navarrete, Pasto. Foto tomada por el autor.



Figura 73 Ensamble a media madera viga de carga, Casa Navarrete, Calle 17 No 24. Foto tomada por el autor.



Figura 74 Unión muro de tapia y tirantes, con enrase de bloques de adobe “encoroce”, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 75 Unión en boca de pescado: pendolón -cumbreira; Izquierda. Unión tipo espiga con refuerzo con alambre: pendolón - tirante. Derecha, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 76 Par apoyado directamente sobre el tirante, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 77 Pares y tornapuntas de sección variables, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 78 Detalle unión en espiga Par – Tornapunta, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 79 Pilar de adobe, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 80 Pilates de adobe, Parqueadero Calle 21 No 20. Foto tomada por el autor.



Figura 81 Separación de los listones dependiendo a la posición de la teja, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 82 Patio interno Casa Zarama, recubrimiento en tejas de barro, Patio interior, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 83 Lima hoyo. Unión entre dos planos mediante una canaleta, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 84 Bajante agua lluvias, Patio interno, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 85 Alero patio interno - Izquierda / Alero fachada – Derecha, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 86 Placa en concreto y murete del alero de la fachada, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 87 Gotero, encuentro del tejado con culata de la Casa obispa, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 88 Protección de coronación de muros, mediante láminas de zinc, Salón de eventos Iraka, Calle 17 No 26. Foto tomada por el autor.



Figura 89 Instalaciones eléctricas para mantenimiento, soberado (Luces, toma corriente e interruptor), Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 90 Deterioro en los listones debido a los vapores expulsados por la tubería de Re-ventilación, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 91 Reparación de cubierta con láminas de Eternit y recubrimiento de tejas de barro, Casa Navarrete, Calle 17 No 24. Foto tomada por el autor.



Figura 92 Canaleta con material vegetal, Patio externo, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 93 Falsos techos construidos abajo del cielo Razo original de la cubierta, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 94 Amarre de chacla mediante cabuya, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 95 Amarre con alambre de la chacla a las correas, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 96 Amarre de correas mediante alambre, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 97 Amarre de correas mediante cabestro, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 98 Detalle amarre en cabestro, sostenida con una puntilla clavada al tirante, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 99 Tiras de cabestro para amarre, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 100 Cielo raso, Salón segunda planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 101 Cielo raso sobre viga canecillo, Pasillos, Cubierta, Cubierta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 102 Cielo raso sobre viga canecillo, Pasillos segunda planta, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.

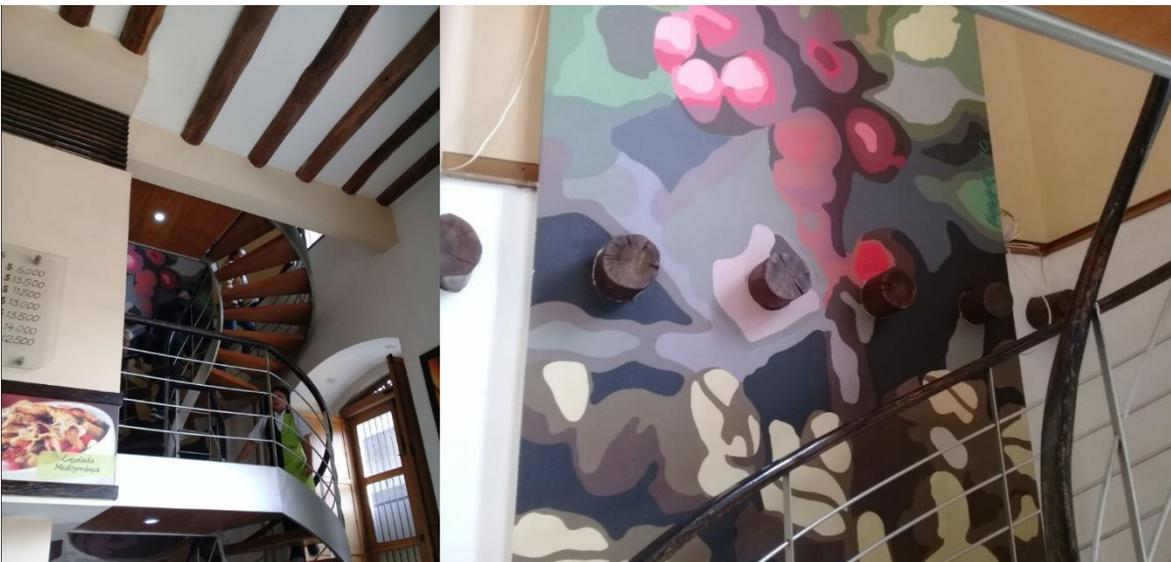


Figura 103 Apertura de vano para la instalación de escalera, Ventura Café, Casa Zarama. Foto tomada por el autor.



Figura 104 Refuerzo con platinas metálicas y tornillos en las uniones de la cercha de cubierta, Casa Jose Antonio. Foto tomada por el autor.



Figura 105 Trabajos en campanarios, Templo San Juan Bautista (Google maps – 2014).



Figura 106 Protección de cubierta, Casa esquinera Calle 17-23. Foto tomada por el autor.



Figura 107 Mantenimiento en aleros, Calle 14. Foto tomada por el autor.



Figura 108 Sistema de arriostamiento mediante cuñas de madera en los extremos externos de los tirantes, Casa campesina, Nariño. Foto tomada por el autor.

2.4 Ilustraciones

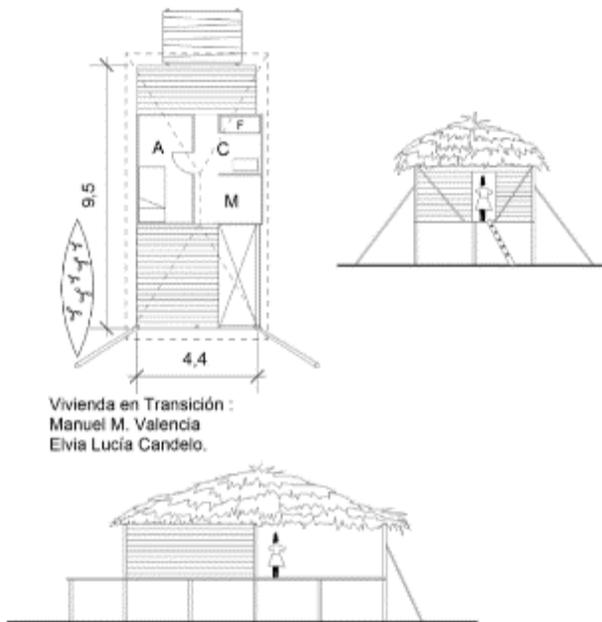


Figura 109 Tipología de la vivienda rural del Pacífico colombiano. Estructura en madera labrada; cubierta en hojas de palma; y cerramientos en tabla sin cepillar, esterilla y palmiche, Buenaventura, Valle del Cauca, Oeste de Colombia. FUENTE: (Mosquera Torres, 2010).

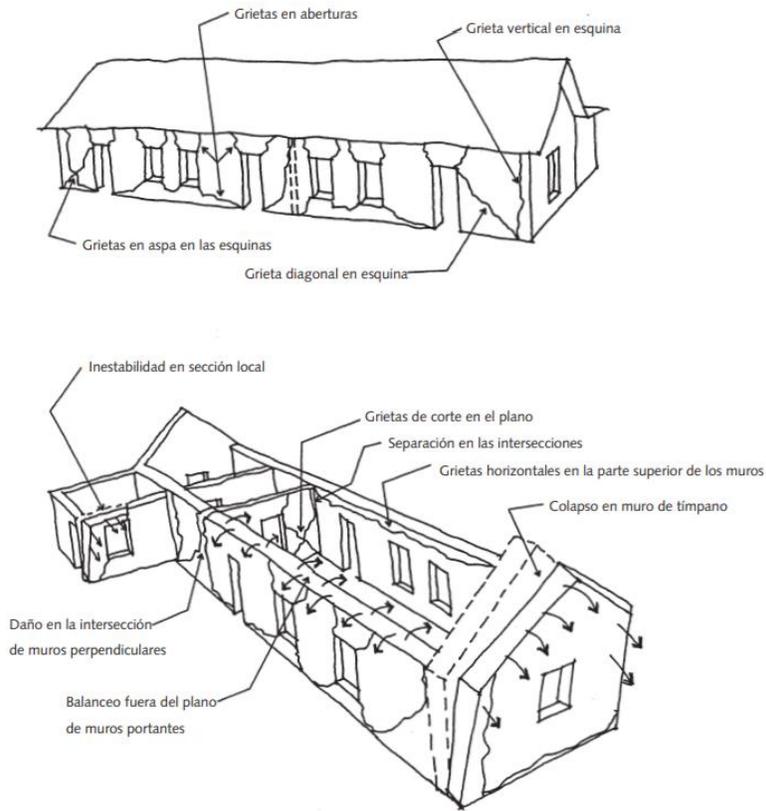


Figura 110 Grietas típicas de edificio de adobe después de sismo. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

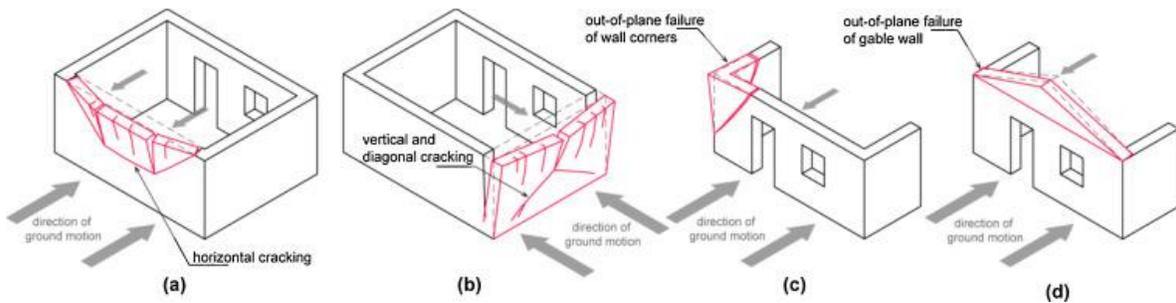


Figura 111 Daños causados por fuerzas fuera del plano. FUENTE: (Ortega, Vasconcelos, Rodriguez, Correia, & Lourenco, 2017).

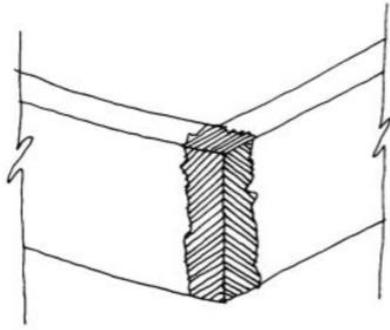


Figura 112 Daño en esquina fisura vertical. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

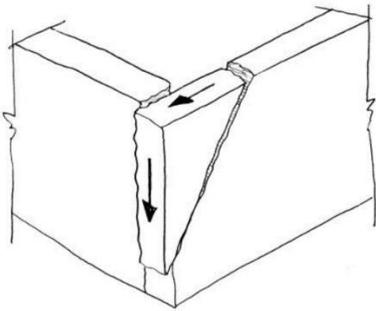


Figura 113 Daño en esquina fisura diagonal. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

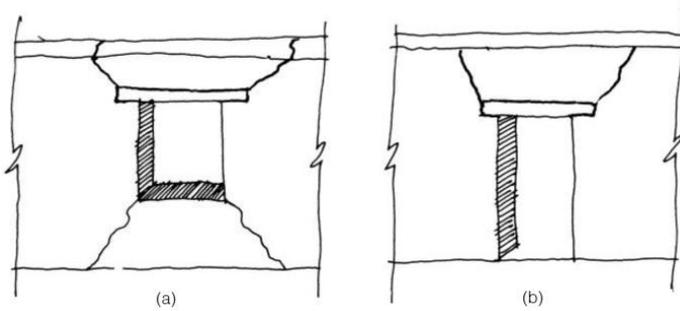


Figura 114 Daños vanos fisuras diagonal. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

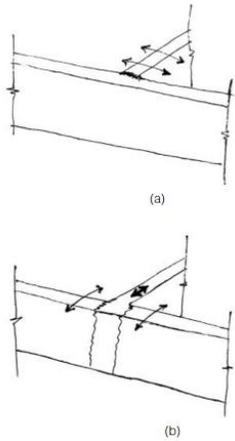


Figura 115 Daño intersección de muros. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

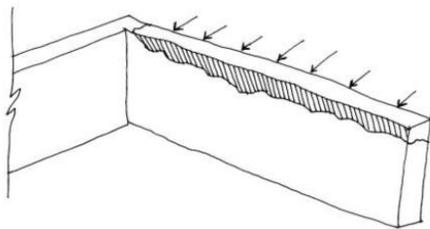


Figura 116 Daño en la parte superior del muro. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

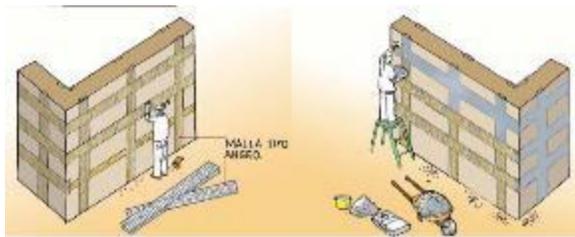


Figura 117 Sistema de refuerzo estructural con madera de confinamiento. FUENTE: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004).

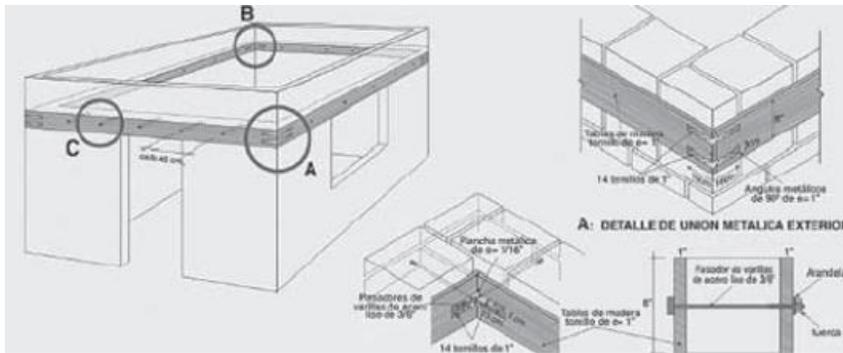


Figura 118 "Zuncho" perimetral de madera. FUENTE: (Kuroiwa, 2002).

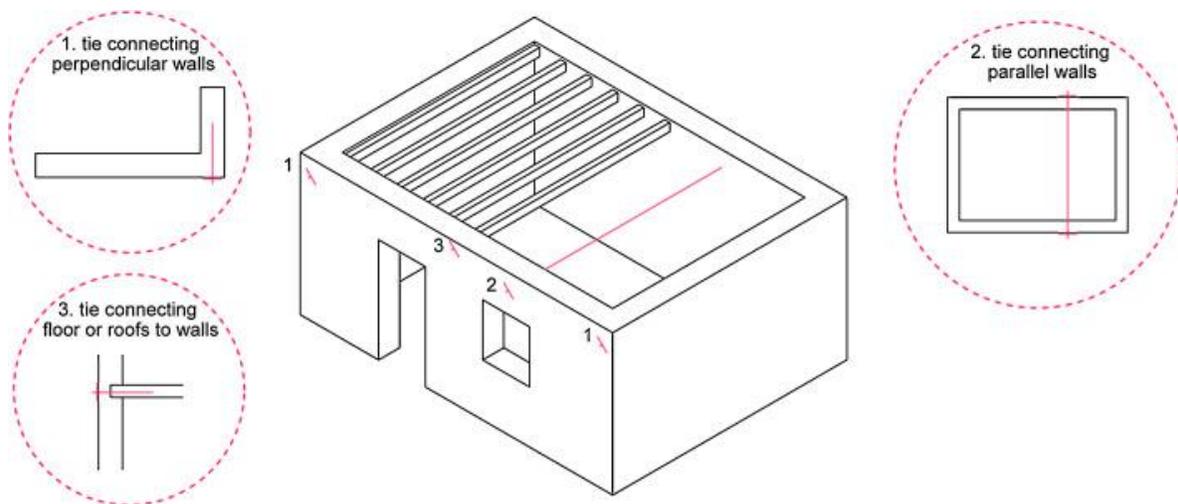


Figura 119 Refuerzo de mediante tirantes. FUENTE: (Ortega, Vasconcelos, Rodriguez, Correia, & Lourenco, 2017).

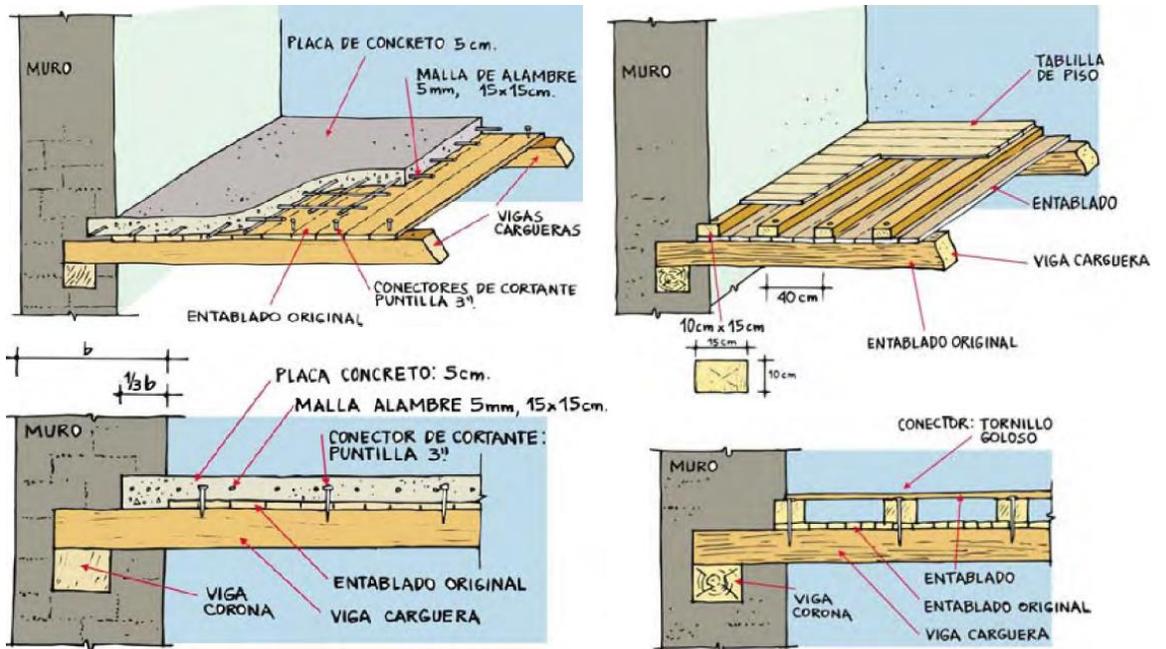


Figura 120 Refuerzo placa de concreto (Derecha) / Refuerzo entablado de madera (Izquierda). FUENTE: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2004).

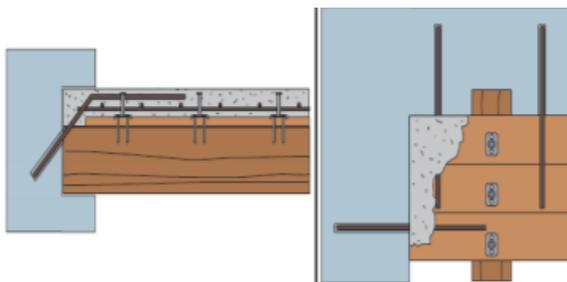


Figura 121 Anclaje entrepiso - muro, con varilla de acero. FUENTE: (Martellotts, Martens, & Teuffel, 2015).

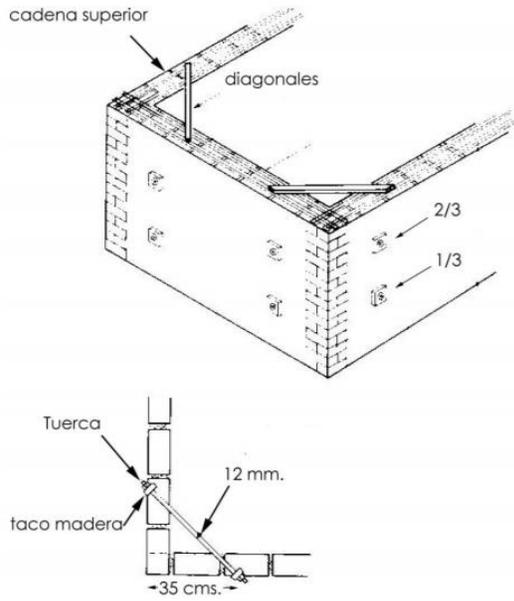


Figura 122 Refuerzo metálico en esquinas. FUENTE: (Broughton W).

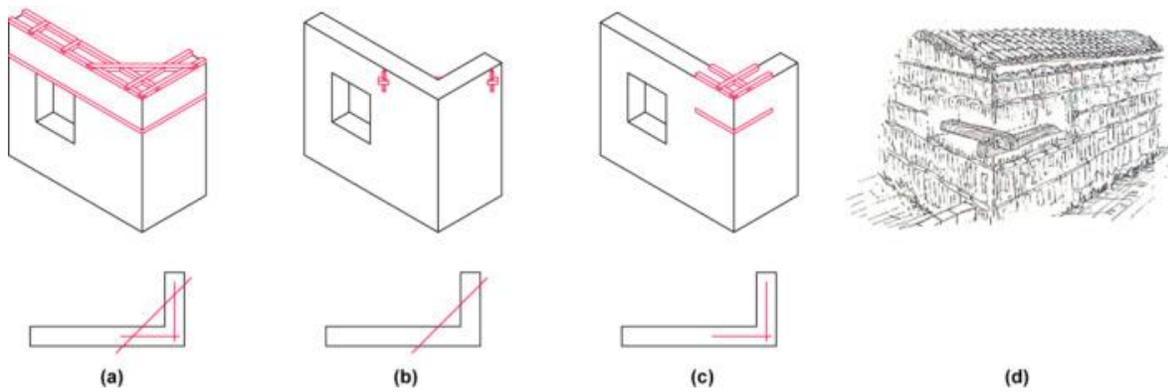


Figura 123 Refuerzo en esquinas. FUENTE: (Ortega, Vasconcelos, Rodriguez, Correia, & Lourenco, 2017).

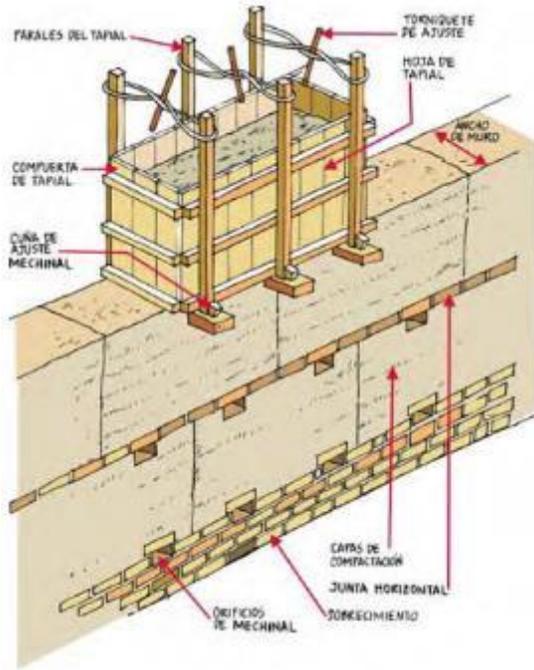


Figura 124 Proceso constructivo de muro de tapia (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004).

FIGURA 7: VISTAS Y PROCEDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA EN TAPIA PISADA.

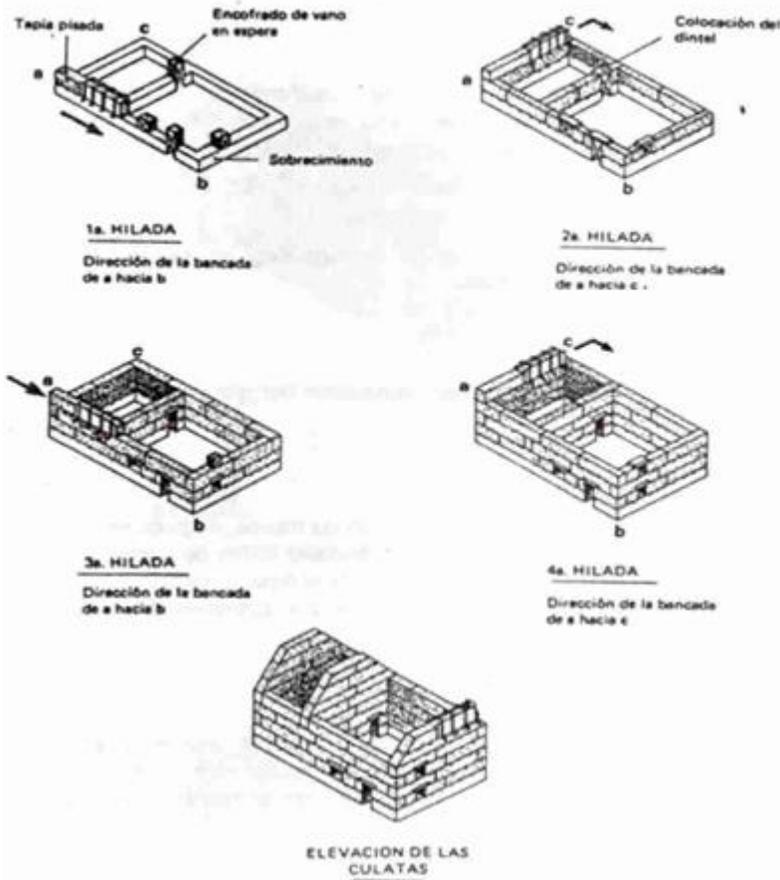


Figura 125 Vista y procedimientos en la construcción de una casa en tapia pisada. FUENTE: (SENA, 2012).

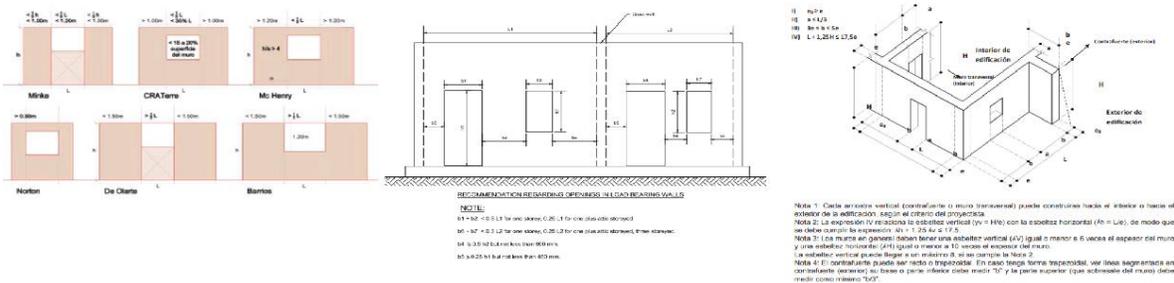


Figura 126 Limites geométricos según diferentes autores y códigos. FUENTE: (Gaete Cruz, 2010) Izquierda / (Department of Urban Development and Building Construction, 1994) Centro / (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del Peru, 2017) Derecha.



Figura 127 Disposición de fuerza con relación a los dinteles. FUENTE: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004).

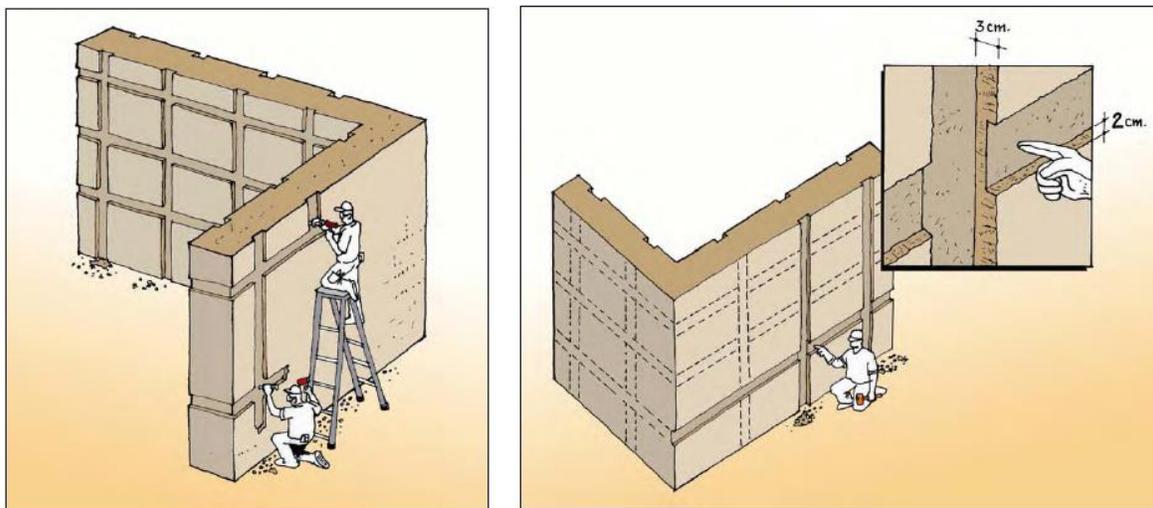


Figura 128 Dimensión de regatas en muros de tapia. FUENTE: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004).

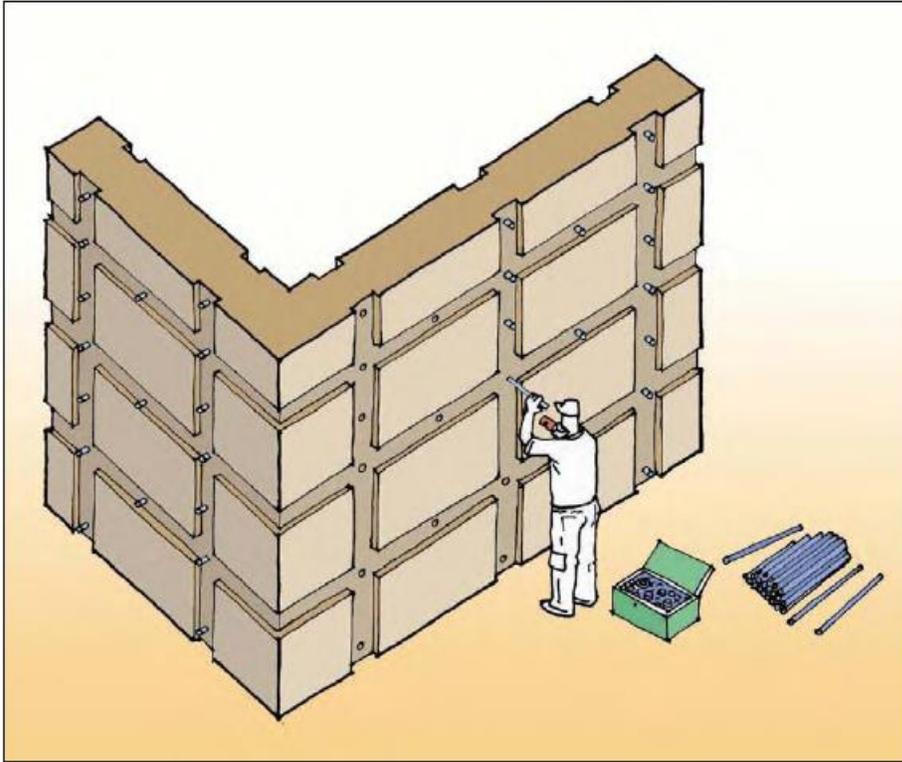


Figura 129 Instalación de pernos en las intersecciones de los refuerzos. FUENTE: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004).

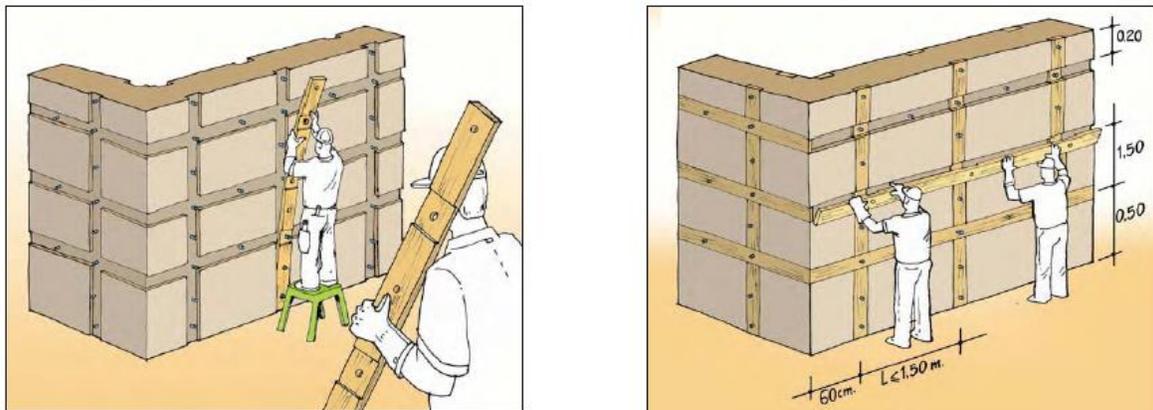


Figura 130 Instalación de refuerzo de madera. FUENTE: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004).

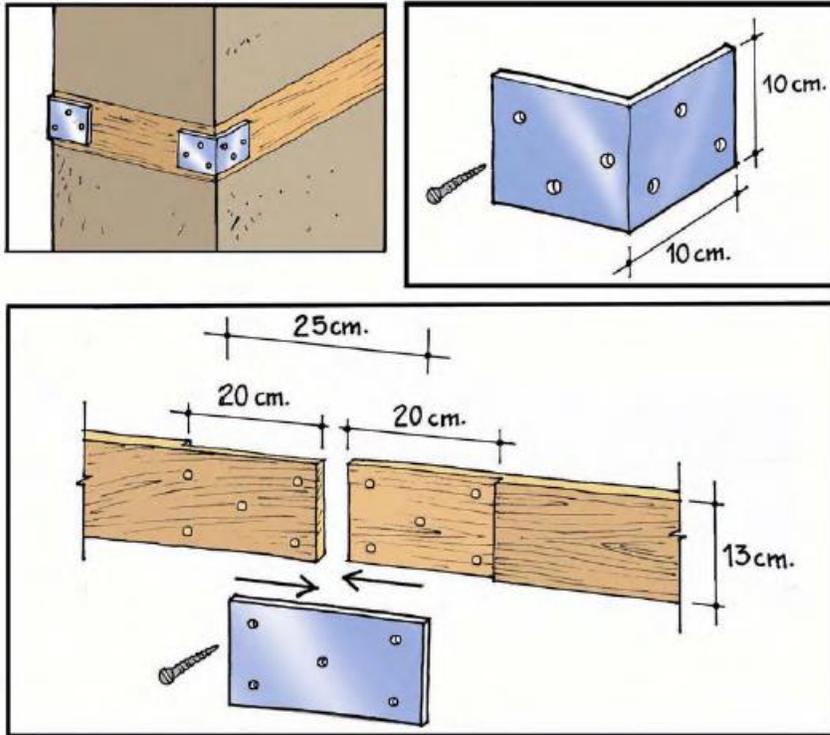


Figura 131 Disposición platinas en esquinas y uniones de refuerzos. FUENTE: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2004).

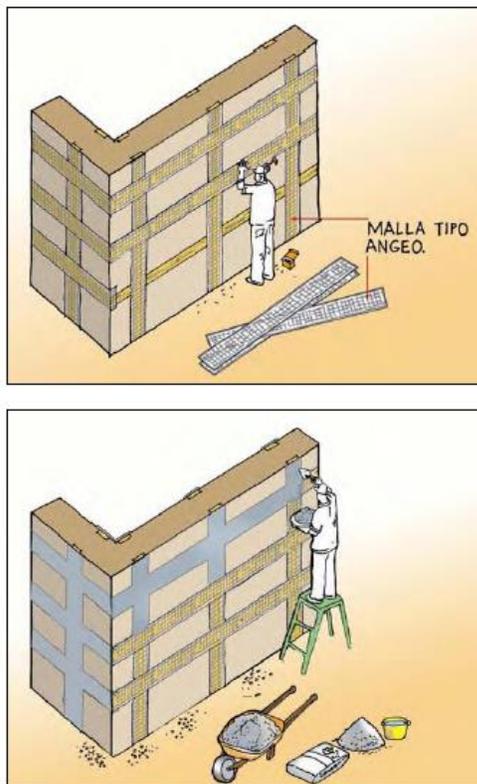


Figura 132 Instalación malla tipo Ageo. FUENTE: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2004).

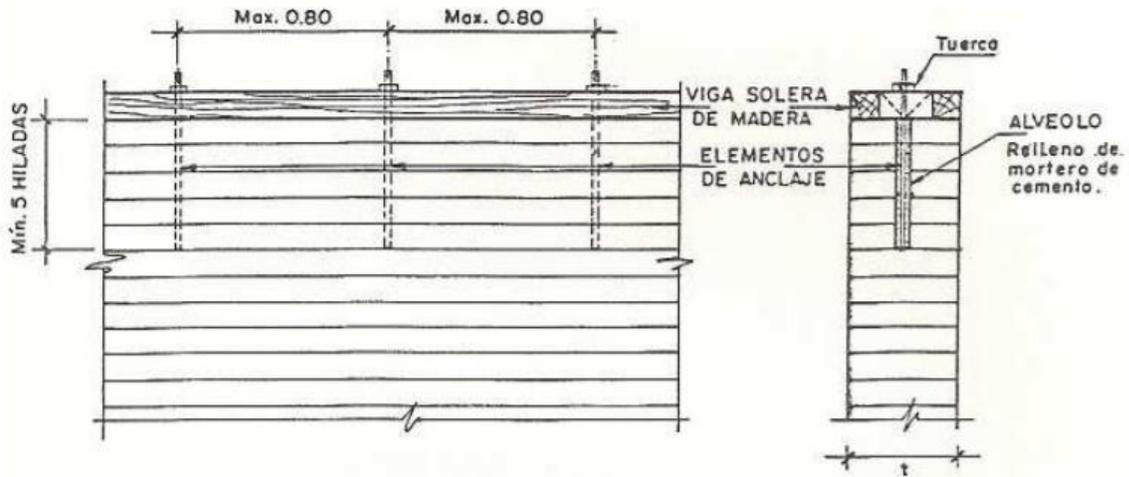


Figura 133 Anclajes viga corona. FUENTE: (Giles Castillo, Scarponi, & Galindez, 2010)



45 AÑOS – SEPTIEMBRE 2018
SOCIEDAD COLOMBIANA
DE ARQUITECTOS - NARIÑO



Calle 18 No 23 - 67
Centro de Pasto

CASA DE
JOSE ANTONIO



2015



“Conservación de lo saberes constructivos”

Restauración y rehabilitación arquitectónica de la Casa
de José Antonio Zarama



gforestal

Figura 134 Afiche 45 año de la Sociedad Colombiana de Arquitectos - Regional Nariño, Casa de José Antonio, diseño del autor.

2.5 Mapa

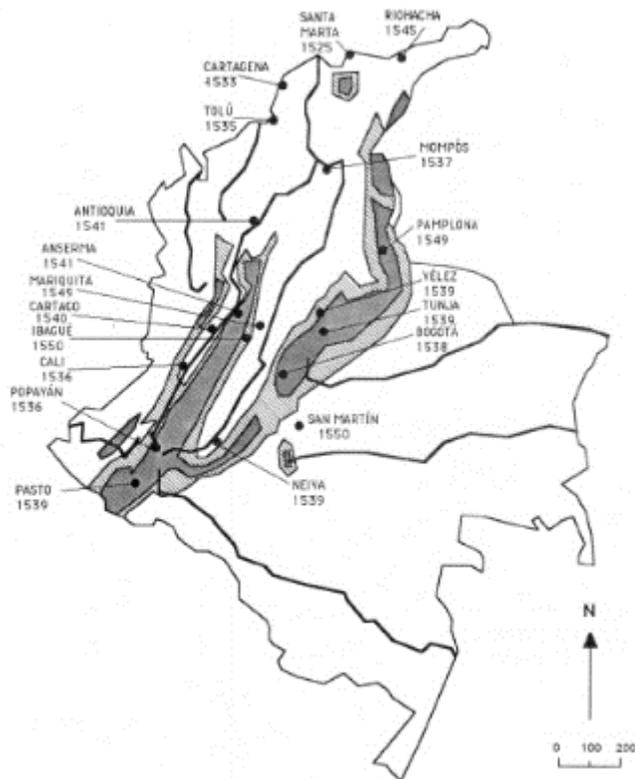


Figura 135 Mapa: Principales fundaciones 1525-1550. Principio de la conquista. FUENTE: Base de datos "Historia Municipal". Fundación de Estudios Históricos Misión Colombia. (Bernard & Zambrano, 1993).

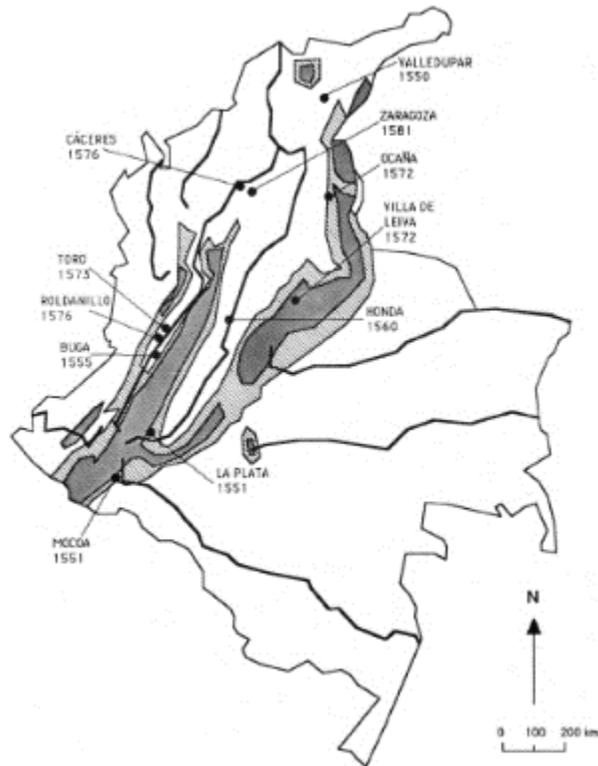


Figura 136 Mapa: Fundaciones 1550-1600. Fin de la conquista / Principio de la colonia. FUENTE: Base de datos "Historia Municipal". Fundación de Estudios Históricos Misión Colombia. (Bernard & Zambrano, 1993).



Figura 137 Mapa comunidades españolas. Izquierda, Castilla. Centro, Extremadura. Derecha, Andalucía. FUENTE: (Wikipedia, 2018).



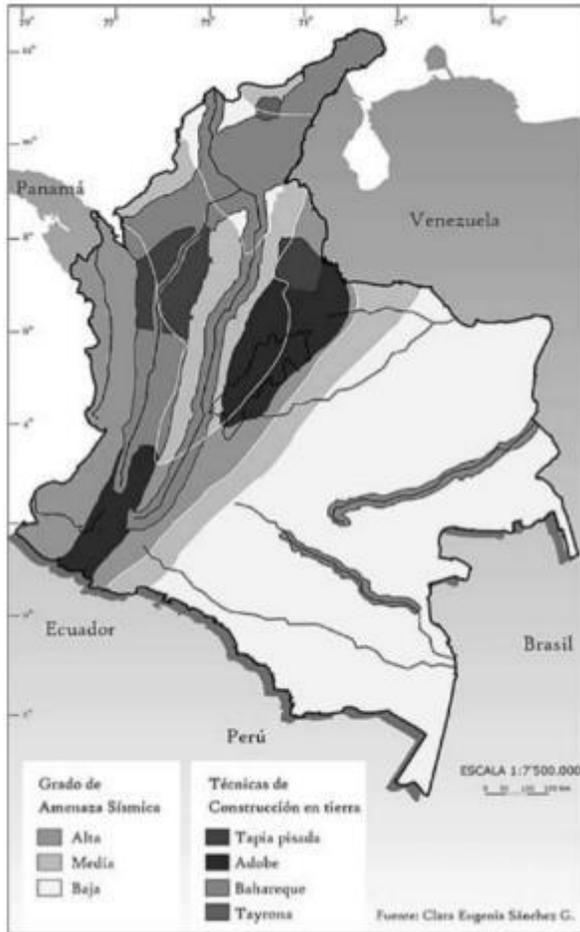
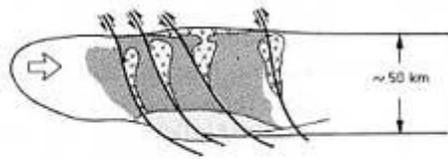


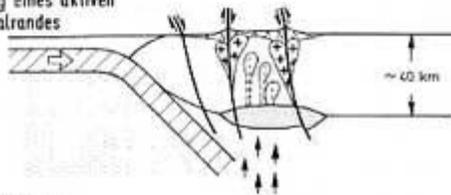
Figura 139 Ubicación de las construcciones en tierra con relación a la amenaza sísmica. (Sanchez Gama, 2007).

Karbon - Trias
passiver Kontinentalrand



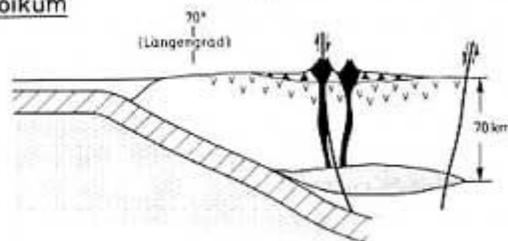
- Rhyolithe-Ignimbrite
- S Typ-Plutonismus
- Sedimente
- Zone der Anatexis

Jura - Kreide
Ausbildung eines aktiven Kontinentalrandes



- Intermediärer basischer Vulkanismus
- J-Typ-Plutonismus (sauer)
- J-Typ-Plutonismus (basisch)
- Zone der Anatexis
- Aufsteigende Lösungen und Gase

Känozoikum



- Andesit-Formation
- Stratovulkane
- Rhyolith-Formation
- Zone der Anatexis
- ~40-70 km Mächtigkeit der Kruste
- Ozeanische Kruste
- Subduktionszone

Entwicklung der Subduktionszone in den zentralen Anden.
Aus: W. Zeil (1986), S. 126.

Figura 140 Desarrollo de la zona de subducción de la placa de Nazca y suramericana, Zona de los Andes. FUENTE: (Zeil, 1986, 126).

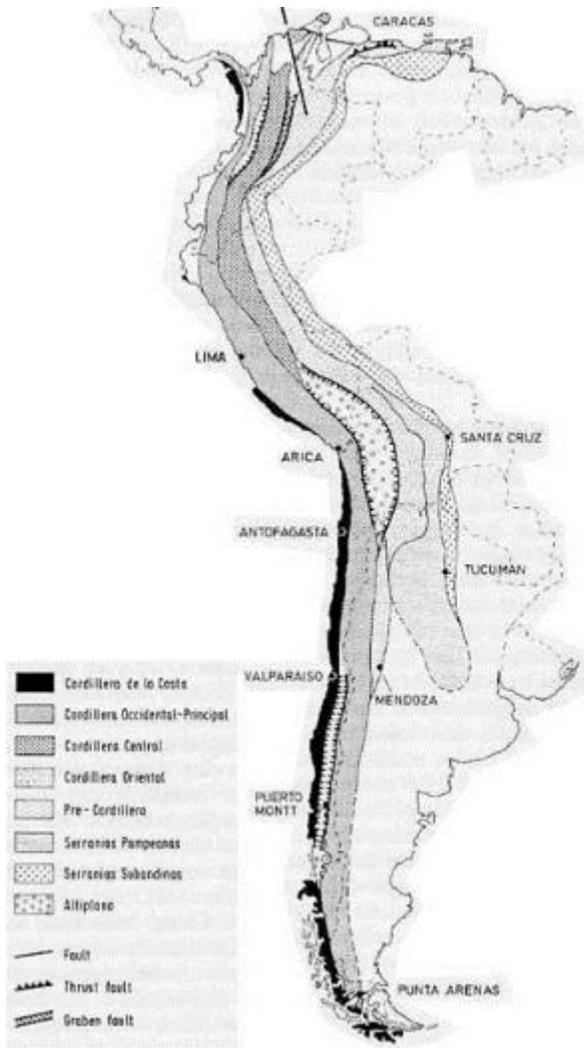


Figura 141 Cordilleras de los Andes, Sur- Occidente de América. FUENTE: (Zeil, 1986, 69).



Figura 142 Cordillera Occidental, central y oriental de Colombia. FUENTE: (Zeil, 1986, 82)

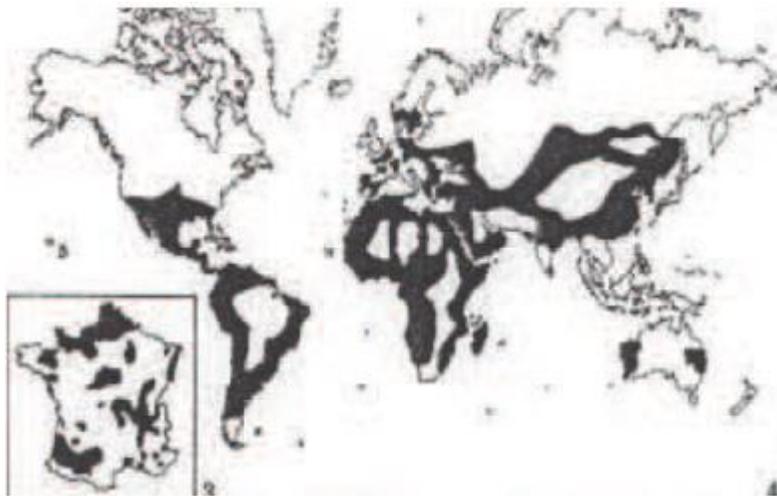


Figura 143 Distribución construcciones de tierra por el mundo. FUENTE: (Yuste, 2010, 40).

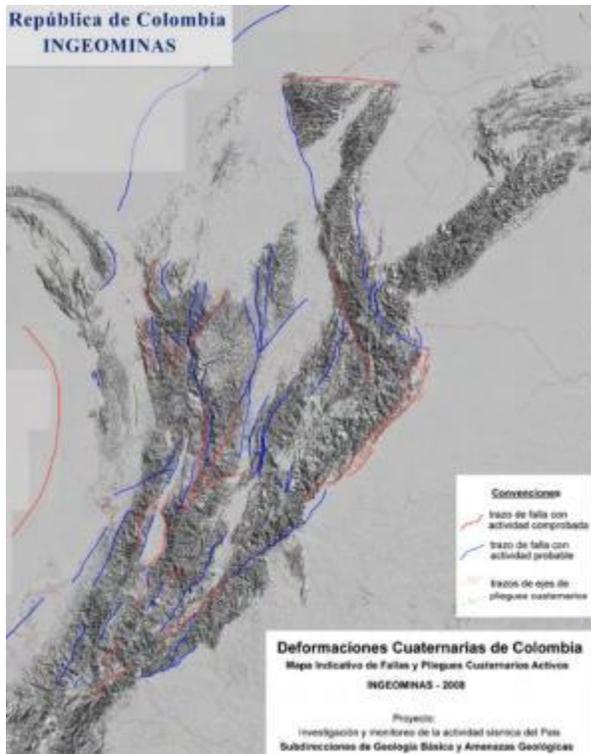


Figura 144 Mapa indicativo de fallas y pliegues cuaternarios activos en Colombia. FUENTE: INGEOMINAS.

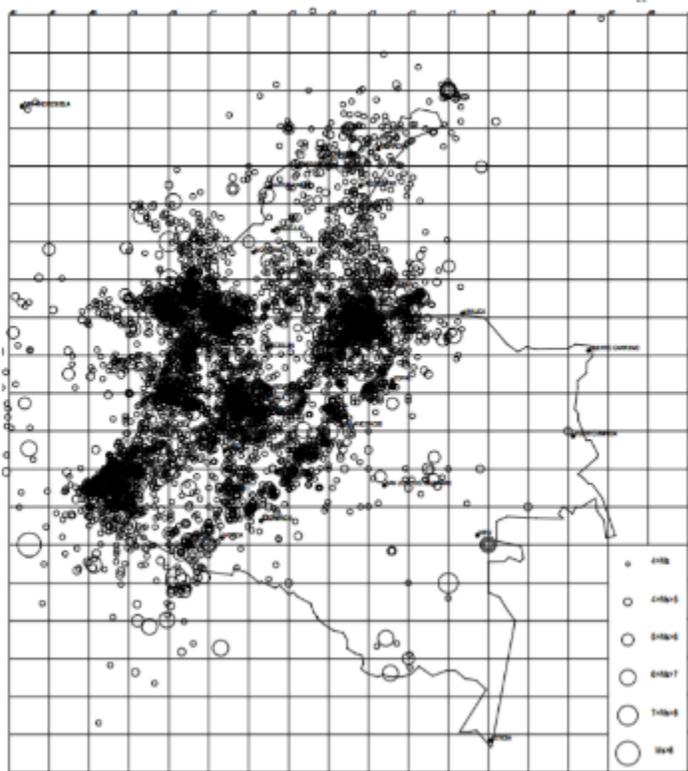


Figura 145 Localización epicentral de los sismos con $M_s \geq 3$ (1541-2009). FUENTE: (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

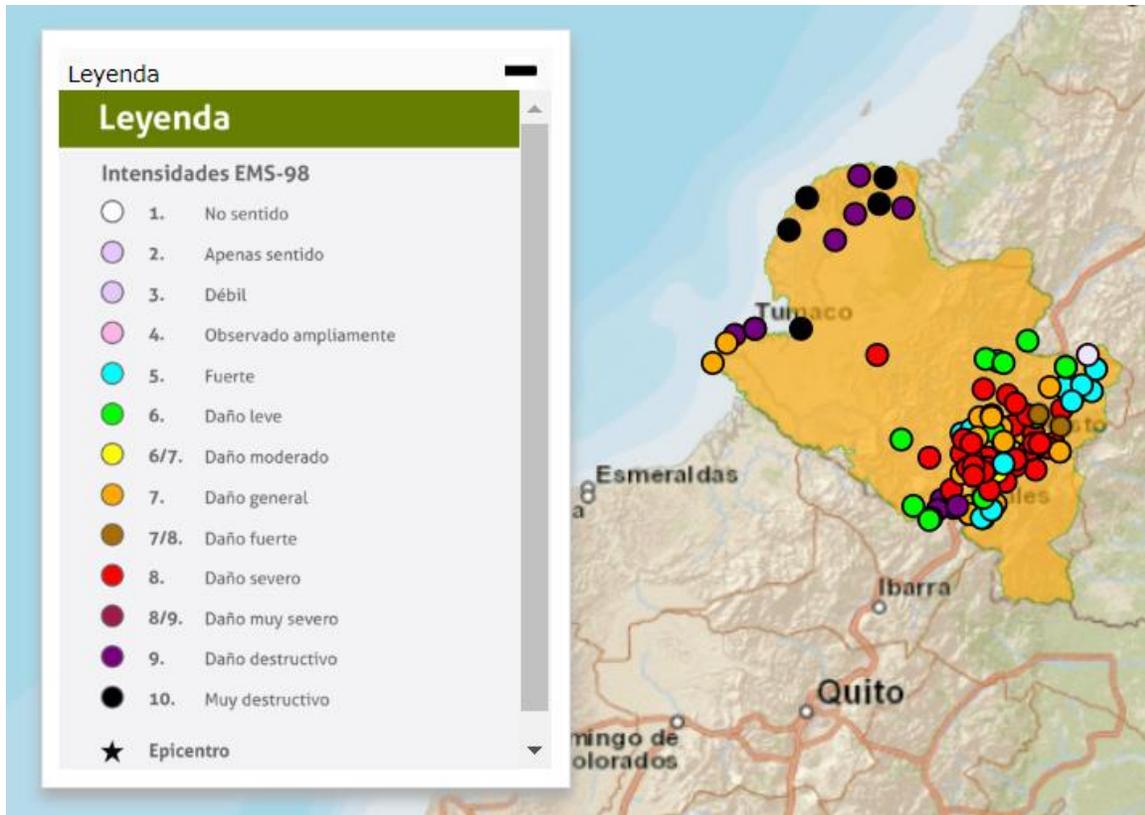


Figura 146 Registro histórico de sismos en el departamento de Nariño, Colombia. FUENTE: (Servicio Geológico Colombiano, 2009).

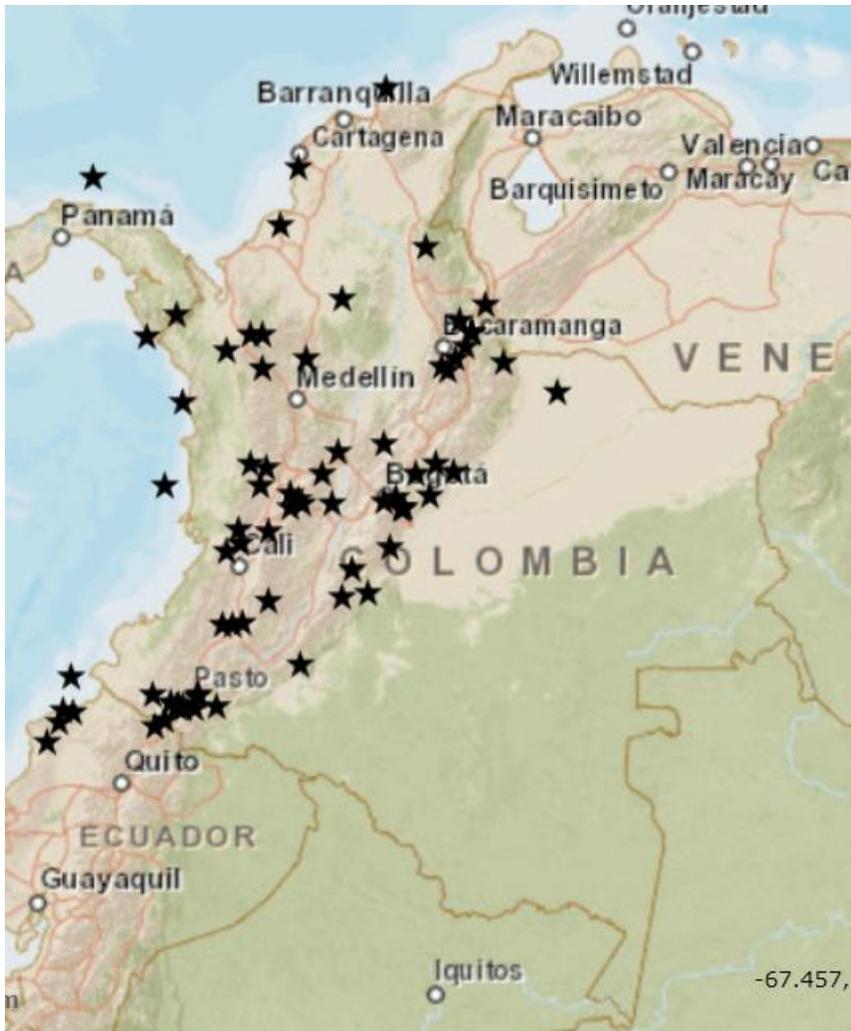


Figura 147 Registro histórico de sismos en Colombia. FUENTE: (Servicio Geológico Colombiano, 2009).

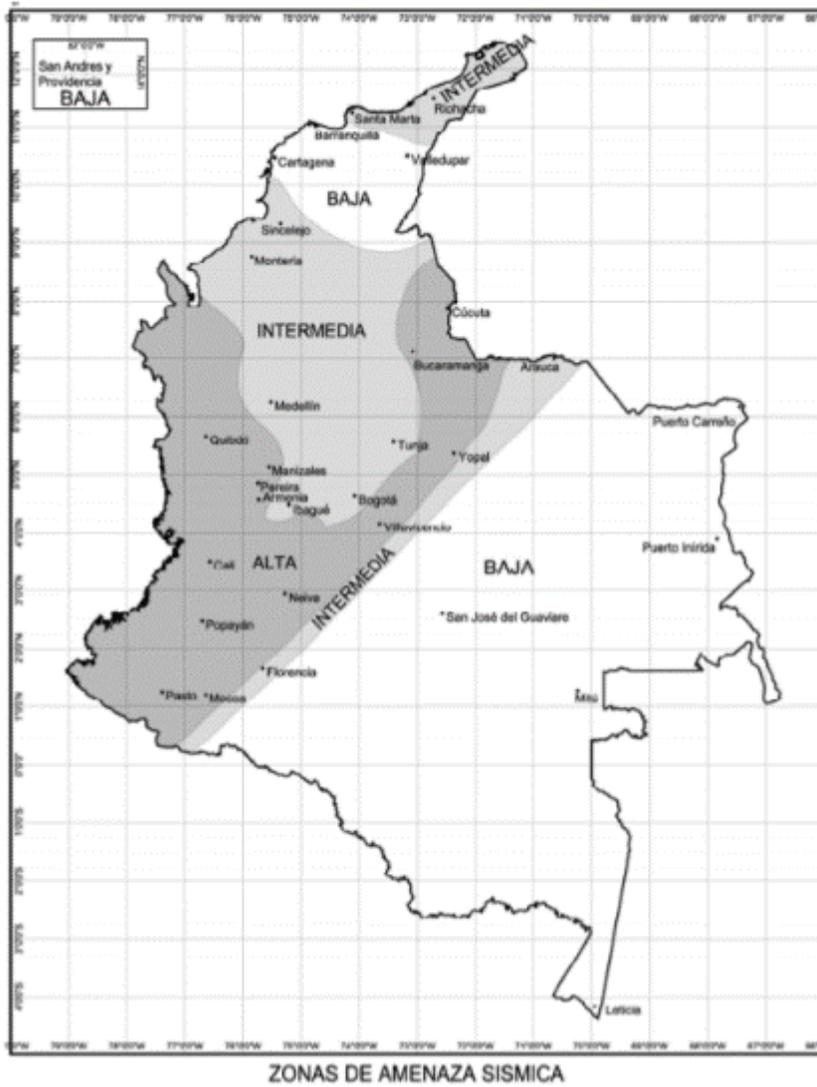


Figura 148 Zonificación de amenaza sísmica de Colombia. FUENTE: Figura A.2.3-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

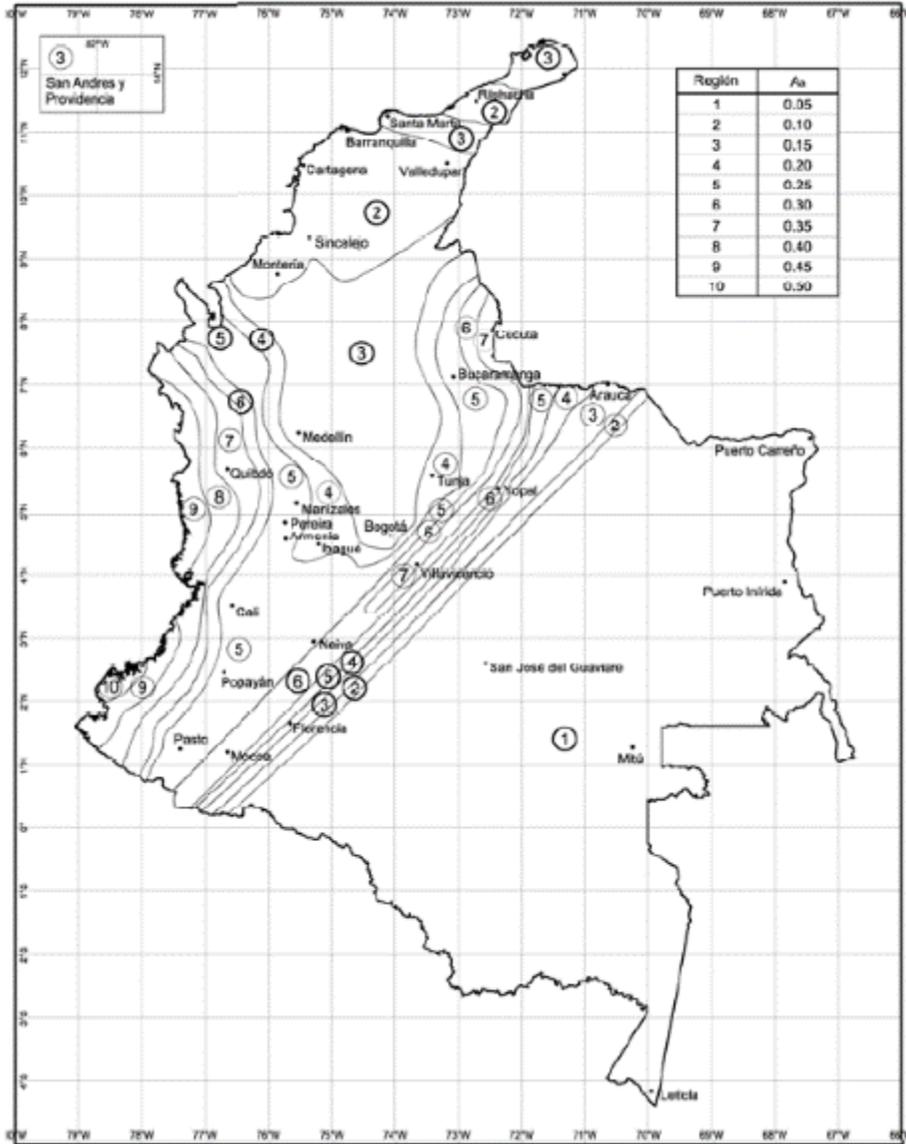


Figura 149 Valores A_a (Aceleración pico efectiva horizontal de diseño para períodos de vibración cortos expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$). FUENTE: Figura A.2.3-2 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

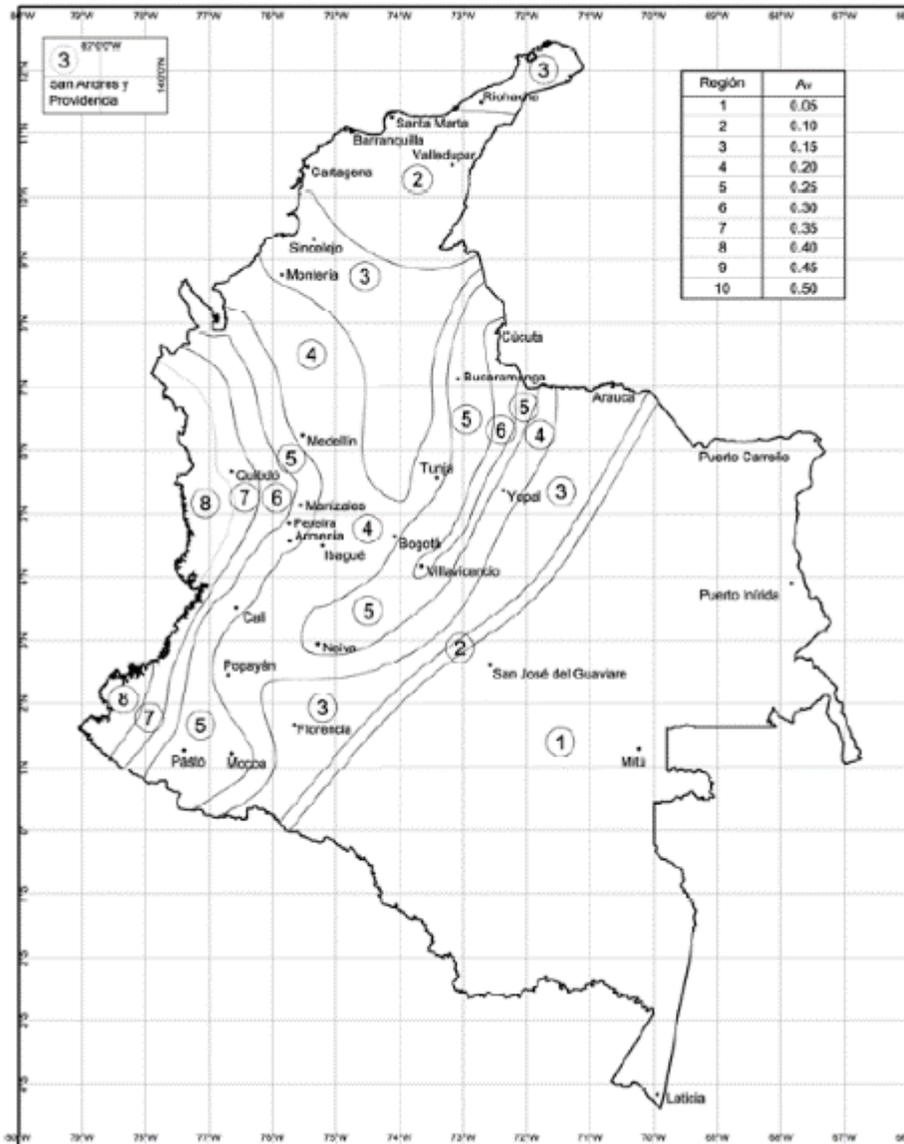


Figura 150 Valores A_v (Aceleración pico efectiva horizontal de diseño para períodos de vibración intermedios expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$). FUENTE: Figura A.2.3-3 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

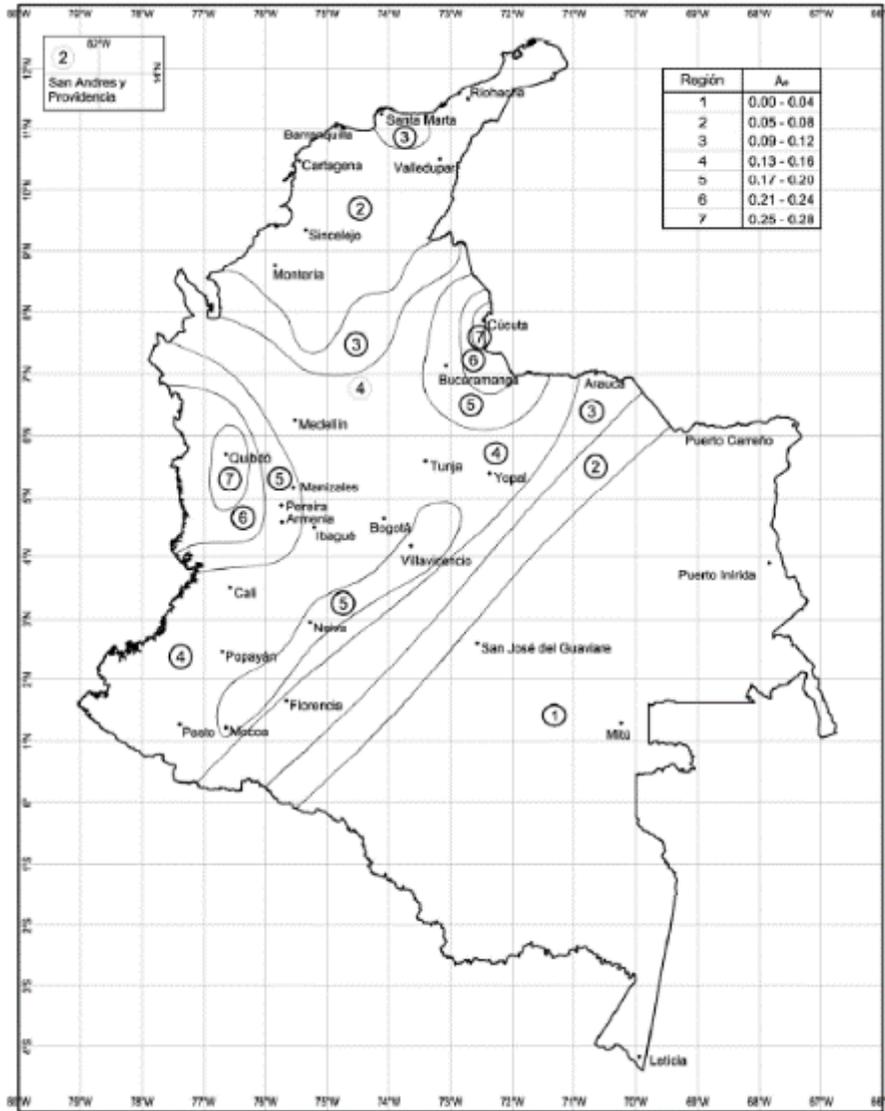


Figura 151 Valores A_e. FUENTE: Figura A.10.3-1 (Reglamento Colombiano de construcción sísmo resistente).



Figura 152 Izquierda, Localización de Colombia - Centro, localización de Pasto en Colombia - Derecha, localización de Pasto en Nariño. FUENTE: (Wikipedia, 2018).



Figura 153 Plan especial de manejo y protección (PEMP) del centro histórico, bienes de interés cultural nacional (BICN), y de inmuebles aislados de interés cultural (BIC), del municipio de Pasto, Casa Zarama. FUENTE: Alcaldía de Pasto.

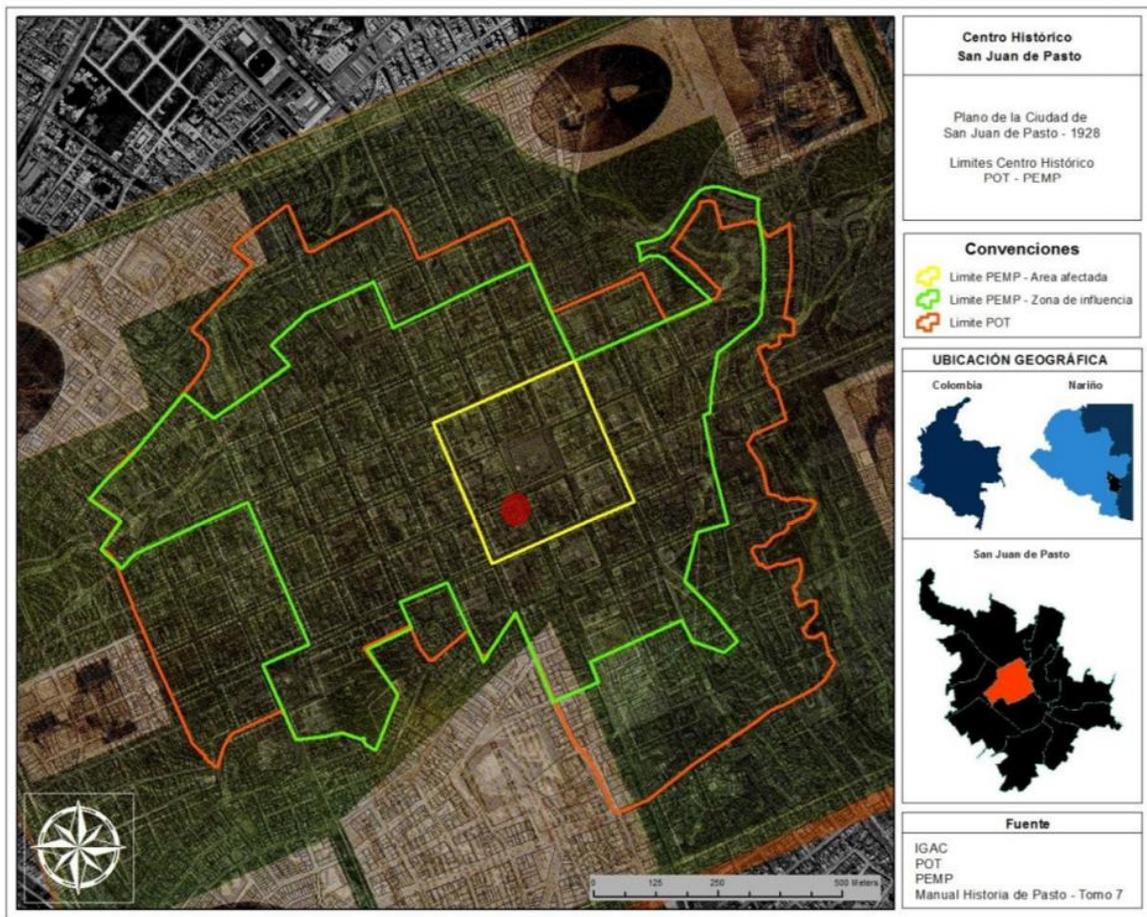


Figura 154 Ubicación Casa Zarama, POT - PEMP. FUENTE: (Alcaldía de Pasto, 2013).

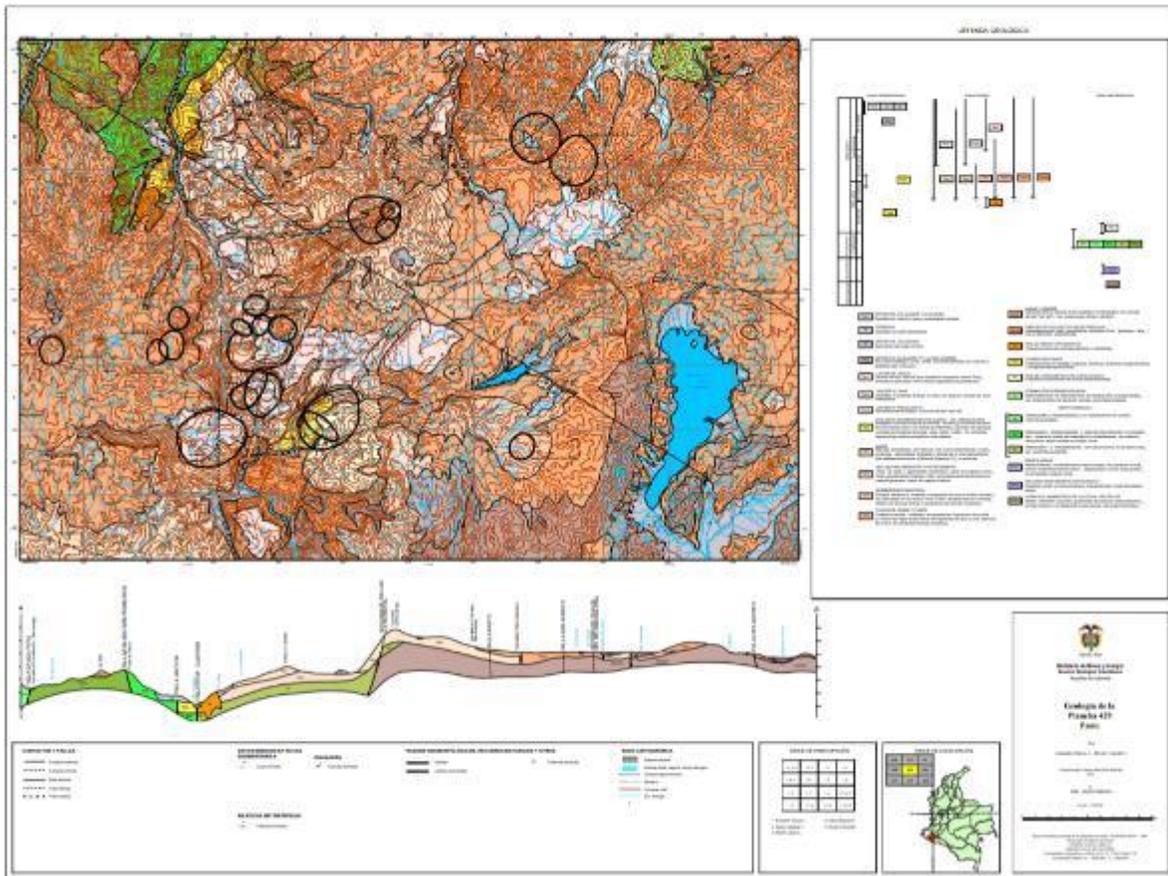


Figura 155 Mapa geológico de Pasto, Plancha 429 FUENTE: INGEOMINAS.

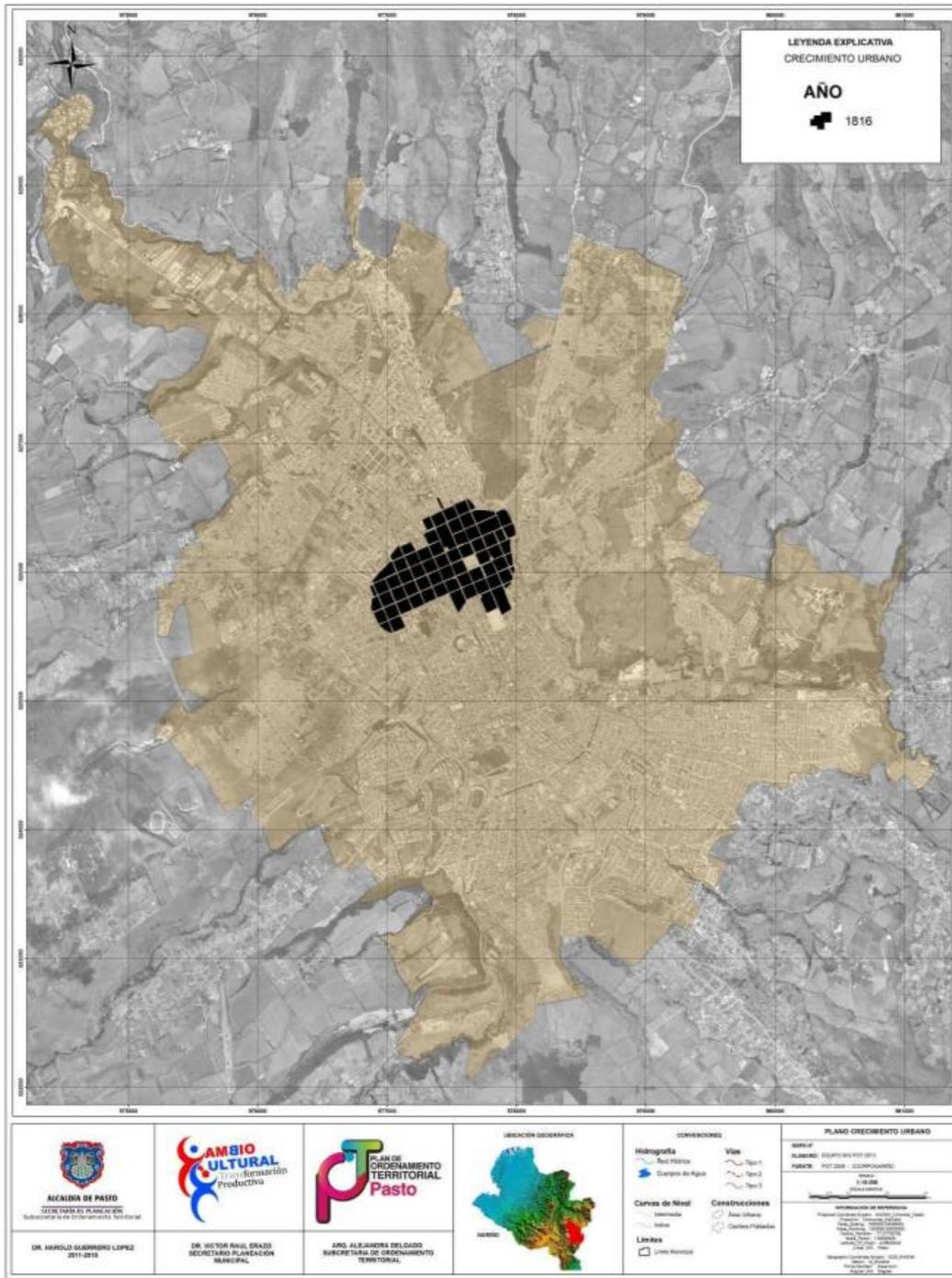


Figura 156 Plano crecimiento urbano en Pasto, en negro población en 1816. FUENTE: (Alcaldía de Pasto, 2013).

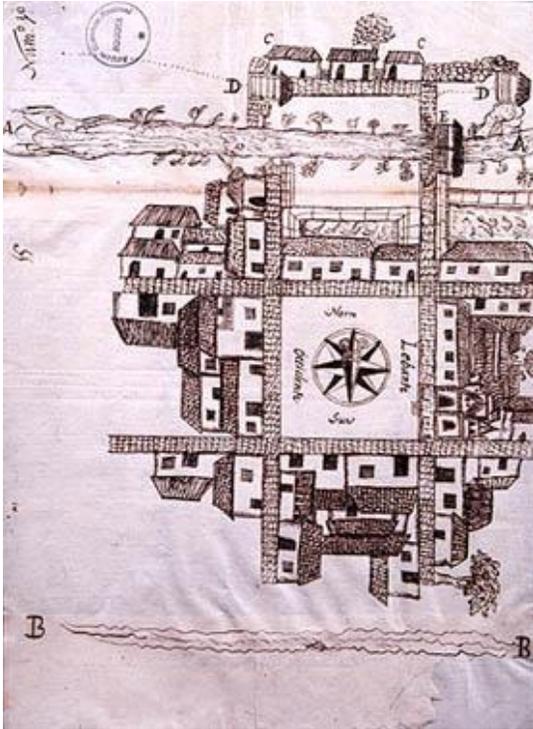


Figura 157 Plano de la parroquia de Güepsa, Santander, Nor-orient de Colombia, 1803. FUENTE: (Archivo General de la Nación).



Figura 158 Ubicación Casa Zarama en lamina del plano de la ciudad de Pasto. FUENTE: (Varios Autores, 1924).



Figura 159 Ubicación Casa Zarama en el plano de la ciudad de Pasto elaborado por Hijinio Muñoz en 1864. FUENTE: (Fonseca González, 2009).



Figura 160 Ubicación Casa Zarama en el plano de tuberías para Pasto, 1919. FUENTE: (Fonseca González, 2009).



Figura 161 Ubicación Casa Zarama en plano direccional de Pasto, 1928. FUENTE: (Fonseca González, 2009).

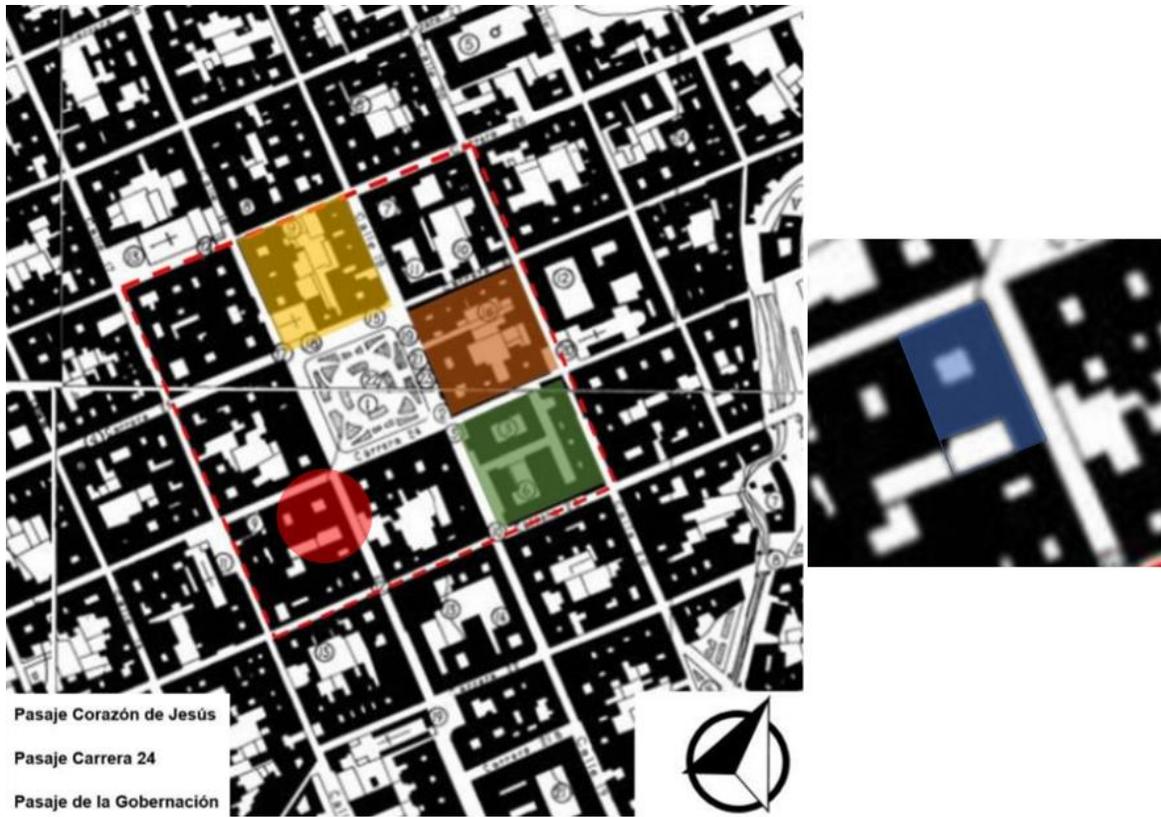


Figura 162 Ubicación Casa Zarama en plano centro de Pasto. Se observa configuración de la cubierta de la Casa Zarama y actual Casa Juan Antonio. FUENTE: (Jojoa Zamora, 2015).

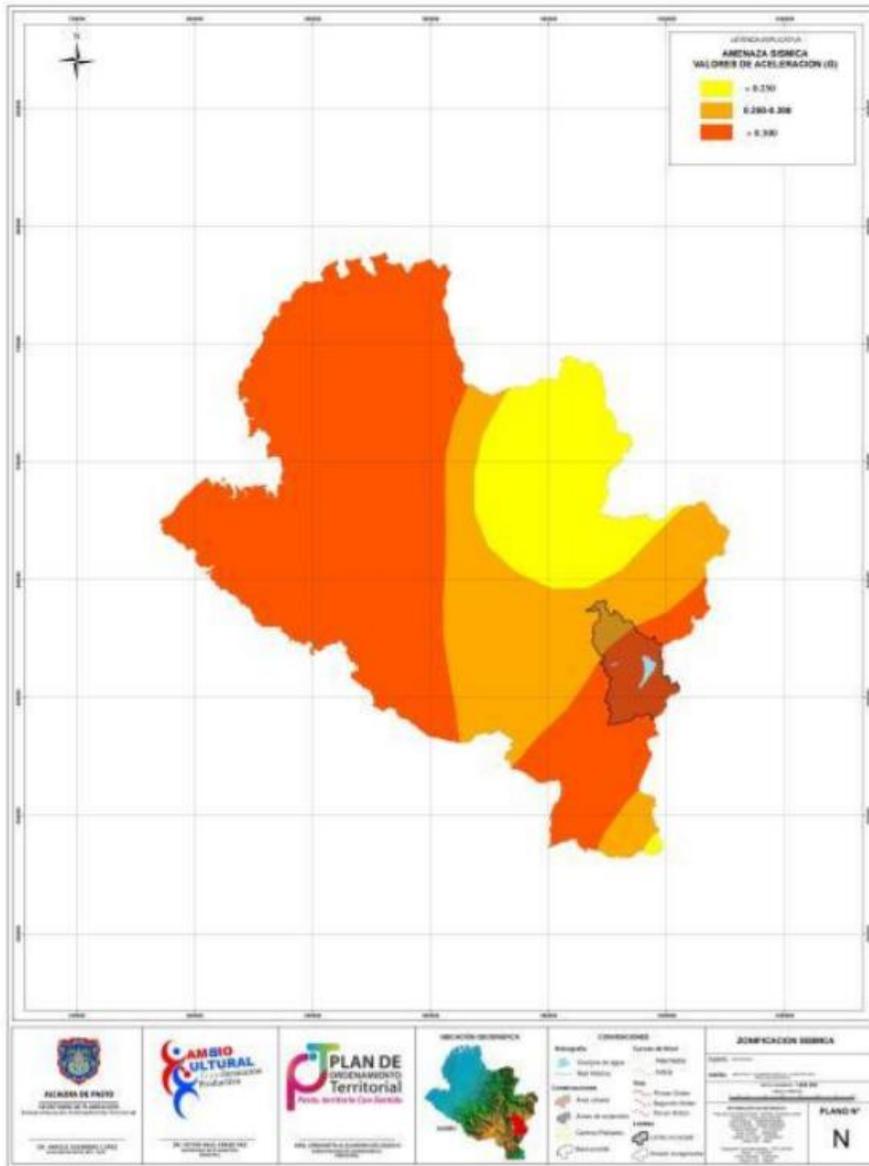


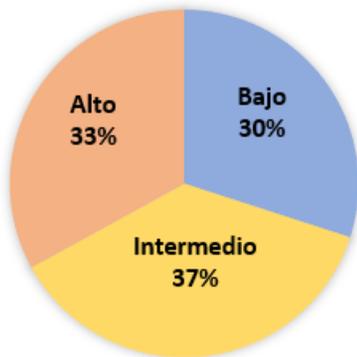
Figura 163 Zonificación de amenaza sísmica en el departamento de Nariño. FUENTE: INGEOMINAS, 1996.



Figura 164 Sistema de geo codificación de la ciudad de Pasto. Vía principal No Vía generadora – Distancia en metros a la vía generadora (Grupo de Investigación GRIAS- KDD, 2016).

2.6 Gráficas

RIESGO SISMICO EN EL PATRIMONIO COLONIAL

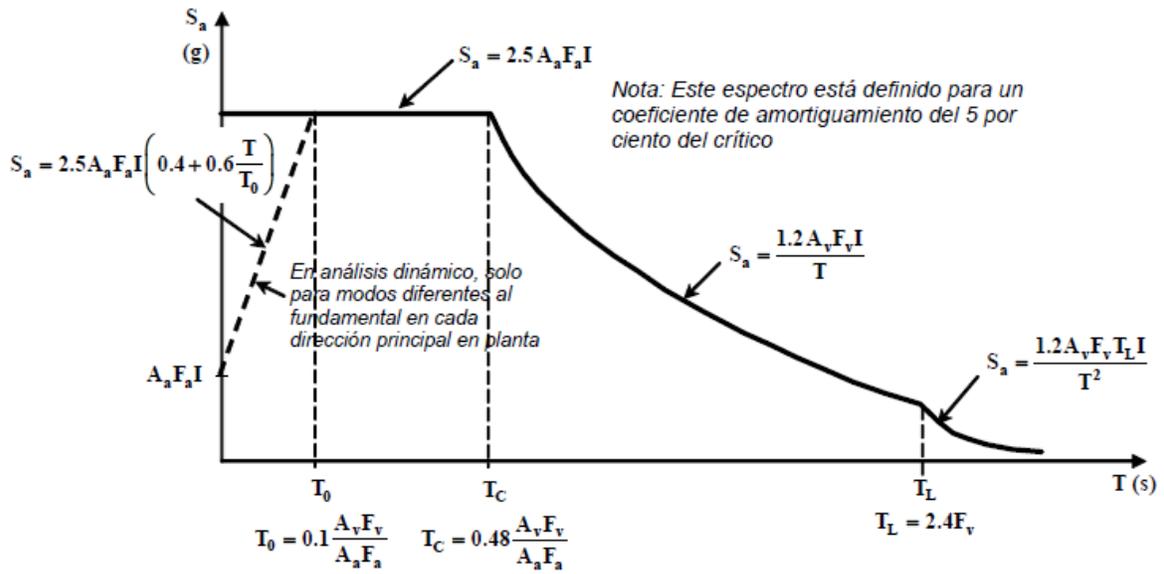


Gráfica 1 Riesgo sísmico en el patrimonio colonial (Acero Matallana, 2012).

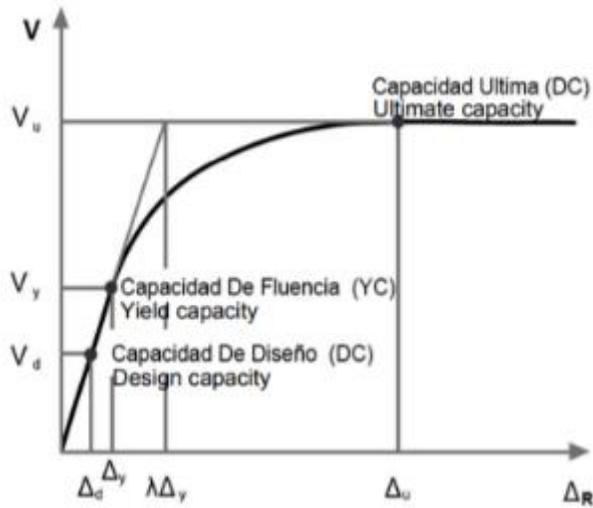


Gráfica 2 Histograma sísmico de la ciudad de Pasto. FUENTE: (Servicio Geológico Colombiano, 2009).

2.7 Figura



Gráfica 3 Espectro elástico de aceleraciones de diseño en fracción de la gravedad. FUENTE: Figura A.2.6.-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).



Gráfica 4 Curva de capacidad, Desplazamiento máximo (R) Vs Cortante Basal (V) FUENTE: (Maldonado Rondon, Jasbon Carvajal, & Chio Cho, 2010).

2.8 Plano

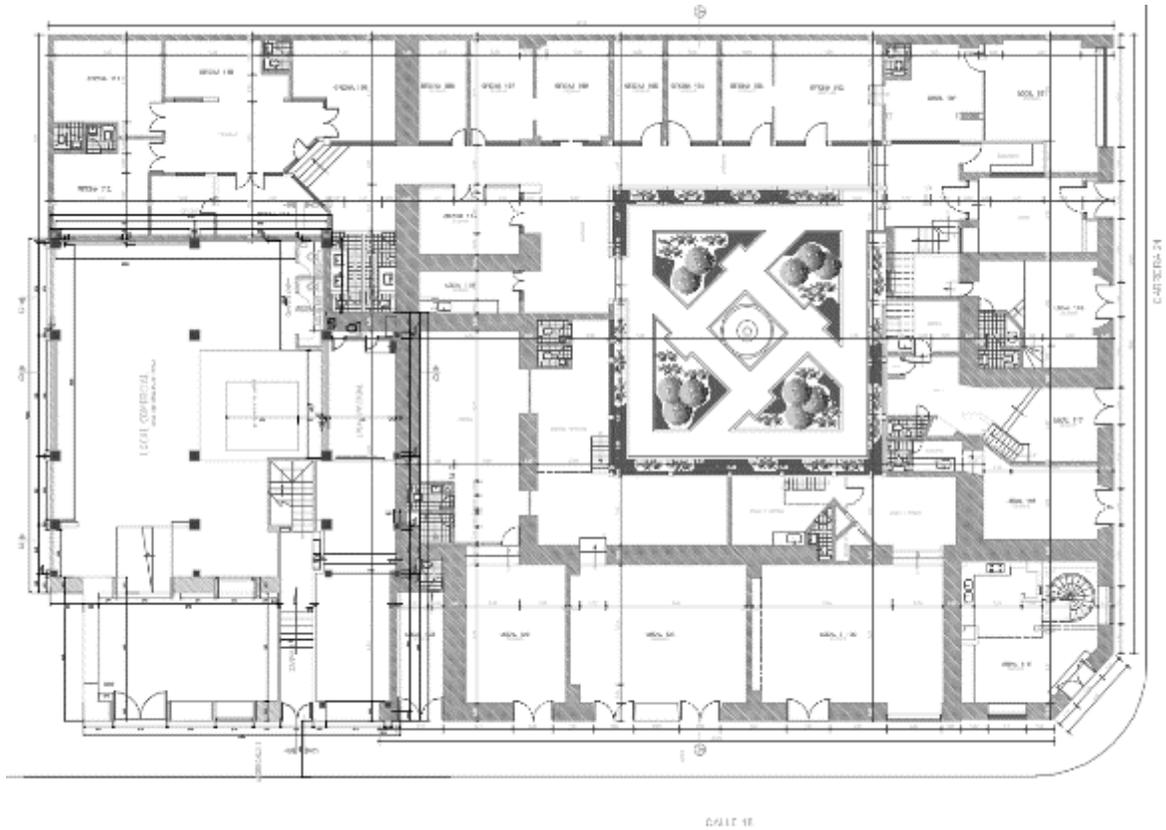


Figura 165 Primera Planta, Casa Zarama y Casa José Antonio en la actualidad. FUENTE: (Planos Casa Zarama: Ing. Leonor / Planos Casa José Antonio: Arq. Mauricio Conto).

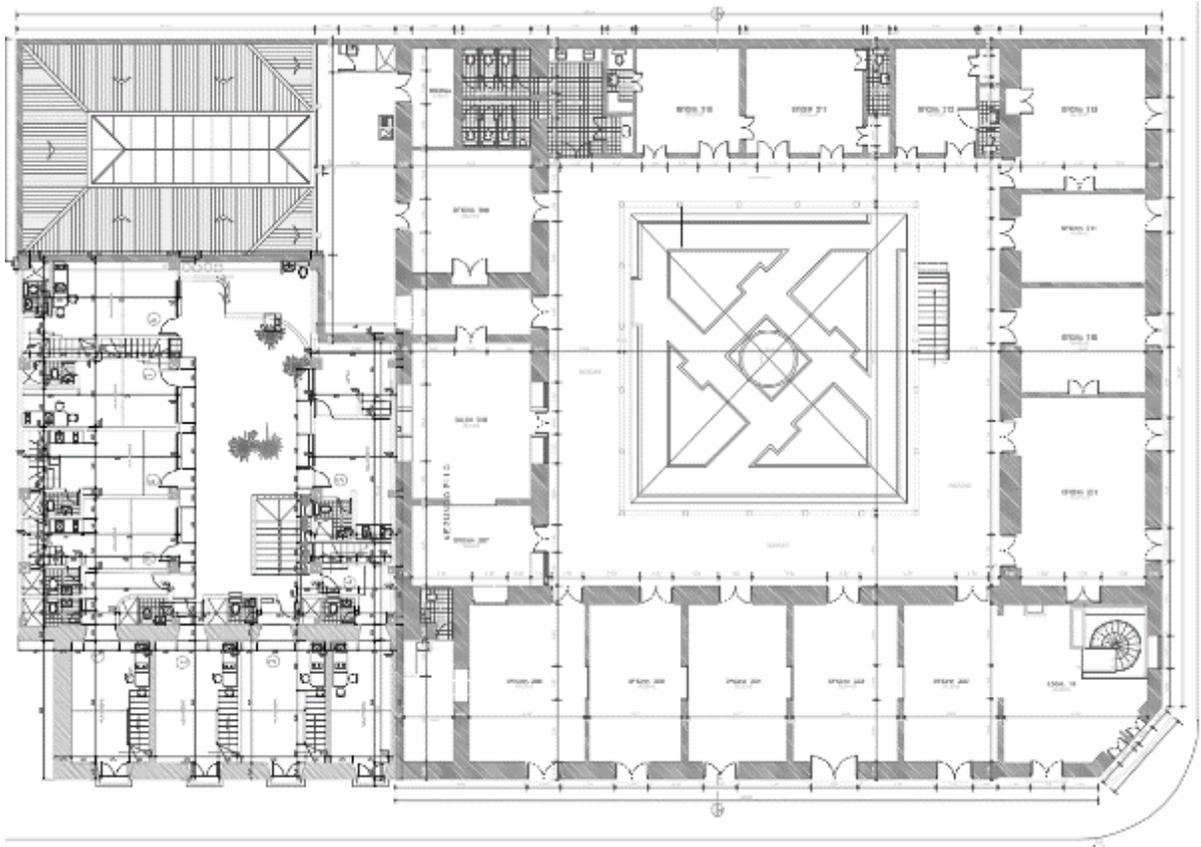


Figura 166 Segunda Planta, Casa Zarama y Casa José Antonio en la actualidad. FUENTE: (Planos Casa Zarama: Ing. Leonor / Planos Casa José Antonio: Arq. Mauricio Conto).

ESBELTEZ MUROS PRIMERA PLANTA

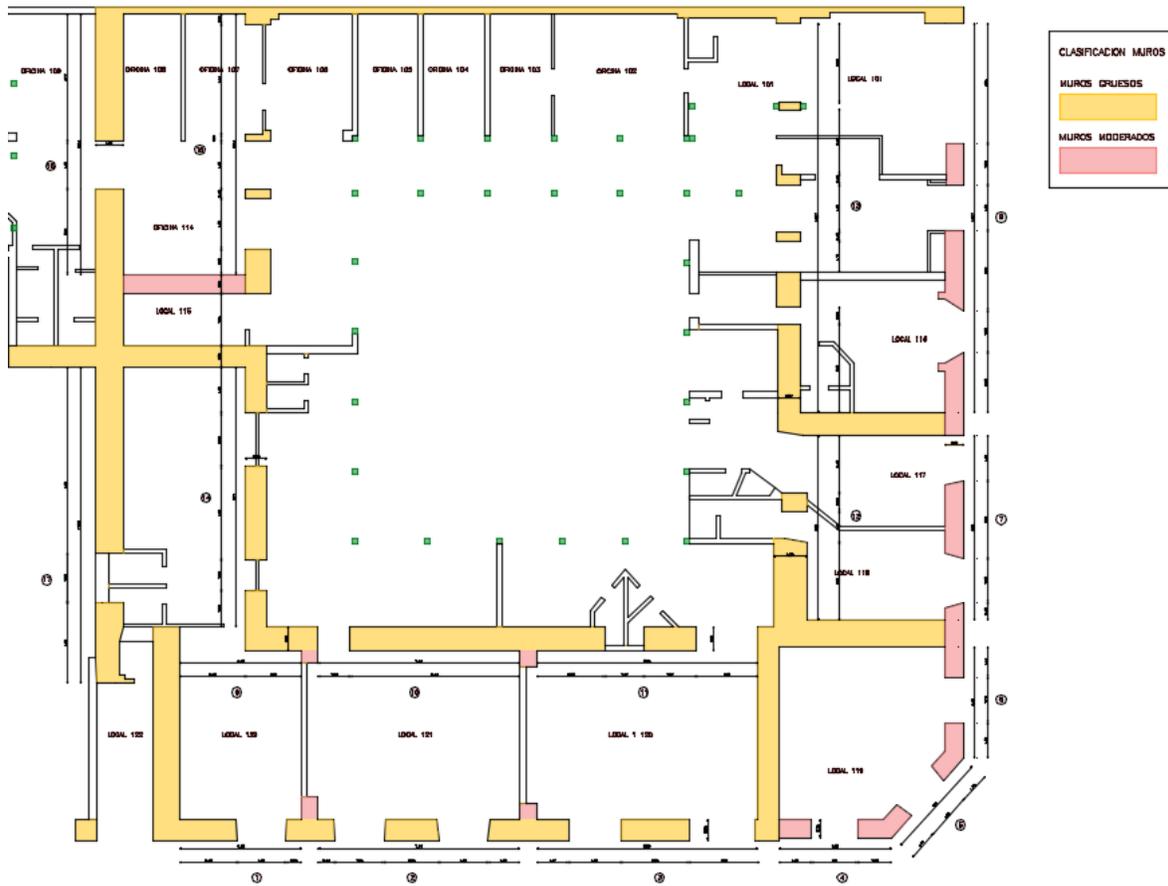


Figura 167 Esbeltez de muros, Primera planta, Casa Zarama. Amarillo: Muros gruesos / Rojo: Muros moderados.

ESBELTEZ MUROS SEGUNDA PLANTA

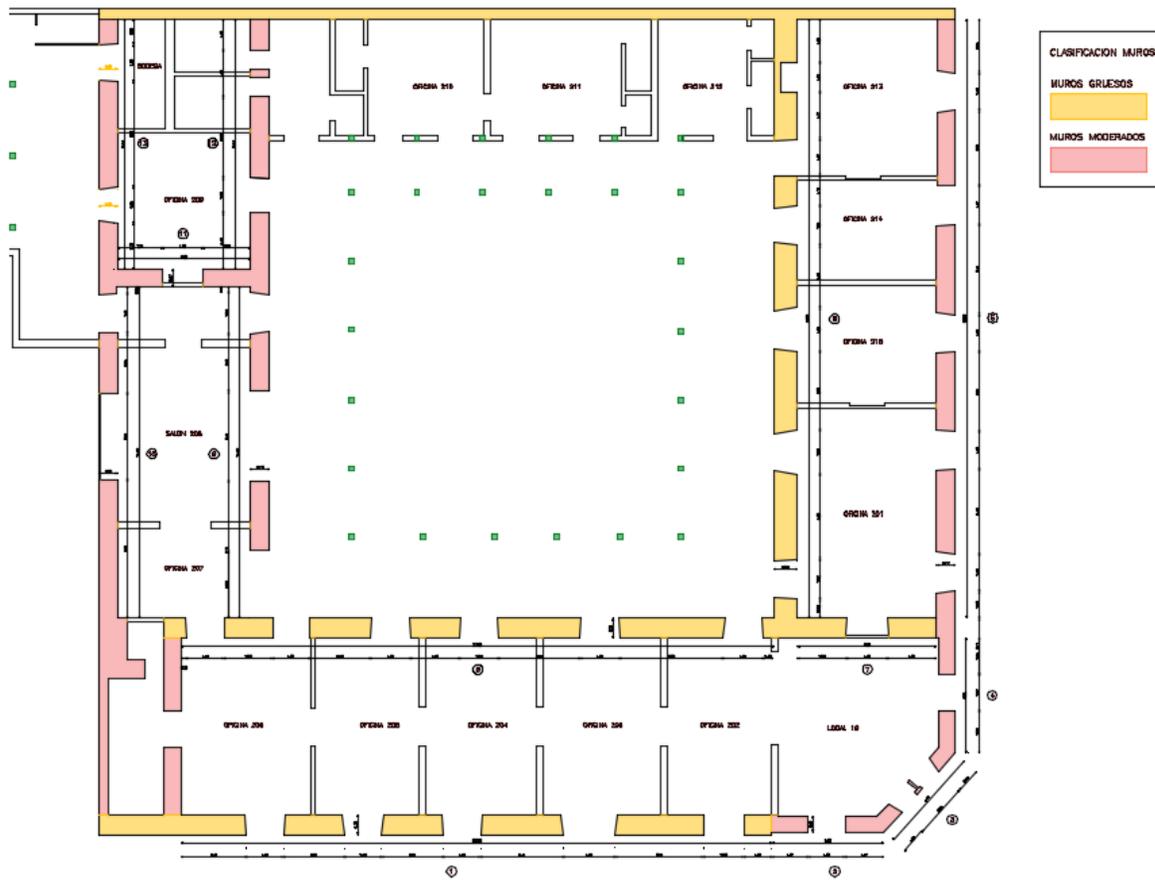


Figura 168 Esbeltez de muros, Segunda planta. Casa Zarama. Amarillo: Muros gruesos / Rojo: Muros moderados.

CARGAS SEGUN USO SEGUNDA PLANTA

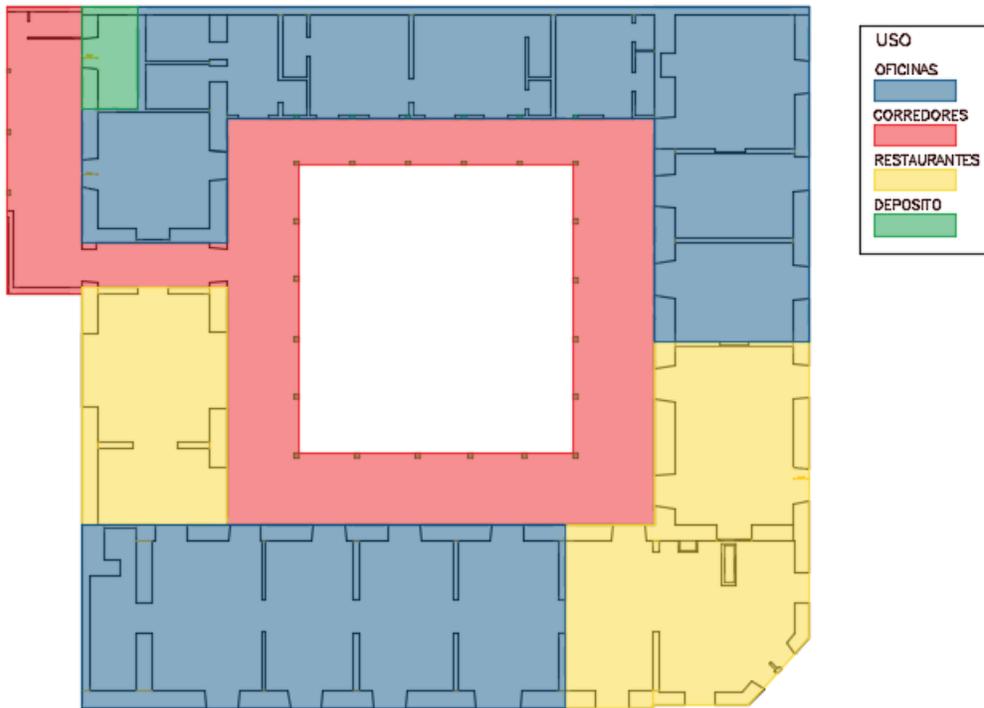


Figura 169 Sectorización según uso. Segunda Planta, Casa Zarama.

2.9 ANGLE

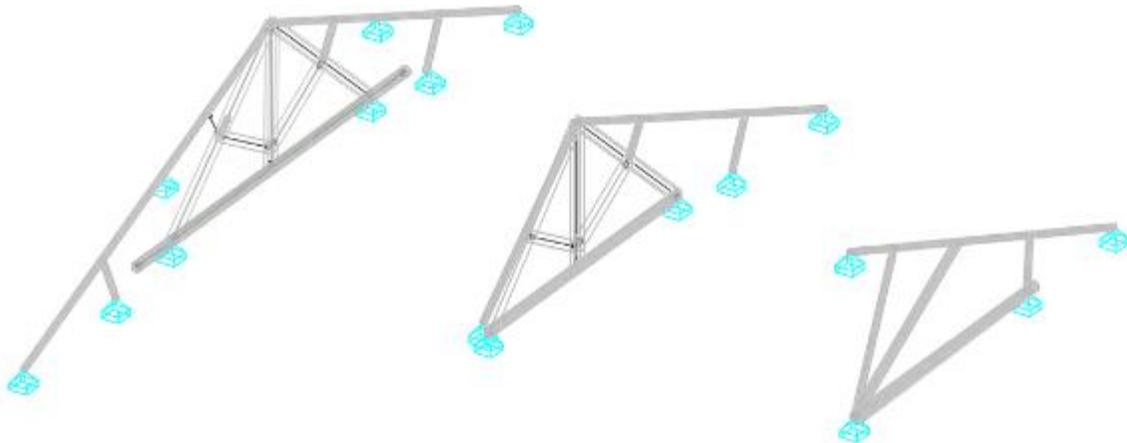


Figura 170 Modelo de las distintas armaduras de cubiertas de la Casa Zarama.

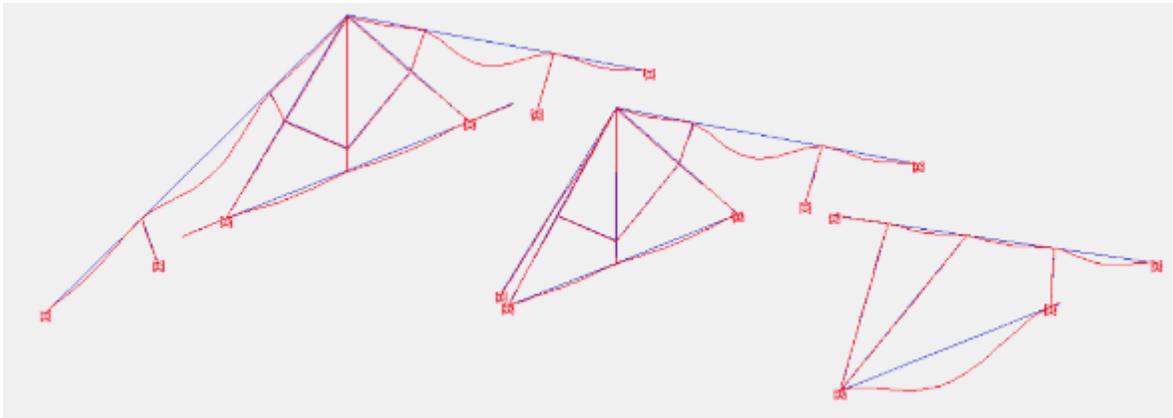


Figura 171 Deformada de las distintas armaduras de cubierta de la Casa Zarama.

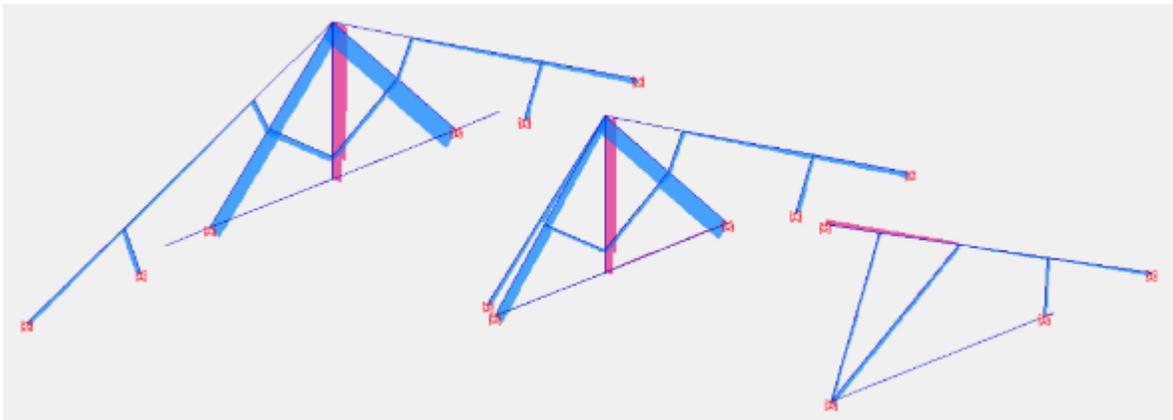


Figura 172 Diagrama esfuerzos axiales, de las distintas armaduras de cubierta de la Casa Zarama.

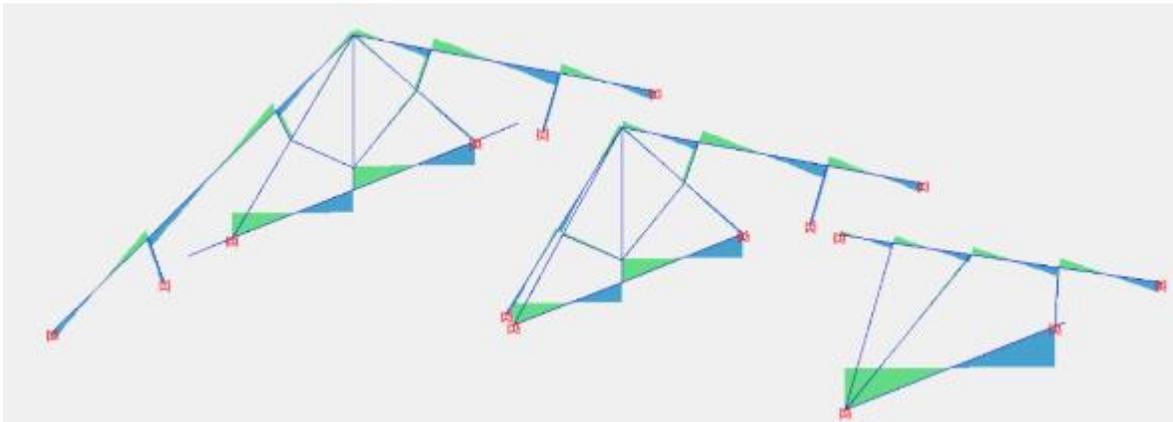


Figura 173 Diagrama de esfuerzos cortantes V_y , de las distintas armaduras de cubierta de la Casa Zarama.

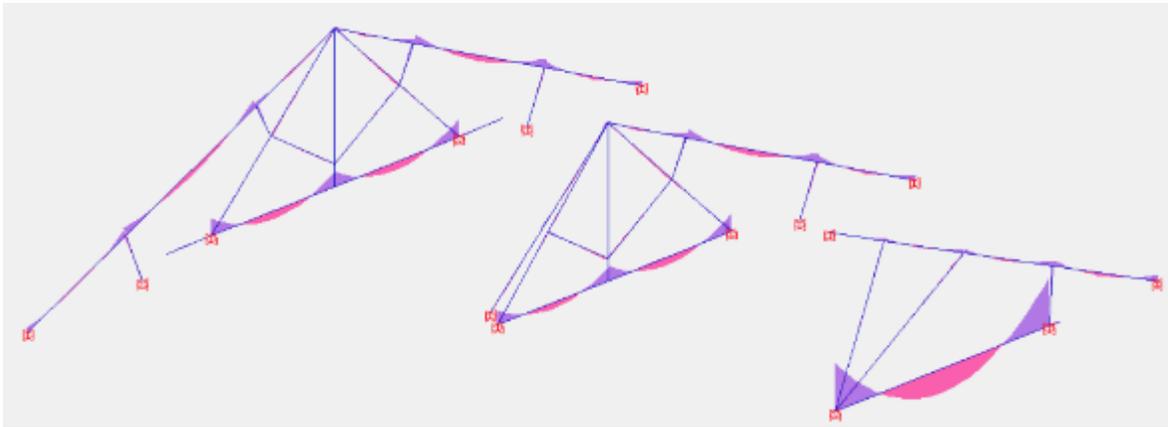


Figura 174 Diagrama de momentos M_z , de las distintas armaduras de cubierta de la Casa Zarama.

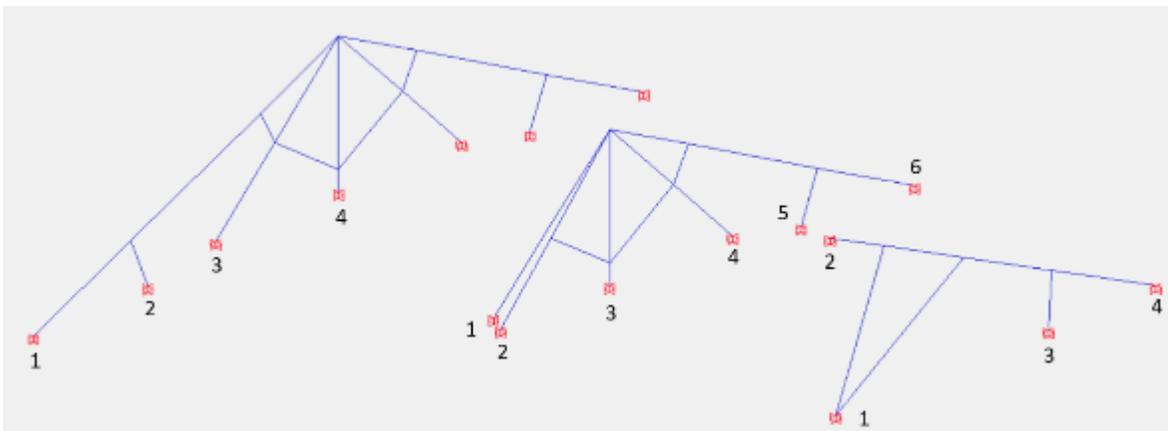


Figura 175 Reacciones de las distintas armaduras de cubierta de la Casa Zarama.

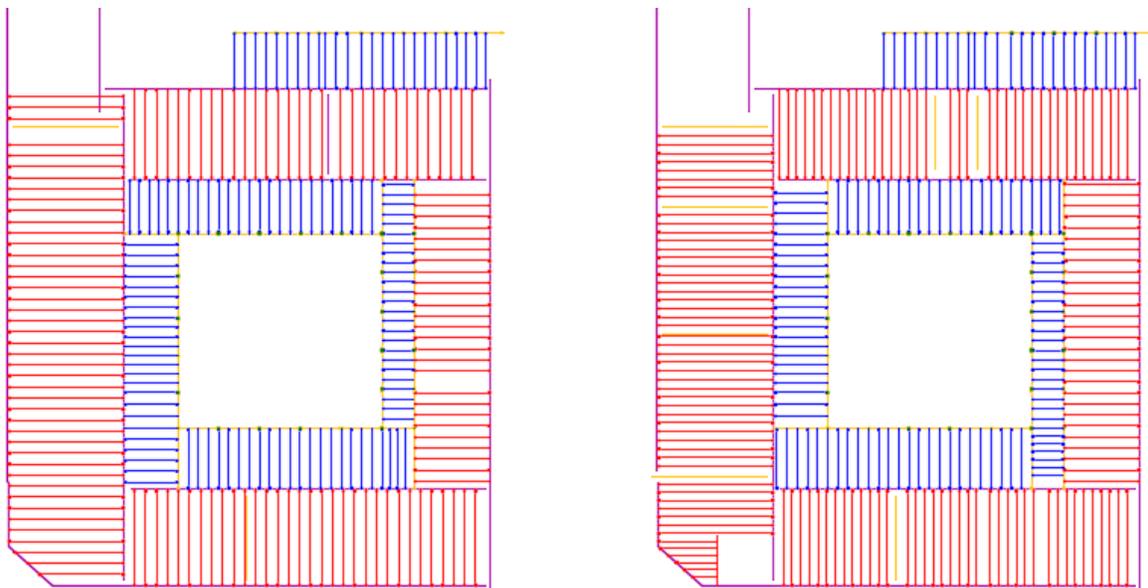


Figura 176 Ejes de la estructura de la Casa Zarama.

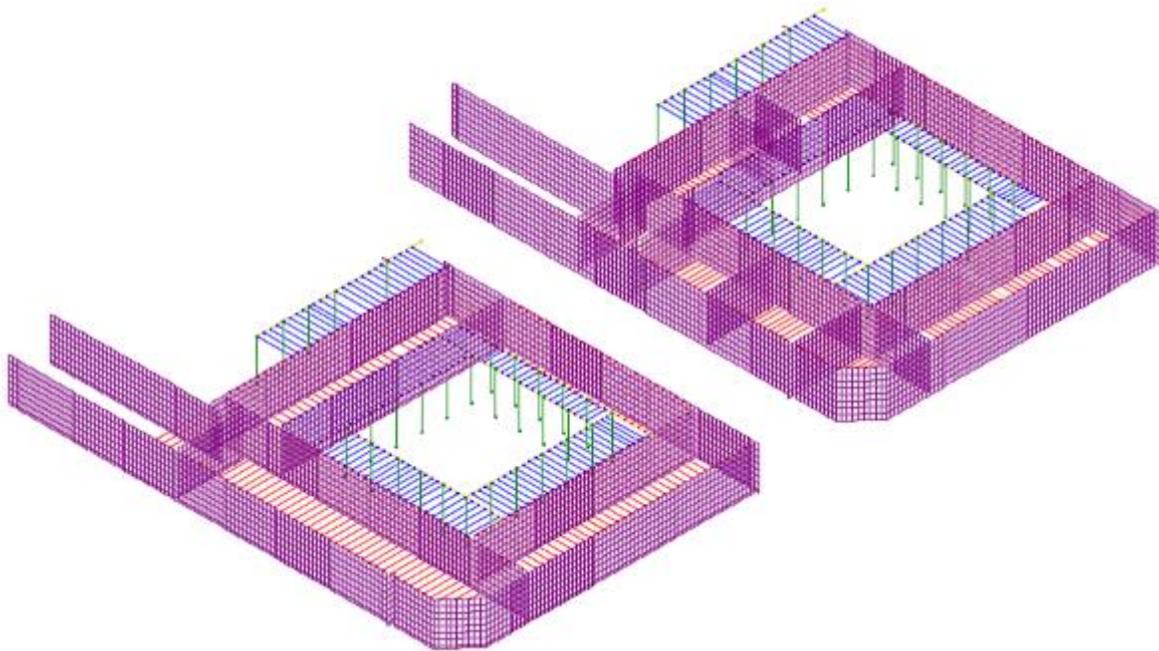


Figura 177 Modelo en malla para muros de tapia.

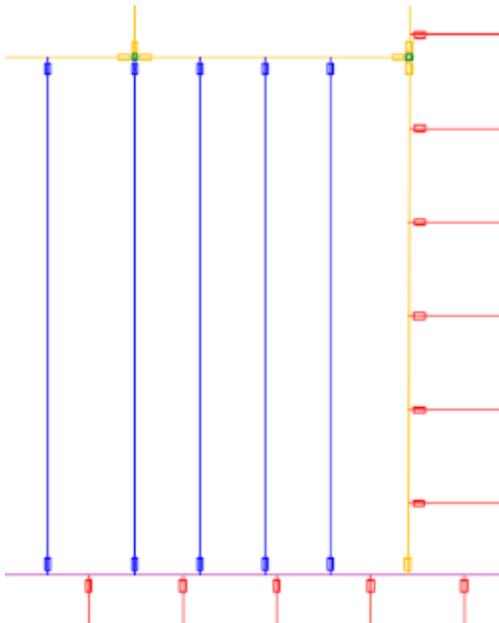


Figura 178 Relajaciones en momentos Z de vigas y pilares. 0.4 apoyo elementos madera, 0.9 empotramiento tapia primera planta, 0.6 empotramiento tapia segunda planta.

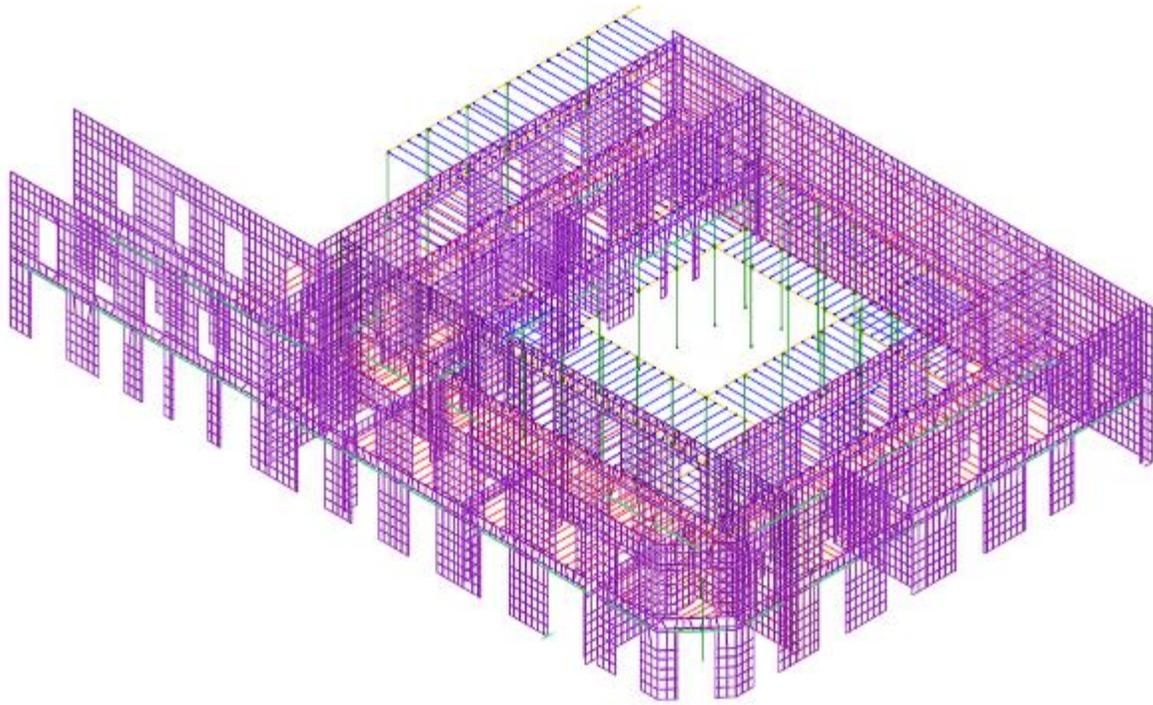


Figura 179 Mallado de la estructura de la Casa Zarama (Muros de tapia: Morado / Vigas canes: Azul / Viga rolliza: Rojo/ Viga de carga: Naranja / Pilares: Verde oscuro / Dinteles: Verde claro).

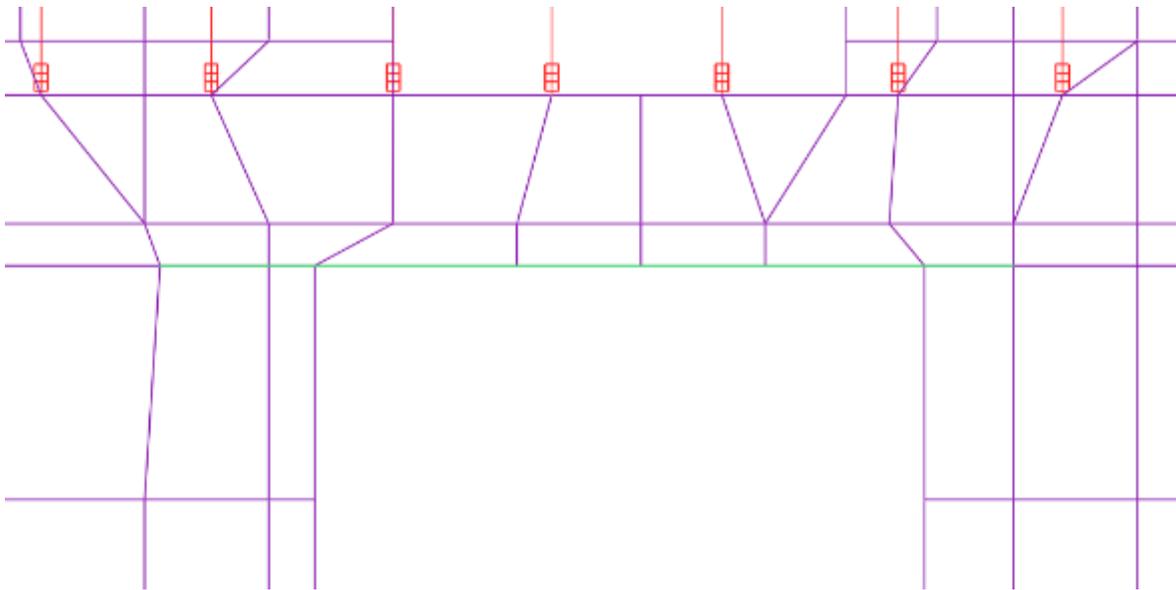


Figura 180 Convergencia de los elementos del mallado en nudos.

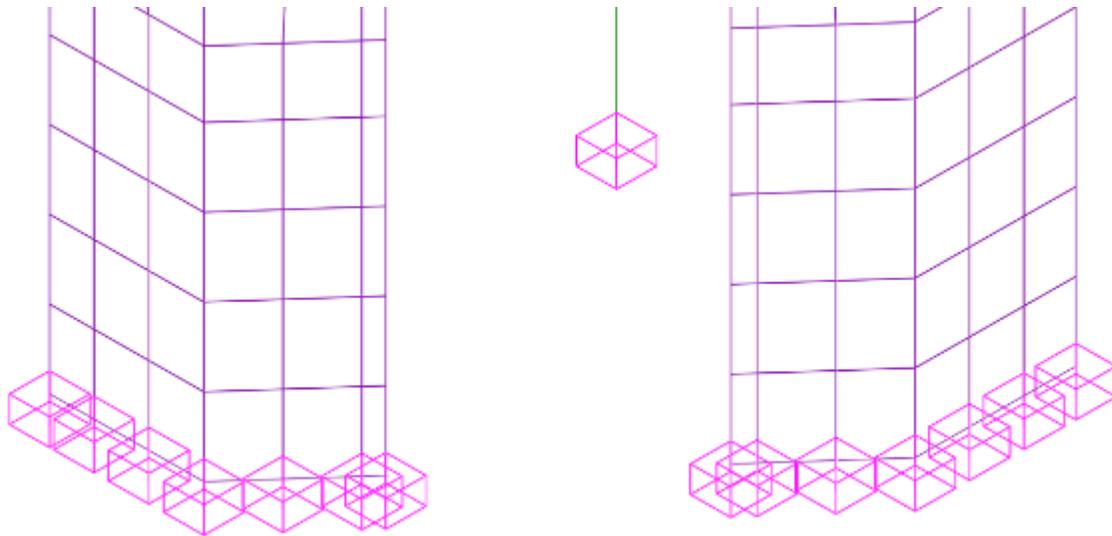


Figura 181 Asignación de apoyos empotrados, en cada nudo de los elementos estructurales a nivel del suelo ($M \neq 0$).

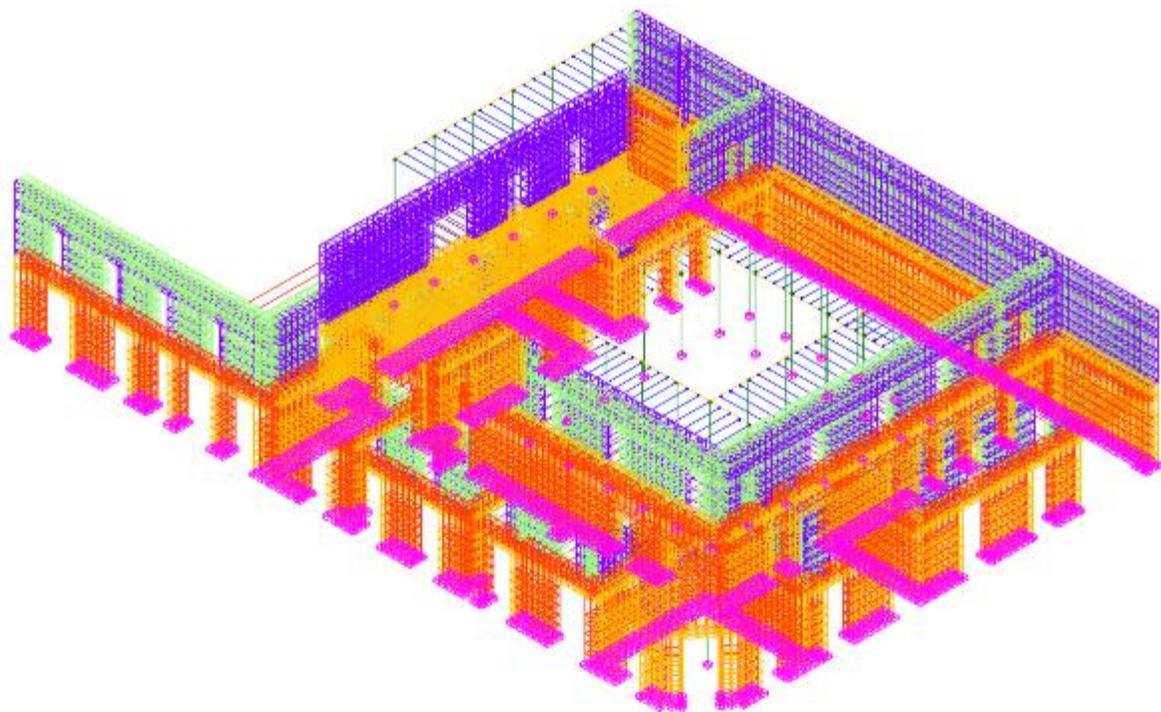


Figura 182 Modelamiento de los muros de tapia, con sólidos en dos capas de la Casa Zarama (Primer piso, sección interna del muro: Rojo / sección externa: Naranja / Segundo piso, sección interna del muro: Verde / sección externa: Morado).

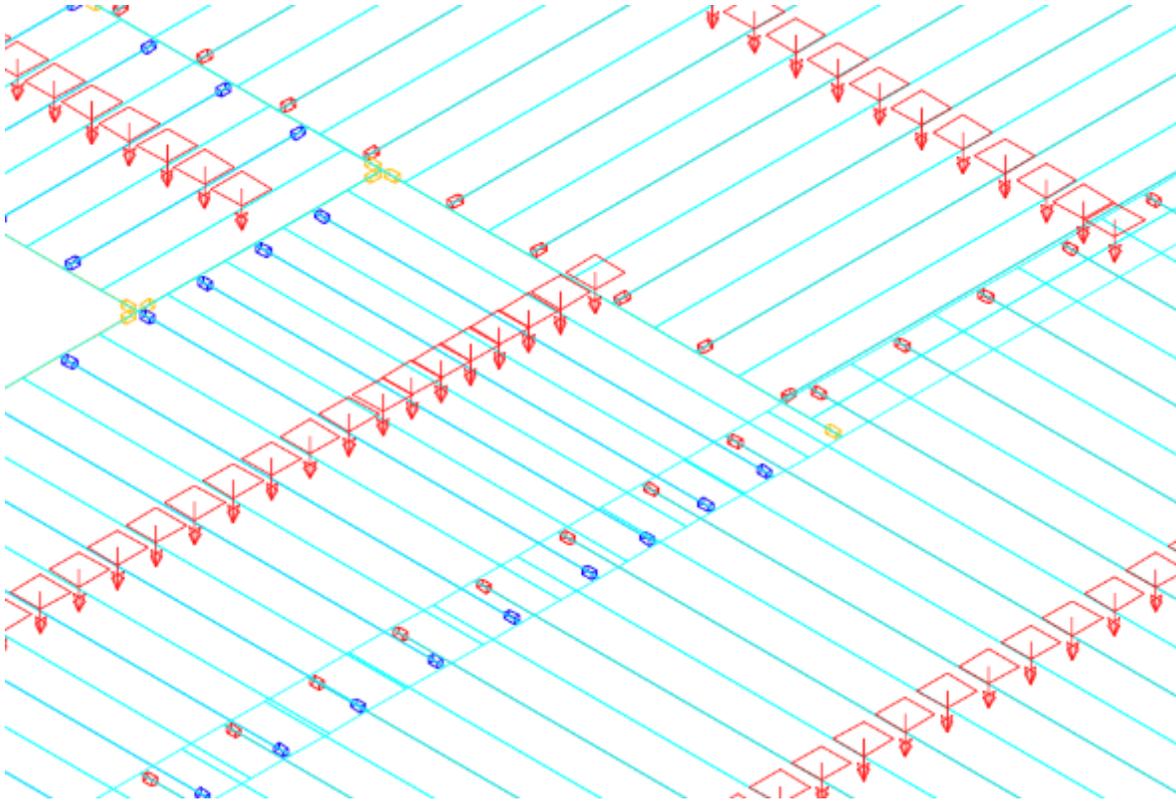


Figura 183 Asignación de cargas, en la superficie aferente en dos direcciones para la distribución de cargas a los elementos estructurales (Superficie ferente: Cian / Carga superficial : Rojo).

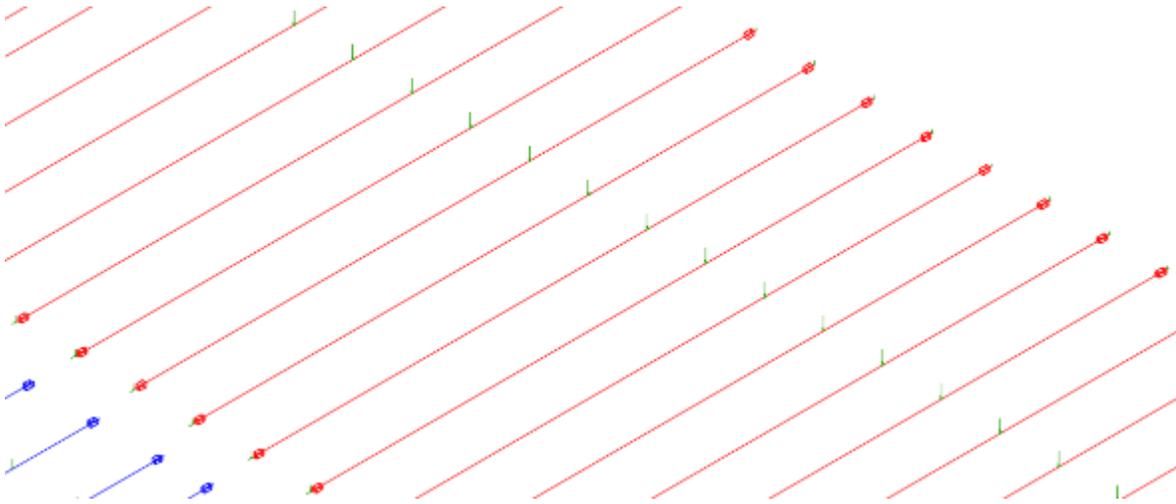


Figura 184 Asignación de esfuerzos transmitidos por la cubierta a los tirantes, vigas y canchillos (Cargas puntuales: Verdes).

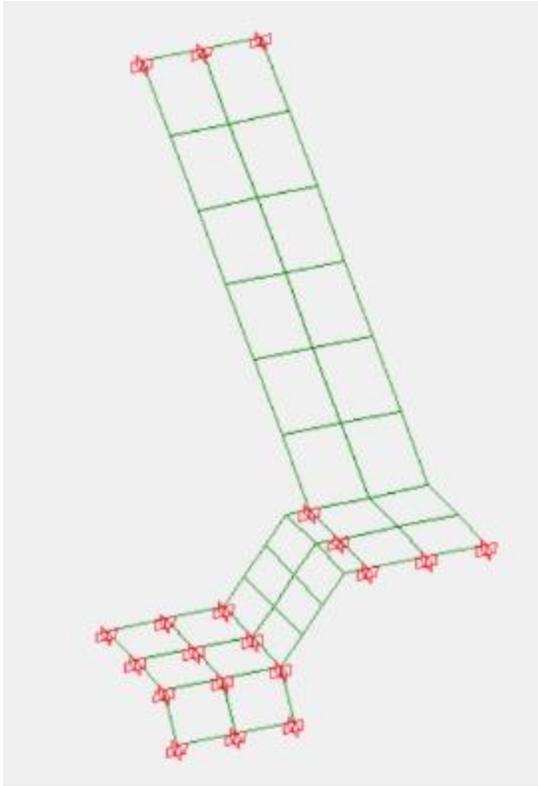


Figura 185 Modelo de escalera principal con elemento tipo láminas de la Casa Zarama en ANGLE.

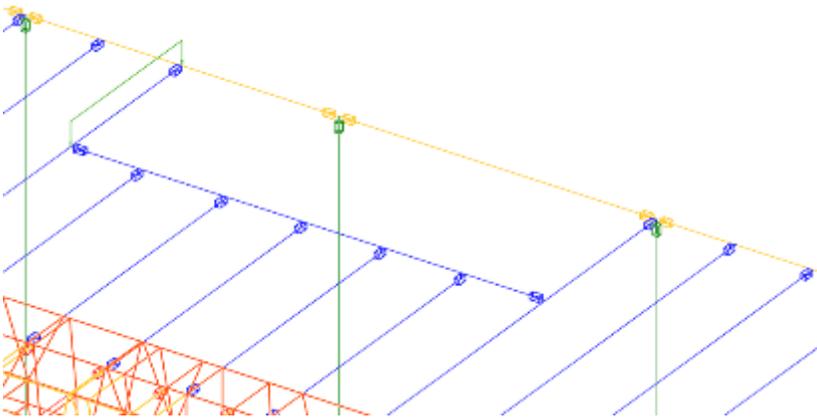


Figura 186 Carga linealmente distribuida sobre vida de apoyo de la escalera.

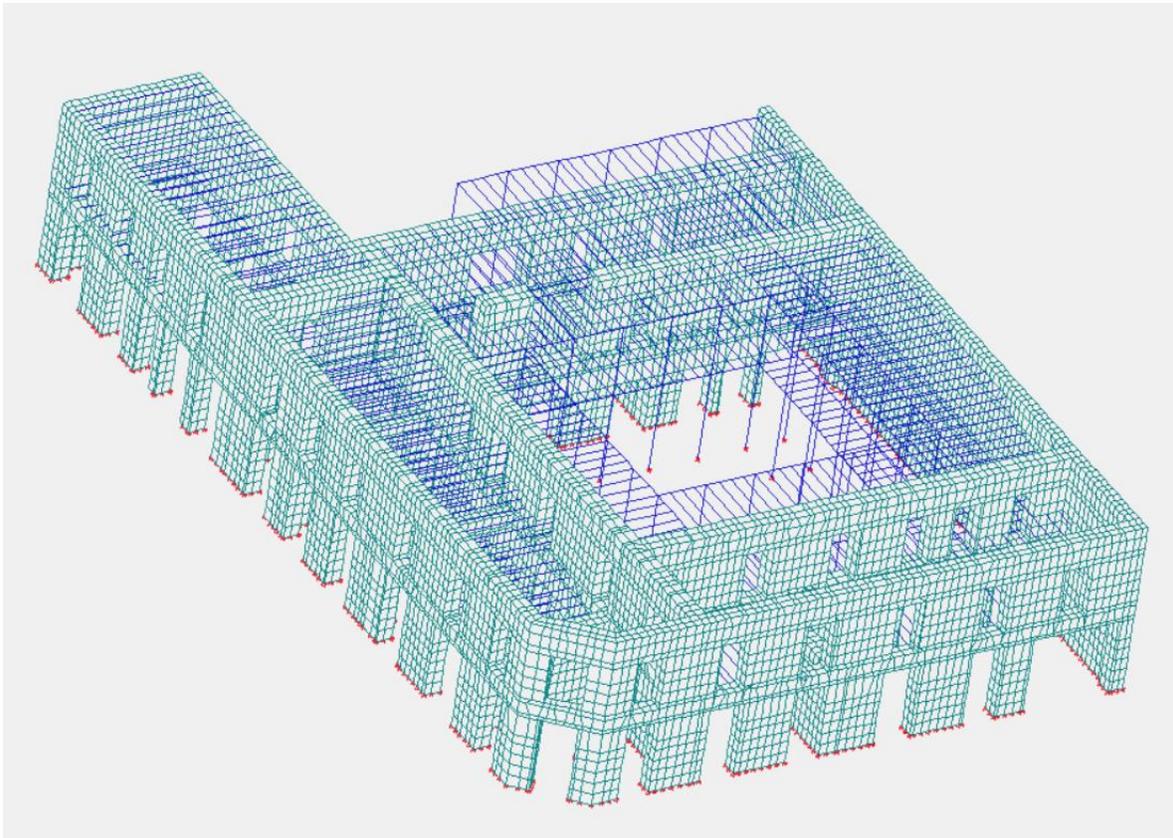


Figura 187 Modelo estructural de la Casa Zarama en ANGLE.

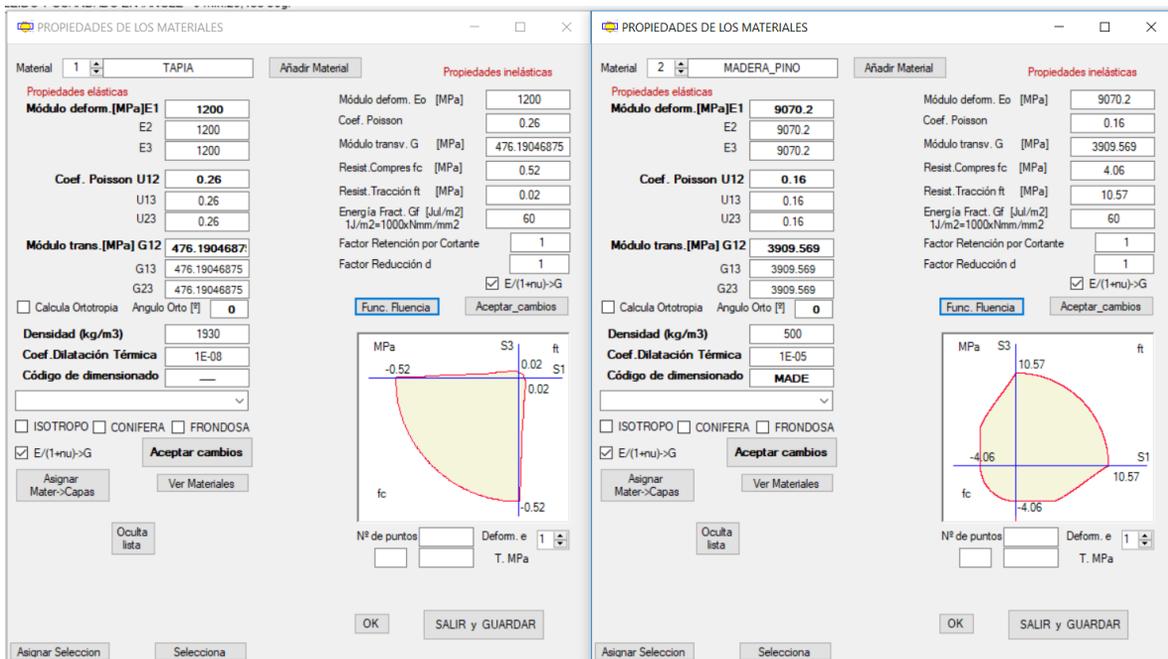


Figura 188 Definición propiedades mecánica de los materiales en ANGLE.

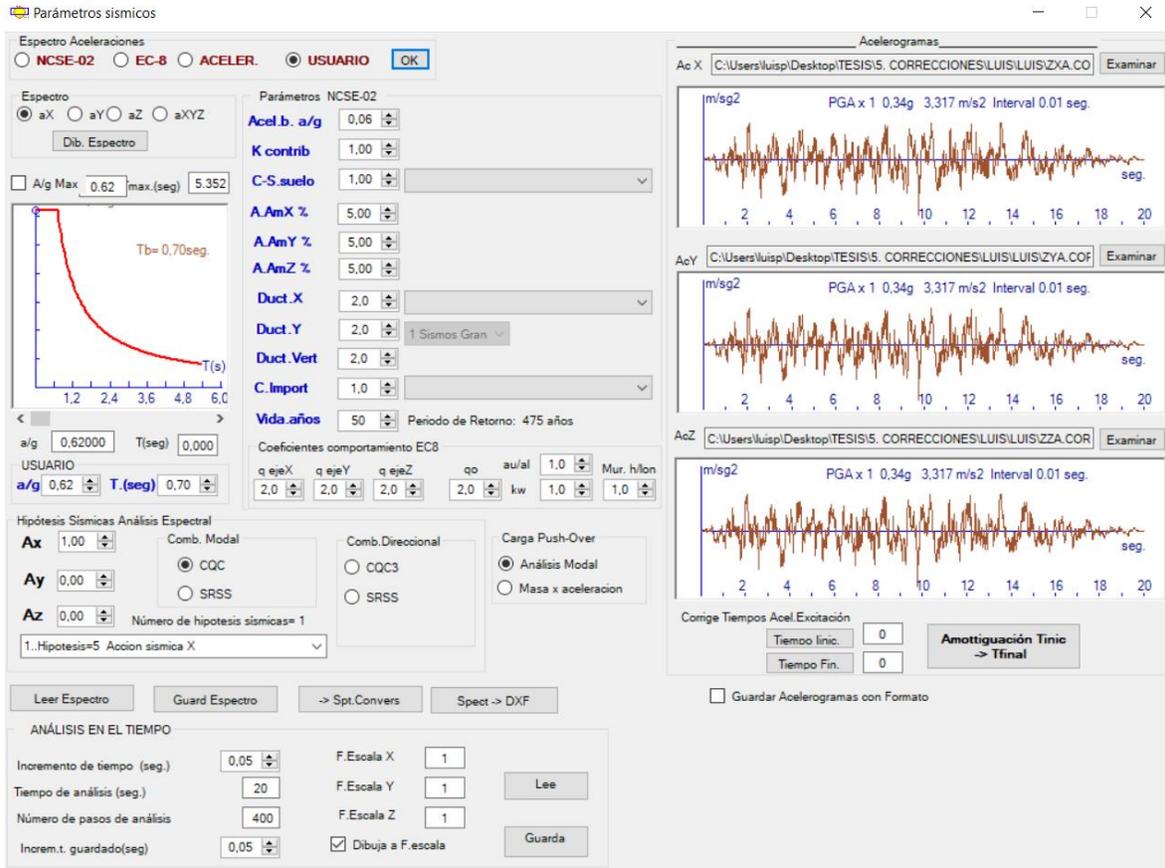


Figura 189 Definición de los parámetros sísmicos en ANGLE.

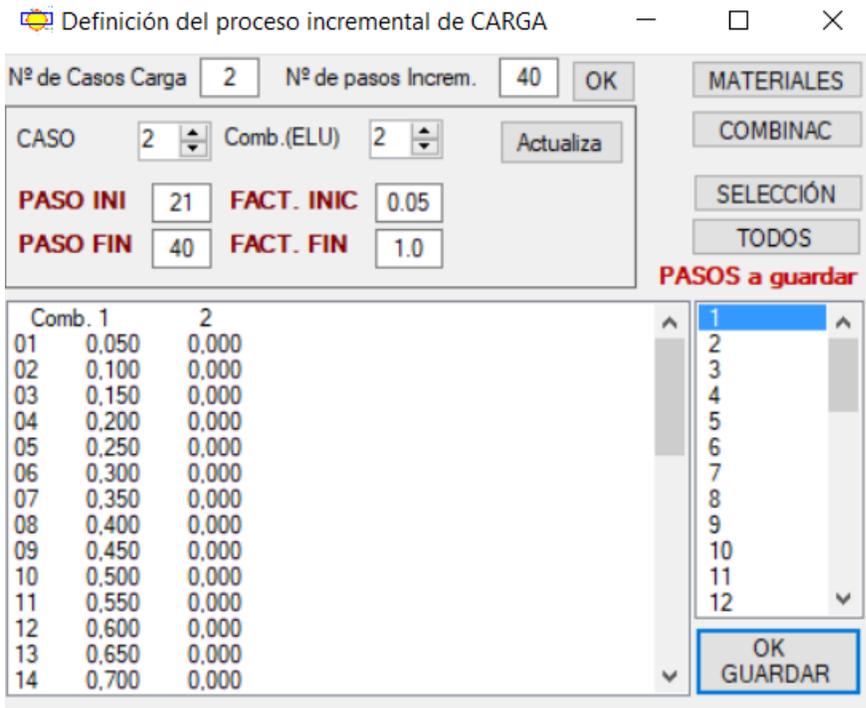


Figura 190 Definición de pasos de carga en ANGLE.

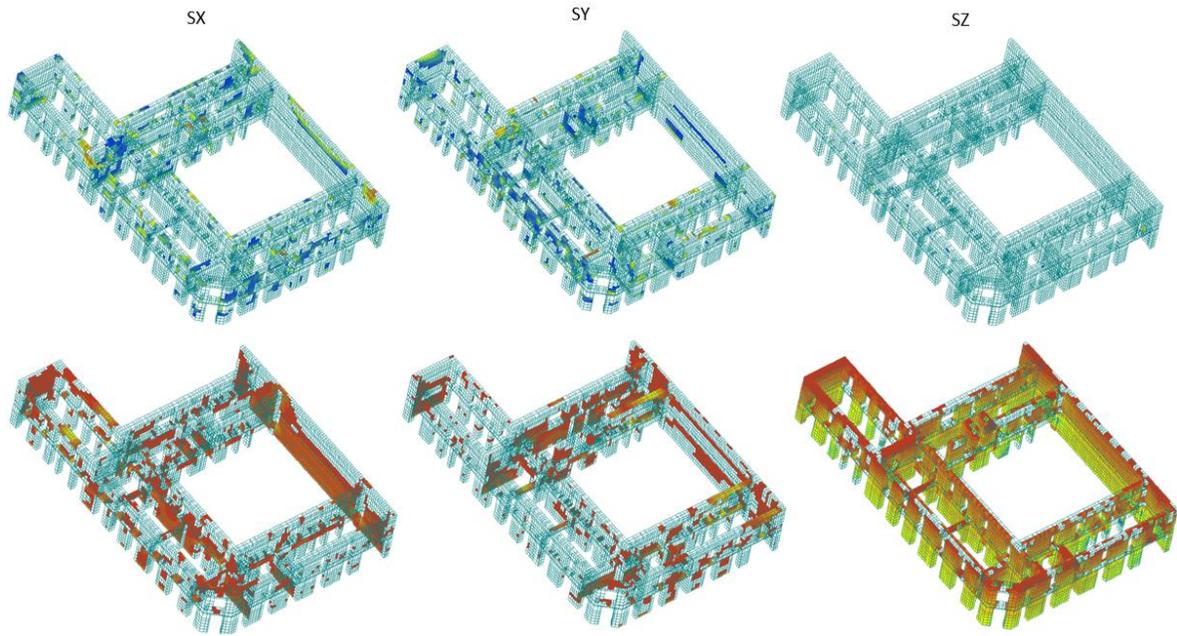


Figura 191 Esfuerzos a tensión 0-0.02 MPa (Arriba) Esfuerzos a compresión 0-0.52 MPa (Abajo), paso 20, ANGLE.

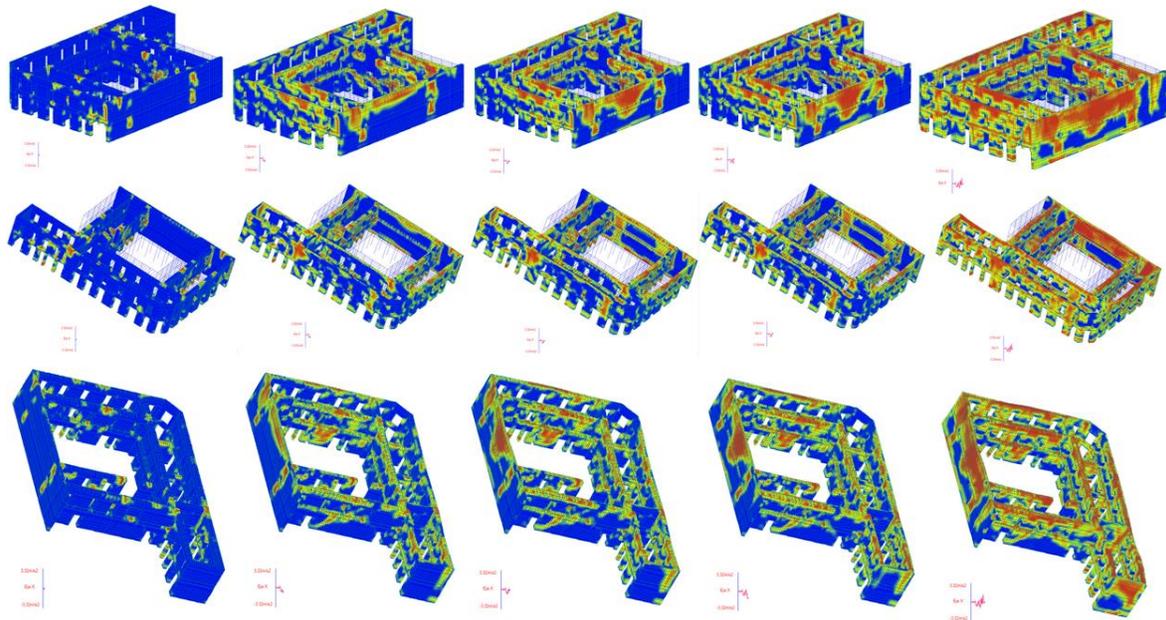


Figura 192 Daño de la estructura en función del tiempo, 0 - 0.8 - 0.9 - 1.1 - 1.5 segundo, ANGLE.

2.10 Tablas

Pais	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	7	X	X	X	X	BTC estabilizado con cemento especifica, métodos de ensayo.
	NBR 8492, 1986.		8					
	NBR 10832, 1989		9					
	NBR 10833, 1989		10					
	NBR 10834, 1994.		11					
	NBR 10835, 1994		12					
	NBR 10836, 1994		13					
	NBR 12023, 1992		14					
	NBR 12024, 1992		15					
	NBR 12025, 1990		16					
NBR 13554, 1996	17							
NBR 13555, 1996	18							
NBR 13553, 1996	19	X	X	Tapia con cemento				
Colombia	NTC 5324, 2004	ICONTEC	20	X	X	X	Estabilizado con cemento	
EEUU	NMAC, 14.7.A, 2004	CID	21		X	X	X	Reglam. Estatal de Nuevo México.
	ASTM E2392 M-20	ASTM	22		X	X	X	
España	UNE 41410-2008	AFNOR	23			X		Primera norma Europea
Francia	XP P13-001, 2001	AFNOR	24			X		Norma experimental
India	IS 2110 : 1980	IS	25	X			X	Paredes de suelo-cemento
	IS 1725 : 1982.	IS	26	X			X	
	IS 13827 : 1993	IS	27		X		X	Directrices resistencia a terremotos
Italia	Ley nº 378, 2004		28		X	X	X	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra
	L.R. 2/06 2 2006		29		X	X	X	
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	30	X		X		
Nigeria	NIS 369-1997.	SON	31	X	X	X		
Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998.	SNZ	32		X	X	X	
	NZS 4298, 1998.		33					
	NZS 4299, 1999.		34					
Perú	NTE F 0.80, 2000	SENCICO	35		X			
	NTP 331.201, 1979	INDECOP I	36					
	NTP 331.202, 1979.		37	X	X			
	NTP 331.203, 1979.		38					
Regional África	ARS 670, 1996	ARSO	39		X			
	ARS 671, 1996		40					
	ARS 672, 1996		41					
	ARS 673, 1996		42					
	ARS 674, 1996		43					
	ARS 675, 1996		44					
	ARS 676, 1996		45					
	ARS 677, 1996		46					
	ARS 678, 1996		47					
	ARS 679, 1996		48					
	ARS 680, 1996		49					
	ARS 681, 1996		50					
	ARS 682, 1996		51					
	ARS 683, 1996		52					
Sri Lanka	SLS 1382-1-2009	SLSI	53	X		X		Bloques de suelo comprimido
	SLS 1382-2-2009		54					estabilizados
	SLS 1382-3-2009		55					
Túnez	NT 21.33-1996	INNORPI	56			X		En francés
	NT 21.35-1996		57			X		En francés
Turquía	TS 537, 1985.	TSE	58	X				
	TS 2514, 1985.		59		X			En turco
	TS 2515, 1985.		60					
Zimbabue	SAZS 724, 2001.	SAZ	61			X		

Abreviatura: ORG (Organismo); REF (Referencia, ver en bibliografía el número); EST (Estabilización, si solo contempla el uso de tierra estabilizada)

Tabla 1 Listado de normas y reglamentos. FUENTE: (Las normativas de construcción con tierra en el mundo, 2011, 162).

PAIS	NORMA/REGLAMENTO	TECNICA	NOTAS
Australia	HB 195, 2002	Tapial	Manual construccion con tierra
Brasil	NBR 13553, 1996	Tapial	Tapia con cemento
EEUU	NMAC, 14.7.4, 2004	Tapial	Reglamento estatal de nuevo méxico
EEUU	ASTM E2392, M10	Tapial	Guía estándar de construcción
España	MOPT, 1992	Tapial	Bases diseño y construcción
India	IS 2120, 1980	Tapial	Paredes de suelo-cemento
India	IS 1827, 1993	Tapial	Resistencia a terremotos
Italia	Ley 378, 2004	Tapial	Conservación del patrimonio en tierra
Italia	L.R 2/06 2, 2006	Tapial	Conservación del patrimonio en tierra
N.Zelanda	NZS 4297, 1998	Tapial	Diseños de ingeniería para la construcción
N.Zelanda	NZS 4298, 1998	Tapial	Materiales y mano de obra
N.Zelanda	NZS 4299, 1999	Tapial	Sin diseño específico
Zimbabwe	SAZS 724, 2001	Tapial	Guía estándar de construcción

Tabla 2 Tabla con los países y normativas que tratan la técnica del tapial. FUENTE: (Orio Perez & Rodriguez Vidal, 2016).

Universidad	Parámetros	Clasificación	
U.F.P.S.O. (*)	El llano	SC-SM	Arena Limo - Arcillosa
	La piñuela	SC	Arena Arcillosa
	El ramal	CL	Arcilla de Baja Plasticidad
	La costas	SM-SC	Arena Limo - Arcillosa
	Muestra de Trabajo	SM-SC	Arena Limo - Arcillosa
U.F.P.S. (**)	Muestra de Trabajo	—	—
ANDES (***)	Tapia Clínica Sta. Bárbara	CL	Arcilla de Baja Plasticidad
	Tapia casa Fernández	CL	Arcilla de Baja Plasticidad
	Tapia casa Venados	CL	Arcilla de Baja Plasticidad
U.I.S. (****)	Barichara	ML	Limo de Baja Plasticidad
	San Gil	ML	Limo de Baja Plasticidad
	Piedecuesta	SM	Arena Limo

Tabla 3 Clasificación de suelos utilizados para la construcción de edificaciones en tierra realizada por diferentes universidades colombianas. FUENTE: (Afanador Garcia, Carrascal Delgado, & Bayona Chinchilla, 2013).

Parameter	Reference value	Lower value	Upper value
Young's modulus (N/mm ²)*	$E_{0,ref} = 4207$	$0.5E_{0,ref} = 2104$	$2E_{0,ref} = 8414$
Poisson's ratio (-)	$\nu_{ref} = 0.27$	$\nu_{low} = 0.1$	$\nu_{upp} = 0.4$
Compressive strength**	$f_{c,ref}$	$0.8f_{c,ref}$	$1.2f_{c,ref}$
Tensile strength (N/mm ²)	$f_{t,ref} = 0.37$	$0.5f_{t,ref} = 0.19$	$2f_{t,ref} = 0.74$
Tensile fracture energy (N/mm)	$G_{f,ref}^I = 0.109$	$0.2 G_{f,ref}^I = 0.022$	$5 G_{f,ref}^I = 0.545$
Cohesion (N/mm ²)	$c_{ref} = 0.561$	$0.5c_{ref} = 0.281$	$2c_{ref} = 1.122$
Friction angle	$\tan(\phi_{ref}) = \tan(37^\circ)$	$\tan(\phi_{low}) = \tan(20^\circ)$	$\tan(\phi_{upp}) = \tan(50^\circ)$
Interface tensile strength (N/mm ²)	$f_{t,ref}^i = 249$	$0.5 f_{t,ref}^i = 125$	$2 f_{t,ref}^i = 498$
Layer thickness (mm)	$t_{lay,ref} = 84$	$0.5t_{lay,ref} = 4.2$	$1.5t_{lay,ref} = 12.6$

* the value of the Young's modulus was changed in the multilinear relationship by considering only the first point (0.3f_c), being the rest of the curve translated.

** the value of the compressive strength value was changed by applying a scale factor to the multilinear relationship, while keeping the reference value of the Young's modulus.

Tabla 4 Parámetros para la caracterización mecánica de la tapia. FUENTE: (Miccoli, Olivera, Silva, Muller, & Schueremans, 2015).

UBICACIÓN	CASA GUERRERO		CASA A. ALCALDIA		CASA CALLE 17 CRA 26	
	Resistencia a la compresión Ton/m ²	76,38		41,45		39,59
% de arcillas y limos	0,03		0,01		0,026	
% de materiales de contextura fina	64	94,10	46,13	88,44	65,38	93,99
% de materiales de contextura media	30,10		42,31		28,61	
% de materiales de contextura gruesa	5,87		9,75		4,19	
Contenido de humedad %	14,38		13,88		14,32	
Límite líquido (% de humedad)	32,98		36,93		35,14	
Límite plástico (% de humedad)	27,69		26,97		34,55	
Densidad seca máxima gr/cm ³	1,24		1,45		1,47	
Humedad óptima %	49,81		22,8		21,7	
El coeficiente de uniformidad es	1,44		9,254		3,10	
El coeficiente de curvatura es	1,852		0,591		0,634	
Clasificación	SP		SW		SP	

Tabla 5 Comparación de las propiedades mecánicas de la tierra en diferentes edificaciones del centro histórico de Pasto. FUENTE: (Campo Pantoja & Suarez, 2017).

AUTORES	TÉCNICA	VALORES						
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	COMPRESIÓN DIAGONAL	MÓDULO DE RUPTURA	MÓDULO DE ELASTICIDAD O YOUNG	MÓDULO DE POISSON	COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO
		Kgf/cm2	kg/cm2	Kg/cm2	Kgf/cm2	Kg/cm2		
DE OLARTE	Adobe	12						
	Tapial	13,4 15,8	2,41					6%
CRATERRE	Adobe	20,3(seca) y 5(húmeda)						
	Tapial	20,3(seca) y 5(húmeda)	5 - 10,19(seca)					5 y 10m
MC HENRY	Adobe	18,28(Patty) y 30,86 (Clayab)			3,51			
	Tapial	31,63(Patty) y 59,76(Clavab)						
MINKE	ambos	5 - 50.				60 - 70		
NORTON	Adobe	15 - 20 o más						
GETTY	Adobe					< 7030,69		
N. MÉXICO USA NMAC14.7.4	Adobe	≥ 21,4			≥ 3,56			
	Tapial	> 21,4						
N. ZELANDA NZS4298	Adobe	> 13,25			> 2,54			
BULLETIN 5	Tapial	≥ 20,39						
OIA 1970	Adobe	≥ 17,33						
CYTED	Adobe	≥ 12,23						

Tabla 6 Propiedades mecánicas del adobe y tapial, según distintitos autores. FUENTE: (Gaete Cruz, 2010).

material		densidad	resistencia a compresión
adobe	*fuente: (4)	1.200-1.500 kg/m ³	0,53-1,72 N/mm ²
cob	(5)	1.615 kg/m ³	1 N/mm ²
btc bloque de tierra comprimida	(6)	1.700-2.000 kg/m ³	1-5 N/mm ²
btc estabilizado <i>bioterre</i>	(7)	1.787,5 kg/m ³	10,8 N/mm ²
tapial	(2,4,8)	1.900-2.200	3-4 N/mm ²

Tabla 7 Resistencia a compresión simple. FUENTE: (Bestraten, Hormias, & Altemir, 2011).

material	densidad	emisiones por kg	emisiones por m ³
tapial (sin estabilizar)	2.200 kg/m ³	0,004 kg CO ₂ /Kg	9,7 kg CO ₂ /m ³
adobe	1.200 kg/m ³	0,06 kg CO ₂ /Kg	74 kg CO ₂ /m ³
hormigón en masa in situ	2.360 kg/m ³	0,14 kg CO ₂ /Kg	320 kg CO ₂ /m ³
hormigón prefabricado, 2% de acero	2.500 kg/m ³	0,18 kg CO ₂ /Kg	455 kg CO ₂ /m ³
pared de ladrillo macizo	1.600 kg/m ³	0,19 kg CO ₂ /Kg	301 kg CO ₂ /m ³
pared de ladrillo hueco	670 kg/m ³	0,14 kg CO ₂ /Kg	95 kg CO ₂ /m ³

Tabla 8 Emisiones CO₂ de los distintos materiales. FUENTE: (Bestraten, Hormias, & Altemir, 2011).

Origen	Riesgos	Efectos
NATURAL (Geológica y geomorfológica, meteorológica y climatológica)	Terremotos	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamientos de tierras. • Desplomes
	Subsidencia Deslizamientos de tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Incendio • Daños en estructuras
	Volcanes	<ul style="list-style-type: none"> • Daños por fuerzas físicas y por flujos piroclásticos • Lluvia de cenizas, colapso de estructuras... • Nubes de gases tóxicos, nubes ardientes... • Afectación al edificio y posible colapso de los equipos técnicos • Daños movimientos y deformaciones del terreno y coladas de lava • Incendios
	Maremotos	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en la estructura e instalaciones del edificio
	Hurricanes	<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones de agua y lodo y otros elementos
	Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Biodeterioro en colecciones
	Tornados	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de circulación. Colapso de equipos informáticos
	Nieve/hielo/lluvia	<ul style="list-style-type: none"> • Daños y destrucción de elementos como puentes, bienes arqueológicos y culturales...
	Incendios	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en la estructura del edificio • Pérdida total o parcial de bienes culturales • Destrucción total o parcial de documentos • Dificultad de circulación • Destrucción de equipos informáticos • Afección a paisajes culturales
	ANTRÓPICO: accidental y provocado	Negligencia
Errores técnicos		<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga en la red
Falta de mantenimiento		<ul style="list-style-type: none"> • Incendios
Averías		<ul style="list-style-type: none"> • Desplome de sistemas de almacenaje • Filtraciones • Pequeñas inundaciones • Daños en colecciones • Crecimiento de vegetación
Bélicos		
Sabotajes		<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción intencional del bien cultural o de los equipos
Vandalismo		<ul style="list-style-type: none"> • Daños en la estructura del edificio
Terrorismo		<ul style="list-style-type: none"> • Daños selectivos en colecciones
Psicopáticos		<ul style="list-style-type: none"> • Daños indiscriminados en las colecciones • Robo de bienes

Tabla 9 Riesgos de origen natural y antrópico. FUENTES: (Carrion Gutiez, 2015).

Tipo de daño	Descripción del EERI	Comentarios sobre cómo estos daños afectan los edificios históricos de adobe
A. Ninguno	Ausencia de daño, pero podría cambiar. Sólo riesgo incidental.	No hay daño ni evidencia de nuevas fisuras.
B. Ligero	Daños menores en elementos no estructurales. Podría tener que cerrarse el edificio temporalmente, pero probablemente podría abrirse en menos de una semana tras su limpieza ^a . Sólo riesgo incidental.	Las fisuras preexistentes se han abierto ligeramente. Podrían haber comenzado a desarrollarse nuevas micro-grietas en las esquinas de las puertas y ventanas o en la intersección de muros perpendiculares.
C. Moderado	Daño fundamentalmente no estructural, pero podría haber daños estructurales menores, no graves. El edificio probablemente se cerraría entre 2 a 12 semanas ^a .	Daño de fisuras en toda la edificación. Grietas en los lugares esperados (aberturas, intersecciones de muros, desplazamientos entre marcos y muros). Los desalineamientos en las grietas son pequeños. Ninguna de las secciones de muro es inestable.
D. Extenso	Abundantes daños estructurales y no estructurales. Será de esperarse un cierre de largo plazo, debido a la cantidad de trabajo o a la búsqueda de financiamiento para reparar la estructura. Podrían ser comunes la presencia de sectores bien definidos donde se ponga en riesgo la vida de los ocupantes.	Abundante daño por la presencia de fisuras en todo el edificio. Los desalineamientos en las grietas son grandes en muchos sitios. Los segmentos entre grietas de los muros son inestables. El apoyo vertical para los pórticos de entepiso y techo es débil.
E. Completo	Colapso total o daño cuya reparación no es económicamente viable. Se presentan riesgos de vida de los ocupantes en cada construcción que caiga dentro de esta categoría.	Daños muy generalizados. Colapso total o parcial de gran parte de la estructura. Debido a la pérdida de varios muros por colapso, la reparación del edificio requiere la reconstrucción de muchos de los muros.

^a La duración del cierre es difícil de definir, pues depende fundamentalmente del tamaño de la edificación y del proceso que se emplee para efectuar las reparaciones. La reparación de monumentos históricos deberá llevarse a cabo de forma mucho más planificada que la manera típica en que se reparan los edificios modernos.

Tabla 10 Niveles de daño. FUENTE: (Leroy Tolles, E. Kimbro, & S. Ginell, 2002).

Wall reinforcement scheme	Type of building		Construction complexity			Cost			Seismic safety		
	New	Existing	Simple	Moderate	Complex	Low	Moderate	High	Low	Moderate	High
Internal cane reinforcement	X			X		X					X
External cane and rope mesh	X	X	X			X					X
External bamboo and internal wire mesh	X	X	X			X					X
Welded wire Mesh	X	X	X				X			X	
Polymer Mesh	X	X	X				X				X
Used car tire straps	X	X		X		X				X	
Polypropylene band	X	X		X		X					X
Integral masonry system	X				X			X			X

Tabla 11 Comparación entre diferentes sistemas de refuerzo sismorresistente en estructuras de tierra. FUENTE: (Blondet, Villa Garcia, Brzev, & Rubinos, 2004).

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $\bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{\sigma}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) > $\bar{\sigma}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > \bar{V}_s
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w $\geq 40\%$ 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) > $\bar{\sigma}_u$
F	<p>Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p>F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p>F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75)</p> <p>F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)</p>	

Tabla 12 Clasificación de los perfiles de suelo. FUENTE: Tabla A.2.4-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO	909
Arquitectura Militar	49
Arquitectura Habitacional	125
Arquitectura Religiosa	142
Arquitectura Institucional	118
Arquitectura para el Comercio	16
Arquitectura para la Industria	5
Arquitectura para el Transporte	433
Obras de Ingeniería	18
Conjuntos Arquitectónicos	3
PATRIMONIO URBANO	51
Sectores Urbanos	42
Espacios Públicos	9
PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO	8
Parques Arqueológicos	8
PATRIMONIO NATURAL	2
Parques Naturales	2
PATRIMONIO MIXTO	2
Paisajes Culturales	2

Tabla 13 Inventario de Patrimonio arquitectónico (Acero Matallana, 2012), Ministerio de cultura.

Grupo de Uso	Coefficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Tabla 14 Valores del coeficiente de importancia (I), según el uso de la edificación. FUENTE: Tabla A.2.5-1 1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Tabla A.3-1 Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
1. Paneles de cortante de madera	muros ligeros de madera laminada	3.0	2.5	si	6 m	si	9 m	si	12 m
2. Muros estructurales									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	4.0	2.5	no se permite		si	50 m	si	Sin límite
c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	el mismo	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	50 m
d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	el mismo	3.5	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	el mismo	2.5	2.5	si	30 m	si	50 m	si	Sin límite
f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	si	12 m	si	18 m
g. Muros de mampostería confinada	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	Grupo I	12 m	Grupo I	18 m
h. Muros de mampostería de cavidad reforzada	el mismo	4.0	2.5	si	45 m	si	60 m	si	Sin límite
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos
3. Pórticos con diagonales (las diagonales llevan fuerza vertical)									
a. Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas (DES)	el mismo	5.0	2.5	si	24 m	si	30 m	si	Sin límite
b. Pórticos con diagonales de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	3.5	2.5	no se permite		si	30 m	si	30 m
c. Pórticos de madera con diagonales	el mismo	2.0	2.5	si	12 m	si	15 m	si	18 m

Notas:

- El sistema de muros de carga es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo, en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.
- Para edificaciones clasificadas como irregulares el valor de R_0 debe multiplicarse por ϕ_a , ϕ_p y ϕ_r para obtener $R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$ (Véase A.3.3.3).
- La mampostería no reforzada sólo se permite en las regiones de las zonas de amenaza sísmica baja donde A_a sea menor o igual a 0.05 cuando se trata de edificaciones del grupo de uso **I**, de uno y dos pisos.
- El valor de Ω_0 puede reducirse restándole 0.5 en estructuras con diafragma flexible, pero no debe ser menos de 2.0 para cualquier estructura.

Tabla 15 Valores del coeficiente R de disipación de energía. FUENTE: Tabla A.3-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Mayor valor entre A_a y A_v	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Tabla 16 Nivel de amenaza sísmica según valores A_a y A_v . FUENTE: Tabla A.2.3-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Tabla A.2.3-2
Valor de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincelejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Tabla 17 Valores A_a y A_v para las ciudades capitales de departamento. FUENTE: Tabla A.2.3-2 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Región N°	A_e
7	0.25 – 0.28
6	0.21 – 0.24
5	0.17 – 0.20
4	0.13 – 0.16
3	0.09 – 0.12
2	0.05 – 0.08
1	0.00 – 0.04

Nota: Las regiones representan rangos de valores. Debe consultarse el Apéndice A-4 para determinar el valor de A_e en cada municipio.

Tabla 18 Valores A_e según regiones de la figura A.10-3-1. FUENTE: Tabla A.10.3-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Ciudad	A_e	Ciudad	A_e
Arauca	0.10	Neiva	0.20
Armenia	0.15	Pasto	0.15
Barranquilla	0.05	Pereira	0.20
Bogotá	0.13	Popayán	0.15
Bucaramanga	0.15	Puerto Carreño	0.04
Cali	0.15	Puerto Inírida	0.04
Cartagena	0.05	Quibdó	0.25
Cúcuta	0.25	Riohacha	0.07
Florencia	0.10	San Andrés, Isla	0.05
Ibagué	0.15	San José del Guaviare	0.04
Leticia	0.04	Santa Marta	0.10
Manizales	0.20	Sincelejo	0.07
Medellín	0.13	Tunja	0.15
Mitú	0.04	Valledupar	0.05
Mocoa	0.20	Villavicencio	0.20
Montería	0.07	Yopal	0.15

Tabla 19 Valores A_e para las ciudades capitales. FUENTE: Tabla A.10.3-2 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tabla 20 Valores F_a . FUENTE: Tabla A.2.4-3 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_V , para la zona de períodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_V \leq 0.1$	$A_V = 0.2$	$A_V = 0.3$	$A_V = 0.4$	$A_V \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tabla 21 Valores F_v . FUENTE: Tabla A.2.4-4 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Tabla 22 Valores de Φ_c y Φ_e , según estado y calidad de la construcción existente. FUENTE: Tabla A.10.4-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

1	Museo Taminango	Decreto 2000 del 15 de octubre de 1971
2	Edificio de la Gobernación de Nariño	Resolución 0798 del 31 de julio de 1998, del Ministerio de Cultura
3	Conjunto La Milagrosa	Decreto 1631 del 12 de agosto de 1988
4	Teatro Imperial	Resolución del 31 de julio de 1998, del Ministerio de Cultura
5	Catedral de San Juan de Pasto	Resolución 1793 del 15 de diciembre de 2000, del Ministerio de Cultura
1	Templo de San Andrés	Decreto 531 de 2005
2	Convento y capilla de las Madres Conceptas	
3	Templo de San Juan Bautista	
4	Colegio Javeriano	
5	Templo Cristo Rey	
6	Templo San Agustín	
7	Convento de los Padres Capuchinos	
8	Universidad de Nariño	
9	Templo de la Merced	
10	Templo de San Sebastián ("La Panadería")	
11	Oratorio San Felipe Neri	
12	Templo de Santiago	

Tabla 23 Nivel 1. Conservación integral, Pasto (República de Colombia - Ministerio de Cultura, 2012).

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1,2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

Tabla 24 Factor de uso y densidad según tipo de edificaciones. FUENTE: Tabla N°2 (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2017).

Ocupación o uso	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Reunión	Balcones	500
	Corredores y escaleras	500
	Silletería fija (fijada al piso)	300
	Gimnasios	500
	Vestíbulos	500
	Silletería móvil	500
	Áreas recreativas	500
	Plataformas	500
	Escenarios	750
Oficinas	Corredores y escaleras	300
	Oficinas	200
	Restaurantes	500
Educativos	Salones de clase	200
	Corredores y escaleras	500
	Bibliotecas	
	Salones de lectura	200
Fábricas	Estanterías	700
	Industrias livianas	500
	Industrias pesadas	1000
Institucional	Cuartos de cirugía, laboratorios	400
	Cuartos privados	200
	Corredores y escaleras	500
Comercio	Minorista	500
	Mayorista	600
Residencial	Balcones	500
	Cuartos privados y sus corredores	180
	Escaleras	300
Almacenamiento	Liviano	600
	Pesado	1200
Garajes	Garajes para automóviles de pasajeros	250
	Garajes para vehículos de carga de hasta 2 000 kg de capacidad	500
Coliseos y Estadios	Graderías	500
	Escaleras	500

Tabla 25 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas. FUENTE: Tabla B.4.2.1-1 (Reglamento Colombiano de construcción sísmo resistente, 2010).

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50

Nota-1 — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.

Tabla 26 Cargas vivas mínimas en cubiertas. FUENTE: Tabla B.4.2.1-2 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cielo raso		
Canales suspendidas de acero	0.10	10
Ductos mecánicos	0.20	20
Entramado metálico suspendido afinado en cemento.	0.70	70
Entramado metálico suspendido afinado en yeso.	0.50	50
Fibras acústicas	0.10	10
Pañete en yeso o concreto	0.25	25
Pañete en entramado de madera	0.80	80
Tableros de yeso	0.0080 (por mm de espesor)	8 (por cm de espesor)
Sistema de suspensión de madera.	0.15	15

Tabla 27 Carga muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales - Cielo raso. FUENTE: Tabla B.3.4.1-1 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

Componente	Carga (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga (kgf/m ²) m ² de área en planta
Pisos y acabados		
Acabado de piso en concreto	0.0200 (por mm de espesor)	20 (por cm de espesor)
Afinado (25 mm) sobre concreto de agregado pétreo	1.50	150
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 12 mm de mortero.	0.80	80
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero.	1.10	110
Baldosa sobre 25 mm de mortero	1.10	110
Bloque de asfalto (50 mm), sobre 12 mm de mortero	1.50	150
Bloque de madera (75 mm) sin relleno	0.50	50
Bloque de madera (75 mm) sobre 12 mm de mortero	0.80	80
Durmientes de madera, 20 mm	0.15	15
Madera densa, 25 mm	0.20	20
Mármol y mortero sobre concreto de agregado pétreo	1.60	160
Piso asfáltico o linóleo, 6 mm	0.05	5
Pizarra	0.030 (por mm de espesor)	30 (por cm de espesor)
Terrazzo (25 mm), concreto 50 mm	1.50	150
Terrazzo (40 mm) directamente sobre la losa	0.90	90
Terrazzo (25 mm) sobre afinado en concreto	1.50	150

Tabla 28 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales - pisos. FUENTE: Tabla B.3.4.1-3 (Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, 2010).

No.	Fecha del sismo	Hora local	Latitud	Longitud	Autor epicentro	Área epicentral	Magnitud
1	1827/11/16	18:00	1.8	-75.52	SGC-UN	Altamira, Huila	7.1
2	1834/01/20	07:00	1.1	-76.93	SGC-UN	Santiago, Putumayo	6.7
3	1906/01/31	10:36	0.99	-79.35	ISC-GEM	Costa Pacífica, Pacífico	8.4
4	1923/12/14	05:31	0.87	-77.78	SGC-UN	Cumbal, Nariño	6.2
5	1925/06/07	18:41	4.02	-76.07	Engdahl, E., Villaseñor, A	Tuluá, Valle	6.8
6	1935/08/07	04:00	1.05	-77.3	SGC-UN	Tangua, Nariño	6.1
7	1935/10/26	20:15	1.07	-77.51	SGC-UN	Imués, Nariño	5.9
8	1936/01/09	23:30	1.1	-77.6	SGC-UN	Túquerres, Nariño	5.6
9	1936/07/17	12:30	1.17	-77.7	SGC-UN	Túquerres, Nariño	6.3
10	1938/02/04	21:23	4.68	-75.69	International Seismological Centre	Eje Cafetero, Colombia	7
11	1947/07/14	02:00	1.3	-77.23	SGC-UN	Pasto, Nariño	6
12	1953/12/22	23:45	1.09	-77.59	SGC-UN	Guaitarilla, Nariño	5.8
13	1957/05/23	21:37	3.7	-76.75	ISC-GEM	Suroccidente Valle Del Cauca, Valle	6.1
14	1958/01/19	09:07	1.01	-79.49	ISC-GEM	Esmeraldas, Ecuador	7.6
15	1961/12/20	08:25	4.49	-75.5	International Seismological Centre	Eje Cafetero, Colombia	6.8
16	1962/07/30	15:18	5.17	-76.35	ISC-GEM	Eje Cafetero, Colombia	6.5
17	1967/02/09	10:24	2.93	-74.83	International Seismological Centre	Colombia, Huila	7
18	1967/07/29	05:24	6.747	-73.03	ISC-GEM	Betulia, Santander	6.8
19	1973/08/30	13:25	7.14	-72.76	ISC-GEM	Convención, Norte De Santander	6.3
20	1979/11/23	18:40	4.79	-76.19	Engdahl, E.R	Eje Cafetero, Colombia	7.2
21	1979/12/12	02:59	1.6	-79.36	Engdahl, E.R	Costa Pacífica, Pacífico	8.1
22	1994/06/06	15:47	2.85	-76.07	Red Sismológica Nacional de Colombia	Páez (Belalcázar), Cauca	6.8
23	1995/03/04	18:23	1.253	-77.257	Red Sismológica Nacional de Colombia	Pasto, Nariño	5
24	2004/11/15	04:06	4.81	-77.79	Red Sismológica Nacional de Colombia	Bajo Baudó, Chocó	7.2
25	2013/02/09	09:16	1.11	-77.56	Red Sismológica Nacional de Colombia	Guaitarilla, Nariño	7
26	2014/10/20	14:33	0.76	-77.95	Red Sismológica Nacional de Colombia	Chiles, Nariño	5.8

Tabla 29 Sismos históricos en San Juan de Pasto. FUENTE: (Servicio Geológico Colombiano, 2009).