



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA

ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA DISMINUIR LA
VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE LA VIVIENDA
EXPUESTA A RIESGOS VOLCÁNICOS.

ECUADOR - VOLCÁN TUNGURAHUA

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ARQUITECTA**

AUTOR: KATHERINE FERNANDA RODRÍGUEZ ORTIZ

DIRECTOR: MCS. ARQ. JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ

CUENCA - ECUADOR

2020

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

Declaración

Yo, **Katherine Fernanda Rodríguez Ortíz**, con cédula de identidad 030239034-9, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. Que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en la presente investigación.
2. Que trabajo es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, citas completas, ilustraciones, tablas, etc. sacadas de alguna publicación (en versión digital o impresa).
Caso contrario, referencio en forma clara y exacta su origen o autor.
3. Que el trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.
4. Que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Católica de Cuenca.

Me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado y asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello sometiéndome a la normas establecidas y vigentes de la UCACUE.



Katherine Fernanda Rodríguez Ortíz

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: *“Estrategias de diseño para disminuir la vulnerabilidad de los elementos de la Vivienda expuesta a riesgos volcánicos. Ecuador - Volcán Tungurahua”* ha sido elaborado por el Br. **Katherine Fernanda Rodríguez Ortíz**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Mcs. Arq. José Francisco Pesántez Pesántez.

Dedicatoria

Porque llegaste a mi vida mucho antes de haberlo planeado, para darme motivos suficientes de seguir viviendo, de seguir en este mundo aprovechando las oportunidades que se me presenten, por darme las ganas suficientes de seguir adelante venciendo los obstáculos que se me han presentado a lo largo de este arduo camino, por eso y mucho más te dedico este logro

Hija Mía

Agradecimientos

Agradezco a Dios por los padres que me asignó, a mis padres por la vida, a la vida por las oportunidades que se me ha presentado, a la institución Educativa UCACUE por permitirme aprovechar las oportunidades e impartirme conocimiento día a día para lograr mis objetivos, a mi familia, amigos y a todo aquel que estuvo a mi lado regalándome palabras de aliento que me han impulsado a seguir siempre adelante. Gracias infinitas.

Resumen

La tectónica de placas ha sido capaz de transformar la superficie de la tierra a escala local y regional. Dando origen a los volcanes más peligrosos del mundo, localizados en los países densamente poblados de la región Latinoamericana y del Caribe.

La cadena montañosa formada por el choque de placas (Cordillera de Los Andes), pasa por la sierra ecuatoriana. En la que se encuentra el volcán Tungurahua, ubicado a 33 kilómetros al sur este de la ciudad de Ambato capital de la provincia de Tungurahua.

La activación del Tungurahua ha alarmado a la ciudadanía con actividades leves a severas, llegando al desalojo de sectores cercanos, el último y significativo suceso data en el año 2016, dejando localidades devastadas por la expulsión de ceniza, piroclastos, gases, lava, entre otros, que ha causado la destrucción de edificaciones y sus elementos.

La presente investigación propone estrategias de diseño que tiene como objetivo, disminuir la vulnerabilidad de los elementos de la vivienda expuesta a riesgos volcánicos, centrándose en las cubiertas, caso Ecuador-volcán Tungurahua.

La metodología plantea el recorrido a las zonas vulnerables localizadas en las faldas del volcán, permitiendo un acercamiento a la realidad de los moradores y su hábitat, reconociendo los tipos de estructuras relevantes de cubiertas y su recubrimiento. El estudio busca analizar y levantar la información de los materiales expuestos en contacto con ceniza volcánica, factor relevante que influye en el cambio de propiedades en los materiales de construcción utilizados en este contexto. Se obtuvieron ejemplares de dichos materiales, para constatar en laboratorio las variaciones en sus componentes físicos y mecánicos.

Los resultados obtenidos permiten proponer estrategias que garanticen mayor durabilidad y resistencia en la estructura, considerando la problemática que implica los componentes volcánicos para brindar una mejor calidad de vida en zonas volcánicas.

Palabras clave: PELIGRO VOLCÁNICO, CENIZA VOLCÁNICA, CUBIERTAS, MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Abstract

The tectonics of plates has been able to transform the earth's surface on a local and regional scale, giving rise to the most dangerous volcanoes in the world, located in the densely populated countries of the Latin American and Caribbean region.

The mountain chain formed by the clash of plates (Andes Mountain range), passes through the Ecuadorian highlands, in which the Tungurahua volcano is located at 33 kilometers southeast of the city of Ambato, the capital of the province of Tungurahua.

The activation of "Tungurahua" has alarmed the public with mild to severe activities, leading to the eviction of nearby sectors. The last and most significant event dates back to 2016, leaving localities devastated by the expulsion of ash, pyroclasts, gases, lava, among others, which has destroyed buildings and their elements.

This research proposes design strategies that aim to reduce the vulnerability of the elements of the house exposed to volcanic hazards, focusing on the coatings, the Ecuador-Tungurahua volcano case.

The methodology proposes the route to the vulnerable areas located on the slopes of the volcano, allowing an approach to the reality of the inhabitants and their habitat, recognizing the types of relevant coatings structures and their covering. The study seeks to analyze and collect information on materials exposed in contact with volcanic ash, a relevant factor that influences the change in properties of construction materials used in this context. Copies of these materials were obtained to verify in the laboratory the variations in their physical and mechanical components.

The results obtained allow proposing strategies that guarantee greater durability and resistance in the structure, considering the problems that volcanic components imply to provide a better quality of life in volcanic areas.

Keywords: VOLCANIC HAZARD, VOLCANIC ASH, COATINGS, CONSTRUCTION MATERIALS.

Índice de Contenidos

Declaración	I
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Introducción	VII
Problemática	IX
Objetivos	X
Justificación	XI
Metodología	XII
Índice de Contenidos	XIII
Lista de Figuras	XVI
Lista de Tablas	XX
1. Antecedentes	1
1.1. Tipos de Erupciones	3
1.2. Estilos de Actividad Eruptiva	4
1.3. Fenómenos Eruptivos	4
1.4. Vulcanología	8

1.5. Peligro y Riesgo Volcánico	11
2. Análisis de Casos Similares	15
2.1. Análisis del Caso de la Ciudad de Chaitén - Chile	15
2.1.1. VIVIENDA EN CHAITÉN	20
2.2. Escuela Post-Desastre Bann Huay San Yaw / Vin Varavarn Architects . . .	21
2.3. Propuesta de techo para viviendas unifamiliares aledañas a zonas volcánicas.	25
3. Análisis del Contexto – Ecuador	29
3.1. Relieve del Ecuador	30
3.2. Volcanismo en el Ecuador.	32
3.2.1. Distribución de los volcanes a lo largo de la Cordillera de los Andes - Ecuador.	33
3.2.2. Alerta ante una emergencia Volcánica	45
3.2.3. Planificación de Emergencia	45
3.2.4. Preparación de la comunidad	45
3.2.5. Medidas de Contingencia	45
3.3. Protocolos de intervención ante emergencias	47
3.3.1. Preparación ante una emergencia	47
3.3.2. Estrategias de intervención Según García. A., (2017)	48
3.4. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.	50
4. Análisis de las cubiertas predominantes en el contexto volcánico del Tungurahua.	61
4.1. Análisis de Materiales de recubrimiento de la cubierta.	68
4.1.1. PLANCHAS DE FIBROCEMENTO:	68
4.1.2. Ensayo de los prototipos	70
4.1.3. Fibrocemento expuesto a ceniza volcánica:	72
4.1.4. Fibrocemento nuevo:	72
4.1.5. Resultados	73
4.1.6. TEJA:	74
4.1.7. Ensayo de los prototipos	75
4.1.8. Resultados	75
4.1.9. ZINC:	77
4.1.10. Ensayo de los prototipos	80

4.1.11. Resultados	81
4.2. PROPUESTA DE DISEÑO PARA CUBIERTAS.	83
4.3. CONCLUSIONES	92
4.4. RECOMENDACIONES	93
Referencias bibliográficas	95
Referencias	95

Lista de Figuras

1.1. Mapa de las placas tectónicas del mundo.	1
1.2. Tipos principales de erupciones	3
1.3. Caída de ceniza y piroclastos	5
1.4. Flujos de lodo y escombros.	5
1.5. Flujo de lava	6
1.6. Flujos piroclásticos	6
1.7. Avalancha de escombros.	7
1.8. Gases Volcánicos.	7
1.9. Sismos Volcánicos	8
1.10. Mapa de la península Itálica, con la ubicación del Monte Vesubio.	8
1.11. Erupción del Vesubio. Año 79 D.C.	9
1.12. Pompeya	10
1.13. Pompeya	11
2.1. Localización	16
2.2. Macro y Micro Localización	16
2.3. Imagenes del sector	17
2.4. Imagenes del sector	18
2.5. Retorno a Chaitén	19
2.6. Entrega de Viviendas a Chaitén	21
2.7. Escuela Baan Huay Sarn Yaw	22
2.8. Escuela Baan Huay Sarn Yaw - – Diseño en pendiente	23
2.9. Escuela Baan Huay Sarn Yaw - Materiales	23

2.10. Escuela Baan Huay Sarn Yaw - Estructura Antisísmica	24
2.11. Escuela Baan Huay Sarn Yaw - Materiales Ligeros	24
2.12. Pendientes	27
2.13. Pendientes	27
2.14. Sistema de techo de lámina de zinc	28
2.15. Sistema de lámina de zinc con estructura de soporte de madera.	28
3.1. Mapa Creación de la Cordillera de los Andes	29
3.2. Corte esquemático de la topografía de las diferentes regiones.	31
3.3. Volcanes del Ecuador a lo largo de la cordillera de los Andes	34
3.4. Ubicación Volcán Tungurahua	35
3.5. Proceso Eruptivo 2010-2012	41
3.6. Mapa de los peligros potenciales del Volcán Tungurahua	43
3.7. Rutas de evacuación y sitios seguros del volcán Tungurahua	44
3.8. Estrategias de intervención	48
3.9. Estrategias de intervención	50
3.10. Ciudades y comunidades ubicadas a las faldas del Tungurahua.	51
3.11. Vegetación afectada	52
3.12. Sector los Pájaros, vía Baños - Penipe.	52
3.13. Sector Tungurahua y Chimborazo.	52
3.14. Imágenes del Sector	53
3.15. Imágenes del Sector	54
3.16. Imágenes de cultivos afectados	54
3.17. Ganado afectado en Bilbao	55
3.18. Restos de hacienda que estuvo ubicada vía a Cusúa y Vivienda ubicada vía a Bilbao.	55
3.19. Paisaje Cusúa, terrenos modificados y Escuela de Cusúa.	56
3.20. Iglesia - Bilbao	57
3.21. Ceniza acumulada en las cubiertas y Iglesia - Bilbao	58
3.22. Vivienda vía Bilbao y Vivienda-Bilbao.	58

3.23. Vivienda tradicional vía a Bilbao	58
3.24. Vivienda en Cusúa	60
3.25. Vivienda vía a Cusúa y Vivienda vía a Bilbao.	60
4.1. Recorrido, área vulnerable a las faldas del volcán Tungurahua	63
4.2. Tipos de Cubiertas	64
4.3. Cubierta de Fibrocemento	65
4.4. Simulación de resistencia en el programa ETAPS	65
4.5. Cubierta de Zinc	66
4.6. Simulación de resistencia en el programa ETAPS	66
4.7. Cubierta Teja de arcilla cocida	67
4.8. Simulación de resistencia en el programa ETAPS	67
4.9. Viviendas con planchas de fibrocemento	69
4.10. Proceso de ensayo	70
4.11. Proceso de ensayo	71
4.12. Especificaciones de Colocación según la disponibilidad de maquinaria	71
4.13. Proceso del Ensayo	72
4.14. Proceso del Ensayo	72
4.15. Diagrama de resistencia	73
4.16. Vivienda con teja.	74
4.17. Teja de arcilla cocida	75
4.18. Muestras de tejas que estuvieron expuestas a ceniza volcánica hasta la actualidad – Bilbao	77
4.19. Viviendas con Zinc.	78
4.20. Variación de la velocidad de corrosión del zinc en función del pH del electrolito.	79
4.21. Cubiertas de Zinc cubiertas por óxido - Bilbao	80
4.22. Forma de la probeta	81
4.23. Proceso de Ensayo	81
4.24. Resultado – probeta 1	82

4.25. Resultado – probeta 2	82
4.26. Resultado – probeta 3	83
4.27. Cubierta de Fibrocemento	86
4.28. Diagramas	87
4.29. Cubierta de Teja de arcilla cocida	88
4.30. Diagramas	89
4.31. Cubierta de Zinc	90
4.32. Diagramas	91

Lista de Tablas

1.1. Tipos de Volcanes	2
3.1. Volcanes Activos y Apagados	33
3.2. Estratigrafía Simplificada del Volcán Tungurahua	37
3.3. Proceso Eruptivo 1999-2016	38
3.4. Proceso Eruptivo 1999-2016	39
3.5. Proceso Eruptivo 1999-2016	40
3.6. Zonas de mayor peligro Volcánico	42
3.7. Medidas de Contingencia	46
3.8. Medidas de Contingencia	47
4.1. Cargas máximas soportadas por la estructura de las viviendas levantadas in situ.	68
4.2. Resultado Ensayo Teja de arcilla cocida, expuesta a ceniza volcánica	76
4.3. Resultado Ensayo Teja de arcilla cocida, sin exposición a ceniza volcánica.	76
4.4. Cuadro de resultados	83
4.5. Resistencias de tipos de cubiertas.	92

Introducción

La población, encara de modo ascendente los riesgos conectados a la actividad volcánica, producto del desarrollo de agrupamiento de establecimientos comunitarios con escaso control y de un entorno geodinámico adverso (Pozo Ramos, 2017). La actividad del Tunurahua, en los últimos años, ha provocado catástrofes que perjudican directamente a la población, edificaciones, economía, bienes privados y públicos; en conjunto, a las cualidades de su progreso, resultado de la miseria, el rechazo social y la desarticulación espacial; el poblamiento de la parroquia crece sucesivamente, ocasionando el incremento del área urbana en zona de riesgo y ampliando la situación de vulnerabilidad que se interpreta en: la ausencia de normativas para la planificación territorial, diligencia del riesgo de desastres, y un régimen de gobernabilidad que no da prioridad a las soluciones del problema entorno a los poblados asentados en zonas de peligro. (Pozo Ramos, 2017).

Debido a los daños y pérdidas asociados a la actividad volcánica, el gobierno nacional competente ha establecido propuestas de reasentamiento, sin embargo, los habitantes del sector no aceptan el hecho de salir de sus hogares, debido al arraigo y la dependencia a sus actividades agrícolas, ganaderas y turísticas que son su principal fuente para subsistir y tener una vida digna (Grunauer Zambrano y Villamarin Mosquera, 2016)). Las personas han accedido a migrar, a localidades más seguras, pero muchas veces sus resultados se asientan en los recursos emocionales y materiales de un poblado, dejando afecciones que pueden dificultar el progreso de la población (Osorio Yepes y Díaz Faciolince, 2012).

(Arriagada y Valdebenito, 2011) manifiestan que:

“La presencia de aspectos sintomatológicos que podrían tener lugar en las personas afectadas, son: a) alteraciones cognitivas (dificultad para pensar organizadamente, reexperimentación del evento); b) alteraciones de índole emocional (labilidad emocional, aplanamiento afectivo, intensificación de emociones como rabia, miedo o ansiedad generalizada); c) alteraciones conductuales (impulsividad o paralización, aumento del consumo de alcohol), y d) alteraciones físicas y fisiológicas (dolores corporales, trastornos de sueño o del apetito). Además, generalmente se experimentarían alteraciones en el ámbito relacional-familiar, laboral, comunitario y/o social, expresadas en cambios en la forma habitual de relacionarse, emergencia de conflictos latentes y culpabilización mutua”

El presente estudio tiene como objetivo examinar los daños provocados alrededor del Volcán Tungurahua, para identificar el tipo de vivienda, su estructura y materiales de construcción con un acercamiento a la realidad de estos sectores, estableciendo estrategias de diseño que disminuyan la vulnerabilidad de los elementos constructivos de una vivienda expuesta a riesgos volcánicos, puesto que las Normas Ecuatorianas de la Construcción precisa a cumplir exigencias mínimas de diseño, como ilustra el presidente de la CAMICON *“no existe un material adecuado que responda a todos los efectos de diseño sismo resistente”*. La NEC no instaura normas para seleccionar los materiales, por lo contrario, según las tipologías o propósito del constructor o el proyectista, proporciona las tendencias mínimas que deben satisfacer en requisitos de calidad y seguridad. Por ello la siguiente investigación pretende conocer los daños que tiene la vivienda en caso de una erupción volcánica y ofrecer materiales más idóneos para la zona y así brindar una mejor calidad de vida a los habitantes.

Problemática

Los principales problemas que enfrenta una población expuesta a riesgo volcánico son:

La Migración, consecuencia de una manifestación cuando se presenta la explosividad volcánica, afecta al territorio en las extensiones ganaderas y de cultivos ocasionando pérdidas su fuente de trabajo.

En el sector de la vivienda la edificación presenta fallas por caída de piroclastos y ceniza; los elementos más vulnerables son aquellos que generan las envolventes como muros y cubiertas, la cubierta del techo está edificada sin considerar las demandas adicionales que produce el peso de la caída de ceniza, por lo que pueden colapsar las más débiles o muy viejas, los elementos de revestimiento no tienen las características idóneas para soportar los efectos dañinos de una erupción (Peraldo y cols., 2012). Debido a los movimientos sísmicos los elementos y bienes del inmueble se pueden ver afectado total o parcialmente; las ondas de choque ocasionan rotura de cristales; la variación en el sistema geotérmico de acuíferos crea cambios en la temperatura y calidad del agua que podría ocasionar daños de salud debido a los cambios químicos (Vallejos-Romero, Cárdenas-Gómez, y Sáez-Ardura, 2015); los daños urbanos se destacan por la emisión de cenizas y gases, contaminando y produciendo un impacto en los pastizales que son utilizados para la producción de bovinos y demás especies zootécnicas.

La salud se ve afectada en los poblados expuestos a gases y ceniza volcánica que ofrecen repercusiones variables incluyendo efectos reversibles como agudos en personas sanas (alteraciones respiratorias y predisposición de asma bronquial) además de complicaciones respiratorias graves y crónicas, que podría ocasionar la muerte por riesgo de asfixia en caso de masiva exposición. (Moreira y cols., 2017).

Los pobladores localizados en lugares que se exponen a riesgos volcánico con presencia de erupciones de larga duración tienden a adaptarse a sus nuevas circunstancias, las que impone el volcán, sucesos que llegarían a comprometer de manera severa la capacidad de reaccionar a los variados eventos que puede presentar una actividad eruptiva (Samaniego Eguiguren y cols., 2010).

Objetivos

Objetivo General

- Establecer estrategias de diseño para disminuir la vulnerabilidad de los elementos de la vivienda expuesta a riesgo volcánico, que optimicen la calidad de vida de la población.

Objetivos específicos

1. Conocer información necesaria acerca de las vulnerabilidades que tienen las viviendas localizadas en contextos con peligro volcánico.
2. Observar las patologías que presentan las edificaciones del sitio de estudio.
3. Proponer un estudio de los tipos relevantes de cubiertas y sus materiales envolventes para mejorar su resistencia y durabilidad, luego de una erupción volcánica.

Justificación

Considerando que uno de los volcanes con más actividad en el Ecuador continental es el Tungurahua y que se reactivó en 1999 ocasionando el traslado de miles de habitantes, es indudable la necesidad de proveer mejoras a las condiciones de habitabilidad para poder minimizar la vulnerabilidad, y ofrecer un mayor nivel de seguridad a la población, generando un nivel de resiliencia aceptable (Bustillos y cols., 2014).

El riesgo volcánico es un concepto que va progresivamente teniendo la importancia que se necesita, de manera especial con la presencia de erupciones desastrosas que se han registrado a lo largo del tiempo, causando múltiples daños a las ciudades y sus habitantes (Bustillos y cols., 2014), la reducción de pérdidas humanas y propiedades requiere que los productos de las erupciones sean evaluados y que planes de prevención sean hechos para minimizar sus efectos (L. D. Paniagua Sergio y Morales, 1987). Muchas familias se mantienen reticentes a abandonar este tipo de zonas por el temor al desarraigo, el miedo a reestablecer sus vidas apartados de sus adquisiciones y medios de vida, la desconfianza al cumplimiento de los ofrecimientos gubernamentales, sus costumbres, creencias culturales y religiosas, exponiéndose al riesgo y a los daños que una erupción volcánica puede causar, como problemas de salud por la caída de ceniza que es el fenómeno volcánico más persistente, la pérdida de hogares, edificios, maquinaria, todas estas afecciones rasgan el ciclo de progreso de estas zonas y retrasan el desarrollo social y económico proyectado (Peraldo y cols., 2012).

Todo ello conlleva a ofrecer estrategias que disminuya el impacto negativo mencionado, ofreciendo herramientas, teoría, para culturizar a las personas en el área de la construcción, que puedan escoger sabiamente los materiales y edifiquen de una manera más correcta sus viviendas.

Este tipo de estudio pretende dar un paso más hacia el acercamiento de la realidad en este tipo de contextos, que hasta el momento no han sido de mayor relevancia en el país, fomentando futuros análisis en el campo de la construcción para que se establezcan normativas específicas para éstas zonas, evitando asentamientos informales y mitigando el peligro latente.

Es factible realizar la visita al lugar establecido y levantar la información necesaria para la ejecución del proyecto, mediante el acercamiento directo hacia la población realizando encuestas y entrevistas para determinar los problemas que se han presentado a lo largo del tiempo, de esta manera, establecer estrategias que conceda mejorar las características de la ciudad para el buen vivir de los habitantes.

Metodología

Para obtener información necesaria que permita llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos se podrá:

- Obtener información de fuentes bibliográficas para conocer información relacionada a la vulnerabilidad de las viviendas frente al peligro volcánico, por otro lado, se revisarán ejemplos que nos puedan servir para la propuesta. Con un análisis comparativo de casos, análisis de normativas e información relevante de la zona y volcán en cuestión.
- Levantamiento de información mediante visitas de campo, para tener un acercamiento real a la situación en la que se encuentra el sitio de estudio, aquí se podrá conocer a través de encuestas, entrevistas a autoridades y población del lugar:
- Las condiciones de las viviendas luego de la erupción volcánica.
- Materiales de construcción relevantes en la zona.
- Patologías en los materiales de construcción.
- Tipos de estructuras.
- La experiencia de las personas ante este tipo de riesgo (volcánico).
- Se obtendrá información del estado actual del sector y sus viviendas mediante recopilación fotográfica.
- Se realizarán estudios de laboratorio para conocer las reacciones que la ceniza genera en diferentes tipos de materiales relevantes que se utiliza para las cubiertas en las viviendas, así como también simulaciones para comprobar que la estructura a plantearse resista a las diferentes manifestaciones de peligro que representa la erupción de un volcán.

Antecedentes

El volcanismo es uno de los procesos endógenos asociados con la tectónica de placas, capaz de transformar, construir y modelar la superficie de la Tierra a escala local y regional.

La actividad volcánica no llega a dividirse de manera semejante por la superficie terrestre, sino de forma prudente según patrones tectónicos definidos (Robertson, Lage, y Ceballos, 2002). (Selby, 1985) manifiesta que, “el 60 % de la actividad se localiza sobre las dorsales submarinas en los océanos del mundo mientras el 40 % se ubica sobre el cinturón de fuego del Pacífico, en el Caribe y el Mediterráneo. Esta distribución se relaciona con el tipo y génesis del magma, que a su vez refleja el tipo de volcanismo observado”.

Hall, M (1977) manifiesta en su investigación de volcanismo que, según la teoría de la Tectónica de Placas, la superficie de la Tierra está compuesta de nueve piezas o placas, que está en movimiento circunferencial relativo. La placa que incluye el continente de África deriva del este, mientras tanto la de Sudamérica viaja al oeste. Las placas participan en una historia en la cual experimentan un nacimiento, una formación, y a veces una destrucción.

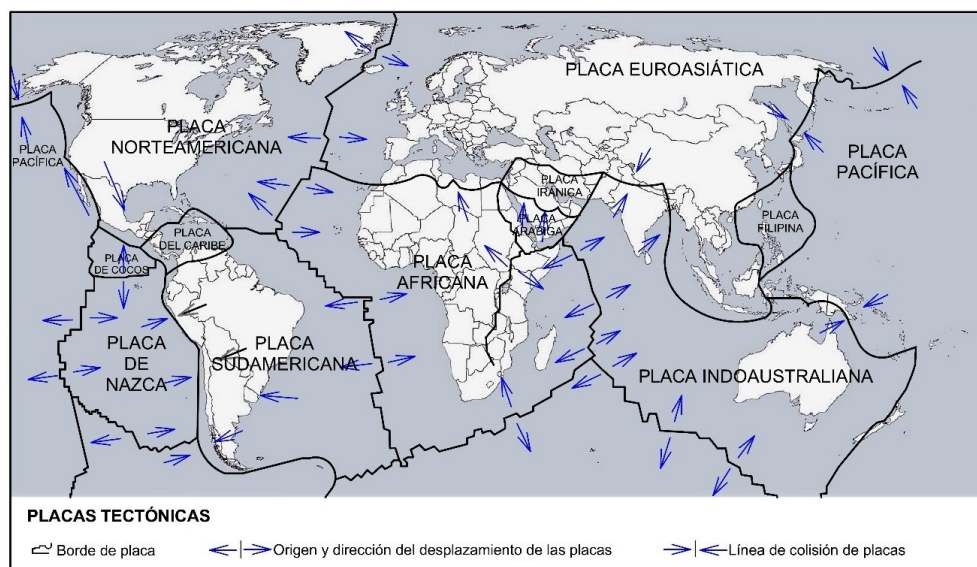


FIGURA 1.1: Mapa de las placas tectónicas del mundo.

Fuente y Elaboración: Valdivia - Sismos 1960

La corteza oceánica y la continental tienen orígenes volcánicos, el vulcanismo ha hecho parte de un rol rotundo en la historia geológica de la Tierra. En la escala geológica del tiempo, la acción volcánica ha favorecido a la corteza terrestre concibiendo tierras fértiles, que permitieron el surgimiento y progreso de las civilizaciones. A pesar de ello, considerando la escala humana del tiempo, las actividades volcánicas explosivas impactan de manera negativa, principalmente las zonas habitadas o zonas agrícolas. (Gómez-Castillo, Mendoza, Macías, y Granados, 2017)

La actividad volcánica más importante está presente en los límites de las placas tectónicas y las distintas amenazas volcánicas se relacionan con el tipo de magma y el ambiente tectónico en el que éste evoluciona (López-Ruiz y Cebriá, 2007).

Muchos de los volcanes más peligrosos del mundo están localizados en los países densamente poblados de habla hispana de la región Latinoamericana y del Caribe (Tilling, 1989). Peterson (1986) ha estimado que unos 360 millones de personas, aproximadamente el 10 % de la población del planeta viven sobre o cerca de volcanes potencialmente peligrosos.

Según (Tilling, 1989) existen dos tipos de volcanes, relacionados con el tipo predominante de lava, estilos eruptivos y características eruptivas más comunes.

<i>“Escudo - Volcán: Ubicados generalmente en el interior de las placas tectónicas (“intraplaca”), y presumiblemente sobreyacen “puntos calientes”, aunque también ocurren en otros ambientes tectónicos (p.e., Galápagos, Islandia, Kamchatka)” (Tilling, 1989)</i>				
<i>“Estrato - Volcán: Ubicados generalmente a lo largo o cerca de los márgenes de placas tectónicas convergentes (zonas de subducción); también se los denomina volcanes compuestos.”</i>				
<i>“Tipo de Volcán”</i>	<i>“Lava predominante”</i>		<i>“Estilo Eruptivo”</i>	<i>“Características eruptivas más comunes”</i>
	<i>“Composición”</i>	<i>“Viscosidad” “Relativa”</i>		
<i>“Escudo - Volcán”</i>	<i>“Basáltica”</i>	<i>“Fluidal”</i>	<i>“Generalmente no explosivo a debilmente explosivo”</i>	<i>“Fuentes de lava, flujos de lava (extensos), lagos y pozas de lava.”</i>
<i>“Estrato - Volcán”</i>	<i>“Andesítica”</i>	<i>“Menos fluidal”</i>	<i>“Generalmente explosivo, pero a veces no explosivo”</i>	<i>“Flujos de lava (medianos), productos balísticos explosivos, caídas de trefa, flujos y oleadas piroclásticos”.</i>
	<i>“Dacítica a Riolítica”</i>	<i>“Viscosa a muy viscosa”</i>	<i>“Típicamente muy explosivo, pero puede ser no explosivo, especialmente después una explosión grande”</i>	<i>“Productos balísticos explosivos, caídas de tefra, flujos y oleadas piroclásticos flujos de lava (cortos) y domos de lava”</i>

Tabla 1.1: TIPOS DE VOLCANES

Fuente: (Tilling, 1989) <http://biblioteca.usac.edu.gt/>; Elaboración: Propia

1.1. Tipos de Erupciones

Según (Induni, 2011), existen cinco tipos principales de erupciones, determinadas por la viscosidad del magma:

1. Erupción Pliniana: Es una proyección enérgica que presenta fuertes explosiones de gases, emisiones rápidas y continuas de grandes volúmenes de pómez, teniendo elevaciones de al menos 20 km sobre el cráter. Los espesores depositados de pómez y ceniza pueden llegar a cubrir grandes extensiones terrenales.

2. Erupción Vulcaniana: Es violentamente explosiva, teniendo relación continua con la unión del magma y el agua (freatomagmática), originando una delgada desintegración en el magma; la unión presente en conjunto con la fragmentación origina grandes cantidades de ceniza, vapor, bombas y bloques.

3. Erupción Peleana: Es una explosión con gran violencia que se da por la consolidación de un magma bastante glutinoso en la chimenea de un volcán, lo que quiere decir que, se da la creación de un tapón que obstruye la salida de magma y gases. Por la acumulación de estos elementos, se presenta el incremento de la presión sin pausa y termina explotando la chimenea. A raíz de la explosión, existe emisiones violentas de nubes ardientes que bajan rápidamente por los flancos del volcán, devastando con todo a su paso.

4. Erupción Estromboliana: Es caracterizada por explosiones de baja magnitud de elementos en estado pastoso o fundido, con duración de pocos minutos u horas, junto con efusiones de coladas de lava.

5. Erupción Hawaiana: Se caracteriza por emisiones de lava con gran fluidez que se vierte de manera rápida en forma de coladas extensas que pueden durar en promedio una hora y media llegando a alturas de un kilómetro.

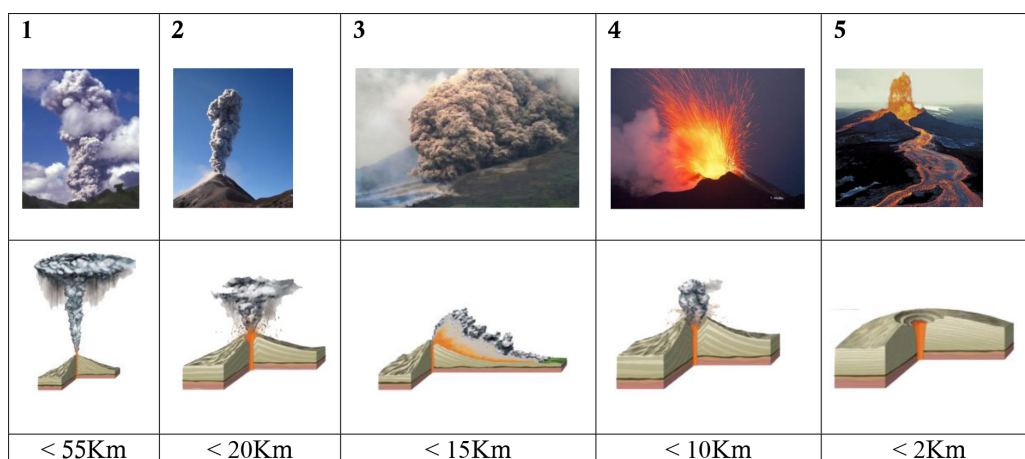


FIGURA 1.2: Tipos principales de erupciones

Fuente:(Induni, 2011)

Elaboración:Propia.

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, nos aporta con algunos datos relevantes para el conocimiento del comportamiento de un volcán como:

1.2. Estilos de Actividad Eruptiva

En base al conocimiento de la actividad eruptiva que tiene un volcán se pueden diferenciar los siguientes estilos eruptivos:

1. *Actividad explosiva pequeña* (VEI 1-2*), caracterizada por la ocurrencia de explosiones pequeñas a moderadas emiten bloques y bombas volcánicas hacia los flancos superiores del cono e importantes cantidades de ceniza en los alrededores del volcán.
2. *Eventos explosivos de tamaño moderado* (VEI 2-3) Se caracteriza por erupciones con más capacidad explosiva y por que sus flancos presentan flujos piroclásticos, además de la expansión de ceniza a escala territorial. Los flujos piroclásticos son generados por el movimiento del magma iniciado en el cráter o por el colapso del almacenamiento de piroclásticos en los flancos superiores del cono.
3. *Eventos explosivos de tamaño grande* (VEI ≥ 4) caracterizados por ser erupciones altamente explosivas que generan flujos piroclásticos extremadamente móviles asociados al colapso de la columna eruptiva y/o a explosiones dirigidas.

1.3. Fenómenos Eruptivos

1. **Caída de Ceniza y Piroclastos (Cascajo):** Mientras perdura una erupción los materiales piroclásticos (ceniza, fragmentos de roca, piedra pómez, cascajo) y los gases son lanzados desde el cráter y pertenecen a una columna eruptiva que pudiese llegar a varios kilómetros de altura y permanecer por minutos a horas de permanencia. Los elementos más considerables siguen recorridos balísticos y caen junto al volcán, en cambio los componentes de menor tamaño son conducidas por el viento y descienden a mayor distancia del mismo.

Entierran extensas áreas colindantes al volcán y proporcionan capas que oscilan entre milímetros y centímetros de piroclastos. El peligro que causa este fenómeno es función del volumen del material expulsado en el suceso volcánico, la violencia y la permanencia de la caída, el trayecto al punto de lanzamiento y la orientación del viento. (Ver figura. 1.3)



FIGURA 1.3: Caída de ceniza y piroclastos
Fuente: Propia

2. **Flujos de Lodo y Escombros (Lahares):** Es el producto de la mezcla de materiales volcánicos sueltos (arena, ceniza, rocas, pómez), mismos que han sido combinados y re-movilizados por el líquido derivado de fuertes lluvias, o de la vinculación del casquete glaciario. Cuando se han formado, declinan de forma rápida por los flancos del cono, teniendo continuidad con las quebradas y valles. El peligro y magnitud de estos sucesos están determinados por la cantidad de agua y de los materiales sueltos disponibles, así como la inclinación de los terrenos y el grado de encañonamiento de los valles.



FIGURA 1.4: Flujos de lodo y escombros.
Fuente: Propia

3. **Flujos de Lava:** Los flujos de lava son efusiones de piedra derretida muy ardiente, producidos en un cráter o en aberturas de los flancos del volcán, los cuales fluyen por los costados y las quebradas del cono con velocidad relativamente baja. (Ver figura. 1.5)



FIGURA 1.5: Flujo de lava
Fuente: Propia.

- Flujos Piroclásticos (Nubes Ardientes):** Son nubes extremadamente ardientes ($500\text{ }^{\circ}\text{C}$) constituidas de ceniza, gases y segmentos de roca, que con gran velocidad descienden por los flancos del volcán en eventos eruptivos significativos. La parte más baja y densa del flujo se limita a los fondos de las quebradas y los valles, mientras que, la parte superior, poco densa puede alcanzar grandes alturas o inclusive sobre pasar relieves principales. En el caso de flujos piroclásticos derivados por la caída de una columna eruptiva intensa, o por el derrame de magma del cráter, algunos flancos del volcán podían estar dañados por este fenómeno.



FIGURA 1.6: Flujos piroclásticos
Fuente: Propia.

- Avalanchas de escombros:** Son deslizamientos considerables de arena, rocas y ceniza, los cuales pueden provenir de un volcán como consecuencia del desequilibrio y colapso de sus flancos. Estos fenómenos pueden deberse a la intrusión del magma por dentro del edificio volcánico, a un fuerte sismo, o a la disminución de resistencia de la estructura interna del volcán provocado, puede ser, por una marcada variación hidrotermal. El declive del edificio puede presentarse acompañado por actividad magmática, distinguida por explosiones de violencia extrema que por lo general se encuentran direccionadas al mismo sentido del colapso. Las avalanchas de escombros son muy rápidas, móviles y arrasan con todo lo que se encuentre a su paso.



FIGURA 1.7: Avalancha de escombros.

Fuente: Propia

6. **Gases Volcánicos:** Antes, durante y después de una erupción un volcán manifiesta numerosos tipos de gases, siendo la mayor parte el vapor de agua, presentándose también algunas combinaciones de CO_2 , SO_2 , Y H_2S entre otros. Se sabe que, estos gases se diluyen rápidamente en la atmósfera por la altura a la que se halla el cráter del volcán, por lo que no simbolizan alto riesgo en la salud del hombre, el olfato humano es tan sensible que puede percibir concentraciones muy bajas de gases volcánicos, según indican las estadísticas mundiales, la mayoría de sismos han presentado magnitudes por debajo de los 6 grados.



FIGURA 1.8: Gases Volcánicos.

Fuente: Propia

1. **Sismos volcánicos:** Durante el desarrollo de una erupción, que puede ser de semanas hasta meses, se detectan una cantidad considerable de sismos con poca duración cercanos al cono del volcán. En mayor porcentaje, la actividad volcánica no provoca sismos de alta magnitud, con la capacidad de perjudicar las edificaciones en el contexto volcánico.

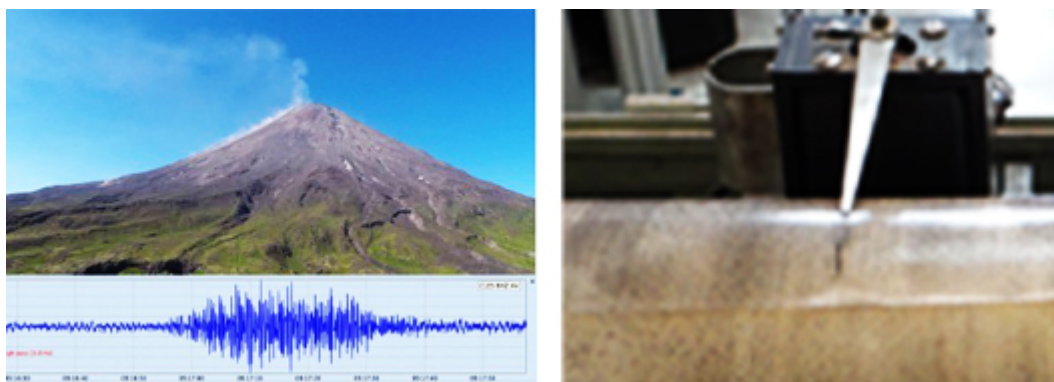


FIGURA 1.9: Sismos Volcánicos
Fuente: Propia.

1.4. Vulcanología

La ciencia de la vulcanología ha estado asociada y catalizada por los peligros volcánicos y los desastres, por ejemplo, la erupción del Vesuvio en el año 79 tuvo un impacto científico en la historia (Sigurdsson et al., 1985). “El volcán Vesubio, está localizado al sur de Europa, en la península Itálica, cercano al golfo de Nápoles. Es un estratovolcán caracterizado por erupciones plinianas, muy explosivas, con una alta presencia de piroclastos, gases, fragmentos de roca, cristales y cenizas”. El volcán en mención, presenta actividad desde aproximadamente 20 mil años (Jaramillo, 2019); ; alejadas por etapas de actividad pasiva, en un área con densa población que contiene los centros de Pompeya y Herculano, actualmente, Nápoles. Su historia eruptiva ha sido documentada a partir de registros históricos desde el 79 d.C; la erupción del volcán fue un 24 de agosto (Fucugauchi, Goguitchaishvili, y Morales, 2016) sepultando dos antiguas ciudades romanas de Herculano y Pompeya, así como muchas villas de los territorios próximos (Melgarejo y López, 2014).

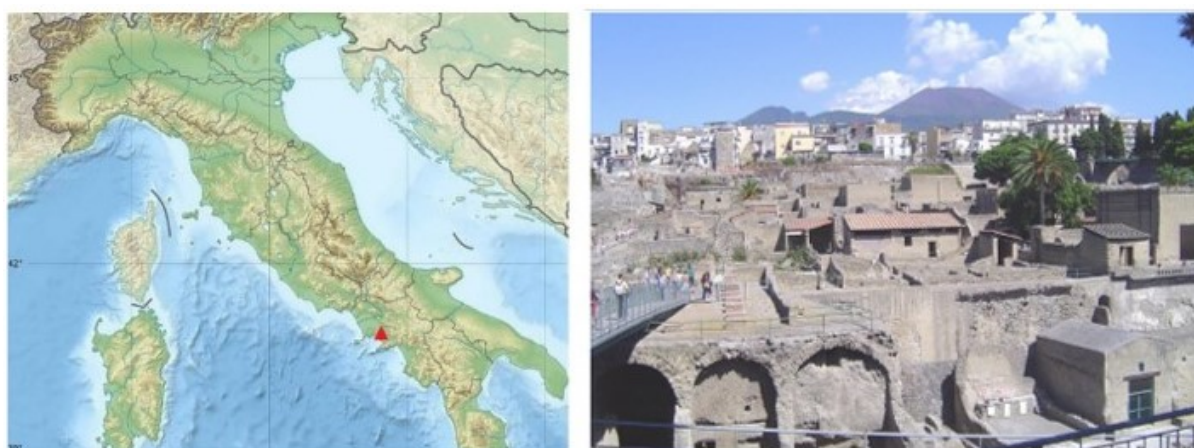


FIGURA 1.10: Mapa de la península Itálica, con la ubicación del Monte Vesubio.
Fuente y Elaboración: (Jaramillo, 2019)

La Investigación de Millán (2011), presenta la siguiente información:

Pompeya, ubicada a muy pocos metros del mar y en plena desembocadura del río Sarno, era el lugar perfecto para el comercio tanto por vías terrestres como marítimas, se constituyó sobre un altiplano a una altura media de 30 msnm.

Con la prosperidad alcanzada en la zona gracias fundamentalmente al comercio y la agricultura, Pompeya contaba con casi las 66 hectáreas de extensión de las cuales hasta el año 2011 se han excavado 42 y su recinto amurallado tenía un perímetro de aproximadamente 3200 metros.

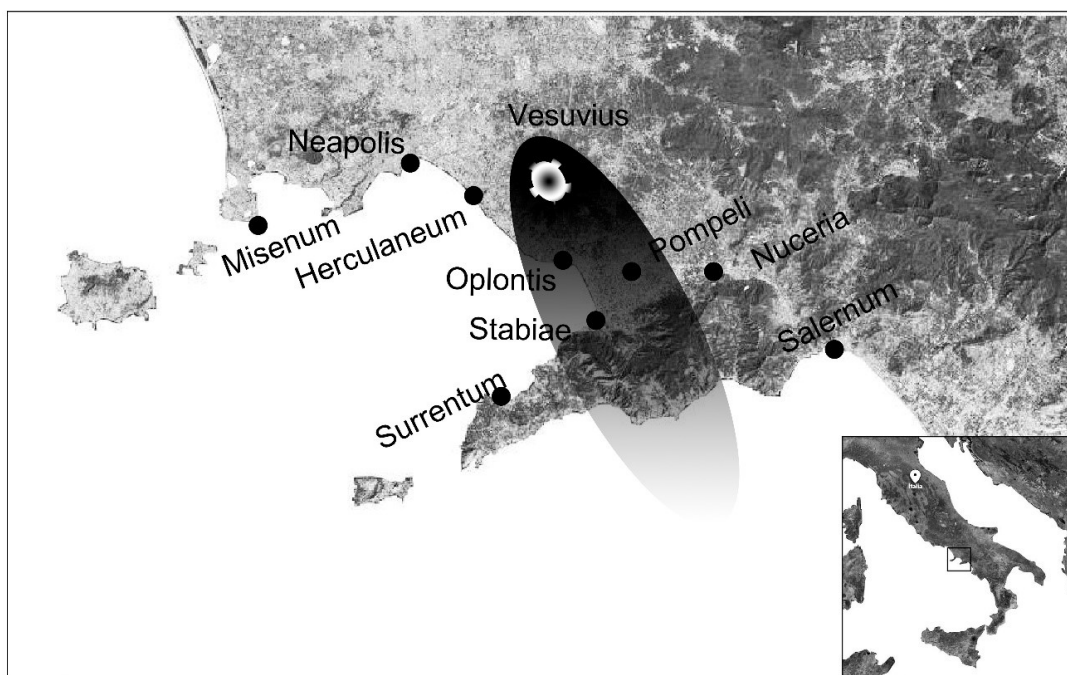


FIGURA 1.11: Erupción del Vesubio. Año 79 D.C.

Fuente y Elaboración: Sañudo (2011)

La vida humana existente durante milenios en las proximidades del Vesubio ha quedado registrada en los sedimentos volcánicos gracias a la actividad propia del volcán; considerado en la actualidad, como uno de los volcanes continentales más peligrosos, dada su explosividad, la cantidad de material que fue capaz de expulsar se calcula en torno a cincuenta toneladas de flujo por segundo inyectado a la atmósfera. El espesor de la acumulación de los residuos volcánicos en aproximadamente dos horas pudo alcanzar de 130 a 140 cm.

Las sacudidas tectónicas provocaron el agrietamiento y desprendimiento de soportes murales. El entramado urbanístico debió actuar de canal de las coladas piroclásticas. Los tejados horizontales o poco inclinados se sobrecargaron y derrumbaron, mientras los que poseían una mayor inclinación fueron más resistentes a la acumulación de piedra pómez en esta primera fase. Está considerado que el 38 % de las víctimas en la erupción, perecieron a consecuencia del derrumbe de paredes y tejados (Luongo, 2003). Gases venenosos, fango y residuos de magma se precipitaron por la ladera del volcán alcanzando velocidades próximas a los 100 Km/hora. Con casi toda seguridad uno de los flujos fue causante de que la ciudad de Herculano, próxima al cráter del volcán, fuese sepultada en cuestión de

minutos y de un modo más brusco que Pompeya. Algunas zonas de Herculano quedaron sepultadas hasta 25 metros de depósito de material piroclástico.

Pompeya se había convertido en un mar de cenizas, sepultado por metros de residuos volcánicos. La erupción duró aproximadamente diecinueve horas. Pero como hemos advertido anteriormente no sólo Pompeya sufrió las consecuencias de la erupción. El manto de ceniza volcánica que recubría la ciudad, con el transcurso del tiempo fue sedimentándose y reduciendo su espesor. Esto provocaba, que los restos de los edificios más altos que medianamente habían resistido a la erupción surgiesen entre los campos labrados (Sañudo, 2011).



FIGURA 1.12: Pompeya

Fuente y Elaboración:(Agencia Italiana de Noticias (2019) y L. López., (2014))

Al ir apareciendo restos de construcciones, se empiezan a interesar por lo que hay debajo de la tierra que se ha estado labrando a lo largo del tiempo. Oficialmente las excavaciones que permitieron el descubrimiento de ciudades completas, quedaron inauguradas el 1 de abril de 1748 (Fernández Murga, 1989).

La primera ciudad que se empezó a excavar fue Herculano y se descubrió que, la resistente corteza que sepultaba esta ciudad, no tenía sentido ante el débil manto de lapilli y pumitas que por otra parte poseía un espesor considerablemente inferior (menor a 6 metros) (Sañudo, 2011).

Luego de las excavaciones se descubrió una ciudad detenida en el tiempo.(Ver figura. 1.13)



FIGURA 1.13: Pompeya

Fuente y Elaboración:(Agencia Italiana de Noticias (2019) y L. López., (2014))

1.5. Peligro y Riesgo Volcánico

La diferencia entre peligro y riesgo radica, en que peligro es la probabilidad de que un área específica sea perjudicada por procesos o productos volcánicos latentemente destructivos en un intervalo de tiempo (Fournier d'Albe, 1979), mientras que, el riesgo, ha sido definido de manera más sencilla, como la posibilidad de que a una población (persona, estructura física, sistemas productivos, etc.), o a parte de ella, le ocurran situaciones desfavorables (A. Lavell, 1996). En relación a las amenazas naturales, el comportamiento atmosférico y terrestre causa que la naturaleza presente manifestaciones que se pueden plasmar por su magnitud y violencia. Las cuales son normales, totalmente naturales, formando parte de la coyuntura de la formación de la tierra, de la historia y de la dinámica geológica, geomorfológica, climática y oceánica. Abarcan una porción del medio ambiente natural del hombre, quien no tiene un rol en su aparición ni puede intervenir para evitar que suceda. La clasificación tradicional de este tipo de peligro, que perjudica a la zona urbana y rural por igual, es:

- a. De origen geotectónico; dentro de los que se consideran, *la actividad volcánica*, los sismos, los tsunamis, los maremotos y los deslizamientos y horizontales de fracciones de la tierra.
- b. De origen geomórfico (geodinámico); dentro de esta clasificación se encuentran la erosión terrestre y costera, los deslizamientos y avalanchas y los hundimientos.
- c. De origen meteorológico o climático; encontrándose en esta clasificación, las tormentas tropicales, tornados, granizadas, tormentas de nieve, los huracanes, trombas, sequías, incendios espontáneos, oleajes fuertes.
- d. De origen hidrológico; Esta clasificación incluye, desbordamientos, inundaciones, agotamiento y anegamientos de acuíferos.

(Fernández, 1996) afirma que, *“el riesgo se obtiene a partir de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Desde el punto de vista físico el riesgo específico es la pérdida esperada en un período de tiempo y puede ser expresada como una proporción del valor o coste de remplazo de los elementos en riesgo”*.

Luego de la valoración y tomando en cuenta que no es probable disminuirlo de manera total, para la finalidad de protección, planificación y diseño de obras de infraestructura, se ha visto en la necesidad de definir un nivel de “riesgo aceptable”. Según manifiesta (Cardona, 1993), el riesgo aceptable, son los probables resultados, económicos, sociales y ambientales que, implícita o explícitamente, una colectividad o un fragmento de ella resiste o soporta, por estimar que tienen poca factibilidad y, de manera usual, a cambio de un beneficio urgente. Tomando en cuenta el panorama técnico, retribuye a un valor de posibilidad de unas secuelas en determinado tiempo, que se estima aceptable para establecer los mínimos requerimientos o necesidades con el fin de proteger y planificar ante probables fenómenos peligrosos.

Ciertos investigadores diferencian entre riesgo “aceptable” y “tolerable”, enseñando que “un riesgo tolerable podría no ser aceptable. Un riesgo alcanza a ser tolerable cuando la factibilidad de coexistir con él parece que supera el perjuicio que representa o porque existe la seguridad de que puede ser dominado debidamente” (CARDONA, 1991). Soportar un riesgo no significa que se le pueda ignorar o que sea insignificante, sino más bien que es algo que se debe examinar y disminuir en la medida posible. De manera que este no tenga consecuencias catastróficas en cuanto a infraestructura, vivienda y vida de los habitantes, que puede ser muy probable por el tipo de planificación y construcciones ubicadas a las faldas de un volcán que no toman en cuenta el peligro al que se enfrentan.

Un considerable número de países se localizan en lugares de complicación tectónica, donde se presenta una alta actividad volcánica y sísmica, eventos que en el pasado se han evidenciado por la presencia de sismos destructivos, la activación reciente de volcanes y tsunamis. Igualmente, por lo difícil de sus territorios montañosos y la presencia de agentes meteóricos, biológicos y antrópicos, como pueden ser, los vientos, las lluvias y los cambios de temperatura, propios de condiciones climáticas extremas, tendente a presencia de eventos de alta magnitud de erosión, aludes, inundaciones y deslizamientos (González y Durán, 1990).

Se estima que existe un porcentaje elevado de casos, en los que, la población se concentra en grandes ciudades, localizadas en los lugares de mayor peligro o amenaza, la posibilidad de desastre natural resulta significativamente alto para varios países. A partir de la estimación de la vulnerabilidad se examina la suficiencia de un sistema o elemento de tolerar o atraer el impacto de un acontecimiento que determina un riesgo latente (Cardona, 1996). Entonces, se puede diferenciar del análisis de riesgo, considerando la situación de los desastres, en que este último tiene que ver con la evolución de consecuencias factibles o pérdidas, considerando el nivel de amenaza estimado y con el nivel de vulnerabilidad presente en los componentes expuestos. La superficie física de la vulnerabilidad enuncia las peculiaridades de ubicación en zonas peligrosas y las insuficiencias de soporte de los elementos comprometidos, depende de su idoneidad de asimilar la actuación del su-

ceso que simboliza la amenaza. En la urbe, por ejemplo, la vulnerabilidad como elemento interno de riesgo, debe tener relación no solo con la exhibición del entorno material o la deficiencia física de los componentes expuestos, sino también con las debilidades sociales y la escasa presencia de resiliencia de la zona en latente peligro, es decir, con su capacidad para absorber o responder al impacto. (Carreño Tibaduiza, Cardona Arboleda, y Barbat Barbat, 2005). El riesgo volcánico se puede asociar a un conjunto de peligros de índole alto o bajo como son los terremotos, inundaciones, deslizamientos, tormentas y tsunamis. Puede entenderse claramente que se trata de un multipeligro, como tal debe ser tomado en cuenta para la valoración de la peligrosidad tanto como en el planteamiento de planes de emergencia. En América Latina, este tipo de riesgos son de alta magnitud, tanto por la cantidad de volcanes existentes a lo largo de ella, como a la vulnerabilidad, por un nivel socioeconómico bajo en la mayor parte de los casos. (VOLCÁNICO, 2015). Los países con mayor impacto, en este sentido, son los más necesitados o pobres, mismos que suman el 90 % de daños. Por lo contrario, en los países llamados “desarrollados” las víctimas mortales suman tan solo el 3 % (S. Paniagua, 1995).

Los sitios expuestos a la amenaza volcánica deben tener importante cuidado a los presagios del daño a la población por la variación del aire al disminuir su calidad, con porcentajes altos de toxicidad expulsados por el volcán (gas, ceniza y calor), que se atribuye a su densidad, volumen y tiempo en el ambiente. Por lo que, *“todos los volcanes liberadores de gases deben ser activamente monitorizados, dado que los incrementos súbitos en el flujo de gas pueden ser un aviso de una nueva y violenta actividad eruptiva. Además, si las concentraciones en el aire en áreas habitadas exceden rápidamente los estándares de calidad del aire para el dióxido de sulfuro (SO₂) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las comunidades afectadas pueden necesitar informes sobre las medidas de protección respiratoria o sobre la conveniencia de la evacuación”* (Romero Toledo y Romero Aravena, 2015). Lo sucedido post desastre establece el origen de incógnitas y meditación sobre varios sucesos propios de instituciones encargadas de la gestión de emergencias como de establecimientos del Estado, académicas y el mundo profesional (Mandujano, Rodríguez, Reyes, y Medina, 2015).

De todos los productos liberados durante una erupción volcánica, se reconoce a la ceniza volcánica el peligro de mayor alcance, capaz de cubrir grandes extensiones de terreno y afectar a ecosistemas terrestres y acuáticos, incluido el hombre. La manera de mantenerse fuera de sus efectos reposa en el manejo apropiado de elemento de gestión con vista a atenuar en parte las externalidades creadas. La elaboración de mapas que incluyan la zonificación del peligro, ayudada por el estudio numérico de sucesos volcánicos, su colaboración ayuda a proveer los lineamientos esenciales en la planificación de largo alcance del territorio en los alrededores del volcán, así como en la identificación de zonas que convendrían ser evacuadas e impedidas mientras duran las erupciones (Parra y Figueroa, 1999).

Desarrollar herramientas para el uso de la tierra, y en este caso, con criterios de amenaza (volcánica), sigue siendo una buena opción, para promover acciones de prevención a corto y mediano plazo. Se pueden establecer restricciones en zonas que, por su condición de amenaza así lo requieran (Valverde, 2004).

En este sentido se puede destacar convenientes métodos de negociación, planificación y coordinación entre las autoridades y la población para enlazar aprobaciones que puedan intervenir de manera positiva en la resiliencia y la disminución de la vulnerabilidad. (Sandoval, Boano, González-Muzzio, y Albornoz, 2015)

Análisis de Casos Similares

El estudio se realizará de manera teórica a cierta cantidad de casos y se procurará lograr la constancia experimental a través del reconocimiento de características comparables de un peligro y el análisis de las discrepancias y semejanzas entre sí (Caïs y cols., 1997).

Al igual que en Ecuador han existido sucesos históricos alrededor del mundo relacionados a catástrofes por volcanes, habiendo así destrucciones totales y parciales, por las que, se han creado nuevas ciudades, así como la recuperación de zonas afectadas, tomando criterios de construcción para disminuir el impacto en la vivienda y en su contexto urbano.

2.1. Análisis del Caso de la Ciudad de Chaitén - Chile

Chile es conocido como un país propenso a sufrir continuas y diversas catástrofes socio-naturales, es extenso y angosto en su territorio (ONU, 2012). Gran parte de su geografía se debe a que el territorio está inserto en el denominado Cinturón de Fuego, además que toda su longitud es abierta al mar, por ello el país está expuesto a dos grandes riesgos, sismos (maremotos y terremotos) y erupciones volcánicas (D'íaz Juliá, 2013).

El volcán Chaitén hace erupción el 2 de mayo del 2008, ubicándose en la región de los Lagos, ciudad de Chaitén. Después de siglos de inactividad y a desconocimiento de los mismos pobladores de la existencia del macizo volcánico, ya que, a simple vista parecía ser un simple cerro.

La erupción presentó como una de sus incalculables consecuencias, el desborde del Río Blanco provocando la inundación de la mayor parte del sector, por la congestión de su cauce producto de la caída de ceniza; lo que provocó que la ciudad quede dividida en dos. (Ugarte y Salgado, 2014).(Ver figura. 2.2)



FIGURA 2.1: Localización
Fuente: Mella B., 2017
Elaboración: Propia.

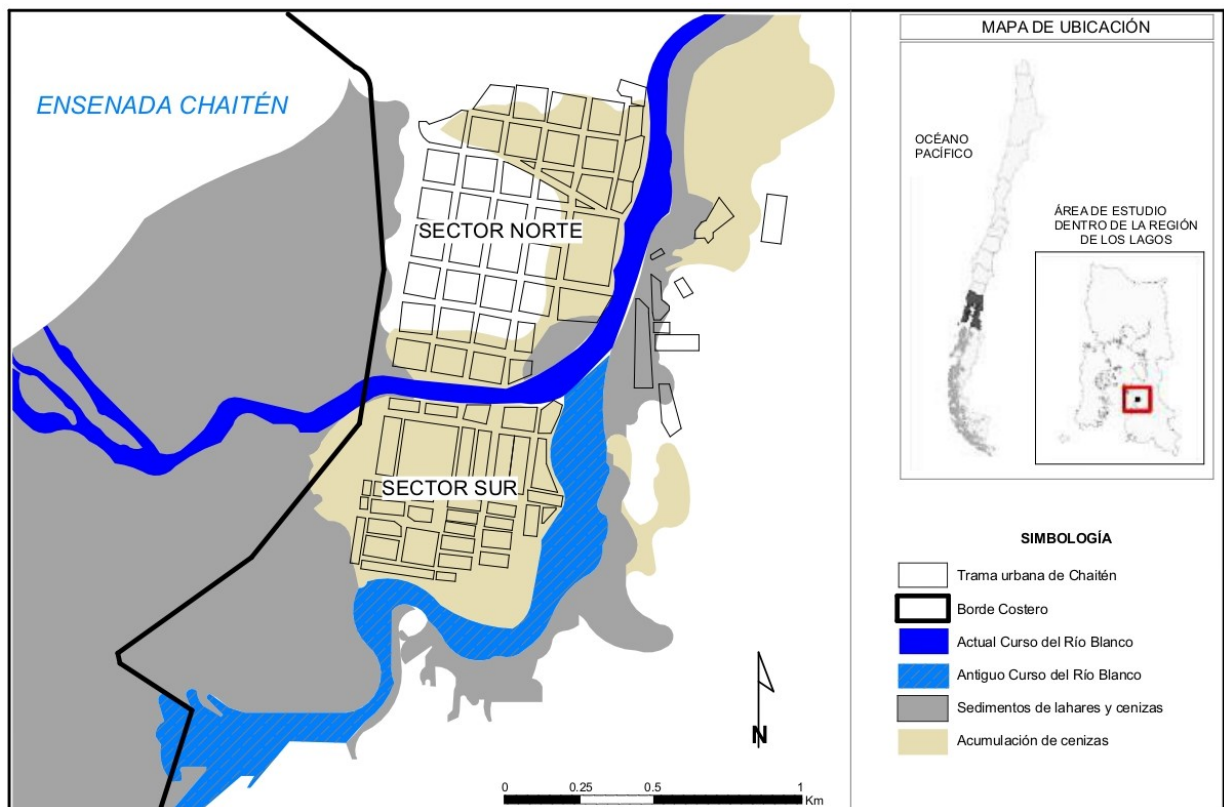


FIGURA 2.2: Macro y Micro Localización
Fuente: Sandoval et al., (2015)
Elaboración: Propia.

Mientras perduraba la emergencia, se exigió la evacuación de la ciudad a todos los moradores, como las instrucciones del plan de emergencia nacional establecía, sin tomar en cuenta, la estructura social, familiar y los saberes de los ciudadanos. Se trasladó a 4700

personas en 24 horas, principalmente hacia el sur del país desde la ciudad de Chaitén. A dicha ciudad se la declara no apta para el regreso de sus habitantes por tener porcentajes altos de riesgo ante un nuevo evento de desastre natural (Marchant Espinoza, 2010). En junio de 2012, la autoridad regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo afirma: “Chaitén completo es un territorio vulnerable frente a peligros naturales, por lo que su ocupación siempre conllevará un riesgo para las personas que lo habiten o realicen actividades en él y también se arriesga la pérdida o el serio deterioro de la infraestructura localizada ahí” (Macaya, 2012).



FIGURA 2.3: Imágenes del sector
Fuente y Elaboración: Plataforma Urbana (2008)

El posterior deslizamiento y evacuación, se identifican especialmente por las dificultades de adaptación que percibe una parte de los habitantes chaiteninos en sus puntos de destino (HERnánDEz, 2010).

Mientras todo sucedía la creación del proyecto de Santa Bárbara (una nueva ciudad para los chaiteninos) es anunciado por el gobierno (Ugarte y Salgado, 2014).

El traslado y la ubicación de las personas en nuevas comunas, crea una reelaboración de dinámicas espaciales y sociales, motivo por el cual, los métodos de restauración post-desastre considerarán, como mencionan Rosales y Salazar (2010), “afrontar aspectos sociales y psicológicos, tales como el acceso al trabajo, el arraigo, los aspectos sociales y psicológicos, las redes comunitarias y el derecho a la comunidad” y como parte importante la reposición de las estructuras físicas, lo que quiere decir, el restablecimiento del tejido social (Berroeta, Ramoneda, Rodríguez, Di Masso, y Vidal, 2015).

En abril del 2010 llega una nueva administración anunciando de manera definitiva que los pobladores pueden regresar al sector norte de Chaitén, puesto que, el proyecto no se concreta en ninguna instancia (Marchant Espinoza, 2010). El desarrollo de retorno y de recuperar la infraestructura y edificaciones se encuentra justificada en la añoranza por un modo de vida que no se complementa en la ciudad. Lo que se relaciona con lo que anuncia Orellana (2010), estimando que, “los lugares habitados diariamente por un conjunto social que lo acata como tal y se registra en pertenencia, llegan a formar parte de una amplificación sectorial adecuada por quienes lo habitan, de forma tal que las personas que se apropian de ellos conservan el deseo de continuar en ellos, aunque se los reconozca riesgosos”.

Ante la disponibilidad de habitar Chaitén y oportunidad de retorno para los ciudadanos desalojados, el gobierno local (Gobernación regional y Servicios municipales) juega un papel importante tras el retiro de la acción del gobierno central durante la etapa de reconstrucción y retorno, ya que, la erupción volcánica destruyó estructuralmente la ciudad (Ugarte y Salgado, 2014). Se destruyeron aproximadamente 200 casas y se anegó un 92 % del territorio (Maldonado, 2008).



FIGURA 2.4: Imágenes del sector
Fuente y Elaboración: Municipalidad Chaitén (2017)

Tanto las personas que tomaron la decisión de quedarse y exponerse al éxodo decisivo, como las que quisieron regresar recibieron el apoyo del gobierno local. Hasta el 2015, aproximadamente un 40 % de los pobladores han decidido retornar a la ciudad, misma que, fue anunciada como una localidad no idónea para la convivencia del hombre por sus características potenciales a ser afectadas por peligros derivados de la naturaleza. Diecinueve localidades constituyen la comuna de Chaitén (Falasca, 2008), las políticas públicas del Estado, colaboraron a la configuración y diseño urbano hasta antes que ocurriera la erupción. Los habitantes de Chaitén, fueron los que construían sus viviendas. La decisión de habitar en esta zona fue en parte, un resultado de subsistir en esas precarias

extensiones manejando bienes derivados de la labor rural y la esperanza de construir condiciones favorables de vida. Para el 2015, aún no hay término del proceso habitacional para los chaiteninos. No se han tomado decisiones elaboradas con las comunidades y la municipalidad local, teniendo al pueblo dividido aún en dos partes, el regreso de los habitantes se sigue desarrollando y lo que retornan son los más jóvenes (Tapia, 2015).



FIGURA 2.5: Retorno a Chaitén
Fuente y Elaboración: Plataforma Urbana (2008)

El fisco es la entidad a la que pertenece un 75 % de las viviendas (La Tercera, 2013). Lo que se tiene hasta la fecha es un déficit de vivienda, la mayor dificultad para el desarrollo de la urbe, manifestaba Paula Forttes como delegada presidencial para el proceso de restauración de Chaitén en mayo del 2014, cuando estuvo de visita a la zona (Mercurio, 2014).

De esta manera Chaitén se reconstruye con el pasar de los años, aunque tenga varios peligros latentes, esta decisión se tomó además del arraigo de los habitantes, por la manifestación de los arquitectos encargados de la reconstrucción, recomponer y comprender el hábitat dañado (Tapia, 2015).

Por otro lado, la resiliencia se la conoce como la habilidad de un sistema social de recuperarse y responder a los desastres, que contiene aquellas circunstancias inseparables que aprueban al sistema atraer peligros y afrontar la negatividad de los efectos posteriores a un suceso devastador, así como las técnicas adaptativas que dan facilidad a la reorganización del sistema social, al cambio y al aprendizaje en solución a una amenaza. (Cutter, 2008).

No se debe considerar como únicos factores subyacentes en la creación del riesgo y desastres a los métodos y potencias políticas (Sandoval y cols., 2015), por el contrario, hay que tomarlos como activos creadores del entorno que establecerán los porcentajes de vulnerabilidad, exhibición y la disposición de la ciudadanía para levantarse y adaptarse a los signos negativos de desastres futuros. En el caso de Chaitén, los procesos políticos como los cambios de autoridades y la toma de decisiones colaboran a la manera en que los

métodos de justicia ambiental y resiliencia se relacionan en un ambiente post-desastre.

Las consecuencias de las políticas y opciones establecidas sobre la ciudadanía en su conjunto en un entorno post-desastre se han interpretado en la firmeza ante posteriores intervenciones y en el desgaste de la confianza en el sector público y en las autoridades. La ausencia de confianza de la comuna, el acceso diferente a la infraestructura urbana y a los servicios públicos, los diversos niveles de exposición de chaiteninos a los peligros y el quebranto de confianza de los pobladores, han perjudicado la capacidad de reacción y recuperación ante futuras catástrofes. Se permite destacar, en este sentido, que mejores procesos de organización y acoplamiento entre los habitantes y autoridades para establecer acuerdos, influiría positivamente en la recuperación y la reducción de la vulnerabilidad de Chaitén (Sandoval y cols., 2015).

Los antecedentes estudiados nos dan a conocer las necesidades que afronta la ciudad de Chaitén, motivo por el cual estudiantes de diversas universidades han establecido propuestas para la recuperación de la misma.

2.1.1. VIVIENDA EN CHAITÉN

Chaitén sufrió claras pérdidas de infraestructura y viviendas en la ciudad, el regreso de las personas ha sido paulatino, al igual que su recuperación. Sin embargo, hoy Chaitén vive un auge de RE: regeneración vegetal, rehabilitación de los servicios, repoblamiento, reconstrucción, reestructuración administrativa, reencuentro social, de redescubrimiento de un nuevo riesgo que se suma a los ya existentes, de una redefinición del territorio sea urbano o rural y de un reinventarse tanto a escala de ciudad como de vivienda, tanto en sus modos de habitar como en su sustento económico. (D'iaz Juliá, 2013).

A partir del año 2013 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), trabaja conjuntamente con la municipalidad y la población en la regeneración de Chaitén. Iniciando por la vivienda, otorgando un plan de construcción y el diseño de las mismas.

Hardy Grandjean director regional del Serviu, apreció el progreso de las construcciones que contemplan el 50 % para el año 2016, enunciando que este proyecto marca un acontecimiento significativo en relación a la construcción de Chaitén. En este año se hace la primera entrega de las viviendas, que contemplan 4 de un piso de 56,52m² y 4 de dos pisos de 59,82 m² (Ver figura 2.6) (Vivienda 1 y 3). Para el año 2018 se realiza la segunda entrega de 12 viviendas, que contemplan 56 m² de construcción con 3 dormitorios, baños, cocina y espacio de living-comedor (Ver figura 2.6) (Vivienda 1). El último proyecto contempla 60 viviendas de dos pisos, 16 de ellas de 65,34m², con dos dormitorios y las otras 44 de 71,07 m² con tres dormitorios (Ver figura. 2.6) (Vivienda 3).

Sin lugar a duda, la experiencia que tuvieron los habitantes influyó en el diseño de las viviendas, ya que, fueron parte importante dentro de los planes de reconstrucción. Debido a la inundación, una de las decisiones de diseño es levantar la vivienda del terreno.

Por la caída de ceniza y piroclastos que se albergan en las cubiertas, se las diseñó con una inclinación necesaria y con material liso que permita a los restos volcánicos deslizarse



FIGURA 2.6: Entrega de Viviendas a Chaitén
Fuente y Elaboración: Plataforma Urbana (2008)

y no provocar peso necesario para el colapso de las mismas. El material propio del lugar fue el más idóneo para la economía de las viviendas.

Conclusión

El referente estudiado, tiene como finalidad dar una perspectiva del accionar en situaciones de desastre volcánico. Considerando las vivencias de los damnificados, incluyéndolos en el proceso post-erupción, teniendo un contexto claro de las necesidades a solventar, la manera de solucionar los problemas constructivos de las viviendas que fueron devastadas y las consideraciones tomadas ante la reconstrucción de una población luego de una explosión volcánica con múltiples daños.

2.2. Escuela Post-Desastre Bann Huay San Yaw / Vin Varavarn Architects

La provincia de Chiang Rai, ubicada al norte de Tailandia, fue devastada por un terremoto de gran magnitud (6.3 grados en la escala de Richter), dicho suceso, se dio el 5 de mayo de 2014, dejando como secuela la destrucción de 73 escuelas y perjudicando a más de 2000 estudiantes. Una red llamada Diseño para Desastres (D4D) tuvo la iniciativa de proponer un programa de recuperación post-desastre, sin fines de lucro e inició el diseño y construcción de 9 edificios escolares nuevos y totalmente resistentes a los terremotos de los lugares damnificados.

En el programa de una de las escuelas (Baan Huay Sarn Yaw) consta la necesidad de 3 aulas tipo, nuevas, para estudiantes de secundaria pertenecientes a familias primitivas, labor que ha sido asignada a Vin Varavarn Arquitectos. Las condiciones de diseño principales específicas y a las que la oficina debe acatarse son; un edificio resistente a terremotos, de fácil construcción inclusive para los trabajadores locales y lo más económico posible. (Ver figura. 2.7)



FIGURA 2.7: Escuela Baan Huay Sarn Yaw
Fuente: Plataforma Arquitectura
Elaboración: Vin Varavarn Architects

El terreno en pendiente permitió enlazarlo con la arquitectura, creando de esta manera un área multifuncional semi-al aire libre por debajo del edificio. Se ha optado por la utilización de materiales naturales en zonas seleccionadas para enseñar cómo los materiales del lugar pueden ser utilizados y aprovechados de la mejor manera, armonizando la arquitectura con su contexto. (Ver figura. 2.8)

La estructura triangular propuesta, adquiere una gran rigidez, y evita deformaciones cuando las fuerzas externas actúen sobre él, ya que el triángulo es un polígono no deformable.

Cada uno de los elementos necesarios de la estructura se aplicaron para ser exhibidos con la finalidad de emitir la sensación de seguridad y solidez y para la no utilización de acabados innecesarios, reduciendo de esta manera los costes. (Ver figura. 2.9)



FIGURA 2.8: Escuela Baan Huay Sarn Yaw - – Diseño en pendiente
Fuente: Plataforma Arquitectura
Elaboración: Vin Varavarn Architects

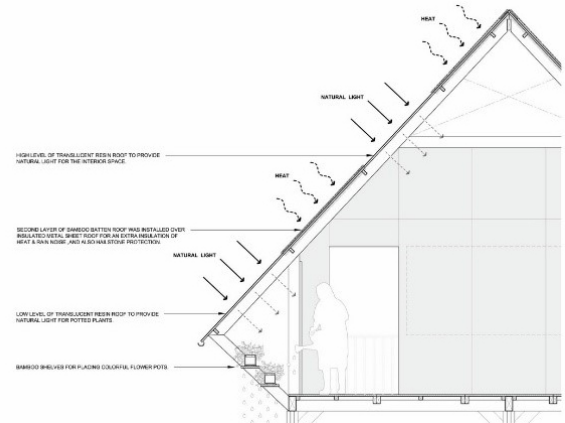
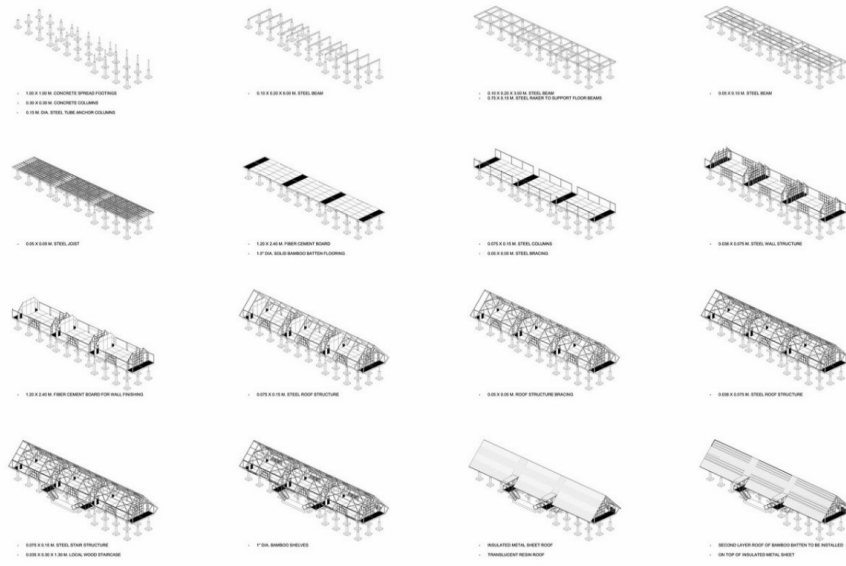


FIGURA 2.9: Escuela Baan Huay Sarn Yaw - Materiales
Fuente: Plataforma Arquitectura
Elaboración: Vin Varavarn Architects

Los materiales de construcción seleccionados, en su mayoría, se optaron por elementos ligeros para disminuir el impulso horizontal que causa el peso de la edificación durante un terremoto.

Conclusión

Este ejemplar arquitectónico, proporciona soluciones desde distintos puntos de vista, su estructura antisísmica con elementos de secciones suficientemente grandes y resistentes, hasta la utilización de materiales propios del lugar, ayudando a la construcción económica y segura de la edificación.



DRAWING ILLUSTRATING THE ASSEMBLING OF BUILDING COMPONENTS

FIGURA 2.10: Escuela Baan Huay Sarn Yaw - Estructura Antisísmica
Fuente: Plataforma Arquitectura
Elaboración: Vin Varavarn Architects



FIGURA 2.11: Escuela Baan Huay Sarn Yaw - Materiales Ligeros
Fuente: Plataforma Arquitectura
Elaboración: Vin Varavarn Architects

2.3. Propuesta de techo para viviendas unifamiliares aledañas a zonas volcánicas.

Trabajo de graduación presentado por Edy Geovani Rodríguez Ruano en la Universidad de San Carlos de Guatemala – 2015.

Segun (Ruano, 2015)

En Guatemala existen aproximadamente 324 estructuras identificadas como de origen volcánico, de estos solamente 8 tienen reportes de actividad en tiempos históricos y 3 son los más activos actualmente. Los volcanes identificados como activos son: volcán de Fuego, Pacaya y Santiaguito.

Volcán Santiaguito

Se le conoce como volcán Santiaguito al conjunto de cuatro domos formados a un costado del vasto cráter producto de la gran erupción del volcán Santa María en 1902.

Debido a su violencia y a la explosividad de la actividad del conjunto de domos, el complejo Santa María-Santiaguito, se le considera uno de los complejos volcánicos más peligrosos del mundo.

Al momento de una erupción pone en riesgo a un amplio sector del suroccidente del país. Entre las amenazas volcánicas a las que se exponen los habitantes se pueden mencionar la caída de tefra, flujos de lava, colapsos y flujos piroclásticos, pero el que ha causado mayor afectación a la población y al sector agrícola son las avalanchas de escombros, desprendimientos de tierra y lahares.

Santiaguito un volcán con mayor explosividad en relación a los demás volcanes activos que se pueden encontrar en Guatemala.

En la última erupción de este complejo volcánico la lluvia de ceniza y pómez había durado un total de sesenta horas y se han depositado capas de hasta 10 cm este material volcánico. Los techos más vulnerables de las comunidades aledañas sucumbieron por el peso extra que se generó.

Volcán de Pacaya

El volcán de Pacaya forma parte de la Cadena Volcánica del Cuaternario de Guatemala, está catalogado como uno de los más activos de Centro América. Se encuentra ubicado a 30 kilómetros al suroeste de la ciudad de Guatemala.

En lo concerniente a la actividad que ha presentado el volcán de Pacaya se ha caracterizado por la efusión de flujos de lava, emisión de piroclastos y por la generación de columnas de gases, que en su mayoría han sido vapor de agua. Es así como estas amenazas afectan a los poblados en las cercanías del volcán, con la exposición a espesores considerables de ceniza y con el impacto de bombas balísticas. Además, pueden presenciar oleadas y coladas piroclásticas.

La caída de ceniza provocó espesores de 10, 15 y 20 centímetros, ocasionaron el colapso del 95 % de los techos de zinc. Otro factor que influyó a aumentar la cantidad de daños estructurales fue la lluvia, esto contribuyó, al aumento del peso de la ceniza y los colapsos de techos.

Volcán de Fuego

El volcán de Fuego, al igual que el volcán de Pacaya, forma parte de la Cadena Volcánica del Cuaternario de Guatemala. Está catalogado como uno de los más activos del mundo.

Las amenazas volcánicas que presenta el volcán de Fuego son: la caída de tefra, flujos de lava, flujos piroclásticos, también entre otras amenazas, se encuentran las avalanchas de escombros, desprendimientos de tierra y lahares; eventos que pueden llegar a suceder incluso sin la presencia de una erupción volcánica, y que para el volcán de Fuego frecuentemente se dan en mayor medida flujos de lodo y escombros de pequeñas dimensiones en épocas de lluvias.

Las zonas dentro de los 5 y 7 Km alrededor del volcán, fueron afectadas por caída de ceniza.

En Guatemala la caída de ceniza puede provocar en promedio una capa de 10 cm, en la zona más vulnerable. El problema en estos lugares y sus viviendas es el bajo nivel económico al que se enfrentan sus habitantes, limitándolos al acceso de materiales de construcción industrializados, de buena calidad, es probable que tengan que conseguirlos en lugares alejados y esto no solamente influye el precio del material en sí, también interviene el gasto del transporte. Es por ello que, la población adquiere materiales propios del lugar que estén a su alcance y construyen de manera empírica sus viviendas, con elementos no aptos para resistir las amenazas de erupción volcánica.

Luego de conocer el problema al que se enfrenta la población de Guatemala, por el peso adicional que provoca la caída de ceniza que pueden depositar los volcanes en cuestión, se procede a tomar consideraciones para que, la cubierta de zinc que ha sido la más afectada, tenga la resistencia y características idóneas para solventar los peligros a los que se someten.

Pendiente

Al analizar el grado de pendiente de las cubiertas existentes en la zona de influencia, se ha determinado que, por sus condiciones económicas y luego de experimentar con las mismas, se propondrán pendientes de 30° a 35°, que solventarán el tema de deslizamiento de ceniza, evitando su acumulamiento.

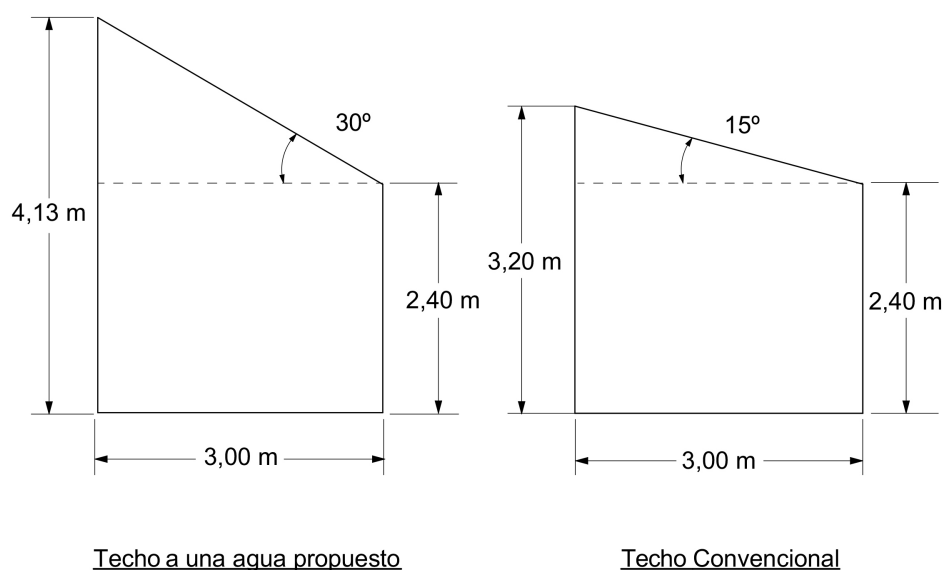


FIGURA 2.12: Pendientes

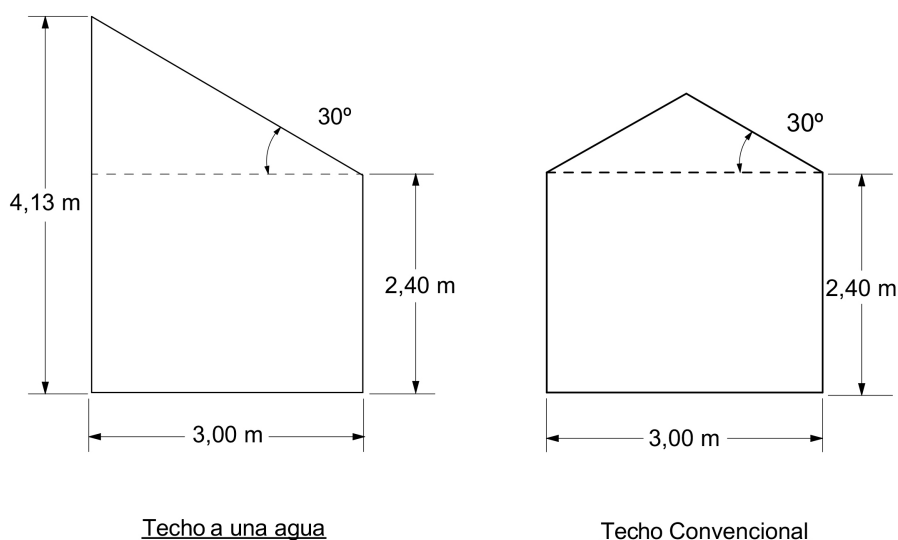


FIGURA 2.13: Pendientes

Sistema de techo de lámina de zinc

a. **Sistema de lámina de zinc con vigas inclinadas de concreto armado y costaneras de madera.** Se establece una vivienda estándar de 3m de ancho y 4m de largo para el caso de estudio en el que, se colocarán un mínimo de 3 costaneras en cada agua y 4 vigas inclinadas de concreto, para dar una resistencia óptima para que la cubierta soporte 10cm de ceniza, así como una pendiente de 35° (70%).

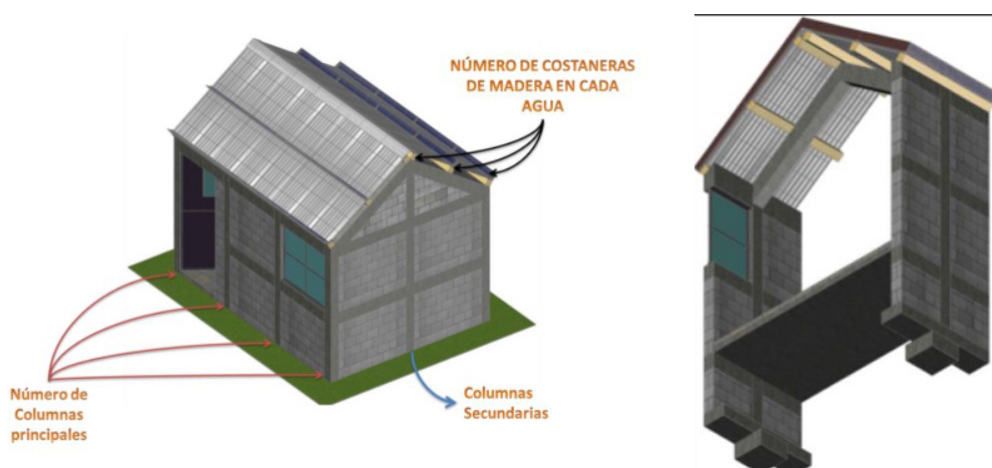


FIGURA 2.14: Sistema de techo de lámina de zinc

b. Sistema de lámina de zinc con estructura de soporte de madera.

El sistema propuesto a continuación contempla como estructura de soporte del techo, elementos compuestos por piezas de madera, los cuales se diseñarán para resistir el mismo espesor de 10 centímetros de arena volcánica sobre la cubierta del techo. En esta estructura se implementa lo que se conoce como tijerones de madera, estos son los elementos que se encuentran inclinados y permiten formar el techo a dos aguas. Los tijerones están encargados de transmitir las cargas provenientes de las costaneras, a los apoyos, que para el presente caso son muros de mampostería confinada. En este caso su pendiente será de 30° (60%). Se analizarán diferentes opciones de diseño, es decir, se planteará el caso en el cual se colocan 3, 4, 5 o 6 costaneras por cada agua. También se hará la variación de la cantidad de tijerones, utilizando 4, 5, 6 y 7 tijerones.

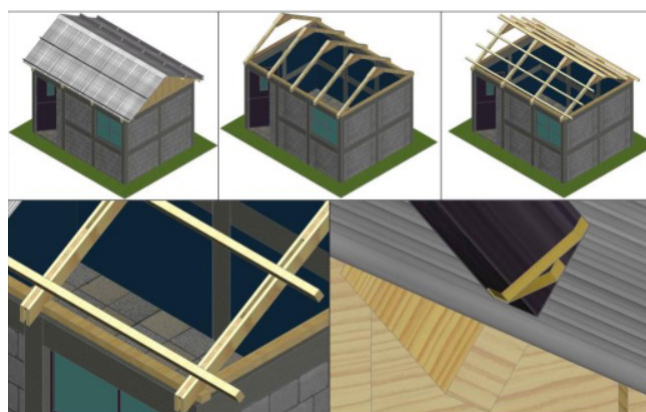
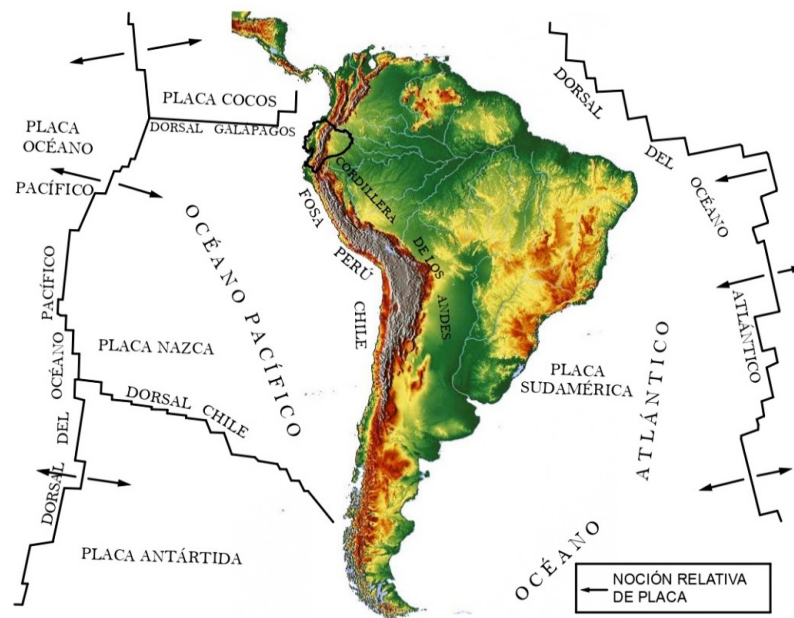


FIGURA 2.15: Sistema de lámina de zinc con estructura de soporte de madera.

Conclusión Las propuestas que en esta investigación provee, muestran claramente diferentes maneras de estructurar una cubierta, según el lugar en el que está emplazada la vivienda, las cargas que pueden tener sobre ellas (10 cm de ceniza), las pendientes más acertadas para ofrecer seguridad a los techos, utilización de materiales propios del lugar, optimizando la inversión de los pobladores más vulnerables.

Análisis del Contexto – Ecuador

Situación tectónica de la parte meridional del Ecuador: La placa que contiene el continente de Sudamérica y también América del Norte está generándose en la cadena submarina del Atlántico medio, viaja lentamente al Oeste, y termina al límite occidental del continente con la formación de un arco, la gran cordillera de los Andes, que se extiende desde Colombia hasta Tierra del Fuego. Por otro lado, la Placa Nazca, que enfrenta una gran parte de la costa de Sudamérica, se origina en la dorsal del Océano Pacífico Oriental, que yace unos miles de kilómetros fuera de la costa. De allá esta placa deriva al Este con una velocidad de aproximadamente 6 centímetros por año. Su choque con la placa de Sudamérica que se acerca, está acompañado por el buzamiento de la placa más densa, o sea la placa Nazca, que entonces pasa debajo del continente. En general una fosa oceánica existe a lo largo de esta línea de choque, frente del continente.



Marca Tectónica del Sudamérica. La Placa Nazca viaja al Este; la Placa Sudamérica al Oeste. El choque resultante logra formar la Fosa Perú - Chile y la gran cordillera de los Andes.

FIGURA 3.1: Mapa Creación de la Cordillera de los Andes

Fuente: Plataforma Arquitectura

Elaboración: Propia

(Viracucha y De la Bastida, 2014). “*El Ecuador se encuentra localizado en el cinturón de fuego del Pacífico, en una zona de subducción donde convergen la placa Oceánica Nazca y la Continental Sudamericana. Este sistema de subducción es el responsable de la actividad volcánica y sísmica en el Ecuador. El arco volcánico ecuatoriano forma parte de la Zona Volcánica Norte de los Andes*”

3.1. Relieve del Ecuador

Según (Winckell, 1997) El Ecuador, tiene un relieve característico con una extraordinaria diversidad de panoramas. La existencia del gran eje montañoso meridiano que forma parte de la Cordillera de los Andes, en su parte media, dio inicio a la división del país en tres notables regiones o grupos terrenales con definiciones y delimitaciones indiscutibles: al este las llanuras de la Amazonía, las cordilleras y colinas; al oeste, los relieves colinarios de la región Costa y las llanuras; *en el centro, los relieves montañosos de la cordillera de los Andes.*

Merece ser añadido a los tres conjuntos mencionados, el archipiélago de Galápagos, media insular también muy diversificado, que vincula altos volcanes activos con caldera e islas bajas.

CORDILLERA DE LOS ANDES O SIERRA.

Los Andes septentrionales: El aspecto más conocido de la cordillera, que fue definido por Humbolt como la “*Avenida de los Volcanes*”, se encuentra en su parte norte, iniciando en la frontera colombiana hasta la latitud de Palmira-Alausí (2°15’ sur). Se trata de una sucesión con flancos externos bastante elevados que dominan las regiones amazónicas y costaneras, con desniveles alrededor de los 3000 m y con elevaciones de hasta 4000-4500 m en las dos cordilleras, meridianas al centro e incurvadas hacia el este en el límite norte.

Estas barreras se enaltecen vigorosamente mucho más, ya que resisten un verdadero rosario de volcanes, una parte de ellos activos, pero en su mayoría apagados. Los relieves en esta zona son poderosos, señalado por la huella glaciario cuaternario en las partes cimaras y disminuidos por los depósitos eólicos continuos de efectos volcánicos.

Fisiográficamente los andes septentrionales del Ecuador consiste en dos sierras topográficamente altas, nombradas como la Cordillera Occidental y la Cordillera Real (oriental) y que corren paralelamente desde la latitud 2° S hacia el Norte hasta Colombia. Aunque no se sabe casi nada en cuanto a la edad del principio del volcanismo moderno en los Andes septentrionales, se cree que empezó hace tres o cuatro millones de años (M. L. Hall, 1977).

Los Andes centrales y los Andes meridionales: Tomando como punto de partida Riobamba hacia el sur, se puede apreciar un cambio progresivo de panoramas y, desde Palmira-Alausí, muestran características únicas. Sin presencia volcánica reciente, en la depresión central, así como en las vertientes externas, las dos cordilleras tienden a reducir su grandeza, a comparación con las del norte.

LOS RELIEVES OCCIDENTALES DE LA COSTA. Esta región se despliega en la parte más baja de la cordillera occidental, con presencia de notables vertientes dominadas por un rompimiento de pendiente muy notoria que se acerca a 500-800 m. Los relieves de la Costa se sugieren muy sobrios, teniendo una altura dominante en su parte centro sur que alcanza su punto máximo en los 830m, muy por el contrario a los relieves frondosos de la Cordillera de los Andes.

LOS RELIEVES AMAZÓNICOS. La parte amazónica de Ecuador se extiende al Este de la cordillera de los Andes, cuyas características principales son un tardío decrecimiento de las altitudes de oeste a este, las que están por debajo de los 300m, y una destacada zonificación de las formas.

Corte esquemático de la Topografía de las diferentes Regiones

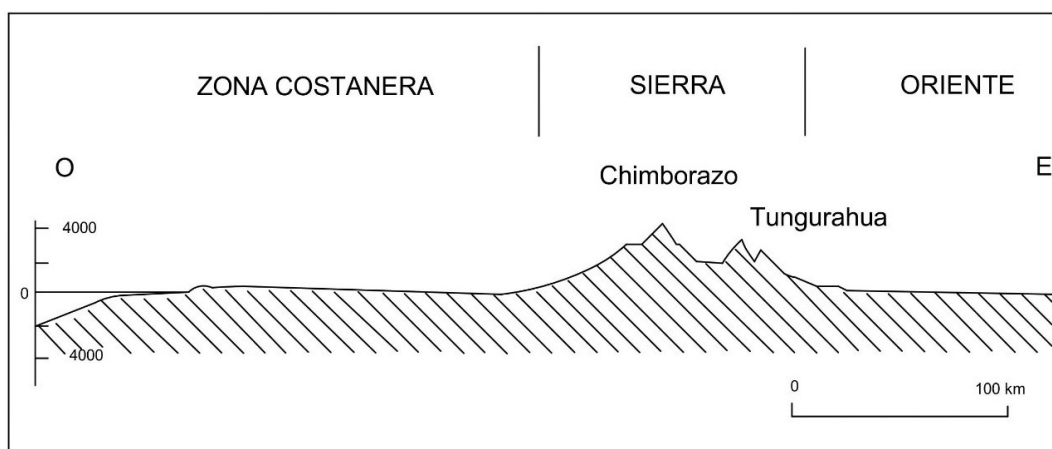


FIGURA 3.2: Corte esquemático de la topografía de las diferentes regiones.

Fuente: De Quincey, Thomas (1988)

Elaboración: R. Marocco

3.2. Volcanismo en el Ecuador.

El volcanismo es un fenómeno geológico que tiene su origen en la parte interna de la tierra, a partir de la creación de materiales fundidos, mediante numerosos procesos físicos-químicos. Estos materiales ascienden hasta la superficie, en donde su eyección, frecuentemente violenta, constituye la erupción volcánica.

Los terrenos volcánicos continentales se extienden a lo largo de la Sierra, con un ancho promedio de 80 km (PANICHI, NOTO, y BELLUCCI, 1992).

(M. L. Hall, 1977) en su compilación de información acerca del volcanismo en el Ecuador nos contribuye diciendo que, al norte de la provincia del Cañar como gigantes blancos, dominan los grandes Estratovolcanes. Los estratovolcanes de los Andes del Ecuador se pueden considerar que ocurren en cuatro grupos o filas subparalelas, según su distribución.

A lo largo de la Cordillera Occidental se notan los volcanes a los remanentes erosionados de volcanes, el rumbo de esta fila es aproximadamente 10° NE desde el Chimborazo hasta el Pichincha, y luego 35° NE desde el Pichincha hasta el Chiles. En total la fila volcánica tiene aproximadamente 360 kms de longitud y 30 – 40 kms de anchura. Rocas sedimentarias fuertemente plegadas de edad cretácea-paleocénica forman el basamento de los volcanes. Al Este, la segunda fila volcánica se define por la serie de estratovolcanes ubicados a lo largo de la cresta de la Cordillera Real, la fila tiene una longitud de aproximadamente 350 kms. Su rumbo es aproximadamente paralelo al de la fila volcánica de la cordillera occidental, teniendo volcanes activos como el Cotopaxi, Tungurahua y Antisana; también se destaca el Sangay, uno de los pocos volcanes en el mundo que está casi continuamente en erupción. Tres grandes volcanes: Cotopaxi (5897 m), Antisana (5705 m), Cayambe (5790 m), coronan esta fila volcánica cuya base tiene aproximadamente de 3500 hasta 4000 m de elevación.

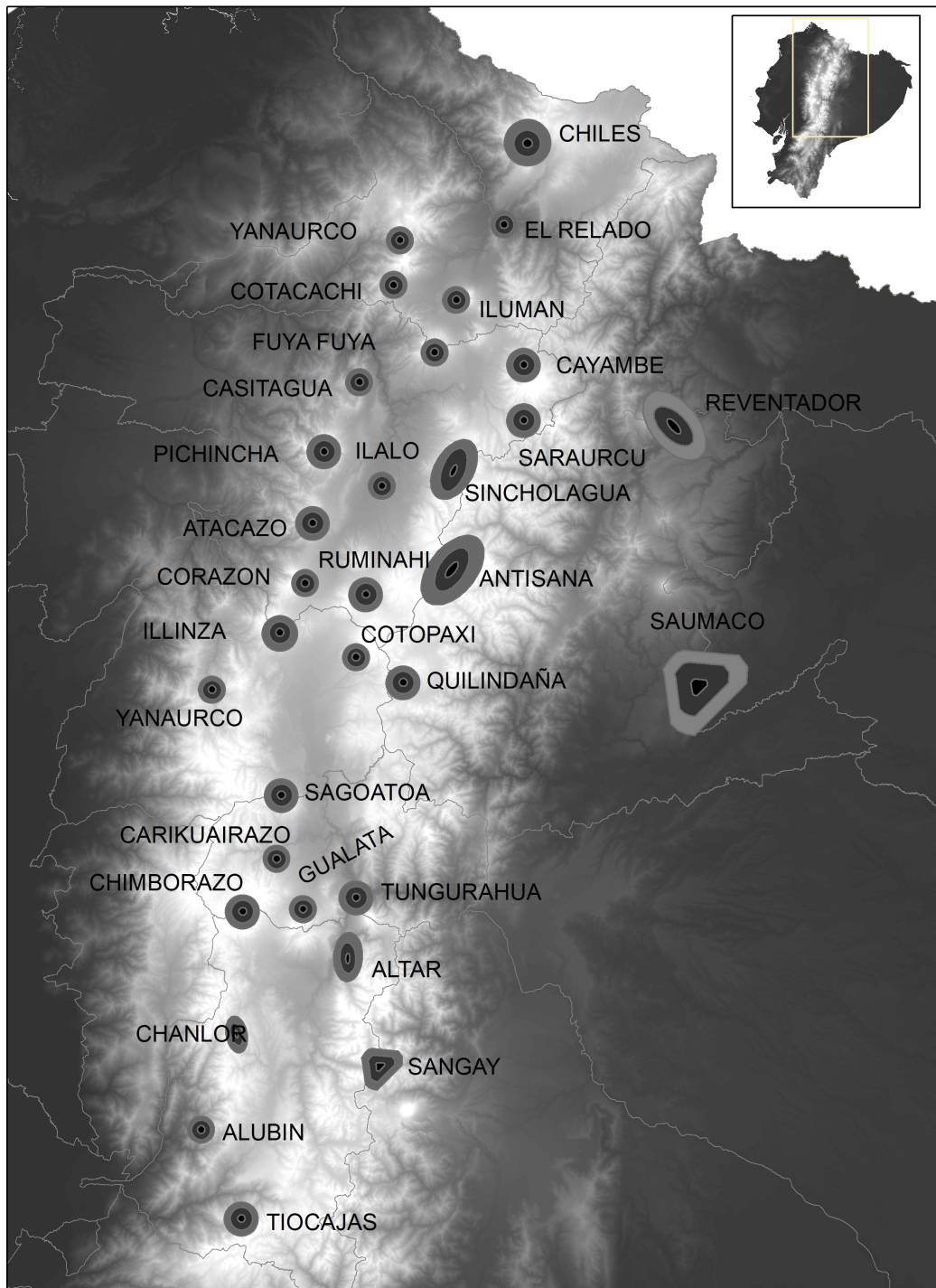
A lo largo de las dos filas volcánicas el Ecuador tiene una gran variedad de volcanes activos e inactivos.

Volcanes Activos			Volcanes Apagados		
<i>La Cordillera Occidental</i>			<i>El Valle Interandino</i>		
Volcán	Provincia	Elevación	Volcán	Provincia	Elevación
Chiles	Carchi	4720m	“Imbabura”	“Imbabura”	4630m
Yanahurco	“Imbabura”	4538m	Cusín	“Imbabura”	3990m
Catacachi	“Imbabura”	4939m	Mojanda	Pichincha	4261m
Cuicocha	“Imbabura”		Ilaló	Pichincha	3169m
Pululagua	Pichincha	3356m	Paschoa	Pichincha	4199m
Guagua Pichincha	Pichincha	4794m	Rumiñahui	Pichincha	4722m
Rucu Pichincha	Pichincha	4698m	Putzalagua	Cotopaxi	3512m
Atacazo	Pichincha	4457m	Sagoatoa	Cotopaxi	4153m
Corazón	Pichincha	4786m	Mulmul	Tungurahua	3878m
Ilinza	Cotopaxi	5266m	Igualata	Chimborazo	4432m
Quilotoa	Cotopaxi	3914m			
Carihuayrazo	Tungurahua	4990m			
Chimborazo	Chimborazo	6267m			
<i>La Cordillera Occidental</i>			<i>El Valle Interandino</i>		
Volcán	Provincia	Elevación	Volcán	Provincia	Elevación
Cayambe	Pichincha	5790m	Reventador	Napo	3485m
Pambamarca	Pichincha	4075m	Sumaco	Napo	3828m
Puntas	Pichincha	4452m			
Antisana	Napo	5705m			
Sincholagua	Pichincha	4898m			
Cotopaxi	Cotopaxi	5897m			
Quilindaña	Napo	4877m			
Tungurahua	Tungurahua	5016m			
Altar	Chimborazo	5319m			
Sangay	Morona S.	5230m			

Tabla 3.1: VOLCANES ACTIVOS Y APAGADOS

Fuente y Elaboración: Propia

3.2.1. Distribución de los volcanes a lo largo de la Cordillera de los Andes - Ecuador.



Mapa fisiográfico de los Andes Septentrionales con la ubicación de la mayoría de los volcanes

FIGURA 3.3: Volcanes del Ecuador a lo largo de la cordillera de los Andes
Fuente: M. Hall (1977).
Elaboración: Propia.

El Volcán Tungurahua

Ubicación, Geología, Historia y Actividad

Ubicación

El volcán Tungurahua se ubica en la cordillera de los Andes a 33 km al sureste de la ciudad de Ambato (capital de la provincia de Tungurahua) o a 140 km de la ciudad de Quito (capital del Ecuador). Es llamado también la “mama Tungurahua” y sus coordenadas son $1^{\circ} 46' S$, $78^{\circ} 44' O$.

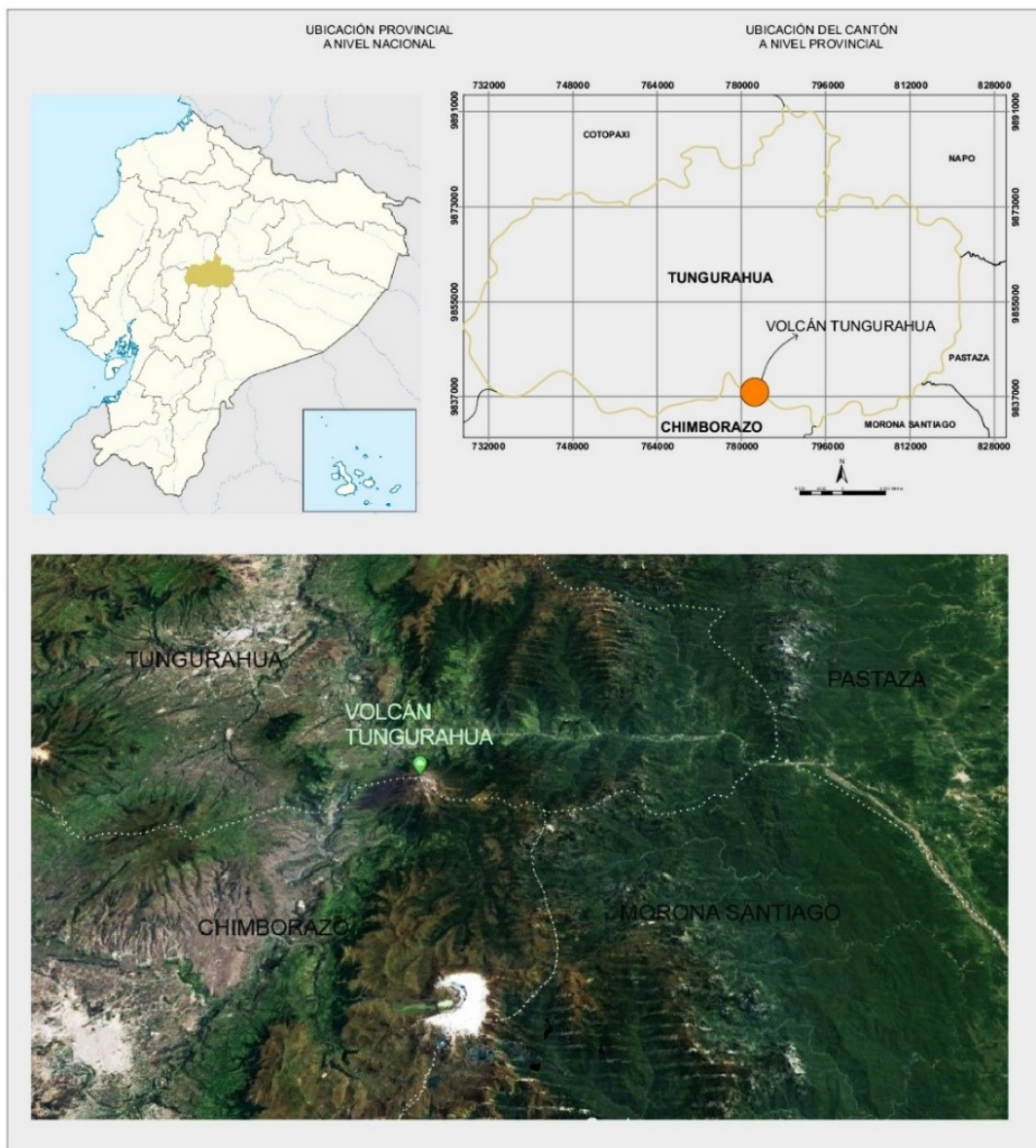


FIGURA 3.4: Ubicación Volcán Tungurahua

Fuente: GAD Baños Agua Santa

Elaboración: Propia.

Geología e Historia

El volcán Tungurahua tiene 5023m de elevación sobre el nivel del mar con un diámetro basal de 16km, aún activo y diferenciado por presentar una forma que termina en punta, el relieve de gran tamaño existente entre su base y cráter (3200m), y las marcadas inclinaciones de sus lados que difieren entre 30° y 35°. Existe aún un glaciar excedente en la parte oriental de su cima. El cráter del volcán tiene un diámetro de 300m y 100m de profundidad aproximadamente. (P. y. E. J. y. H. M. y. M. P. y. R. ó. n. P. y. R. C. y. M. M. y. E. J. y. M. I. y. o. Le Pennec JL y Samaniego, 2005).

A partir del año 1300 AD, el Tungurahua ha erupcionado y provocado lahares, flujos de lava, flujos piroclásticos, caída de ceniza, entre otros, al menos una vez por siglo (D. y. S. P. y. R. ó. n. P. e. Y. á. n. S. M. y. E. J. y. v. d. P. J. Le Pennec JL y Jaya, 2008).

La reactivación del volcán inició en 1999 y persiste hasta el momento. En las erupciones del volcán se caracterizan explosiones vulcanianas y estrombolianas; expulsión de ceniza y gases. En el año 2006, en los meses de julio y agosto, el volcán causó dos notables explosiones con presencia de flujos piroclásticos que estropeó importantemente sus lados sur occidental y occidental, siendo la primera actividad de esta magnitud en este período. La dispersión de ceniza perteneciente a estos eventos, se presentó a nivel territorial llegando las afecciones inclusive hasta la ciudad de Guayaquil. A partir de entonces, el volcán se mantiene con eventos de actividad interrumpidos, con persistencias de días o llegando a durar inclusive semanas y calma de hasta 3 meses. Fuertes explosiones vulcanianas pueden dar inicio a una nueva actividad, como se registró en mayo 2010, diciembre 2012, julio 2013, febrero 2014 y febrero-marzo 2016 o con detonaciones estrombolianas y expulsión incesante de ceniza y gases. (Bustillos y cols., 2014)

Las erupciones pasadas de este volcán estudiadas por (S. M. M. y. E. J. y. M. P. y. Y. H. y. v. H. Hal ML y Robin, 2002) “se han determinado por la *expulsión de flujos de lava* que varias veces detuvieron el cauce de los ríos; *flujos piroclásticos* que cubrieron los flancos del cono; *flujos de lodo y escombros (lahares)*, que se trasladaron por los ríos al oriente; *avalancha de escombros*. La expansión de ceniza y lapilli ha estado presente en todos los eventos eruptivos pasados y han cubierto principalmente la sección occidental del volcán, hasta varias decenas de kilómetros de distancia.”

Sucesos Históricos del Volcán Tungurahua.

El volcán Tungurahua ha tenido una actividad Histórica registrada hasta el año 2016, misma que dejó daños significativos a los cantones que se encuentran ubicados en sus faldas.(Ver tabla.3.2)

Estratigrafía Simplificada del Volcán Tungurahua III			
“Gran avalancha de escombros Aprox. 1050 años a.C”			
	Eventos	Edades	Tipo de Actividades
Primer Período	“Secuencia inferior de Las Juntas y del río Chambo (Principalmente flujo de lava)”	“265 años a.C”	“Actividad Efusiva (Lavas)”
	“Secuencia inferior de flujos piroclásticos de Las Juntas y de las quebradas La Pirámide y Motilones”		“Actividad Piroclástica”
	“Flujos de lava de Juive Chico y Vascún”		“Actividad Efusiva (Lavas)”
	“Depósito de caída de ceniza”	480 años d.C	
Segundo Período	“Gran caída de Lapilli (piedra pómez) y actividad piroclástico”		
	“Secuencia superior de flujos piroclásticos del Sector Las Juntas”	720 años d.C	ACTIVIDAD PRINCIPALMENTE PIROCLÁSTICA
	“Flujos piroclásticos ricos en bloques de la quebrada Rea y del Sector Las Juntas”	995 años d.C	
	“Deposito de caída de ceniza”	1060 años d.C	
	“Erupción (flujos piroclásticos y caídas)”	1350 años d.C	
	“ <i>Importante serie de caída de ceniza y flujos piroclásticos</i> ”		
	“Erupción (flujos piroclásticos y caídas)”	1640	
	“Erupción (flujos piroclásticos y lava)”	1773	
	“Erupción (flujos piroclásticos y de lava: caída de lapilli (piedra pómez)”)	1886	
	“Erupción (flujos piroclásticos)”	1916-1918	
“Erupción (caída de ceniza, lahares, piroclásticos y lava)”	1999-2016		

Tabla 3.2: ESTRATIGRAFÍA SIMPLIFICADA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA

Fuente: (Martínez; 1886)

Elaboración: Propia

A partir del año 1999 el Volcán tuvo su reactivación luego de haber permanecido décadas sin actividad, a partir de entonces se han registrado varios eventos a lo largo de los años hasta el año 2016.

Proceso Eruptivo 1999-2016

(P. y. E. J. y. H. M. y. M. P. y. R. ó. n. P. y. R. C. y. M. M. y. E. J. y. M. I. y. o. Le Penec JL y Samaniego, 2005) ha recolectado la siguiente información:

Proceso Eruptivo 1999-2016	
(Le-Pennec, y otros, 2005) ha recolectado la siguiente información	
1999	“El volcán tiene una reactivación, iniciando con una serie de sismos de largo período, a partir del mes de octubre presenta varios sucesos de explosión freática, flujo de SO ₂ , expulsión de bloques, incandescencia, en noviembre inicia la actividad explosiva del volcán, se presentaron más de 1400 explosiones. Por lo que, se declaró Alerta Naranja a las comunidades aledañas. ”
2001	“Inicia un nuevo ciclo eruptivo. En el mes de agosto se presenta actividad sísmica y erupciones cargadas de ceniza que depositaron una capa de hasta 3cm de espesor en las poblaciones inmediatas al occidente del volcán y de más de 10 cm en sus flancos superiores. En noviembre hay un elevado nivel de actividad eruptiva (actividad sísmica, emisiones de ceniza, fuentes de lava). La actividad se redujo entre octubre y diciembre. ”
2002	“En febrero hubo un nuevo período de actividad eruptiva asociado con el incremento de la actividad sísmica, actividad de fuentes de lava con emisiones limitadas de ceniza. En septiembre hay importante liberación de energía sísmica, actividad explosiva importante.”
2003	“En marzo se presenta actividad sísmica, actividad estromboliana de baja intensidad y una notable actividad explosiva, con ejecución de bloques incandescentes y bramidos. Las consecuencias más notorias de este ciclo fueron las caídas de ceniza durante un lapso de dos semanas en el mes de junio, dichas caídas fueron tan intensas que varios cantones cercanos al volcán fueron declarados en emergencia.”
2004	“Desde el mes de mayo hasta el mes de julio se presentó un progresivo incremento de la actividad, fuentes de lava, actividad estromboliana y explosiones energéticas. En noviembre y diciembre Se incrementó la actividad de emisiones y explosiones, la misma que estuvo caracterizada por un flujo de gases continuo con ocasionales cantidades de ceniza. ”
2005	“En el mes de marzo el volcán Tungurahua, presentó niveles bajos en su actividad sísmica. La actividad se ha caracterizado por la presencia casi permanente de emisiones de gases, vapor y ocasionalmente poca ceniza. No ha tenido mayor incidencia a lo largo de ese año.”
2006	“Las erupciones explosivas del 14 de Julio y 16 de agosto de 2006. Por primera vez a partir de la reactivación del volcán en 1999, los flujos piroclásticos y de lava descendieron destruyendo todo lo que se encontraron a su paso. Se decretó zonas de desastre en las provincias de Tungurahua y Chimborazo. Los pobladores evacuaron hacia los albergues, por la gran cantidad de ceniza que depositó el volcán en las ciudades.”
2007 2008	“A partir de agosto de 2007, se registró una mayor actividad sísmica asociada con los eventos de explosión y chorro de agua hasta la erupción de febrero de 2008. (Biggs, y otros, 2010), desde entonces se han producido erupciones estrombolianas de vida corta a mediana, que abarcan desde unos pocos días hasta semanas, separadas por períodos de inactividad que van de dos a seis meses. (Benjamin Bernard y Hidalgo, 2013) ”

Tabla 3.3: PROCESO ERUPTIVO 1999-2016

Fuente: (Le Pennec JL y Samaniego, 2005)

Elaboración: Propia

El Instituto Geofísico de la escuela Politécnica Nacional ha registrado	
2009	“Durante el mes de enero, el volcán registró señales tipo explosión, sismos de largo periodo (LP), sismos volcanotectónicos (VT), y tremores de emisión. La actividad volcánica en la primera semana se caracterizó por la ocurrencia de un número alto de explosiones, estuvieron acompañadas por la proyección de material incandescente y el rodar de bloques por los flancos del volcán”
2010	“Durante este año, se registraron tres fases de la actividad explosiva en el Volcán Tungurahua: 1:Enero-marzo: Se presentaron varias explosiones discretas por día. 2:Mayo-Julio: Se registraron explosiones con alta energía sísmica y acústica, también una fuerte actividad eruptiva (28/05). Se activaron los planes de evacuación, una vez registrada la primera explosión. 3:Noviembre-diciembre: La actividad se reanudó con sismos volcánico-tectónicos (VT) y explosiones de energía muy pequeña. El 25 de diciembre de nuevo se observó un aumento en las explosiones de alta energía y posteriormente la actividad se detuvo por completo.”
2011	“Inicio de una nueva fase en la actividad explosiva. Los primeros periodos de tremores de emisión en este año comenzaron el 21 de abril, hasta el mes de diciembre no cesan las actividades explosivas y de tremor.”
2012	“Se marca un período de actividad que duraría cerca de 5 meses en total. La actividad explosiva se reanudó el 10 de junio, cuando se registraron dos explosiones de alta energía, la tasa de eventos comenzó a aumentar y alcanzó su punto máximo el 21 de agosto, cuando se registraron 14 grandes explosiones. Después de 3 meses de reposo la actividad volcánica se manifiesta con explosión de alta energía en el mes de diciembre y se manifiesta hasta el 21 de enero de 2013.”
2013	“El 16 de marzo el volcán generó columnas de ceniza y gases. Posteriormente se intensificaron los bramidos prolongados y las detonaciones, y se observaron fuentes de lavas. La actividad se reanudó a partir del 29 de junio, hasta que, el 14 de julio, se registra una explosión grande, se produjeron importantes flujos piroclásticos, caída de ceniza y emisión de al menos 2000 toneladas/día de gas SO ₂ . A partir del 26 de octubre, el nivel de actividad eruptiva tiende a descender rápidamente, caracterizada por explosiones menos energéticas y menos frecuentes.”
2014	“El 1 de febrero el volcán Tungurahua presentó un incremento importante de su actividad con la generación de erupciones acompañadas de flujos piroclásticos. Se registraron dos explosiones de tamaño moderado con columnas de ceniza. Se registra una fuerte explosión el 4 de abril, que generó flujos piroclásticos por durante 5 minutos. A lo largo del día se presentaron 5 explosiones de carácter moderada. A partir del 27 de Julio se hizo presente una columna de emisión grandes cantidades de ceniza.”
2015	“Esta fase eruptiva inició el 6 de abril, con sismos y aparición de emisiones de ceniza. El 14 de julio de 2015, se registraron 4 explosiones. El 19 de septiembre se registró una explosión con presencia de gas y ceniza, en la noche se observó una leve incandescencia en el cráter. El 11 de octubre hubo expulsión de bloques incandescentes. El 11 de noviembre se expresó con emisiones continuas de ceniza. Esto provocó una de las caídas de ceniza más importante desde el 2010.”

Tabla 3.4: PROCESO ERUPTIVO 1999-2016

Fuente: (Le Pennec JL y Samaniego, 2005)
Elaboración: Propia

2016	<p>“El volcán entró en erupción el 26 de febrero con la ocurrencia de un enjambre de sismos de tipo Volcano-Tectónico, la primera explosión presentó tremores de emisión que provocaron la caída de ceniza. Durante este periodo se pudo observar columnas eruptivas de hasta 4 km. Tanto el número de explosiones como la altura de las columnas eruptivas aumentaron a partir de la tarde del 4 de marzo. Este incremento de la explosividad se tradujo en un incremento de las caídas de ceniza y también en la formación de pequeños flujos piroclásticos y avalanchas calientes”</p>
<p>Las actividades más notorias del volcán han afectado de la siguiente manera:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En la ganadería, agricultura, puntos de abastecimiento de agua y la salud personal, por la cantidad de ceniza arrojada. Las consecuencias perjudiciales se presentan en los pastizales, cultivos y leve afección en la salud de los pobladores. 2. En las vías conectoras que se encuentran rodeando al volcán, referenciando a las carreteras que dan inicio en el puente de Las Juntas hacia Penipe y el Puyo, perjudica al transporte terrestre, por el exceso de acumulación de material volcánico en las partes altas y es probable que sean removilizados por las inclemencias del clima y producir flujos de lodo. 3. En el área del tránsito aéreo por la existencia de ceniza persistente llegando a alturas de 5mil metros por encima del nivel del cráter (10 mil msnm), siendo las alturas a las que asciende la columna de emisión volcánica. 4. En los poblados y vías del sector occidental y nor-occidental ubicados en la zona con potencial riesgo de impacto de enérgicos flujos piroclásticos. 5. En la infraestructura y edificaciones de los lugares cercanos, por el impacto de grandes cantidades de ceniza y rocas. 6. Al mismo volcán en su parte más elevada (sobre la altura de los 4 mil msnm), considerando un radio de 3 km desde el centro de su cráter, siendo una zona de incalculable peligro al recibir fuertes impactos de caída de proyectiles (pedazos de roca incandescente), flujos piroclásticos, expulsión de gases y gran cantidad de ceniza. <p>Miles de personas fueron evacuadas, algunas de ellas regresaron a sus hogares y otras aceptaron la reubicación que les ofreció el gobierno. El volcán está sin actividad hasta la actualidad (2019), 3 años en los que las personas han recuperado sus viviendas, cultivos, sus vidas cerca del mismo. Por el momento los lugares cercanos al volcán Tungurahua tienen alerta blanca.</p>	

Tabla 3.5: PROCESO ERUPTIVO 1999-2016

Fuente: (Le Pennec JL y Samaniego, 2005)

Elaboración: Propia

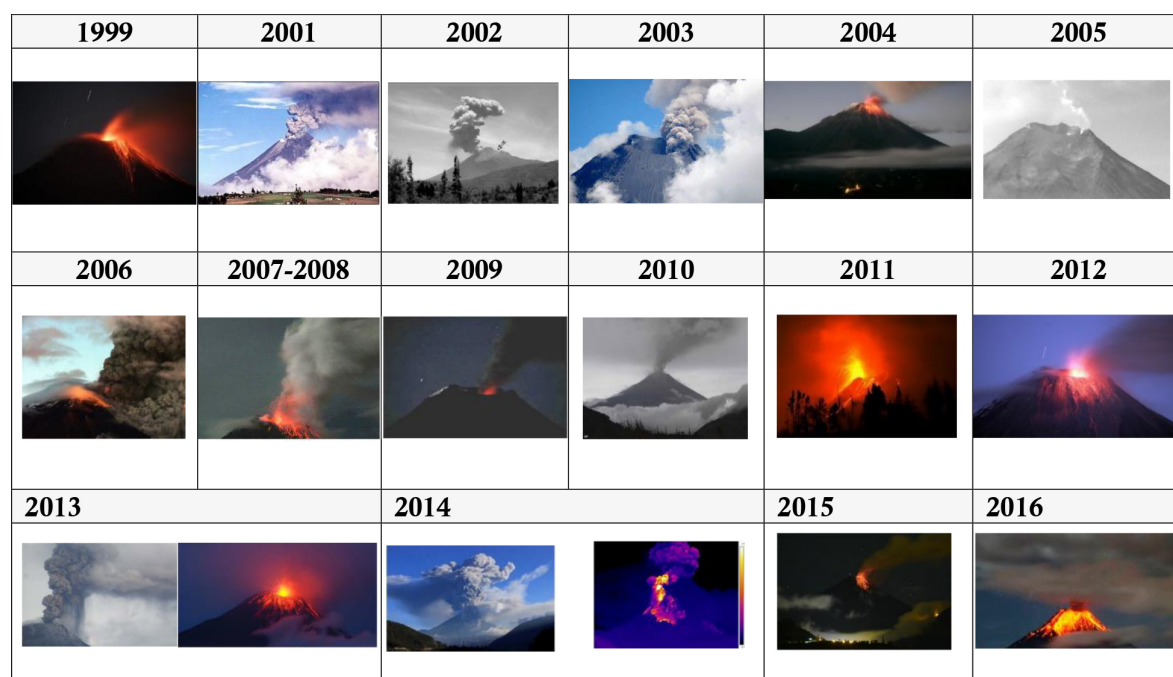


FIGURA 3.5: Proceso Eruptivo 2010-2012
Fuente: (Le Penne JL y Samaniego, 2005)
Elaboración: Propia.

Impacto del Volcán Tungurahua en su contexto

La sierra norte fue la región esencialmente afectada por las erupciones volcánicas, tomando como punto de partida Riobamba y llegando a Ibarra, el subandino oriental y las islas Galápagos. Se ha registrado que, cinco volcanes han erupcionado más de 15 veces entre el siglo XVI y finales del siglo XX: Reventador, Sangay, Cotopaxi, *Tungurahua* y la Cumbre en las islas Galápagos.

Según estadísticas, las erupciones volcánicas, produjeron un índice menor de daños a comparación con los terremotos. A pesar de ello, un evento eruptivo puede presentar expulsión de gran cantidad de ceniza y caída de edificio (fracaso de los techos por el sobrepeso) (Demoraes y d'Ercole, 2001). (Vieira, 2001), el enterramiento de áreas agrícolas debido a la actividad eruptiva del Tungurahua a partir de octubre de 1999 presenta pérdidas de aproximadamente de 17'000.000 de dólares junto con el déficit y pérdida de ingresos por parte de la industria turística que se aproxima a los 12 millones de dólares. Incluyendo a las 25000 personas que fueron evacuadas.

Según (Demoraes y d'Ercole, 2001).- Según el nivel de amenaza volcánica se ha clasificado a los cantones según una escala de 0 a 3 similar a la empleada para la amenaza sísmica.

1. *Grado 3 (Cantones con mayor amenaza volcánica)*. Se consideran a los cantones emplazados directamente o de forma parcial en terrenos totalmente riesgosos por la existencia de cuerpos volcánicos clasificados como emisores mayor peligro para las implantaciones

humanas: Cotopaxi, Tungurahua, y Guagua Pichincha. Los peligros más frecuentes son lahares, caída de ceniza y flujos piroclásticos. Basándose en eventos ocurridos anteriormente que condicionan los eventos que se pueden a futuro.

2. *Grado 2 (Cantones con amenaza volcánica considerablemente alta)*. En esta clasificación se encuentran incluidos los cantones emplazados en las faldas de los volcanes que presentaron actividades históricas y que aún se consideran peligros potenciales: Antisana, Reventador, Sangay, Quilotoa, Cayambe y el volcán La Cumbre en las islas Galápagos.

3. *Grado 1 (Cantones con amenaza volcánica considerablemente baja)* Son los cantones que se emplazan alrededor de volcanes que no han tenido actividad histórica, pero algunos presentan potencial actividad: Sumaco, Chimborazo, Cotacachi, Imbabura y Pululahua.

4. *Grado 0 (Cantones con escasa amenaza volcánica)*. Se considera a aquellos que están totalmente fuera de la cadena volcánica.

Las zonas con alta incidencia volcánica están conformadas por cantones pertenecientes a las provincias de la Sierra Norte, Sierra Centro y del Napo, mismas que se evidencian en la siguiente tabla: (3.6)

ZONAS DE MAYOR PELIGRO VOLCÁNICO		
Código del Cantón	Cantón	Provincia
501	Latacunga	Cotopaxi
607	Guano	Chimborazo
609	Penipe	Chimborazo
1503	Archidona	Napo
1701	Quito	Pichincha
1703	Mejía	Pichincha
1705	Rumiñahui	Pichincha
1802	Baños	Tungurahua
1807	Pelileo	Tungurahua
1707	San Miguel de los Bnacos	Pichincha

Tabla 3.6: ZONAS DE MAYOR PELIGRO VOLCÁNICO

Fuente y Elaboración: Propia

3.2.2. Alerta ante una emergencia Volcánica

Alerta blanca. – El objetivo de este tipo de alerta es, dar a conocer a las comunidades, que se encuentran dentro de una zona con presencia de fenómenos naturales, con la probabilidad de causar daños y evolucionar con el pasar del tiempo.

Alerta amarilla. – Dicha alerta tiene como objetivo indicar que, se puede presentar un evento desconocido, por el eventual aumento de actividad insólita de un peligro, dentro de semanas o meses.

Alerta naranja. – Esta alerta se presenta una vez que el peligro incrementa e involucra escenarios inmediatos de riesgo y condiciones de emergencia, indicando que el evento se puede dar en días o semanas. Dicha alerta se usa para dar inicio a la evacuación.

Alerta roja. – Se da con la presencia del evento, cuando dicho fenómeno muestra altas probabilidades de impacto a la zona, dañando de manera negativa al medio ambiente, bienes, infraestructura, carreteras, personas y anuncia que el evento puede presentarse en horas o días.

3.2.3. Planificación de Emergencia

Considerando los diversos entornos, la totalidad de disposiciones comunes de planificación en desastres, incorporando los planes de búsqueda, evacuación y rescate, conviene ser determinadas con colaboración de autoridades civiles y de equipo de servicios de emergencia. En presencia de una crisis volcánica, los criterios de evacuación y la existencia de un sistema de alarmas son las medidas principales y sin embargo las más difíciles de establecer.

3.2.4. Preparación de la comunidad

Los vulcanólogos infieren de manera importante en la predicción del riesgo que sufren las comunidades. Las cuales deben ser capacitadas para que respondan de manera adecuada a las alarmas de inmediatas erupciones y dar a conocer las actividades correctas en el caso de que ocurra un evento volcánico antes de culminar con la evacuación. Se puede considerar el entrenamiento a grupos que presenten capacidad de movilización autónoma en el lugar del caos, que tengan habilidad en rescate y búsqueda y se hayan instruido en primeros auxilios. (Noji, 2000).

3.2.5. Medidas de Contingencia

N°	Descripción	Contingente
1	“Transporte Personal”	“Mantener vehículos de transporte para el personal y estudiantes.”
2	“Aumento de la población hospitalaria”	“Conocer qué estudiantes estarían dispuestos a prestar ayuda en el caso de que se requiera cooperación.” “Conocer qué personal puede dar primeros auxilios a personas afectadas en la facultad y realizar el traslado respectivo.”
3	“Abastecimiento de agua”	“Se requerirá tener una reserva de agua, dependiendo de los escenarios que se presenten (5 lt/persona situaciones críticas).”
4	“Abastecimiento de luz”	“Se mantiene un generador, en caso de falla eléctrica. Se debe reducir al máximo el consumo de energía eléctrica.”
5	“Abastecimiento de alimentos”	“Mantener gestión apropiada con los proveedores para el abastecimiento oportuno de alimentos.”
6	“Mascarillas”	“Se dispondrá de mascarillas N95 para el uso de colaboradores, que se puedan ver afectado por partículas de ceniza” “Recomendar a los estudiantes adquirir estas mascarillas.”
7	“Gafas”	“Recomendar a todo el personal el uso de gafas ocloras totales para proteger de la afectación de ceniza volcánica sobre los ojos.”
8	“Suministros para mantenimiento/protección y limpieza de ceniza”	“Escobas, palas plásticas/metal, caja de mascarillas, frascos suero fisiológico, sacos de yute o costales para depositar la ceniza.”
9	“Protección de equipos”	“Realizar inspecciones fijas e intempestivas con el fin de verificar la condición de los equipos e identificar desviaciones que puedan presentarse.” “Cumplir con el programa de mantenimiento.” “Mantener coordinación con proveedores y contratistas.” “Mantener un contingente para daños y pérdidas.”
10	“Trabajos altura”	“Mantener medios de sujeción y protección para trabajos en altura. Ejemplo: arneses, andamios, líneas de vida, etc.” “Uso adecuado de equipos de protección personal (mascarillas, gafas, ropa de trabajo, guantes zapatos antideslizantes, casco).” “Cumplir con el procedimiento para trabajos en altura.”
11	“Revisión de la dotación de insumos, según el nivel de complejidad de la institución”	“Verificación de disponibilidad de medicamentos esenciales en farmacia para casos que podrían presentarse ante la emergencia. Elementos de aseo.” “Disponibilidad de sistemas de información”
12	“Recursos humanos”	“Definición de la alerta (resolución). Difusión de la alerta y del plan de contingencia.”

Tabla 3.7: MEDIDAS DE CONTINGENCIA

Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos - Ecuador
Elaboración: Propia

3.3. Protocolos de intervención ante emergencias

3.3.1. Preparación ante una emergencia

Fases de un Desastre	
Antes Etapa de Preparación	“1.- Apoyar, aprobar y facilitar los recursos requeridos para la implementación del plan de emergencia y contingencia.”
	“2.- Coordinar, planificar las actividades con los responsables.”
	“3.- Disponer los recursos humanos, técnicos, económicos.”
Durante Etapa de Respuesta	“4.- Disponer de un censo actualizado de la población bajo la cobertura en los escenarios de mayor o menor asistencia.”
	“1.- Mantener la calma.”
	“2.- Actuar de acuerdo a los flujogramas de actuación y respuesta.”
	“3.- Actuar de acuerdo a los protocolos establecidos para casos de emergencia.”
	“4.- Mantenerse siempre informado por la Secretaría de Gestión de riesgos.”
	“5.- Verificar la información que sea veraz referente a los cambios de alerta (Blanca, amarilla, naranja y roja).”
	“6.- Evacuar de ser anunciada la evacuación, con orden y con calma hacia el punto de encuentro más cercano, definido por la Secretaría de Gestión de Riesgos.”
	“7.- Determinar las diversas áreas críticas, zonas de seguridad, rutas de evacuación, rutas alternas, y las respectivas señalizaciones.”
	“8.- Realizar un censo de cada grupo de estudiantes, administrativos y docentes.”
	“9.- Mantener la comunicación de acuerdo a la cadena de mando.”
“10.-Solicitar el apoyo de los Organismos Básicos o instituciones de socorro.”	
Después Etapa de Rehabilitación de Emergencia	“1.- Receptar los informes de los responsables.”
	“2.- Realizar una evaluación de los efectos del Desastre sobre la infraestructura.”
	“3.- Toma las decisiones necesarias para el normal funcionamiento.”
	“4.- Dispone volver a la normalidad de las actividades.”

Tabla 3.8: MEDIDAS DE CONTINGENCIA

Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos - Ecuador
Elaboración: Propia

Las fases ante un desastre son de irrefutable importancia, teniendo en cuenta el peligro latente al que ciudades completas se enfrentan, un plan de gestión de riesgos bien organizado, para no tener pérdidas humanas, un plan de contingencia en todo ámbito dentro de áreas vulnerables, harán que la resiliencia de una localidad sea favorable.

La vivienda e infraestructura que compone un sector habitable debe ser considerada dentro de los primeros lineamientos y normas para salvaguardar la seguridad de los ciudadanos, hay que aprender de las experiencias pasadas, la actividad incesante de un volcán, deja llagas en las personas, en las ciudades y en los campos, por lo que, una fase *Antes* en

el sector de la construcción debe ser la construcción de viviendas con los debidos lineamientos, normas, refuerzos, para que así, en la fase *Durante*, cuando familias completas deben abandonar sus hogares por seguridad, tengan la certeza de encontrar nuevamente sus hogares para habitarlos y regresar a sus raíces, a sus terrenos, a sus actividades, porque muchas de las personas que se afectan por fenómenos de esta naturaleza, no tienen los suficientes recursos para iniciar una nueva vida fuera del lugar en el que crecieron.

3.3.2. Estrategias de intervención Según García. A., (2017)

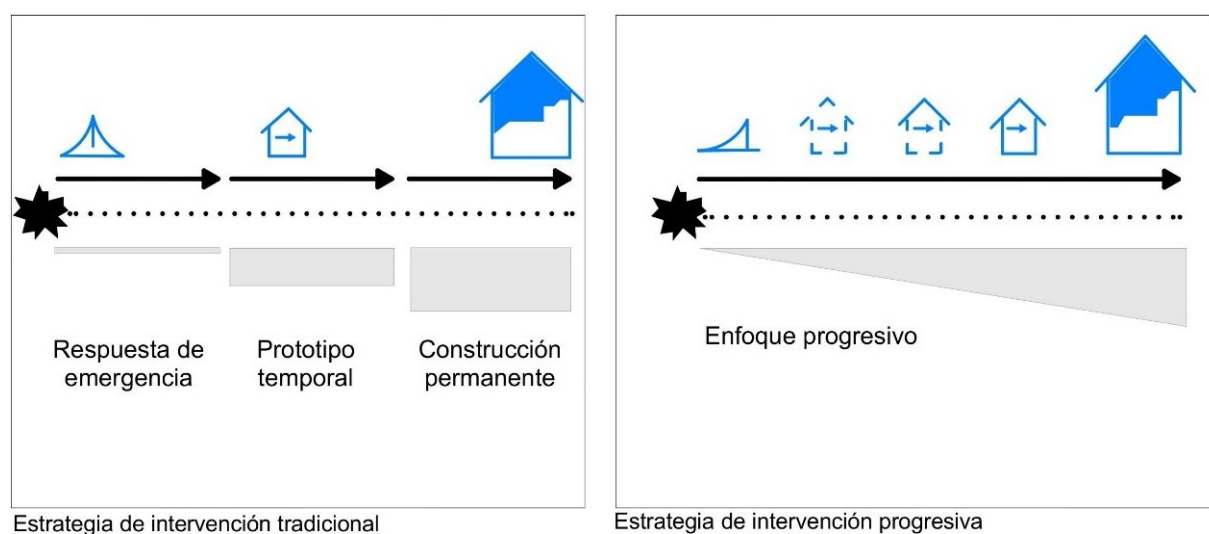


FIGURA 3.8: Estrategias de intervención
 Fuente: Transitional Shelter Guidelines. Shelter Centre
 Elaboración: Propia

Estrategia tradicional

- Campos de refugiados.

Con la presencia de dificultades para que los damnificados por el desastre no puedan retornar a sus viviendas y la reubicación se produzca por diferente modelo de intervención, que no sean las dotaciones públicas como polideportivos o colegios, surgen los campamentos de refugiados. La tienda de campaña es el elemento fundamental en estos espacios, es fácil de guardar y relativamente ligera, dando la ventaja de que se la usará por corto plazo. Por lo que su uso no se ampliará más allá de lo necesario.

- - Vivienda Temporal - Rellenar el 'hueco'

Los albergues de este tipo cuentan con un sin número de propuestas diversas y pueden ser de mucha utilidad si se aplicaran a las necesidades geográficas y socioculturales de las zonas a las que son designadas. Sin embargo, requieren de planificación

y su llegada demanda de un tiempo mayor, siendo un resultado tardío al problema y puede llegar a tener una vida útil prolongada aunque su creación haya sido temporal.

- Reconstrucción con materiales locales mejorados.

Por último, la tercera estrategia de intervención que se establece, a largo plazo es más económica, aunque tarda al inicio. Radica en la reconstrucción inmediata de los elementos fallidos de la vivienda, como solución a carencia de un techo, sin la necesidad de pasar por posadas temporales que desfavorecen a la transición hacia la reparación del orden. Opta por la utilización de sistemas de construcción y materiales locales dándoles mejores características con sistemas adecuados para soportar los desastres futuros.

Estrategia Progresiva

Forma parte de las propuestas para solventar el problema de alojamiento, de manera paralela a la emergencia, siendo tanto una opción temporal, como permanente con las mejoras pertinentes a los elementos constructivos.

El desarrollo de esta estrategia inicia con la ayuda a las personas y tiene una duración a largo plazo, tomando en cuenta que se debe tener los derechos de la tierra y la reconstrucción, trámites que pueden estar listos hasta en varios años, como se ha estimado en el proceso tradicional. A menudo, la reestructuración de una comunidad, dura varios años. El modelo progresivo empieza brindando ayuda inmediata y equipos luego de la acción de un desastre que serán de gran ayuda para progresar en un proyecto de vivienda hasta la terminación de la obra permanente. (Ver figura. 3.9)

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.



FIGURA 3.9: Estrategias de intervención
Fuente: Transitional Shelter Guidelines. Shelter Centre
Elaboración: Propia

Se pueden citar dos conceptos erróneos que se han establecido respecto al sistema de estrategia progresiva, los que son:

- 1) El modelo progresivo en varias manifestaciones no se lo ha entendido como un proceso, sino por lo contrario se lo ha establecido como un producto, y frecuentemente se crea un lugar entero en lugar de acrecentarse a partir del acontecimiento, llegando a malgastar la materia prima entregados para cada fase.
2. El enfoque progresivo ha sido utilizado de manera equivocado para especificar tácticas constructivas permanentes, como por ejemplo el modelo “Core-house” (vivienda núcleo), cuya característica principal es que se obtiene una edificación inicial y posteriormente se incluyen nuevos elementos constructivos para mejorarla.

3.4. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

El volcán Tungurahua ha tenido varios sucesos de reactivación con el pasar de los años, afectando a ciudades que se encuentran ubicadas en sus faldas. Las principales y más afectadas son:(Ver figura. 3.10)

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

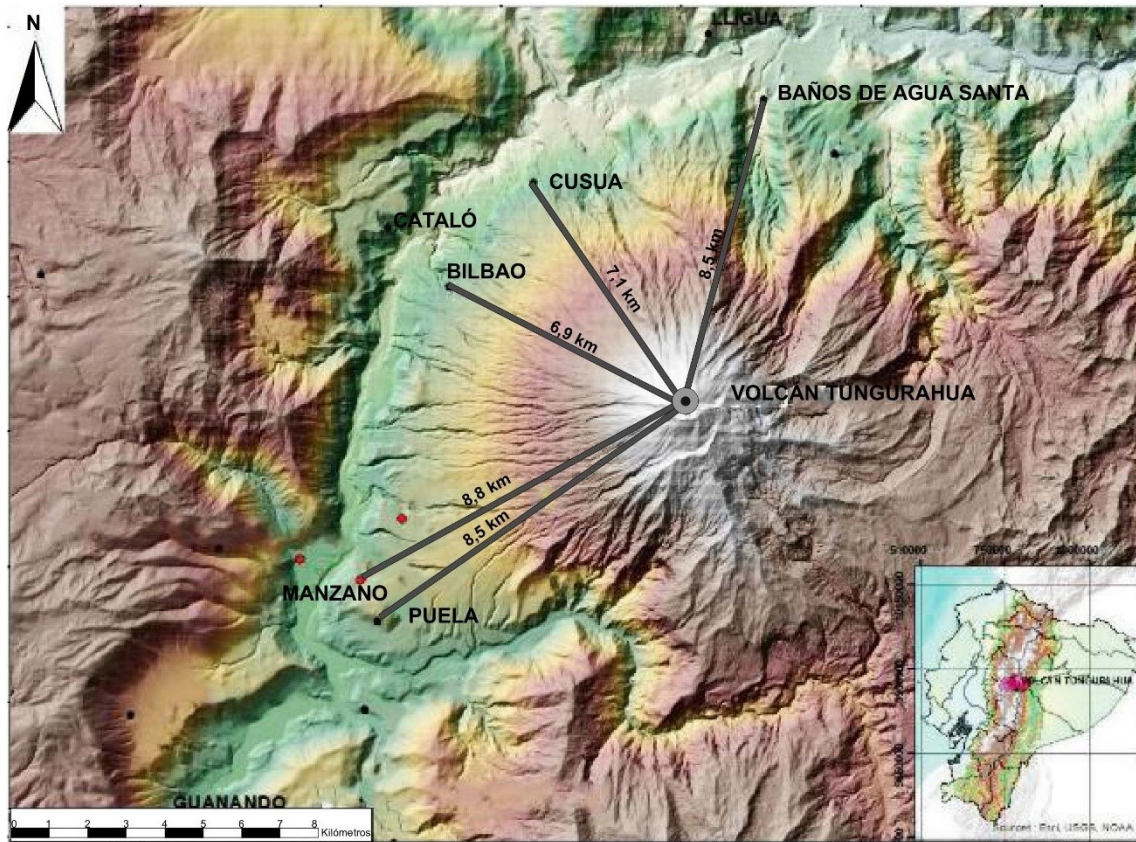


FIGURA 3.10: Ciudades y comunidades ubicadas a las faldas del Tungurahua.

Fuente: Instituto Geofísico - Ecuador

Elaboración: Propia.

El desastre provocado por un volcán, tiene lugar cuando un riesgo volcánico produce una severa paralización en el funcionamiento de la sociedad, provocando un alto índice de pérdidas ambientales, humanas y materiales, producto de ello se rebasa la competencia de la sociedad involucrada para sobrellevar sólo con sus recursos disponibles. El desastre se puede prevenir al aplicar estrategias de manejo de riesgo y actividades políticas acertadas, al no tenerlas el desastre se construye o se promueve. (A. y. o. Lavell, 2000) y (Ruiz Guadalajara, 2005).

La activación de un volcán afecta a la biosfera en función de sus peculiaridades concretas. Las actividades volcánicas efusivas considerarán como un riesgo máximo la expulsión de cantidades de lava fluidas que perjudicarán al área vegetativa principalmente, ya sea por el recorrido continuo de lava sobre ella o las consecuencias que provoca las temperaturas extremas que transmiten los flujos lávicos, como los incendios forestales. En el caso de tener alta expulsión de lava, las coladas dañan áreas extensas de territorio considerando grandes medidas en su anchura (centenares de metros) y longitud (miles de metros). En emisiones que presentan explosiones, la expulsión de flujos piroclásticos, el origen de avalanchas y la caída de tefra serán los acontecimientos que más daño cause a la cobertura vegetal (Piñeros Cuervo y Calvo López, 2013).

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.



FIGURA 3.11: Vegetación afectada
Fuente:(Piñeros Cuervo y Calvo López, 2013)

A nivel urbano, las vías principales de conexión se vieron totalmente cubiertas por capas de ceniza tan densas que detuvo la circulación vehicular.



FIGURA 3.12: Sector los Pájaros, vía Baños - Penipe.
Fuente:(Piñeros Cuervo y Calvo López, 2013)

A los extremos de la vía, los escombros y las montañas de restos volcánicos son evidentes hasta la actualidad, sin tener una adecuada limpieza en algunos sectores tanto de la provincia de Tungurahua como la de Chimborazo, provocando un paisaje desfavorable, la recuperación del paisaje que alguna vez existió se torna lenta y compleja.



FIGURA 3.13: Sector Tungurahua y Chimborazo.
Fuente:(Piñeros Cuervo y Calvo López, 2013)

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

Según (Noji, 2000).

En las áreas afectadas, la masiva caída de ceniza, provoca efectos negativos severos; sobre motores de automóviles, trenes y aviones, produce una impenetrable oscuridad creando un contexto de caos considerando la paralización vehicular, vías resbaladizas, varadas y accidentes automovilísticos. En el peor de los escenarios provocaría el parálisis virtual de una ciudad, con la participación obligatoria de los servicios de las líneas vitales y de emergencia.

Mientras la ceniza se dispersa una serie de interferencias se pueden producir en las transmisiones de televisión y radio, las antenas se pueden perjudicar por las altas precipitaciones. La partículas tan finas se pueden filtrar en elementos electrónicos importantes como los teléfonos, las computadoras y los equipos de transmisión, tendiendo a dañarse fácilmente. El sistema telefónico colapsa de manera inmediata por la ansiedad de las personas. Al estar disponibles, las comunicaciones por satélite cumplen un papel importante.



FIGURA 3.14: Imágenes del Sector

Los servicios básicos, se ven afectados de manera directa por la caída intensa de ceniza; el suministro de agua puede ser restringido en ríos y reservorio, causando obstrucción en las plantas de filtración, además de que, su calidad puede estar sometida a cambios de pH, volviéndose no apta para el consumo humano; la ceniza en estado húmedo es un eficiente conductor de electricidad, un cortocircuito puede ser provocado en un equipo externo si se pone en contacto una capa de ceniza sobre un aislamiento no asegurado, por lo tanto, se presentaría interrupciones de energía, además los especialistas en este campo se pueden ver incapaces de resolver los problemas eléctricos presentes, si se restringe de manera importante la visibilidad que incluso no se pueda mover los vehículos. La maquinaria destinada a la recolección de basura, se ve rápidamente congestionada y cesan sus actividades por la acción desfavorable de la ceniza. (Ver figura. 3.15)

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.



FIGURA 3.15: Imagenes del Sector

La gran cantidad de ceniza que es expulsada por erupciones de gran magnitud, tiene la capacidad de causar severas destrucciones y daños ambientales en áreas amplias, tan expandible como cientos de kilómetros alrededor del volcán. Campos de cultivo completos han sido cubiertos por la ceniza y los piroclastos que expulsa el volcán, provocando una pérdida inminente a largo plazo de las cosechas.



FIGURA 3.16: Imagenes de cultivos afectados

Las cenizas tienen un nivel de toxicidad química luego del acontecimiento eruptivo, que perjudican directamente la salud de los habitantes y el ganado existente. La hierba y el agua al estar expuestos directamente a la ceniza, pueden tornarse tóxicos y envenenar a los animales de pastoreo. Sin contar que, el pH de los ríos disminuye por la ceniza ácida, exponiendo al peligro la existencia de peces.

El CO₂ que emiten los volcanes también tiene repercusiones en los animales provocándoles asfixia. La causa de muerte más posible de pájaros y la ceguera de las ovejas es el índice de la presencia de ácido sulfúrico. Los ganaderos tienen una evidente pérdida económica.



FIGURA 3.17: Ganado afectado en Bilbao

Afectación en edificaciones

Dentro de las afecciones volcánicas tenemos la deformación del terreno, siendo desplazamientos provocados por la actividad de la lava expulsada hacia el exterior que induce variaciones topográficas. La imperfección se puede presentar horizontalmente (apertura de grietas) y/o vertical (inflamamiento del terreno). La acción de este fenómeno también llega a provocar significativas afecciones en edificaciones, elementos estructurales y rutas de conexión. La zona es afectada negativamente por los procesos de sedimentación y erosión, que influye desfavorablemente en la modificación del relieve. (Felpeto, Garcia, y Ortiz, 1996).

Las zonas identificadas cercanas al volcán Tungurahua han tenido evidentes cambios terrenales y pérdida de edificaciones a causa de los mismos. La recopilación fotográfica que se hizo en la visita a los lugares nos muestra la realidad que tiene cada uno de estos lugares, escuelas, viviendas, haciendas fueron destrozadas por el impacto volcánico.



FIGURA 3.18: Restos de hacienda que estuvo ubicada vía a Cusúa y Vivienda ubicada vía a Bilbao.

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

Los sismos como se ha estudiado, son uno de los peligros volcánicos con más influencia, ya que anuncian una reactivación y dura varios días, son vibraciones del suelo, relacionadas con el proceso volcánico o la actividad del magma, que se pueden dar en o próximo a los volcanes con la caracterización de ser movimientos leves (de 1 a 9 km de profundidad), estos descargados por actividades volcánicas afecta a la infraestructura y edificaciones, desencadena deslizamientos, provoca apagones, genera incendios. (Bignami, 2012).

Como ejemplo de las consecuencias que este fenómeno desencadenó, tenemos la iglesia ubicada en la comunidad de Bilbao, sus elementos de cimentación probablemente tuvieron un deslizamiento, provocando el fracaso de sus paredes laterales, mismas que perdieron su verticalidad. La estructura de la iglesia evidentemente perdió su estabilidad junto con los apoyos de la cubierta, los que, se desprendieron de las paredes, provocando el colapso de la cubierta. El revestimiento en general se ve deteriorado con el pasar de los años y la ceniza impregnada aún en las paredes, estructura y ventanas le da un aspecto cada vez más precario.(3.19)



FIGURA 3.19: Paisaje Cusúa, terrenos modificados y Escuela de Cusúa.

La poca gestión e importancia por parte de las autoridades hacen que esta iglesia se encuentra en las mismas condiciones desde la erupción del 2016. (Ver figura. 3.20)

Gran cantidad de viviendas son frágiles frente a la acumulación de capas gruesas de ceniza, en especial si se encuentran húmedas. Las edificaciones con luces amplias como iglesias, presentan 5 veces más peligro de colapso que las viviendas.

La acumulación de ceniza puede ser rápida, el intento de mantener los techos libres de ceniza, puede ser imposible en actividades extremas del volcán, los habitantes deben mantenerse en las partes más resistentes de la vivienda, una vez haya cesado el acontecimiento puede ser útil dictaminar acciones especiales para el reforzamiento temporal de los techos (Noji, 2000).

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.



FIGURA 3.20: Iglesia - Bilbao
Fuente y Elaboración: Propia.

Con la visita de campo a los lugares aledaños al volcán Tungurahua, se constató que en estos lugares existen dos tipos de construcciones. 1) Tradicional: Hecha de bahareque y techos con teja, en las que fueron evidentes las afectaciones por la caída de ceniza, el peso y la alcalinidad del material hicieron que las cubiertas de este tipo de edificaciones colapsen. 2) Conformada por estructura de hormigón, paredes de bloque y ladrillo enlucidas y techo de losa, se mantienen en pie, pero a causa de la evacuación, las viviendas están siendo afectadas por la no utilización, el abandono y la falta de mantenimiento.

Solorzano, J. (2019) Tecnólogo encargado del departamento de Turismo del Municipio de Penipe manifiesta que, los techos conformados por eternit y policarbonato se han deteriorado en un lapso de un año, por la mezcla de la ceniza y el agua.

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.



FIGURA 3.21: Ceniza acumulada en las cubiertas y Iglesia - Bilbao
Fuente y Elaboración: Propia.



FIGURA 3.22: Vivienda vía Bilbao y Vivienda-Bilbao.
Fuente y Elaboración: Propia.



FIGURA 3.23: Vivienda tradicional vía a Bilbao
Fuente y Elaboración: Propia.

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

Se evidencia con el levantamiento fotográfico y el recorrido por los sectores, que, las zonas más afectadas con la actividad del volcán fueron las que se encuentran a lo largo de la vía Penipe – Bilbao.

Existen viviendas tradicionales (estructura de madera, paredes de bahareque y techo de teja de arcilla cocida), iglesias y con estructura de hormigón (estructura de madera, paredes de bloque y ladrillo) que por el material que expulsó el volcán parte de ellas quedaron enterradas, dando lugar al abandono y al deterioro.

Como se aprecia en las fotografías, presenta graves afecciones, ya sea debido al alcance de rocas, piroclastos, entre otras, expulsado por el volcán; fraccionando y destrozando la cubierta. Otra afectación es el peso de la ceniza que se posó en este techo, según los habitantes de estos sitios, llegó a existir una capa de hasta 30 cm de ceniza, lo que implica peso adicional en la cubierta, esto sin contar con una lluvia que haría de este peso mucho más significativo. Además, de no considerar una estructura lo suficientemente resistente para la carga que implica la caída de ceniza, denotando que no hay una correcta construcción de la estructura en los diferentes casos.

La teja de arcilla cocida, el fibrocemento y el zinc presentan evidente deterioro, desgaste, cambio de color, ruptura, etc.

La ceniza también incide directamente en el deterioro de la salud, como se ha visto en apartados anteriores, este fenómeno puede durar días, hasta meses, existen personas que, aunque se declare alerta roja y la evacuación esté dictaminada, no quieren abandonar sus hogares, se quedan a pesar de todo y las consecuencias son enfrentarse a la inhalación de partículas de ceniza que provoca deterioros en el sistema respiratorio. Aunque se sienten seguros al permanecer dentro de sus hogares, existen características de los mismos que permite el paso de la ceniza, ya sea por su mala colocación, falta de elementos constructivos (ventanas), rendijas, espacios vacíos, etc.

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA EN LAS CIUDADES MÁS VULNERABLES ALREDEDOR DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.



FIGURA 3.24: Vivienda en Cusúa
Fuente y Elaboración:Propia.

Los tremores causados por el volcán fueron considerables en la última actividad que se dio en el año 2016, éstos provocaron que los cristales ya sea de puertas o ventanas fracasasen. En este tipo de contextos no se piensa en la resistencia que debe cumplir un material para el peligro al que se exponen, diseñándose de manera imprevista, sin técnica constructiva y favoreciendo la autoconstrucción.



FIGURA 3.25: Vivienda vía a Cusúa y Vivienda vía a Bilbao.
Fuente y Elaboración:Propia.

Análisis de las cubiertas predominantes en el contexto volcánico del Tungurahua.

La vivienda y la ocupación del suelo informal, es un fenómeno multidimensional que constituye asuntos difíciles enlazados con la posesión inestable del suelo; el déficit de ejecución y conocimiento de las normas y ordenanzas urbanas, el suministro inadecuado de infraestructura y servicios públicos; viviendas con exceso de habitantes, procesos y materiales de construcción inadecuados (Smolka y Biderman, 2011), el incremento de la población, la ausencia de políticas para brindar una mejor calidad de vida en el área rural, y los asentamientos informales que surgen en zonas no aptas para la implantación de una edificación, condiciones que permiten a los habitantes desarrollar un mayor nivel de susceptibilidad ante fenómenos naturales.

El riesgo dentro de un contexto volcánico varía conforme a las condiciones de vida que tiene la población, la que, elige no salir de este tipo de zonas por su arraigo y por la fertilidad de la tierra que potencia la agricultura como su fuente económica para subsistir, han optado por acostumbrarse a la actividad del volcán, que distorsiona sus condiciones de vida, generando daños materiales y retrasando su desarrollo. (Rodríguez Ruano, 2015).

Existen personas que eligen quedarse habitar en zonas de riesgo volcánico y con bajos recursos económicos, optando por un sistema empírico de construcción con un sistema tradicional, materiales económicos y mano de obra propia, por lo general sin conocimientos específicos de las normas de construcción.

El Ecuador es un país con tres regiones, en las que, se necesitan normas de construcción diferentes para dar una buena calidad de vida a los habitantes, sin embargo, las normas ecuatorianas de construcción, no generan este tipo de soluciones, tiene enfoques universales, sin tomar en cuenta las características de cada una de las regiones. La Sierra Ecuatoriana en específico, tiene variedad de elementos que condicionan diversas formas de construcción empírica, para salvaguardar la vida de sus habitantes, la presencia de la cordillera de los Andes en esta región contribuye a la creación de escenarios de riesgo, en los que se debe poner especial atención, uno de ellos es la presencia volcánica.

Los daños en edificaciones cercanas al volcán son evidentes, el deterioro que provoca la ceniza sobre estructuras luego de la actividad volcánica varía en función de sus propiedades fisicoquímicas y las características de los elementos sobre los cuales se acumula.

Las partículas de ceniza son un material abrasivo debido a su alta densidad [hasta 3.2 g/cm³], su gran dureza [alrededor de 5 en la escala de Mohs] y debido al alto grado de angulosidad que presenta. Además, tiene la capacidad de transportar corriente eléctrica gracias a la condensación de sales disueltas y gases ácidos en las partículas de ceniza (USGS, 2009), convirtiéndose en un elemento ácido. La ceniza adquiriendo este tipo de propiedades y en contacto con componentes metálicos, como canoas, láminas y accesorios de columnas, vigas y techo, puede corroer el material. La acumulación de ceniza sobre techos genera una sobrecarga que podría producir el colapso del mismo, resultando en daños económicos y muertes (USGS, 2010). Por ejemplo, una capa de ceniza seca de 10 cm de espesor representará una carga extra de 40-70 kg/m², pero si la ceniza está húmeda los 10 cm de espesor representarán una carga de 100-125 kg/m² (Esquivel Monge y Castillo-Barahona, 2015).

La resistencia es un factor importante que influye en fracaso de un elemento expuesto a la caída de ceniza. Sabiendo que, las capas de ceniza esperadas por los eventos eruptivos con base en el mapa de amenaza (INGEOMINAS,1997) se presentan en centímetros y que normalmente no superan los 40cm, se puede descartar el hecho de que la vivienda se entierre y las consecuencias por el peso que provoca empujes laterales a componentes dispuestos verticalmente, como ventanas, paredes, puertas, etc. En mayor parte la incidencia se produce en la transmisión de cargas verticales con colocación horizontal o subhorizontal como las cubiertas de las edificaciones o techos.

Luego de este preámbulo, se ha podido constatar la existencia de tres tipos de cubierta relevantes en el contexto estudiado:

- *Cubierta liviana:* techos que tienen como material de cobertura hojas de zinc o aluminio y hasta cartón o similares como marquesinas en marcolita u otro material acrílico o vidrio. La estructura de cubierta puede ser en madera o metálica.

En el caso de estudio, predomina el uso de las cubiertas con cobertura de zinc y estructura de madera.

- *Cubierta Moderada:* Techos que tienen como material de cobertura tejas de asbesto cemento láminas predeterminadas en ciertas cerámicas. La estructura de cubierta puede ser en madera o metálica.

En esta clasificación tenemos presente la existencia de cubiertas con cobertura de planchas de fibrocemento y estructura de madera.

- *Cubierta pesada:* Techos que tienen como material de cobertura tejones o tejas de barro. La estructura que soporta la cubierta usualmente es en madera. Teniendo el espacio de estudio cubiertas con estas características. (Torres-Corredor, Ponce-Villarreal, y Gómez-Martínez, 2017).

La zona más afectada por el volcán es la rural, teniendo en mayor parte construcciones informales y tradicionales, ejecutadas de manera empírica y que implica menores costos. El sistema informal trae consigo estructuras deficientes en sistemas técnicos constructivos, utiliza materia prima de construcción con muy poco o ningún mejoramiento, utiliza métodos tradicionales; los cuales influyen al final en la resistencia y durabilidad de las viviendas.

La investigación y la visita al contexto volcánico estudiado, permitió la identificación de sectores vulnerables. En el recorrido por la vía deshabilitada Penipe-Baños se encuentra una variedad de sectores altamente afectados por los sucesos del volcán con viviendas abandonadas y viviendas que han sido restauradas por sus dueños para poder utilizarlas y retomar sus actividades agrícolas.

Los sectores apreciables en el siguiente mapa, están ubicados en la zona de mayor riesgo, han tenido graves consecuencias, movimiento de tierras, enterramiento de sectores completos, derivación de cubiertas de la infraestructura existente, contaminación ambiental, enfermedades respiratorias, etc.



FIGURA 4.1: Recorrido, área vulnerable a las faldas del volcán Tungurahua

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El camino recorrido permitió apreciar los tipos relevantes de cubiertas existentes, su armadura y su morfología. (Ver Figura. 4.2)

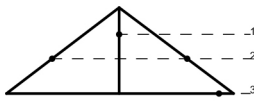
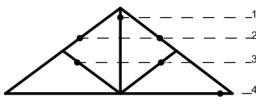
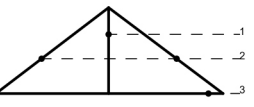



TIPOS DE CUBIERTAS			
RECUBRIMIENTO	FIBROCEMENTO	TEJA	ZINC
ESTRUCTURA	Montaje maestro sin diagonales	Montaje maestro	Montaje maestro sin diagonales
ARMADURA DE MADERA	 <p>Leyenda</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendolón 2. Cuerdas Superiores 3. Cuerda Inferior 	 <p>Leyenda</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendolón 2. Cuerdas Superiores 3. Diagonales 4. Cuerda Inferior 	 <p>Leyenda</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendolón 2. Cuerdas Superiores 3. Cuerda Inferior
MORFOLOGÍAS TÍPICAS DE ESTRUCTURAS DE CUBIERTAS	A dos aguas	Con faldones	A dos aguas
EVANTAMIENTO FOTOGRÁFICO			

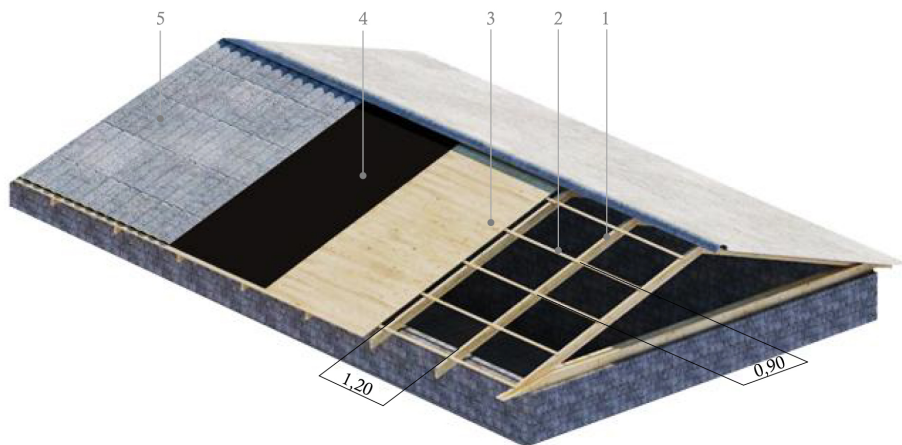
FIGURA 4.2: Tipos de Cubiertas

Fuente: Torres (2001)

Elaboración: Propia

Con el recorrido se ha podido estudiar con más profundidad la construcción de las cubiertas, para poder tener una noción del tipo de viviendas que existe en este lugar que presenta peligros latentes en caso de la erupción del volcán. Por ello, se tiene el levantamiento detallado de los 3 tipos de cubiertas que se consideraron relevantes, sus elementos y características que permiten conocer la realidad constructiva existente en este sitio.

- Cubierta de Fibrocemento



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- 1 Vigüeta de madera
0,05x0,15 m
- 2 Listones
0,05x0,01 m
- 3 Tablones
0,20x0,015x3 m
- 4 Lámina de impermeabilización de polietileno
- 5 Planchas de Fibrocemento
e= 6mm

FIGURA 4.3: Cubierta de Fibrocemento

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

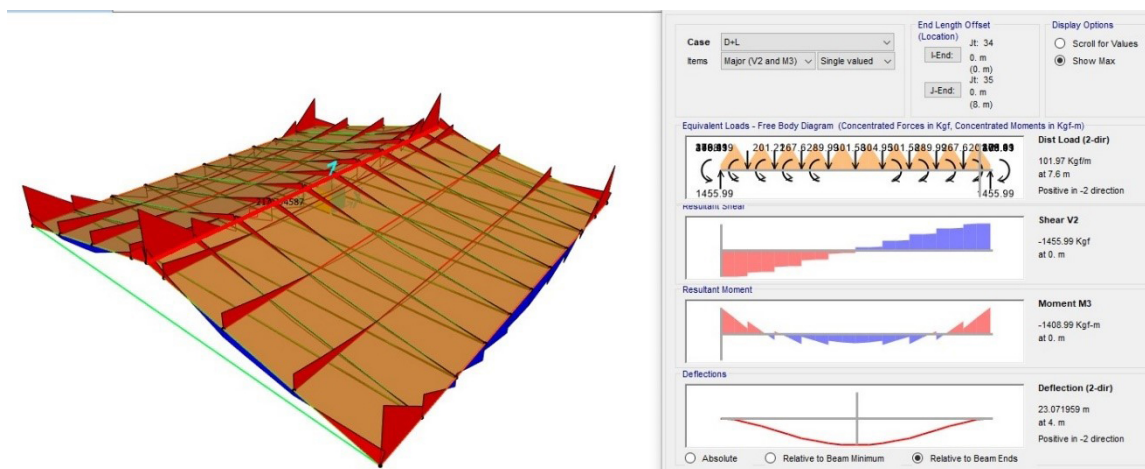


FIGURA 4.4: Simulación de resistencia en el programa ETAPS

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

- Cubierta de Zinc

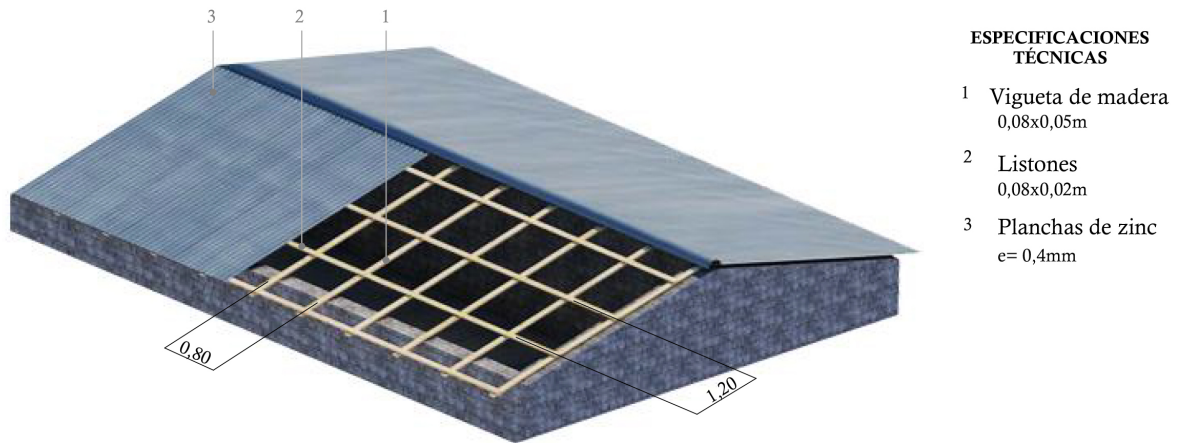


FIGURA 4.5: Cubierta de Zinc
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

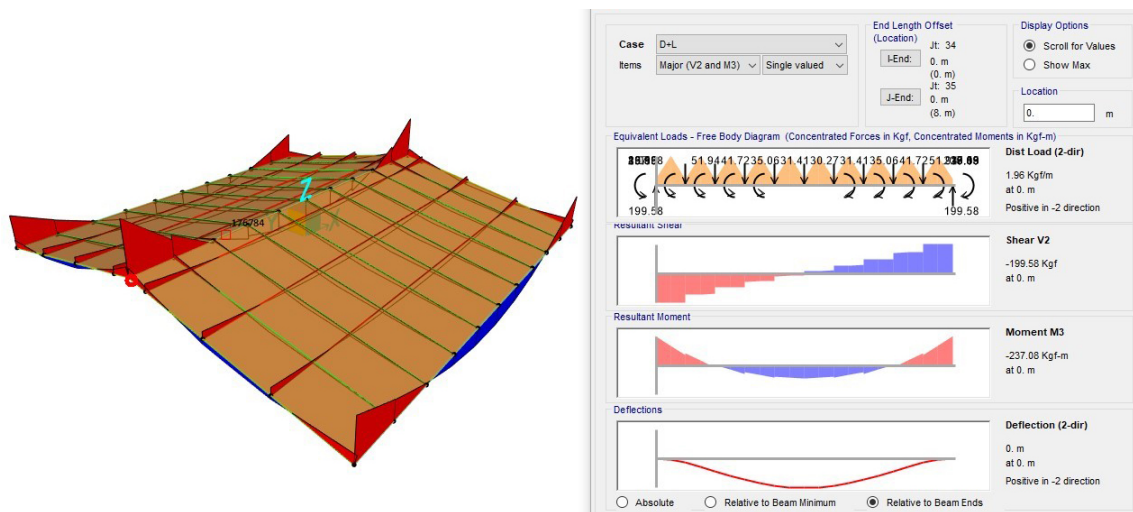


FIGURA 4.6: Simulación de resistencia en el programa ETAPS
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

- Cubierta Teja de arcilla cocida

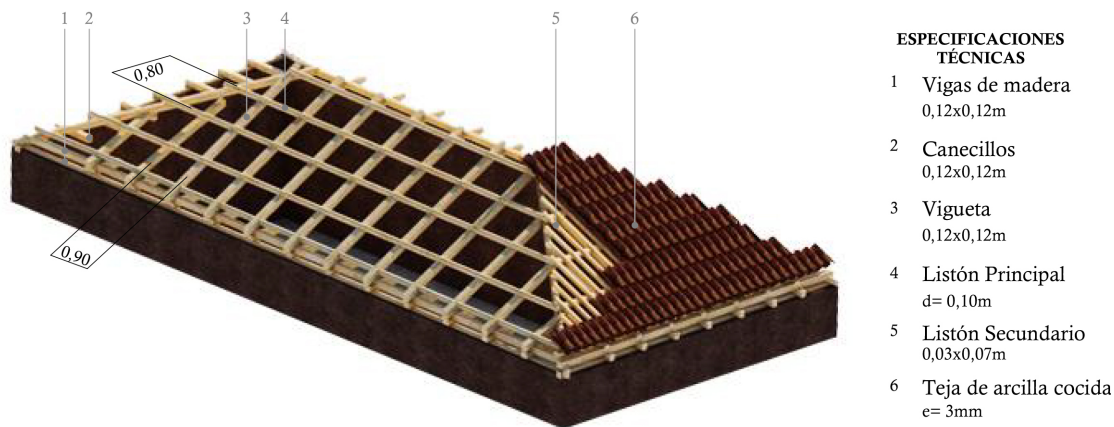


FIGURA 4.7: Cubierta Teja de arcilla cocida
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

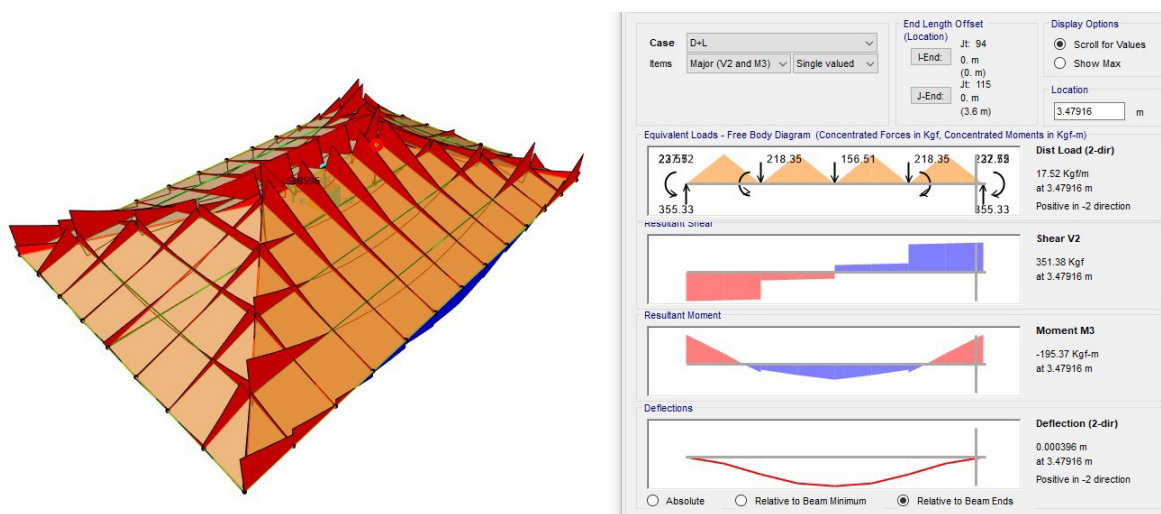


FIGURA 4.8: Simulación de resistencia en el programa ETABS
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

El método constructivo de las cubiertas relevantes de la zona, son ambiguas y poco resistente, con las simulaciones respectivas se ha establecido que, las cubiertas existentes colapsarían con una carga máxima de ceniza.

TIPOS DE CUBIERTAS	RESISTENCIA MÁXIMA (cm ceniza)	RESISTENCIA MÁXIMA (kg/m ²)
FIBROCEMENTO	14 cm	175 kg/m ²
TEJA DE ARCILLA COCIDA	7cm	87,5 kg/m ²
ZINC	2cm	25 kg/m ²

Tabla 4.1: CARGAS MÁXIMAS SOPORTADAS POR LA ESTRUCTURA DE LAS VIVIENDAS LEVANTADAS IN SITU.

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

4.1. Análisis de Materiales de recubrimiento de la cubierta.

La visita in situ permitió; el acercamiento a los lugares con un nivel más alto de afecciones por la actividad del volcán Tungurahua, el levantamiento fotográfico correspondiente y el reconocimiento de materiales estructurales y envolventes relevantes en las cubiertas que presentaron daños y colapso por los efectos volcánicos.

Con la finalidad de encontrar materiales idóneos para las estructuras y envolventes de las cubiertas se realiza el estudio de las fallas que han presentado.

Así, se determinaron tres elementos envolventes de la cubierta relevantes:

4.1.1. PLANCHAS DE FIBROCEMENTO:

“Placas de sección formada por ondulaciones sensiblemente sinusoidales destinadas a asegurar la rigidez de la pieza. Son fabricadas fundamentalmente de fibrocemento, con o sin la adición de otras fibras, sílice, u otros materiales que no comprometan las cualidades de la placa y sus condiciones de trabajo. La placa puede ser de color natural, también se le puede adicionar color a la mezcla” (NTE INEN 1314., 2014).

Este tipo de lámina es accesible, ligero, permite una fácil limpieza al tener una superficie lisa, relativamente económico, su durabilidad y su resistencia a la humedad ha hecho que los ciudadanos opten por su utilización. (Ver figura. 4.9)



FIGURA 4.9: Viviendas con planchas de fibrocemento

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Las autoridades evacuaron a los habitantes de estas zonas, en la última erupción del volcán, sin embargo, muchos de ellos regresaron a sus hogares, alegando que, no tienen otra manera de sobrevivir más que estar en el lugar en donde crecieron y tienen la fuente de sustentación que llega del cultivo de productos en sus tierras.

Varias viviendas, sin embargo, fueron abandonadas, porque sus propietarios aceptaron la relocalización y empezar una nueva vida. Este tipo de viviendas, tienen aún intacta la ceniza que se acumuló en el año 2016 durante la erupción del volcán.

Mediante la recolección de datos en la zona de estudio se obtuvo piezas del recubrimiento en cuestión, que han estado en contacto con ceniza volcánica, por tales condiciones, se procede a medir su comportamiento mecánico, considerando su estado actual, abandono, mantenimiento, inclemencias climáticas, entre otras condiciones del material que han permitido desgastar sus propiedades, los ejemplares serán sometidos a ensayos de flexión con la finalidad de obtener resultados que permitan establecer la variación de sus propiedades mecánicas.

Se tomará como referencias materiales expuestos a ceniza volcánica para compararlos

con un material en óptimas condiciones con características similares, con la finalidad de evaluar de manera tentativa el cambio o disminución de sus propiedades físicas.

4.1.2. Ensayo de los prototipos

Láminas Onduladas de Asbesto Cemento. Determinación de la Resistencia a la Flexión, de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1315 – 1985-06

“La norma establece el método para determinar la resistencia a la rotura por flexión en las planchas onduladas de fibrocemento”

El procedimiento consiste en someter a las planchas onduladas de fibrocemento a una carga de flexión para conocer la resistencia máxima a la rotura.

Proceso de ensayo

Para realizar el ensayo se obtuvieron dos muestras de 1,20x0,55 m, estas medidas considerando la máquina pertinente existente en nuestro medio.

Una de ellas ha tenido una vida útil de aproximadamente 10 años, estuvo sometida a los efectos de la ceniza volcánica durante años durante las constantes activaciones del volcán (Ver Figura. 4.10); para la segunda muestra se optó por una plancha de fibrocemento nueva (Ver Figura. 4.10).

Se sumergen las piezas en un tanque con agua a temperatura ambiente por durante mínimo 24 horas (Ver Figura. 4.11) y se efectuará el ensayo antes de media hora de haberlos retirado.



a). Techo de Fibrocemento cubierto por ceniza volcánica.



b). Plancha de Fibrocemento.

FIGURA 4.10: Proceso de ensayo

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



c). Pieza Fibrocemento expuesta a ceniza volcánica, luego de haber sido sumergida en agua. d). Pieza Fibrocemento nueva, luego de haber sido sumergida en agua.

FIGURA 4.11: Proceso de ensayo

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

La máquina disponible permite piezas con dimensiones diferentes a las estipuladas en la Norma, por lo que se utilizó:

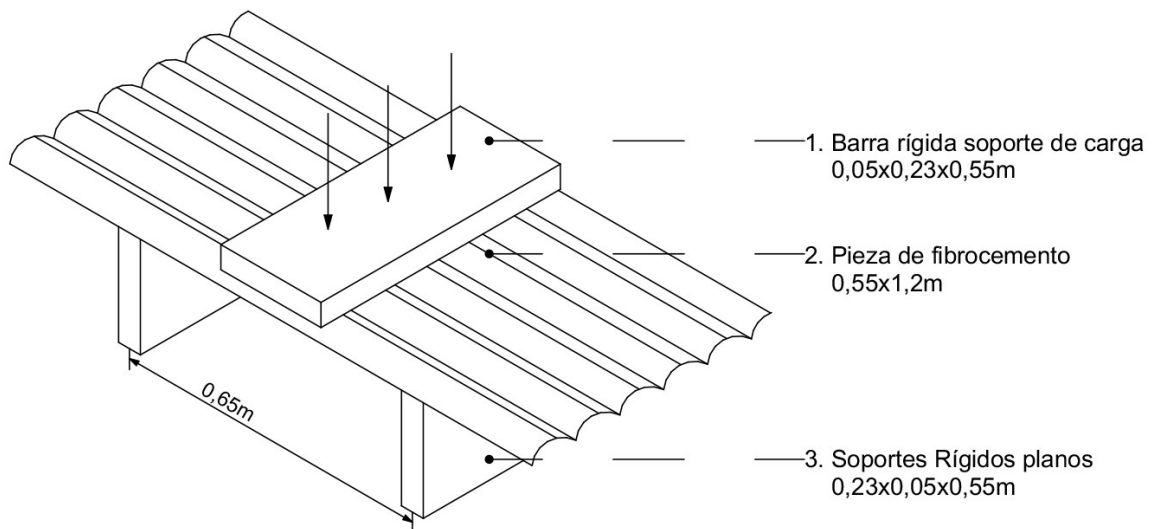


FIGURA 4.12: Especificaciones de Colocación según la disponibilidad de maquinaria

Fuente: Norma INEN 1315

Elaboración: Propia

Se procede a la realización del ensayo, según las especificaciones anteriores se procede a colocar las piezas en los apoyos previamente instalados en la máquina, respetando el diagrama que la Norma dicta.

4.1.3. Fibrocemento expuesto a ceniza volcánica:



FIGURA 4.13: Proceso del Ensayo
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

4.1.4. Fibrocemento nuevo:



FIGURA 4.14: Proceso del Ensayo
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

4.1.5. Resultados

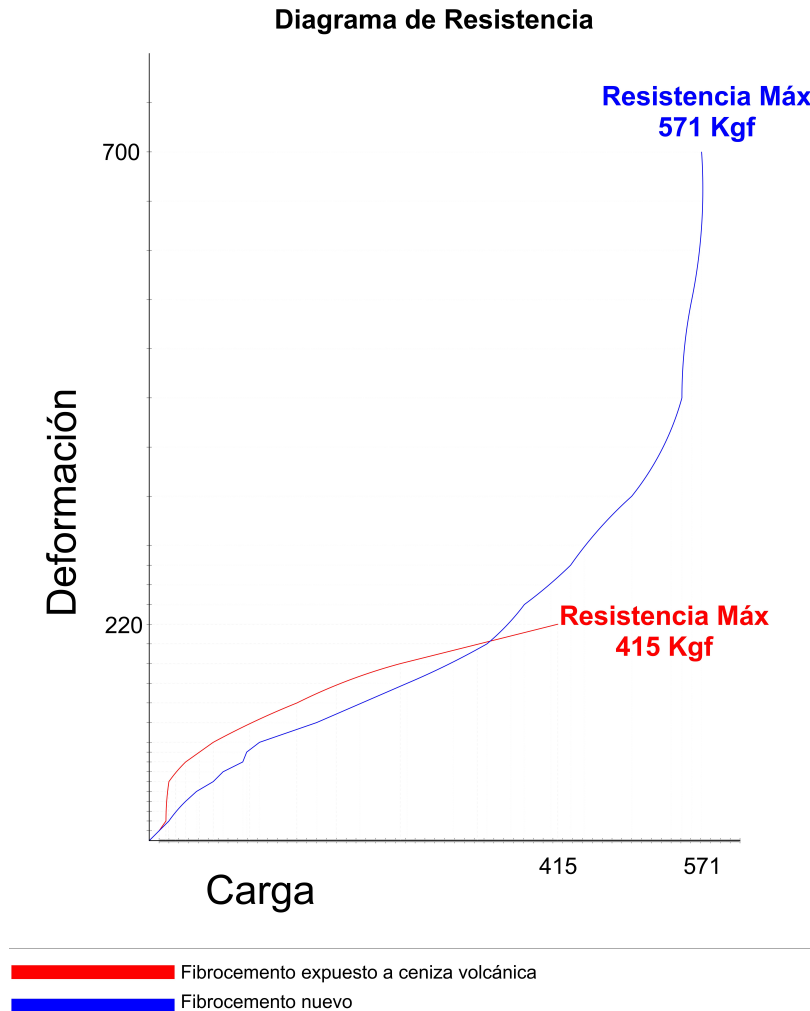


FIGURA 4.15: Diagrama de resistencia

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Análisis del ensayo

El fibrocemento es considerado un material de larga duración, al que, se le puede dar mantenimiento y seguir con su uso, sin embargo, no se prevee un agente destructivo como la ceniza volcánica en sus estudios previos.

Los resultados obtenidos luego del ensayo, permite evidenciar el cambio en las propiedades físicas y mecánicas del material, es notoria la diferencia de resistencia, la plancha expuesta a ceniza volcánica e inclemencias del clima resulta con una resistencia muy por debajo de la plancha nueva, la ceniza volcánica es un material abrasivo que actúa de forma desfavorable en este aspecto y también en la estética de la plancha de fibrocemento, dándole un aspecto débil y oscuro.

4.1.6. TEJA:

Es un material vernáculo con forma curva compuesto de tierra cocida, utilizado para la construcción de techos en viviendas.

La teja está compuesta de tierra que contiene de un 70 a 80% de arcillas y de un 20 a 30% de arena. Las tejas generalmente se asientan sobre vigas de madera de tal manera que el techo forme un ángulo aproximado de 20°. Las tejas son traslapadas entre ellas y unidas con algún tipo de mortero que puede ser barro o cemento (Jaramillo Villacís y Guerra Sarche, 2015).

Muchas de las viviendas tradicionales cercanas al volcán Tungurahua utilizan techos con teja cerámica, mismas que por la ceniza han perdido sus características físicas, ya que se han decolorado, han perdido resistencia, su aspecto es mucho más poroso, etc. Esto se ha constatado con la visita al lugar.



a). Cubierta de teja, fracasada por el peso de la ceniza - Bilbao

b). Vivienda con cubierta de teja intacta, no fracasó luego de la erupción volcánica, tiene aún residuos de ceniza – El Manzano

FIGURA 4.16: Vivienda con teja.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se evidencia en las presentes fotografías que las edificaciones fracasaron debido al peso de los residuos del volcán luego de la erupción, mismas que fueron abandonadas por sus propietarios, sin embargo, existen viviendas que se mantuvieron en pie, sin colapso de sus elementos importantes, los habitantes de éstas regresaron y dieron mantenimiento, en el caso de la teja, ha sido muy difícil la remoción de la ceniza, afectando su apariencia estética, su color se ha oscurecido y da un aspecto de un material demasiado antiguo. Diferentes tejas presentan grietas, se puede apreciar que ha perdido su resistencia y su elegancia.

Fueron recolectadas tejas del sitio en cuestión, para realizar ensayos de resistencia y compararlo a estudios de tejas que no han sido afectadas por la ceniza volcánica, con la finalidad de establecer la variación de sus propiedades mecánicas.

4.1.7. Ensayo de los prototipos

Tejas Cerámicas. Determinación de la Resistencia a la Flexión de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 988 – 1982-12

Esta norma establece el método de ensayo de las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada y cocida para comprobar su resistencia a la flexión.

El ensayo “se basa en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja colocada horizontalmente sobre soportes separados hasta llegar a la rotura de la teja”.

Proceso de ensayo

En campo fueron recolectadas muestras de teja de arcilla cocida, 5 expuestas a ceniza volcánica y 5 sin exposición a este factor nocivo.

En la parte superior de la teja en su parte central, se limitará un cuadrado de 6x6, rellenándolo con una capa plana de mortero de yeso calcinado, en el que se aplicará la carga.



FIGURA 4.17: Teja de arcilla cocida

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

4.1.8. Resultados

La carga de rotura que indica la máquina da a conocer la resistencia a la flexión de cada muestra ensayada.

Se establece el resultado a la media aritmética de las resistencias obtenidas en las muestras sometidas al ensayo.

Los resultados de la (Tabla. 4.2) corresponden a las muestras recolectadas en Bilbao y que han estado expuestas a ceniza volcánica y las inclemencias del clima de un contexto volcánico.

Resultados		
Tejas	Resistencia	Resistencia Total
1	37 Kgf	29,8 Kgf
2	34 Kgf	
3	20 Kgf	
4	24 Kgf	
5	34 Kgf	

Tabla 4.2: RESULTADO ENSAYO TEJA DE ARCILLA COCIDA, EXPUESTA A CENIZA VOLCÁNICA

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Los resultados correspondientes a la (Tabla. 4.3) corresponde a las tejas de arcilla cocida de Latacunga provincia de Cotopaxi, con características similares a las recaudadas en Bilbao – Cotopaxi, con la diferencia de que estas piezas no estuvieron expuestas a la ceniza volcánica, por lo que obtuvieron los siguientes resultados:

Resultados		
Tejas	Resistencia	Resistencia Total
1	36 Kgf	42,1 Kgf
2	32 Kgf	
3	54 Kgf	
4	38 Kgf	
5	39 Kgf	
6	54 Kgf	

Tabla 4.3: RESULTADO ENSAYO TEJA DE ARCILLA COCIDA, SIN EXPOSICIÓN A CENIZA VOLCÁNICA.

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Análisis del ensayo

Los resultados evidentemente tienen una gran diferencia, las piezas que estuvieron expuestas a la ceniza volcánica han perdido resistencia a la flexión, siendo de esta manera un material no idóneo para los lugares localizados cerca del volcán Tungurahua. Se ha evidenciado que la teja, además de perder resistencia ha perdido también muchas de las características que la hacen única, por su exposición a la ceniza volcánica.

Su color cambia drásticamente a un tono gris, se observa que, vuelve a la teja porosa quitándole así sus propiedades de impermeabilidad, sus aristas se han degradado junto

con su aspecto estético. Muchas son las desventajas que provoca la ceniza volcánica en este material, haciéndolo vulnerable en un contexto cercano a un volcán en actividad.



FIGURA 4.18: Muestras de tejas que estuvieron expuestas a ceniza volcánica hasta la actualidad – Bilbao

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

4.1.9. ZINC:

Una de las soluciones de cubiertas que se han expandido de manera abundante alrededor del mundo son los techos metálicos. Han tenido un gran acogimiento entre la población por la ligereza del material, y su resistencia a los terremotos y los fuertes vientos huracanados, son incombustibles ante el fuego y presentan un buen aspecto visual, además de ser económicas y de fácil construcción. Su utilización se extiende a nivel urbano y rural.

Estas cubiertas son comúnmente utilizadas en edificios industriales, estructuras deportivas y agrícolas, etc, también de manera temporal en ampliaciones y rehabilitaciones y permanentemente en viviendas, por su bajo costo de manufactura, su simplicidad y fácil mantenimiento, las chapas dañadas se pueden cambiar con facilidad junto con sus elementos de sujeción (pernos, clavos) (Díaz, 2012).

Ha sido muy común encontrar este tipo de material en las cubiertas de la mayoría de viviendas que se encuentran en el contexto volcánico recorrido. Estos lugares han sido recuperados por sus habitantes, sin respaldo de las autoridades para su reconstrucción, han optado por el empleo de materiales económicos que se ajustan a los ingresos por sus actividades agrícolas y ganaderas.



a). Cubiertas de Zinc – Cusúa – Baños de Ambato
b). Cubiertas de Zinc – Sector Cusúa - Baños

FIGURA 4.19: Viviendas con Zinc.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se ha constatado que las planchas de Zinc en su mayoría han sido atacadas por la oxidación, quitándole las propiedades propias del material, como su resistencia y su color.

(Castaño, Botero, y Peñaranda, 2007) manifiestan que:

“La corrosión atmosférica es un fenómeno tan cotidiano como potencialmente destructivo, consumidor de recursos (humanos y materiales) y tiempo. Es un laberinto de gran complejidad, esquiva a las generalizaciones y modelos. Esto, se debe, entre otras cosas, a la inestabilidad de las diferentes atmósferas, que cambian continuamente en el tiempo y el espacio, sujetas a una gran cantidad de variables.

El SO₂, uno de los principales contaminantes atmosféricos, induce una tasa de corrosión muy alta en el zinc. En numerosos estudios se señala que la corrosión atmosférica del zinc es directamente proporcional a la concentración de SO₂.

Haynie y Upham, encontraron que la corrosión atmosférica del zinc aumentaba linealmente con respecto al tiempo de exposición. Schikorr, uno de los pioneros en el tema, ya había hallado una relación directamente proporcional entre corrosión y concentración de SO₂. Guttman fue uno de los primeros en demostrar que, además del SO₂, el tiempo de humectación era otra variable determinante. En la mayoría de los estudios posteriores se ha corroborado el marcado efecto del SO₂ y de los cloruros”.

La corrosión del Zinc también se da en función del PH. “El PH del electrolito es un factor determinante en el proceso, porque si esta baja hasta valores muy ácidos se puede producir la disolución de capas protectoras” (“Mecanismos de corrosión del zinc expuesto a la atmósfera”, 1989). “A valores de PH entre 6 y 12 la velocidad de corrosión es baja,

debido, principalmente, a la formación de productos de corrosión pasivos, mientras que a valores de pH menores que 6 la velocidad de corrosión se incrementa sustancialmente”.

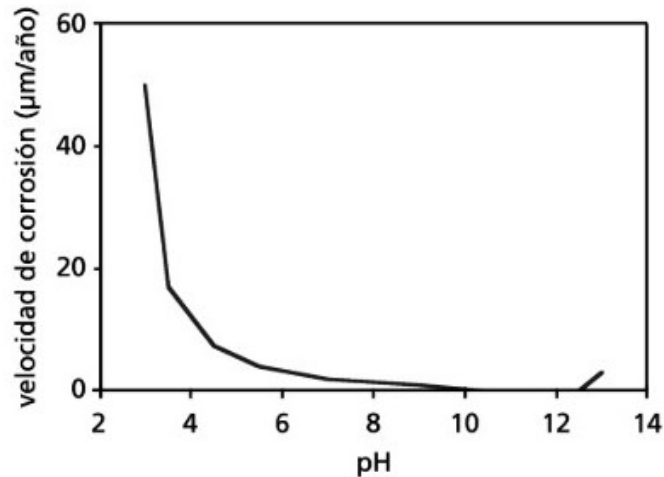


FIGURA 4.20: Variación de la velocidad de corrosión del zinc en función del pH del electrolito.

Fuente: J. Castaño et al., (2007)

Elaboración: J. Castaño et al., (2007)

“Si la humedad superficial alcanza un bajo pH, ya sea en forma permanente u ocasional (por ejemplo, por una gran contaminación con SO_x, lluvias ácidas o atmósferas contaminadas por HCl), no se formarán hidróxido de zinc ni sales básicas de zinc” (Chico, Otero, Mariaca, y Morcillo, 1998). “Se facilita, entonces, la formación de sulfatos y cloruros solubles en agua, que pueden ser lavados por la lluvia y no ejercerán protección alguna. En consecuencia, se elevará la tasa de corrosión.”

Así, llegamos a la conclusión de que, por los altos niveles de dióxido de azufre (SO₂) que corresponde a uno de los gases más abundantes que emite un volcán en actividad, después del vapor de agua y el dióxido de carbono (CO₂) (F. Sotomayor., 2015) provoca disminución sustancial del pH, provocando de esta manera que exista lluvia ácida. Misma que, tiene extremas cantidades de ácido nítrico (HNO₃) y ácido Sulfúrico (H₂SO₂), diluidos en sus gotas de agua. Estos ácidos son formados al tener reacción con el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el trióxido de azufre (SO₃). Por lo que el agua lluvia se vuelve ácida al obtener niveles de pH que oscilan entre 3.5 a 5.5 a comparación del pH normal del agua que se aproxima a 6.5. (Montalvo y Escobar, 2011).

El volcán Tungurahua en su última manifestación en el año 2006 expulsó gran cantidad de SO₂ durante todo el año, oscilando así desde el mes de enero hasta el mes de abril entre 119 ton/día hasta 6012 ton/día y desde el mes de junio hasta enero del 2017 osciló entre 397 ton/día hasta 1382 ton/día 99(Instituto geofísico – EPN., 2016).

La lluvia se hizo presente a lo largo del año, por hacer referencia se ha registrado lluvias intensas justamente entre la semana que más emisión de SO₂ hubo, del 1 al 8 de marzo del 2016, lapso en el cual el volcán emitió 6012 ton/día de este gas, provocando así la ya mencionada lluvia ácida.

Éste es el motivo por el cual la mayoría de cubiertas revestidas de zinc perdieron sus propiedades y se tornaron llenas de óxido.



FIGURA 4.21: Cubiertas de Zinc cubiertas por óxido - Bilbao

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Se tomó una muestra del zinc expuesta a la ceniza volcánica y otra con efectos de oxidación por su exposición a la intemperie, los que pudieron ser encontrados en la comunidad de Bilbao, se sometieron a ensayo a la tracción y se lo comparó con una muestra de zinc nuevo, teniendo como objetivo constatar la variación de propiedades mecánicas y físicas del material.

4.1.10. Ensayo de los prototipos

Ensayo a la tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 109 – 2009

“Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente. Se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.”

“El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas.”

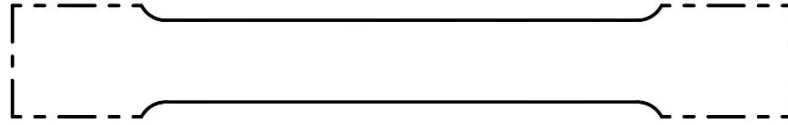


FIGURA 4.22: Forma de la probeta
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Procedimiento

En la prensa universal para el ensayo, se coloca las probetas y con las mordazas se realiza presión a los extremos del metal hasta su ruptura.



FIGURA 4.23: Proceso de Ensayo
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

4.1.11. Resultados



FIGURA 4.24: Resultado – probeta 1
Fuente: INEN 109
Elaboración: Propia



FIGURA 4.25: Resultado – probeta 2
Fuente: INEN 109
Elaboración: Propia



FIGURA 4.26: Resultado – probeta 3
Fuente: INEN 109
Elaboración: Propia

Probeta	Fuerza máxima	Esfuerzo máximo
1	10 Kn	500 MPa
2	9,7 KN	485 MPa
3	12 KN	600 MPa

Tabla 4.4: CUADRO DE RESULTADOS

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Análisis del ensayo

Según los resultados obtenidos, se concluye; la probeta 2, misma que estuvo expuesta a ceniza volcánica, perdió resistencia, se puede evidenciar desgaste y pérdida de sus propiedades físicas como su apariencia estética, ya que, se torna de un color blanquecino y da indicios de corrosión; la probeta 3 sin embargo, ha tenido una resistencia mayor en comparación a la resistencia del zinc nuevo, evidenciando que, el óxido ha favorecido al material en cuanto a esta propiedad, sin embargo, ha perdido sus colores originarios, brillo y textura lisa que caracteriza al material.

4.2. PROPUESTA DE DISEÑO PARA CUBIERTAS.

En un contexto de riesgo la resiliencia es la capacidad de sobrevivir y hacer frente a una catástrofe con un exiguo impacto y destrucción, para reducir o evitar pérdidas. Cada realidad del lugar obliga a precisar sus vulnerabilidades y posibilidad de resiliencia, así como las capacidades y recursos accesibles.

ONU (2012), establece en una de sus publicaciones sobre ciudades resilientes que, *“medidas tales como el reforzamiento de las estructuras de protección, de la infraestructura vial, del cambio a nuestras estructuras resilientes podían posibilitar, entre otras medidas que las ciudades estuviesen mejor preparadas para atender eventuales desastres”*.

Para aumentar la resiliencia a los desastres, la comunidad, debe desarrollar sus actividades económicas, disminuir las desigualdades recursos y de riesgo, e interesarse por sus áreas de mayor vulnerabilidad. Áreas sociales como la educación, la salud o la delincuencia, se han antepuesto a la vivienda, como el problema relevante de la sociedad. (Tapia Zarricueta, 2015)

La vivienda, incide directamente en la calidad de vida de las personas, siendo el punto de partida para mejorar las condiciones humanas de aquellas personas que se han visto en la obligación de vivir en lugares riesgosos.

La atención humanitaria y los procesos de reestructuración, la mayoría de veces se han realizado sin previo conocimiento de reducción de riesgos, incrementando, aunque no sean sus intenciones, la vulnerabilidad social, física, económica, ambiental de la ciudadanía frente a próximos eventos.

Se debe considerar que, no sólo es deseable sino posible planificar y proponer estrategias para la recuperación de las zonas, con antelación a la presencia del desastre. Lo que quiere decir que, es posible preparar de forma anticipada a las instituciones nacionales, regionales y locales, y a los ciudadanos; pronosticar mecanismos y formular orientaciones en el aspecto de la seguridad, para que, el proceso de rehabilitación y reconstrucción post desastre se desarrolle de manera oportuna y sin repercusiones de alta magnitud. La sistematización de experiencias en varios territorios del mundo da a conocer que, las ineficiencias y deficiencias en el desarrollo de recuperación son aún más graves que el mismo acontecimiento de desastre.

Es relevante el actuar de la política pública dentro de una localidad expuesta a riesgo latente, se debe tener consideraciones como; La elaboración y el refuerzo de los sistemas de programación nacional, sectorial y territorial para ofrecer herramientas suficientes que permitan construir y proponer, con anticipación a los desastres, actuaciones para la restauración que puedan ser rápidamente implementadas en cuanto se tenga un evento. Reforzamiento de los medios de información, para la compilación de información integrada, actualizada y en tiempo real se proyecte y realice de una forma fluida programas de restauración que estén ligados directamente a las necesidades y realidades de cada territorio, estudiar de manera profunda y estructurar la información acerca de los desastres acontecidos, las técnicas utilizadas para la recuperación y sobre los peligros latentes, desarrollar programas de información pública, educación y capacitación ciudadana, planes nacionales que considere la elaboración de estrategias específicas para la captación de fondos económicos que sirvan tanto en las actividades previas como en las posteriores a la presencia de un desastre, proponiendo usar los recursos públicos y privados disponibles y establecer los marcos de ayuda de la cooperación internacional.

En base a la información analizada a lo largo de esta investigación, se sabe que, las edificaciones localizadas en un contexto volcánico expuestas a una serie de condicionantes

que implica la activación de un volcán, reciben grandes desventajas, teniendo en cuenta su construcción empírica y readecuación que los moradores realizan una vez que la actividad volcánica cesa, con presupuestos bajos; en el contexto estudiado y según la manifestación de los ciudadanos sin la ayuda económica ni moral del gobierno.

Este apartado tiene como objetivo brindar estrategias de mitigación para los poblados ubicados a faldas de un volcán, desde un contexto general a propuestas de la estructura más vulnerable de la vivienda, las cubiertas, considerando los materiales relevantes utilizados para la estructura y el revestimiento de las mismas. Adaptándonos a la realidad de la comunidad, pretendiendo salvaguardar la seguridad de las personas, colaborar con el aumento de resiliencia de los lugares en cuestión y mejorar la respuesta a un próximo evento.

Los volcanes tienen períodos de erupción, durante los cuales pasan por una serie de acontecimientos que alarma a los moradores e investigadores de la zona, provocando daños inminentes en los componentes constructivos de una edificación.

La sismicidad de un volcán es caracterizada por los temores que presenta en primeras instancias frente a una activación, provocando movimientos de terreno los que, afectan a la estructura de las edificaciones, para este tipo de contexto deben tener estudios preliminares, si bien el Ecuador es un país con alto riesgo sísmico y se tienen Normas de Construcción para mitigar el daño, las zonas recorridas, no tienen estudios mínimos estructurales para soportar dichos acontecimientos, provocando fallas en los elementos principalmente verticales de las viviendas.

El Ecuador cuenta con varias normas que pueden ser revisadas en cuanto a sismicidad, facilitando a las autoridades a establecer el uso de las mismas. Para este tipo de situaciones se puede revisar las normas insertas en *SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES*.

Otro de los elementos afectados y que se ha constatado en apartados anteriores es el vidrio de las ventanas, siendo altamente vulnerables en su totalidad por el uso empírico del mismo en las edificaciones, los ciudadanos, anteponen en un porcentaje mayor a la economía frente a la seguridad, por ello, se recomienda la revisión de las norma *NECHS-VIDRIO: Vidrio*, manifestando que, “*el sistema de acristalamiento debe cumplir con el diseño de presión de viento, permeabilidad del aire y estanqueidad del agua compatible con la función y ubicación de la edificación*”, en este caso deberían también ser tomadas los múltiples elementos expulsados por el volcán, como; la ceniza, que por tener partículas muy pequeñas pueden ingresar al interior de las viviendas, afectando de esta manera la salud de los habitantes, para esta situación, se debe impermeabilizar cualquier espacio que pueda quedar entre la pared, la estructura de la ventana y la colocación del vidrio.

La expulsión masiva de ceniza, piroclastos, piedras, por parte del volcán provocan que, las cubiertas de las viviendas se conviertan en los elementos más afectados en el contexto estudiado, sus estructuras colapsan por el peso que conlleva la caída de la ceniza y elementos múltiples expulsados por el volcán, de igual manera, sus elementos de revestimiento, han sido notablemente afectados, como manifiesta el capítulo anterior y se ha verificado con ensayos y levantamiento fotográfico.

Tres tipos de cubierta relevantes fueron las que se encontraron en la zona de estudio, mismas que, fueron sometidas a una revisión de la resistencia y su sistema constructivo, llegando a conocer que son deficientes para el lugar al que pertenecen, por esta razón, nuevas estructuras con reforzamientos, secciones de elementos permisibles y sistemas de construcción adecuados para una resistencia de mayor envergadura son recomendados a continuación:

El estudio estructural de las cubiertas fue hecho considerando una luz de 6,40m y un espesor mínimo de 40cm de ceniza húmeda, siendo un equivalente de 500 kg/m², consideración que se realizó por lo manifestado en el sitio del levantamiento, sabiendo que, en la última erupción del volcán, los moradores habían encontrado sus viviendas con hasta 30 cm de ceniza acumulada en las cubiertas.

Las características esenciales de las cubiertas fueron replicadas en las propuestas, siendo; las armaduras de madera y los respectivos recubrimientos, con mejoras sustanciales.

Cubierta de Fibrocemento

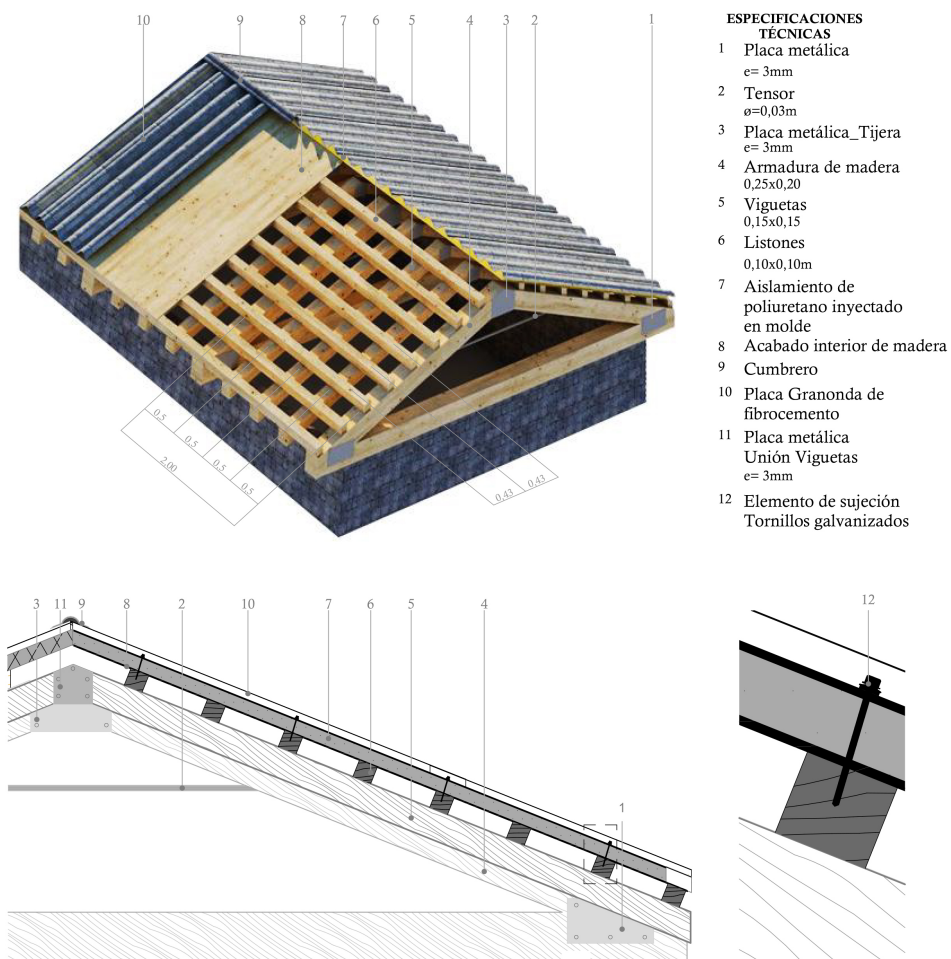


FIGURA 4.27: Cubierta de Fibrocemento
Elaboración: Propia

El diseño de la estructura requiere de secciones notablemente grandes a comparación de las existentes, su armado consta de; armaduras de madera colocadas cada dos metros con elementos de 0,25x0,20m unidos con placas de 3mm de espesor y pernos de 1 $\frac{1}{2}$ " y reforzada con un tensor de 0,03m, entre éstas, se colocan viguetas de 0,15x0,15m unidas en su punto más alto de igual manera con placas de las mismas características; como elementos finales están los listones con secciones de 0,10x0,10m con una separación de 0,43m, garantizando de esta manera, el soporte de la carga requerida.

La cubierta cuenta con una pendiente del 40 %, porcentaje que favorece al deslizamiento de la ceniza y facilidad en la limpieza luego de un evento eruptivo.

El sistema que se propone como revestimiento, se compone de una plancha de fibrocemento granonda, terminado interno de madera, el que sirve como barrera de vapor, en el intermedio de estos materiales será colocado un aislamiento de poliuretano inyectado en molde con una densidad de 40 kg/m³ los elementos de recubrimiento son favorable para proporcionar propiedades a la vivienda como: aislamiento térmico y acústico, doble cubierta, indeformable, inoxidable, soporte de tejas, ideal para entornos salinos o ambientes con altos contenidos de humedad. Este planteamiento permite a la vez contrarrestar la emisión del sonido, reduciendo el efecto tambor de la lluvia, el granizo y los elementos volcánicos como piedras pequeñas, piroclastos, entre otros.

Los elementos considerados para la estructura y sus características han sido producto de un análisis estructural, teniendo como principal fundamento la resistencia a una carga equivalente a 40cm de ceniza húmeda con una pendiente mínima de 40 %, distribuyendo el peso de manera uniforme. Se evidencia mediante gráficos técnicos la manera en la que se ha solventado los requerimientos iniciales.

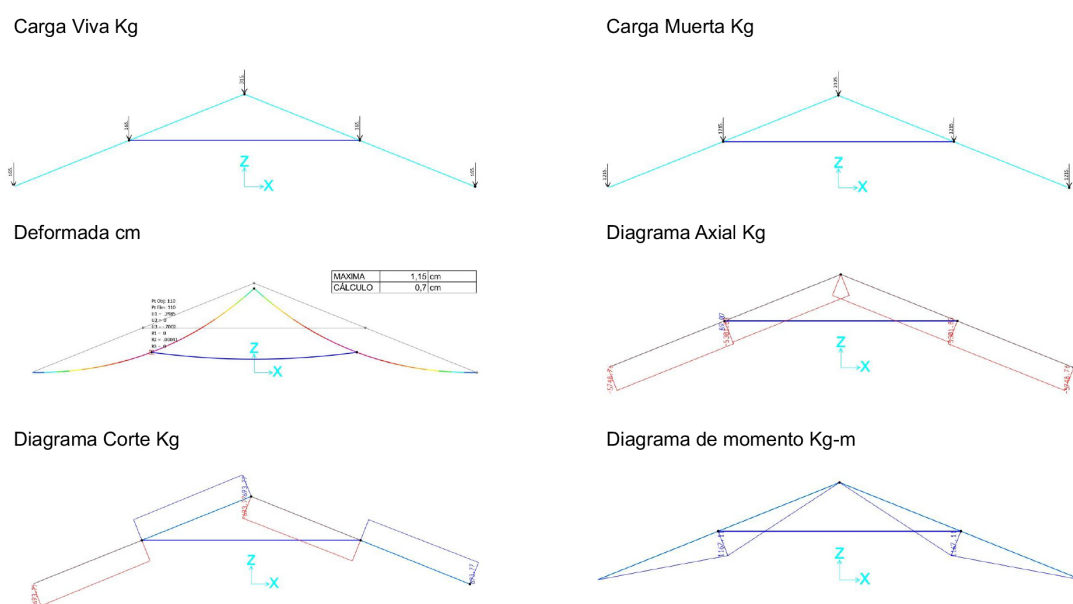


FIGURA 4.28: Diagramas
Elaboración: Propia

Los gráficos resultantes del análisis estructural, demuestran el comportamiento satisfactorio que presenta la estructura ante las exigencias del contexto, así como sus cálculos estructurales que están anexados al final de la investigación.

Cubierta de Teja de arcilla cocida

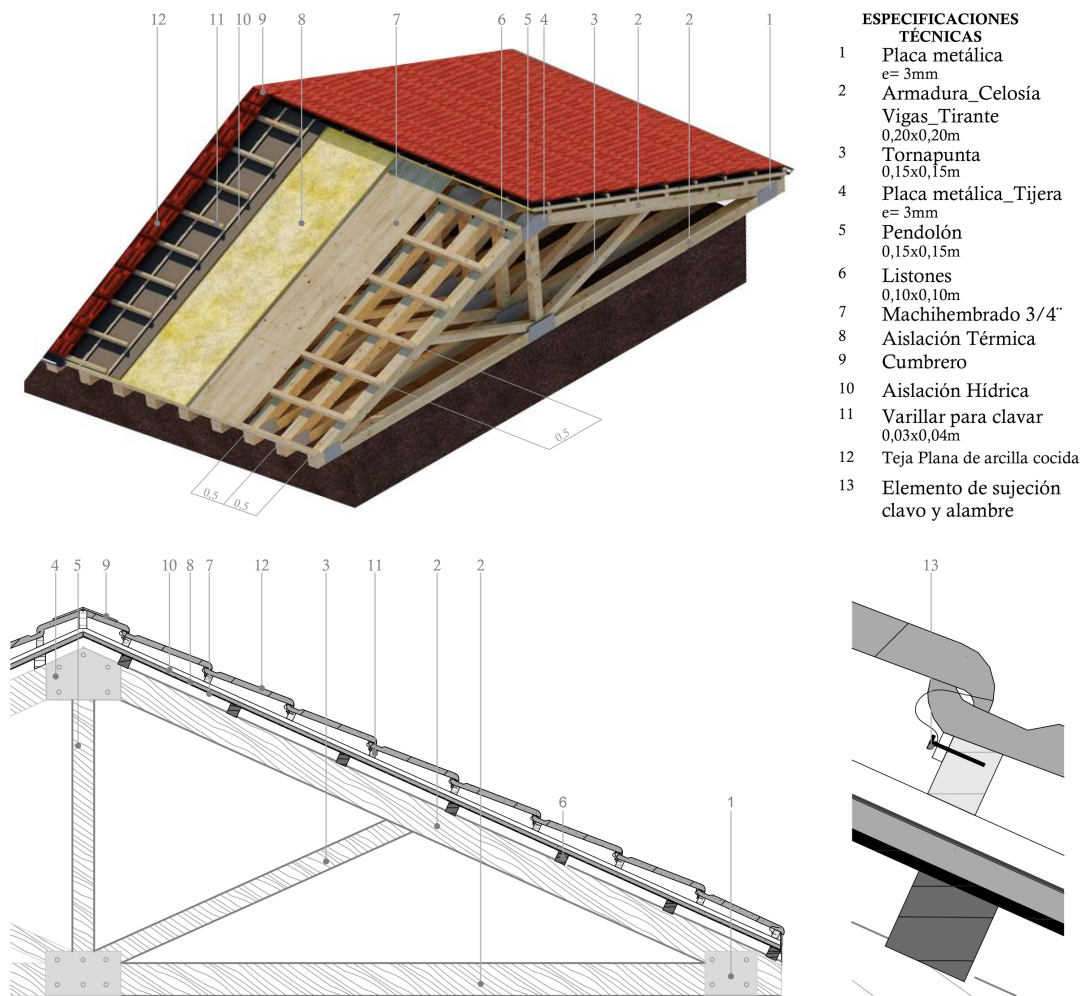


FIGURA 4.29: Cubierta de Teja de arcilla cocida
Elaboración: Propia

El diseño de la estructura está compuesto de secciones notablemente grandes a comparación de la existente y levantada in situ, además de, cambiar la forma y los elementos constructivos, en este caso se propone un sistema de celosías, formadas por vigas y tirantes de 0,20x0,20m, tornapuntas y pendolón de 0,15x0,15m unidos por placas metálicas de 3mm de espesor y pernos de 1 $\frac{1}{2}$ " , cada celosía se coloca a 0,50m, sobre éstas se colocan listones de 0,10x0,10m cada 0,50m, garantizando de esta manera el soporte efectivo de la carga requerida.

La cubierta cuenta con una pendiente del 45%, porcentaje que favorece al deslizamiento de la ceniza y facilidad en la limpieza luego de un evento eruptivo.

El recubrimiento para este tipo de cubierta cambia, se propone reemplazar las tejas onduladas por planas, permitiendo facilitar el mantenimiento y proporcionar un mejor comportamiento de deslizamiento de la ceniza volcánica sobre el tejaz, Este sistema constructivo proporciona obtener un adecuado confort térmico, mejor sujeción de elementos, facilitando la distribución homogénea del peso que se posará sobre ella, al sistema estructural.

La celosía y los listones, que constituyen la estructura de esta cubierta, sus secciones y colocación han sido producto de un análisis estructural, teniendo como el caso anterior como primer fundamento la resistencia a una carga equivalente a 40cm de ceniza húmeda, en este caso con una pendiente mínima de 45 %, distribuyendo el peso de manera uniforme. Para evidenciar que solvente estos requisitos, se tienen los gráficos técnicos con sus respectivas cargas y moderaciones.

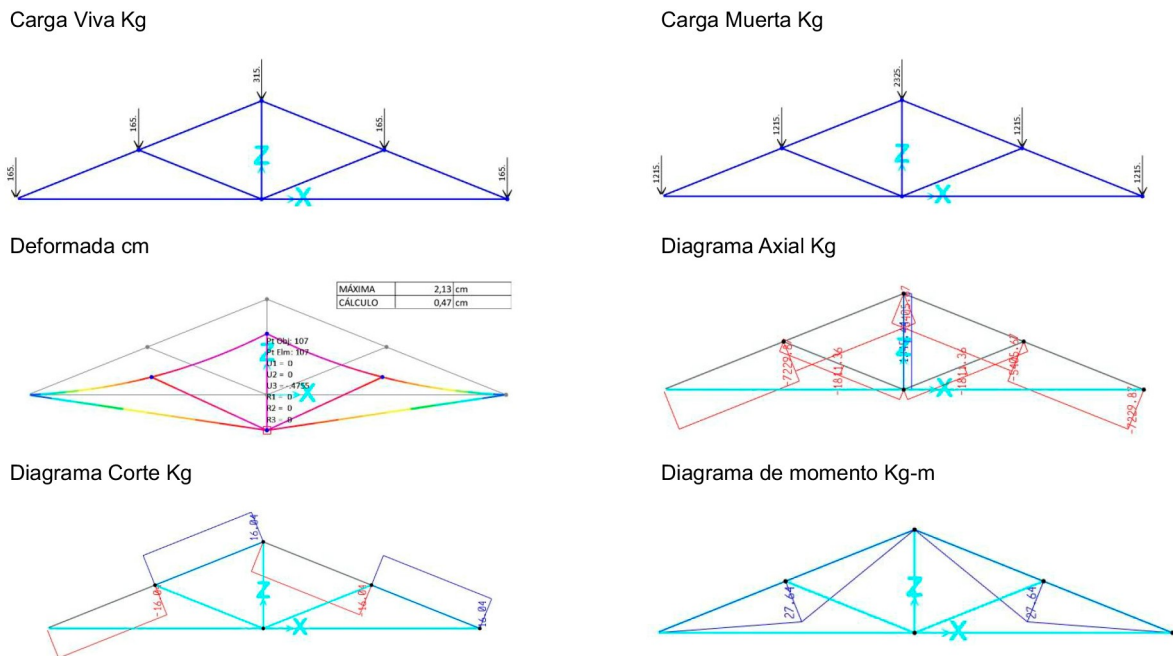


FIGURA 4.30: Diagramas
Fuente: Propia
Elaboración: Propia

Los gráficos resultantes del análisis estructural, demuestran el comportamiento satisfactorio que presenta la estructura ante las exigencias del contexto, así como sus cálculos estructurales que están anexados al final de la investigación.

Cubierta de Zinc

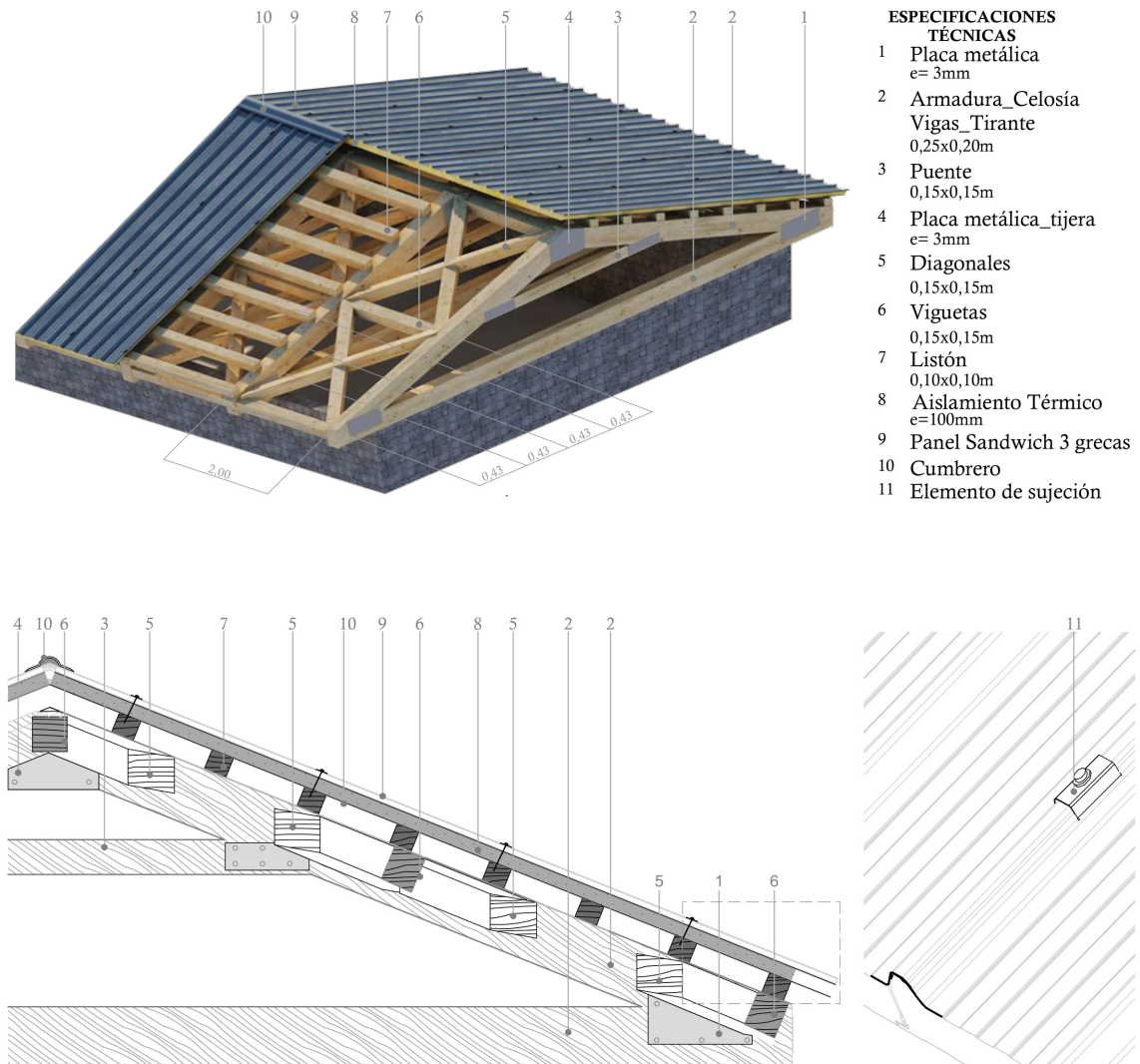


FIGURA 4.31: Cubierta de Zinc

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

En este caso, se tiene secciones de la armadura, vigas y tirantes de 0,25x0,20m y complementada por un puente de 0,15x0,15m, cada elemento unido mediante placas metálicas de 3mm de espesor y pernos, cada armadura se dispone a 2 metros de distancia, complementado con viguetas de 0,15x0,15, entre ellas diagonales de 0,15x0,15m que ayudan a soportar el peso requerido en el contexto estudiado, sobre estos elementos se sitúan listones de 0,10x0,10m, dispuestos a 0,43m de distancia, garantizando así el soporte efectivo de la carga.

Para este tipo de cubierta se propone manejar una pendiente de mínimo 40%, porcentaje que favorece al deslizamiento de la ceniza y facilidad en la limpieza luego de un evento eruptivo.

El recubrimiento para este tipo de cubierta varía, de un sistema con terminado de

zinc ondulado a un sistema de panel sandwich compuesto por una chapa para techados constituida por una capa interna de espuma de poliuretano que respalda una aislación térmica favorable por su densidad de aproximadamente 40 kg/m³. A su vez, la capa interna mencionada está protegida y encerrada por dos placas de acero galvanizado, perfilado y prelacado para proporcionar una resistencia favorable ante las inclemencias del clima y una capacidad superior de carga. El terminado del material permite un fácil mantenimiento ya que su superficie se caracteriza por su forma lisa que proporciona un mejor comportamiento de deslizamiento de la ceniza volcánica.

Los elementos dispuestos en este tipo de estructura han sido producto de un análisis estructural, teniendo como primer fundamento la resistencia a una carga equivalente a 40cm de ceniza húmeda, igual que las estructuras anteriores, volviendo a tener una pendiente mínima de 40 %, distribuyendo el peso de manera uniforme. Para evidenciar que solvente estos requisitos, se tienen los gráficos técnicos con sus respectivas cargas y moderaciones.

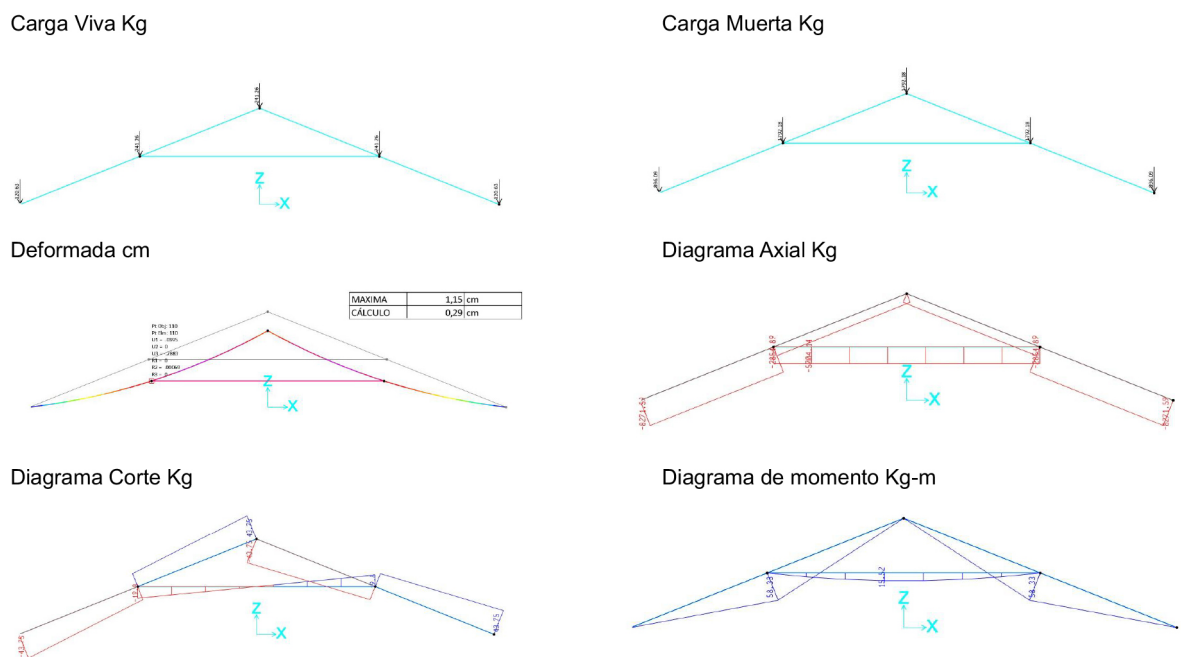


FIGURA 4.32: Diagramas

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Los gráficos resultantes del análisis estructural, demuestran el comportamiento satisfactorio que presenta la estructura ante las exigencias del contexto, así como sus cálculos estructurales que están anexados al final de la investigación.

Se puede constatar con los estudios estructurales que, las estructuras de las cubiertas propuestas pueden resistir hasta más de 50cm de ceniza acumulada en estado húmedo, dando de esta manera un mínimo riesgo de colapso.

Tipos De Cubiertas	Resistencia Mínima (cm ceniza)	Resistencia Mínima (kg/m ²)	Resistencia Máxima (cm ceniza)	Resistencia Máxima (kg/m ²)
Fibrocemento	40cm	500 kg/m ²	70 cm	875 kg/m ²
Teja De Arcilla Cocida	40cm	500 kg/m ²	58cm	725 kg/m ²
Zinc	40cm	500 kg/m ²	50cm	625 kg/m ²

Tabla 4.5: RESISTENCIAS DE TIPOS DE CUBIERTAS.

Fuente: Propia
Elaboración: Propia

4.3. CONCLUSIONES

Los sectores habitacionales ubicados a las faldas de un volcán, tienen la necesidad de lograr enfoques multidimensionales sostenibles, con la finalidad de ofrecer un escenario post-desastre con una recuperación a corto o mediano plazo.

Las mejoras en el hábitat construido, luego de haber tenido la experiencia de un desastre volcánico, debe ser una de las prioridades en este tipo de contextos, sabiendo que, se pueden presentar escenarios futuros de la misma magnitud e inclusive peores.

El estudio realizado ha permitido establecer recomendaciones, que resultan favorables para los lugares con mayor incidencia volcánica, logrando de esta manera, dar soluciones a uno de los factores más vulnerables de la vivienda, la cubierta, que salvaguarda la seguridad de las personas y permite un soporte elevado de las cargas durante un evento volcánico explosivo. Ayudando así a la minimización de daños estructurales y envolventes de la cubierta.

Es posible la reestructuración de normas de construcción, estudio de las zonas más afectadas, dar soluciones a los problemas que ya se han presentado y establecer procedimientos adecuados para mitigar el peligro de futuros eventos, garantizando de esta manera un porcentaje mayor de resiliencia y una mejor calidad de vida a la población.

Al culminar este tipo de investigación, se describe a continuación las características que denotan a cada elemento estudiado dentro de este contexto.

Los materiales de revestimiento predominantes en la zona volcánica estudiada; fibrocemento, teja de arcilla cocida y zinc, luego de haberse sometido a ensayos de laboratorio para determinar su resistencia; INEN 1315, INEN 988, INEN 109, respectivamente, demostraron que, las condiciones a las que se exponen y su método de construcción, no favorecen a su durabilidad, ya que, con el pasar del tiempo, la intemperie y las condiciones volcánicas a las que se exponen, debilitan el material y actúan de manera desfavorable en sus propiedades físicas. Este proceder permite conocer la realidad de los materiales y sus posibilidades de mejoramiento, así:

El método constructivo de colocación del fibrocemento, tejas de arcilla cocida y zinc,

actualmente es básico, empírico, colocado por los moradores del sector, directamente sobre su estructura portante (madera), proporcionando un bajo nivel de resistencia y mala distribución de la carga.

Los sistemas constructivos propuestos para los tres tipos de revestimiento, dan como resultado una cubierta con mejoras sustanciales al momento de distribuir de manera homogénea el peso que se presente, disminuyen el efecto tambor de elementos expulsados por el volcán, ofrece aislamiento térmico y fácil mantenimiento.

La estructura de las cubiertas relevantes del contexto es de madera, actualmente no cumplen con la NEC – SE – MD que corresponde a cargas sísmicas – diseño sismo resistente, de las normas ecuatorianas de la construcción, sus componentes y su armado son ambiguos, generando poca seguridad a la vivienda, por lo que el colapso de las mismas es inminente ante el acumulamiento progresivo de ceniza y caída de varios elementos volcánicos, las simulaciones de resistencia de estas cubiertas han demostrado resultados desfavorables, evidenciando el fracaso de las estructuras de las cubiertas de fibrocemento con 14 cm, de teja de arcilla cocida con 7cm y la de zinc con 2cm, escenario de gran vulnerabilidad, ya que, en los sitios recorridos se puede encontrar hasta 30 cm de ceniza volcánica sobre las cubiertas.

Cada una de las propuestas estructurales para las cubiertas (fibrocemento, teja de arcilla cocida y zinc), han sido sometidas a la norma correspondiente ya mencionada y expuestas a un peso equivalente de 40cm de ceniza húmeda acumulada como peso muerto, con pendientes mínimas de 40 % y 45 %, logrando estructuras lo suficientemente resistentes para el soporte de la carga que conlleva tener el peso estimado de la ceniza, cargas vivas, carga de los materiales de revestimiento y sus elementos. Colaborando de esta manera con el fin último del estudio, resguardar la seguridad y dar una mejor calidad de vida a las personas.

4.4. RECOMENDACIONES

El contexto volcánico ha acogido múltiples poblaciones a su alrededor gracias a las características de fertilidad que brinda a la tierra luego de un evento volcánico, colaborando a la economía de sus habitantes, sin embargo, las consecuencias negativas priman sobre estas zonas, influyendo en el deterioro de la salud, en el daño de la infraestructura, de los servicios básicos y de las edificaciones.

Por lo que, se pueden generar las siguientes recomendaciones:

- Establecer la planificación urbana para el contexto, restringiendo el uso de suelo alrededor del volcán, considerando cada nivel de riesgo.
- No permitir la expansión comunitaria en estas zonas.
- Prever mecanismos y formular orientaciones en el aspecto de la seguridad.

- Salvaguardar la vida de los habitantes, instruyéndolos y haciéndolos conscientes del peligro latente con el que conviven.
- Priorizar la vivienda como problema principal y aportar con soluciones que permita el buen vivir de los ciudadanos.
- Establecer normativas de reforzamiento y construcción adecuadas para las edificaciones emplazadas en este tipo de contexto, evitando el colapso de elementos fundamentales, que pueden ser afectados por los componentes de gran impacto expulsados por el volcán.
- Usar materiales estructurales de alta resistencia en la construcción de las viviendas, cumpliendo las normativas vigentes existentes.
- Usar materiales de revestimiento idóneos para la zona; lisos, que evitan el acumulación de la ceniza, de larga duración, de fácil limpieza, bajo mantenimiento. Y existentes en el lugar.

Referencias

- Arriagada, P., y Valdebenito, L. (2011). Para reconstruir la vida de los niños y niñas: guía para apoyar intervenciones psicosociales en emergencias y desastres. En *Para reconstruir la vida de los niños y niñas: Guía para apoyar intervenciones psicosociales en emergencias y desastres*. UNICEF.
- Berroeta, H., Ramoneda, Á., Rodríguez, V., Di Masso, A., y Vidal, T. (2015). Apego de lugar, identidad de lugar, sentido de comunidad y participación cívica en personas desplazadas de la ciudad de chaitén. *Magallania (Punta Arenas)*, 43(3), 51–63.
- Bignami, P. y C. V. y. C. M. y. F. E. y. F. A. y. G. S. y. K. C. y. M. D. y. M. M. y. o., Christian y Burrato. (2012). Patrón de deformación cosísmica de la secuencia sísmica de emilia 2012 obtenida por interferometría radarsat-1. *Annals of Geophysics*, 55(4).
- Bustillos, J. E., Le-Pennec, J., Samaniego, P., Eychenne, J., Troncoso, L., Ordóñez, J., y Gonza, T. (2014). Transición del estilo eruptivo durante las erupciones andesíticas en sistema abierto: “contribución al estudio de los depósitos de ceniza del volcán tungurahua-2010”. *Revista Politécnica*, 33(1).
- Caïs, J., y cols. (1997). *Metodología del análisis comparativo*. Centro de Investigaciones Sociológicas Madrid.
- CARDONA, A. (1991). Omar darío,(1991). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, Bogotá*.
- Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *Los desastres no son naturales*, 51–74.
- Cardona, O. D. (1996). Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. *Ciudades en riesgo*.
- Carreño Tibaduiza, M. L., Cardona Arboleda, O. D., y Barbat Barbat, H. A. (2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).
- Castaño, J., Botero, C., y Peñaranda, S. (2007). Corrosión atmosférica del zinc en ambientes exteriores e interiores. *Revista de metalurgia*, 43(2), 133-145.
- Chico, B., Otero, E., Mariaca, L., y Morcillo, M. (1998). La corrosión en atmósferas marinas. efecto de la distancia a la costa. *Revista de Metalurgia*(Extra), 71-74.
- Cutter, L. y. B. M. y. B. C. y. E. E. y. T. E. y. W. J., Susan L y Barnes. (2008). Un modelo basado en el lugar para comprender la resiliencia de la comunidad ante los desastres naturales. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606.
- Demoraes, F., y d’Ercole, R. (2001). Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en ecuador.
- Díaz, O. (2012). *La cubierta metálica en el clima cálido húmedo: análisis del comportamiento térmico del techo de zinc de la vivienda vernácula dominicana* (Tesis de Master no publicada). Universitat Politècnica de Catalunya.
- D’iaz Juliá, A. (2013). Vivienda en chaitén: regeneración urbana a través de la vivienda post erupción del volcán chaitén.
- Esquivel Monge, M., y Castillo-Barahona, R. (2015). *Efectos de la ceniza volcánica sobre estructuras* (Inf. Téc.). Programa de Ingeniería Estructural LanammeUCR.

- Falasca, C. W. y. C. D., Mauro y Zobel. (2008). Un marco de apoyo a la toma de decisiones para evaluar la resiliencia de la cadena de suministro. En *Proceedings of the 5th international isgram conference* (pp. 596–605).
- Felpeto, A., Garcia, A., y Ortiz, R. (1996). Mapas de riesgo. modelización. *Riesgo volcánico. Série Casa de los Volcánes*, 5, 67–98.
- Fernández, L., Mafia-Augusta y Rodr ´iguez. (1996). Capitulo 1.? ‘cual es el problema?’ introduccion a la tematica. *CIUDADES*, 15.
- Fernández Murga, F. (1989). Carlos iii y el descubrimiento de pompeya, herculano y estabia. *Salamanca*.
- Fournier d’Albe, E. (1979). Objetivos del monitoreo y predicción volcánica. *Journal of the Geological Society*, 136(3), 321–326.
- Fucugauchi, J. U., Gogutchashvili, A., y Morales, J. (2016). Revaluación de la cronología de erupciones del volcán vesubio (italia) a partir de 79 a. d. *Arqueología Iberoamericana*, 8(29), 21–27.
- Gómez-Castillo, G., Mendoza, M. E., Macías, J. L., y Granados, E. L. (2017). Riesgo volcánico: estado del arte y desafíos de trabajo. *Revista Geográfica*(158), 69–106.
- González, E., y Durán, M. J. (1990). *Perfil ambiental de colombia*. Colciencias.
- Grunauer Zambrano, J. N., y Villamarin Mosquera, L. A. (2016). *Ecuador, políticas públicas ante desastres naturales: Análisis de caso* (B.S. thesis). Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Hall, M. L. (1977). *El volcanismo en el ecuador*. IPGH, Sección Nacional del Ecuador.
- Hall, S. M. M. y. E. J. y. M. P. y. Y. H. y. v. H., ML y Robin. (2002). Mapa de peligros potenciales del volcán tungurahua. *Scale*, 1, 50000.
- HERnánDEz, J. R. (2010). Vulnerabilidad social, neoliberalismo y desastre: sueños y temores de la comunidad desplazada/damnificada por el terremoto/tsunami. *Sociedad Hoy*(19), 113–140.
- Induni, G. E. A. (2011). *Los volcanes de costa rica: geología, historia, riqueza natural y su gente*. EUNED.
- Jaramillo, O. A. A. (2019). Análisis petrográfico y petrológico de muestras colectadas en el volcán vesubio, italia. , 23.
- Jaramillo Villacís, A. A., y Guerra Sarche, X. A. (2015). *Caracterización física, mecánica y térmica de materiales vernáculos de la región sierra del ecuador* (B.S. thesis). Quito, 2015.
- La Tercera, D. (2013). *Emocionante retorno a chaitén*.
- Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. *Ciudades en riesgo*.
- Lavell, A. y. o. (2000). Desastres urbanos: una visi ´o n global. *Woodrow Wilson Center y ASIES Guatemala publicaci ´on*, 17–28.
- Le Pennec, D. y. S. P. y. R. ó. n. P. e. Y. á. n. S. M. y. E. J. y. v. d. P. J., JL y Jaya. (2008). Los períodos eruptivos de 1300-1700 d.c. en el volcán tungurahua, ecuador, revelados por narrativas históricas, estratigrafía y datación por radiocarbono. *Journal of Vulcanology and Geothermal Research*, 176(1), 70–81.
- Le Pennec, P. y. E. J. y. H. M. y. M. P. y. R. ó. n. P. y. R. C. y. M. M. y. E. J. y. M. I. y. o., JL y Samaniego. (2005). Los peligros volc ´a nicos asociados con el volc ´a n tungurahua. *Livre de la s ´erie guillemotleft los peligros volc ´a nicos guillemotright*

- Edition cooperaci ó n editora nacional, Quito.*
- López-Ruiz, J., y Cebriá, J.-M. (2007). Procesos y riesgos volcánicos. *Estudios Geológicos*, 63(2), 41–65.
- Luongo, A. y. S. C. y. D. C. E. y. P. G. y. C. A., Giuseppe y Perrotta. (2003). Impacto de la erupción explosiva del 79 d. c. en pompeya, ii. causas de muerte de los habitantes inferidas por análisis estratigráfico y distribución regional de las bajas humanas. *Journal of Vulcanology and Geothermal Research*, 126(3-4), 169–200.
- Macaya, P. (2012). Volcán chaitén: consecuencias y discusiones. ensayo en teoría y política ambiental. *Santiago: Universidad de Heidelberg-UCH-PUC*.
- Maldonado, J. (2008). Crecida de ríos por material piroclástico de volcán y lluvias deja al 92% de chaitén bajo el agua. *La Tercera*.
- Mandujano, F., Rodríguez, J. C., Reyes, S. E., y Medina, P. (2015). La erupción del volcán chaitén: voyerismo, desconfianza, academia y estado. consecuencias urbanas y sociales en la comunidad. *Universum (Talca)*, 30(2), 153–177.
- Marchant Espinoza, J. P. (2010). Lágrimas de ceniza. estudio cualitativo sobre la experiencia de desplazamiento de los habitantes de chaitén, asentados en las ciudades de la isla de chiloé y puerto montt.
- Mecanismos de corrosión del zinc expuesto a la atmósfera. (1989). *Journal of the Electrochemical Society*(4), 193C.
- Melgarejo, A. M., y López, I. S. (2014). Gestión turística en pompeya y herculano. *Pasos Revista de turismo y patrimonio cultural*, 12(1), 173–186.
- Mercurio, D. E. (2014). *Emocionante retorno a chaitén*.
- Montalvo, F., y Escobar, D. (2011). Lluvia ácida de origen volcánico. *Servicio Nacional de Estudios Territoriales y Universidad de El Salvador*. Recuperado de: http://cidbimena.desastres.hn/filemgmt/files/lluvia_acida.pdf.
- Moreira, A. C. C., Aguirre, L. A. A., Noboa, A. R. N., Noboa, C. E. N., Preciado, A. K. A., y Vozmediano, F. D. C. (2017). Asociación entre alteraciones respiratorias y espirométricas con la exposición inhalatoria crónica de las cenizas del volcán tungurahua. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(6), 148–152.
- Noji, E. K. (2000). *Impacto de los desastres en la salud pública*. Pan American Health Org.
- ONU. (2012). *Metodología del análisis comparativo*.
- Osorio Yepes, C. D., y Díaz Faciolince, V. E. (2012). Modelos de intervención psicosocial en situaciones de desastre por fenómeno natural.
- Paniagua, L. D., Sergio y Morales. (1987). Peligros sísmico y volcánico en costa rica: consideraciones para su prevención. *Geostmo*(2), 11–24.
- Paniagua, S. (1995). Los desastres naturales y sus implicaciones en américa central. *Revista Geológica de América Central*.
- PANICHI, C., NOTO, P., y BELLUCCI, L. (1992). Modelo geotérmico preliminar de áreas volcánicas del ecuador, a partir de estudios químicos e isotópicos de manifestaciones termales. *Estudios geotérmicos con técnicas isotópicas y geoquímicas en América Latina*, 219.
- Parra, J., y Figueroa, D. (1999). Aplicación de un modelo de advección-difusión para dispersión de ceniza volcánica: \erupción volcán hudson (1991), chile. *Revista Mexicana de Física*, 45(5), 466–471.

- Peraldo, G., Badilla, E., Camacho, J., Morera, M. L., Chávez, I., Valverde, W., y Sánchez, D. (2012). Deslizamientos complejos que afectan a la población de san antonio de pascua, siquirres, costa rica. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*(11), 4–26.
- Piñeros Cuervo, V. N., y Calvo López, D. A. (2013). *Causas y afectaciones por fenómenos volcánicos en el sistema territorial del eje cafetero como insumo para la formulación de indicadores de gestión del riesgo* (B.S. thesis).
- Pozo Ramos, V. A. (2017). *Propuesta de reubicación de asentamientos humanos localizados en zonas de riesgo. caso de estudio cabecera parroquial cotaló, cantón san pedro de pelileo*. (B.S. thesis). PUCE.
- Robertson, K. G., Lage, A. F., y Ceballos, J. L. (2002). Geomorfología volcánica, actividad reciente y clasificación en colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 11(1), 37–76.
- Rodríguez Ruano, E. G. (2015). *Propuesta de techo para viviendas unifamiliares aledañas a zonas volcánicas* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Romero Toledo, H., y Romero Aravena, H. (2015). Ecología política de los desastres: vulnerabilidad, exclusión socio-territorial y erupciones volcánicas en la patagonia chilena. *Magallania (Punta Arenas)*, 43(3), 7–26.
- Ruano, E. G. R. (2015). Propuesta de techo para viviendas unifamiliares aledañas a zonas volcánicas.
- Ruiz Guadalajara, J. C. (2005). De la construcción social del riesgo a la manifestación del desastre: reflexiones en torno al imperio de la vulnerabilidad. *Desacatos*(19), 99–110.
- Samaniego Eguiguren, P., Yepes, H. A., Ramón, P. A., Hall, M. L., Mothes, P. A., Le Penec, J.-L., ... Troncoso, L. (2010). Cambios en los dinamismos eruptivos durante las erupciones de larga duración: el caso de las erupciones del 2006 del volcán tungurahua (ecuador). *Foro Internacional Peligro Volcánico y Sísmico en el sur del Perú, 5, Arequipa, PE, 23-24 Setiembre 2010, Resúmenes extendidos.*
- Sandoval, V., Boano, C., González-Muzzio, C., y Albornoz, C. (2015). Explorando potenciales vínculos entre resiliencia y justicia ambiental: El caso de chaitén, chile. *Magallania (Punta Arenas)*, 43(3), 37–49.
- Sañudo, E. J. M. (2011). *La técnica parietal romana: análisis del proceso técnico mural romano en el área vesubiana*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Sevilla.
- Selby, M. (1985). *J. 1985 „earth* s changing surface*. Oxford University Press, New York.
- Smolka, M., y Biderman, C. (2011). Vivienda informal: una perspectiva de economista sobre el planeamiento urbano. *Documento de Trabajo. Cambridge, ma: Lincoln Institute of Land Policy*. <http://bit.ly/2i0W3IP>.
- Tapia, R. (2015). Acción del estado y acción comunitaria en la gestión de la vivienda post erupción del volcán chaitén, chile: dos estrategias divergentes. *Magallania (Punta Arenas)*, 43(3), 141–158.
- Tapia Zarricueta, R. (2015). Terremoto 2010 en chile y vivienda social: resultados y aprendizajes para recomendación de políticas públicas.
- Tilling, R. I. (1989). Peligros volcánicos y su mitigación: avances y problemas. *Reseñas*

- de geofísica*(2), 237–269.
- Torres-Corredor, R. A., Ponce-Villarreal, P., y Gómez-Martínez, D. M. (2017). Vulnerabilidad física de cubiertas de edificaciones de uso de ocupación normal ante caídas de ceniza en la zona de influencia del volcán galeras. *Boletín de Geología*, 39(2), 67–82.
- Ugarte, A. M., y Salgado, M. (2014). Sujetos en emergencia: acciones colectivas de resistencia y enfrentamiento del riesgo ante desastres; el caso de chaitén, chile. *Revista Invi*, 29(80), 143–168.
- Vallejos-Romero, A., Cárdenas-Gómez, C., y Sáez-Ardura, F. (2015). Hacia una configuración diferenciada de los riesgos y peligros en américa latina. lineamientos generales para su observación en contextos locales. *Revista Jurídicas*, 12(2).
- Valverde, L. E. (2004). Restricción del uso de la tierra en áreas bajo amenaza volcánica: el caso del arenal. *Revista Geológica de América Central*.
- Vieira, L. (2001). Erupciones del tungurahua 1999-2000. En *Erupciones del tungurahua 1999-2000* (pp. 48–48).
- Viracucha, E., y De la Bastida, J. (2014). Sistema informático para el análisis y procesamiento de señales sísmicas de volcanes en el ecuador. *Revista Politécnica*, 33(1).
- VOLCÁNICO, A. F. A. R. (2015). Estudio comparativo de los planes de actuación frente al riesgo volcánico (chile, costa rica, el salvador, ecuador, españa, méxico y nicaragua). *Revista Geológica de América Central*, 52(52), 33–56.
- Winckell, A. (1997). Los grandes rasgos del relieve en el ecuador. *Los paisajes naturales del Ecuador. Volúmen*, 3–13.

ANEXOS

**NORMAS DE ENSAYOS UTILIZADOS PARA
MATERIALES DE REVESTIMIENTO**

**CÁLCULOS ESTRUCTURALES Y DIAGRAMAS
DE LAS CUBIERTAS PROPUESTAS**

Norma Técnica Ecuatoriana	LAMINAS ONDULADAS DE ASBESTO CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	INEN 1 315 1985-06
<p style="text-align: center;">1.OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar la resistencia a la rotura por flexión en las láminas onduladas de asbesto cemento.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende las láminas onduladas de asbesto cemento diseñadas y fabricadas para su empleo en la construcción de cubiertas de edificios, como también en divisiones interiores, cerramientos y compuertas en cualquier tipo de construcciones.</p> <p>2.2 Esta norma comprende únicamente las láminas de sección transversal sinusoidal.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El procedimiento indicado en esta norma consiste en someter a las láminas onduladas de asbesto cemento a una carga de flexión para conocer la resistencia máxima a la rotura.</p> <p style="text-align: center;">4. PROCEDIMIENTO</p> <p>4.1 Preparación de especímenes de ensayo</p> <p>4.1.1 El ensayo debe llevarse a cabo en láminas de una longitud mínima de 1,22 m por el ancho total de fabricación, como máximo. El fabricante debe garantizar la madurez de la lámina.</p> <p>4.1.2 Sumergir los especímenes de ensayo en un tanque que contenga agua a la temperatura ambiente. Retirarlos después de un mínimo de 24 horas y efectuar los ensayos antes de media hora de haberlos retirado.</p> <p>4.1.3 Cualquier espécimen que a simple examen visual muestre, antes del ensayo, defectos de distinta naturaleza, debe ser descartado del mismo y reemplazado por otro.</p> <p>4.2 Instrumental</p> <p>4.2.1 <i>Aparato.</i> El aparato debe ensamblarse como se indica en la figura 1 y debe cumplir los requisitos indicados en los numerales 4.2.1.1 a 4.2.1.3.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

4.2.1.1 Apoyos. Dos soportes rígidos planos paralelos y fijos de 50 mm de ancho, dejando entre ellos una separación de 1,10 m. Los apoyos deben situarse en ángulo recto con las ondulaciones.

4.2.1.2 Dispositivo de carga. La carga debe aplicarse en la semiluz, mediante una barra rígida plana de 230 mm de ancho, diseñada para tal efecto y alineada paralelamente a los apoyos.

4.2.1.3 Entre los especímenes de ensayo y los soportes y bajo la barra en que se aplica la carga, deben colocarse bandas de fieltro o de fibra suave.

4.3 Método de ensayo

4.3.1 Colocar el espécimen con la cara expuesta (la cara más lisa) hacia arriba sobre los apoyos.

4.3.2 Aplicar la carga centrada sobre la barra a una velocidad aproximada de 100 N por segundo, o su equivalente hasta el punto de rotura.

4.3.3 La máquina de carga puede constar de cualquier dispositivo manual o mecánico que cumpla los siguientes requisitos:

4.3.3.1 Debe ser sólidamente construido y lo bastante rígido para que la distribución de la carga sobre el espécimen no sea afectada apreciablemente por deformación o fluencia de ninguna parte.

4.3.3.2 Debe proveer medios para determinar la carga con un error no mayor del 2%.

4.3.4 Registrar la carga de rotura para cada espécimen por separado.

4.4 Informe de resultados

4.4.1 Los resultados del ensayo deben expresarse en N/m, cualquiera que sea el aparato de medida empleado.

4.4.2 De acuerdo al tamaño del lote, deben efectuarse los ensayos en el número indicado en la Tabla 1 de la Norma INEN 486.

4.4.3 Los especímenes que no cumplan con el requisito señalado en la Tabla 1 de la Norma INEN 1320 deben considerarse como defectuosos.

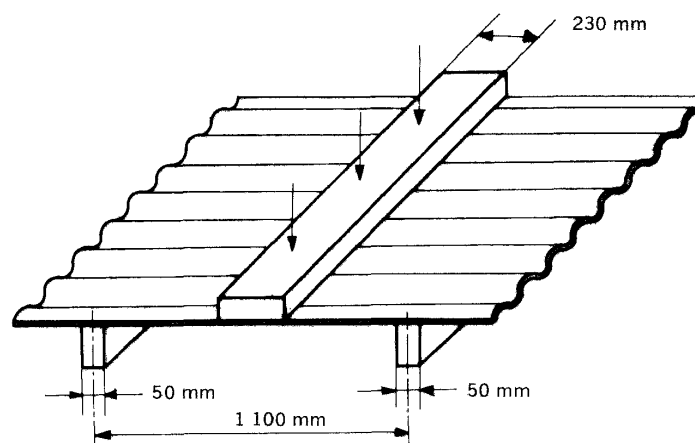


FIGURA 1. Dispositivo para la determinación de la resistencia a la flexión

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

- INEN 486 *Láminas de asbesto cemento. Muestreo e inspección*
INEN 1 320 *Láminas onduladas de asbesto cemento. Requisitos.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ASTM C 746-74. *Standard specification for corrugated asbestos cement Sheets for bulk heading.* American Society for Testing and material s.. Filadelfia, 1974.

Proyecto de Norma ISO/R 393 E. *Asbestos cement Corrugated Sheets and fittings for roofing and cladding* International Organization for Standardization. Ginebra, 1978.

Norma India IS: 5913-1970. *Method of test for Asbestos cement Products.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1971.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1315 **TÍTULO:** LAMINAS ONDULADAS DE ASBESTO CEMENTO. **Código:** CO 02.09-307
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de 1980-12-22 a 1981-03-01

Subcomité Técnico: CO 02.09 PRODUCTOS DE ASBESTO-CEMENTO

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1984-01-05

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Guillermo Carcelén
Ing. José Chiluiza
Ing. Luis Gavilanes
Ing. Rubén Burbano
Ing. Gustavo Cedeño
Arq. Wilson Moreta
Arq. Marco Soto
Ing. Rody Cabezas
Arq. Carlos Maldonado

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

ETERNIT ECUATORIANA
JUNTA NACIONAL DE LA VIVIENDA
JUNTA NACIONAL DE LA VIVIENDA
IESS (División Riesgos de Trabajo)
IESS (División Riesgos de Trabajo)
IESS (División de Ingeniería)
DINACE
CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN (Quito)
INEN

Otros trámites: ♦⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1985-06-07

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 260 del 1985-08-29

Por Acuerdo Ministerial No. 542 del 1985-07-31

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: baguilera@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec
[URL:www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)

Norma Técnica Ecuatoriana	TEJAS CERAMICAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION	INEN 988 1982-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo de las tejas cerámicas para comprobar su resistencia a la flexión.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada y cocida. No comprende las tejas fabricadas con materiales silicocalcáreos.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja colocada horizontalmente sobre soportes separados hasta llegar a la rotura de la teja.</p> <p style="text-align: center;">4. METODO</p> <p>4.1 Aparato</p> <p>4.1.1 Se utilizará una máquina apropiada para los ensayos de flexión. Las piezas de carga y apoyo serán de acero. Las partes en contacto con la muestra serán cilíndricas y las líneas de contacto deberán mantenerse perfectamente paralelas.</p> <p>4.2 Preparación de la muestra</p> <p>4.2.1 Se someterán al ensayo por lo menos cinco tejas enteras, desecadas en una estufa entre 110° y 115°C hasta obtener masa constante.</p> <p>4.2.2 Sobre el lomo o en la parte central de la muestra se preparará una superficie de 6 x 6 cm, con una capa plana de mortero de yeso calcinado para la aplicación de la carga.</p> <p>4.3 Procedimiento</p> <p>4.3.1 Colocar la muestra de ensayo, con el lomo hacia arriba, centrada sobre cuatro puntos de apoyo, dos en cada extremo o boca.</p> <p>4.3.2 Colocar los dos soportes de cada extremo exactamente a 15 cm de la línea transversal del centro de la teja, dejando, por lo tanto, un espacio libre de 30 cm entre los apoyos.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

4.3.3 Aplicarla carga sobre la superficie preparada ala velocidad de 40 a 50 kg/min.

4.4 Cálculo e informe de resultados

4.4.1 La resistencia a la flexión de cada muestra está dada por la carga de rotura que indique la máquina.

4.4.2 Se tomará como resultado la media aritmética de los valores obtenidos en las cinco muestras ensayadas, consignándose también los dos valores extremos.

(Continua)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Venezolana NORVEN 76 - 8 - 60. *Método de ensayo de las tejas de arcilla*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1960.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 988	TITULO: TEJAS CERÁMICAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	Código: CO 02.07-318
-----------------------------------	--	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Por Acuerdo No. de Publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de 1980-12-23 a 1981-03-01

Hasta la fecha de terminación y posteriormente no se recibieron observaciones al texto, razón por la cual no se conformó Subcomité Técnico.

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación:

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1982-12-21

Oficializada como: OPCIONAL
Registro Oficial No. 707 de 1984-03-21

Por Acuerdo Ministerial No. 112 de 1984-02-21

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**

Dirección General: E-Mail: furresta@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

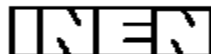
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inencati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

[URL:www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 109:2009
Primera revisión

ENSAYO DE TRACCION PARA MATERIALES METALICOS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Primera Edición

TRACTION TEST FOR METALLIC MATERIALS TO AMBIENT TEMPERATURE.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión
probetas

MC 01.02-301
CDU: 669.14:620.17
CIU: 3710
ICS: 77.040.10

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE</p>	<p>NTE INEN 109:2009 Primera revisión 2009-03</p>
--	---	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.

2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 *Longitud calibrada (L)*. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.

3.1.2 *Longitud calibrada inicial (L₀)*. Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.

3.1.2.1 *Longitud calibrada final (L_u)*. Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo (ver numeral 10.1)

3.1.3 *Longitud paralela (L_c)*. Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo (ver nota 1).

3.1.4 *Elongación*. Incremento de la longitud calibrada inicial (L₀) en cualquier instante del ensayo.

3.1.4.1 *Porcentaje de elongación*. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

3.1.4.2 *Porcentaje de elongación permanente*. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀) (ver nota 1).

3.1.4.3 *Porcentaje de elongación después de la rotura (A)*. Elongación permanente de la longitud calibrada inicial (ver nota 2) después de la rotura (L_u - L₀) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

NOTA 1: El concepto de longitud paralela es reemplazado por el concepto de distancia entre mordazas para probetas no maquinadas.

NOTA 2. En el caso de las probetas de ensayo proporcionales, solamente si la longitud calibrada inicial es diferente de $5,65 \sqrt{S_0}^1$ en donde S₀ es el área de la sección transversal inicial de la longitud paralela, el símbolo A se complementa con un índice que indica el coeficiente de proporcionalidad usado, por ejemplo:

A_{11,3} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de $11,3 \sqrt{S_0}$

En el caso de probetas de ensayo no proporcionales, el símbolo A se complementa con un índice que indica la longitud calibrada inicial usada, expresada en milímetros, por ejemplo:

A_{80 mm} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de 80 mm.

$$^1 5,65 \sqrt{S_0} = 5 \sqrt{\frac{4S_0}{p}}$$

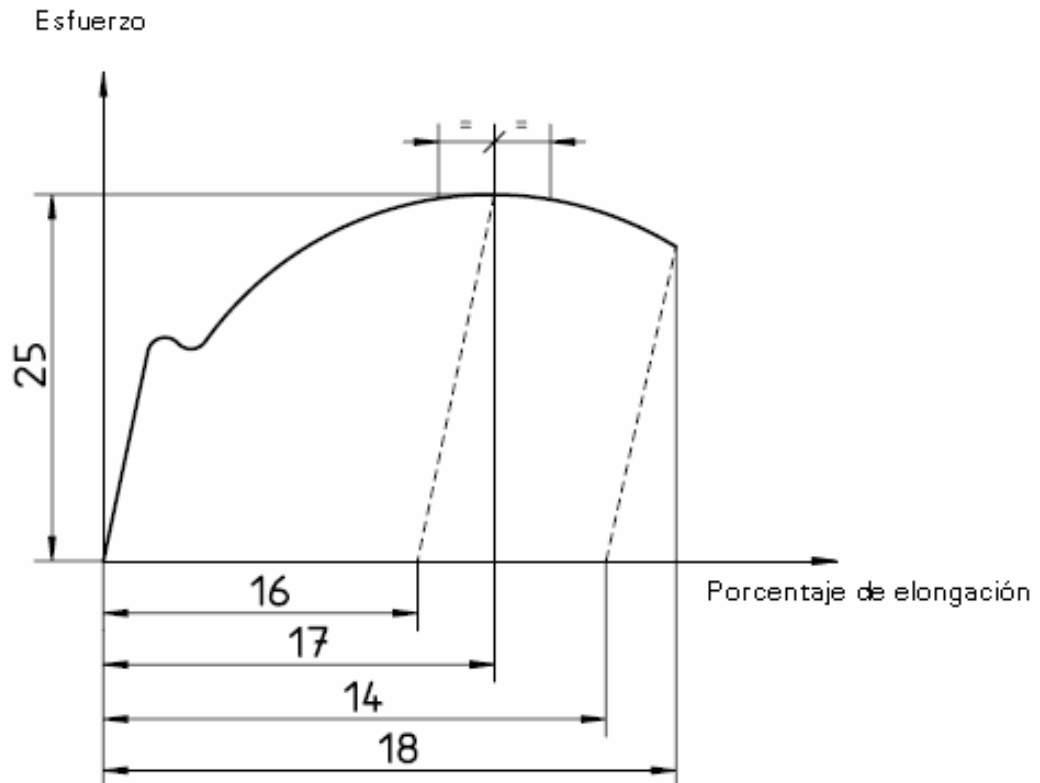
(Continúa)

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión probetas.

3.1.4.4 *Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t)*. Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0).

3.1.4.5 *Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo*. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0). Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima (A_{gt}) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima (A_g) (ver figura 1).

FIGURA 1. Definiciones de elongación (ver nota 3)



3.1.5 *Longitud calibrada del extensómetro (L_e)*. Longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.

3.1.5.1 Se recomienda la medición del límite de fluencia y el esfuerzo de prueba, para el parámetro

$$L_e \geq \frac{L_0}{2}$$

3.1.5.2 Además se recomienda que para las medidas de los parámetros durante y después de la fuerza máxima, L_e será aproximadamente igual a L_0 .

3.1.6 *Extensión*. Incremento de la longitud calibrada (L_e) del extensómetro en un momento dado del ensayo.

3.1.6.1 *Porcentaje permanente de extensión*. Incremento de la longitud calibrada en el extensómetro después de suspender un esfuerzo especificado en la probeta de ensayo, se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

NOTA 3: Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados.

(Continúa)

3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia (A_e). En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z): Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_o - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_o).

3.1.8 Carga máxima (F_m): Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

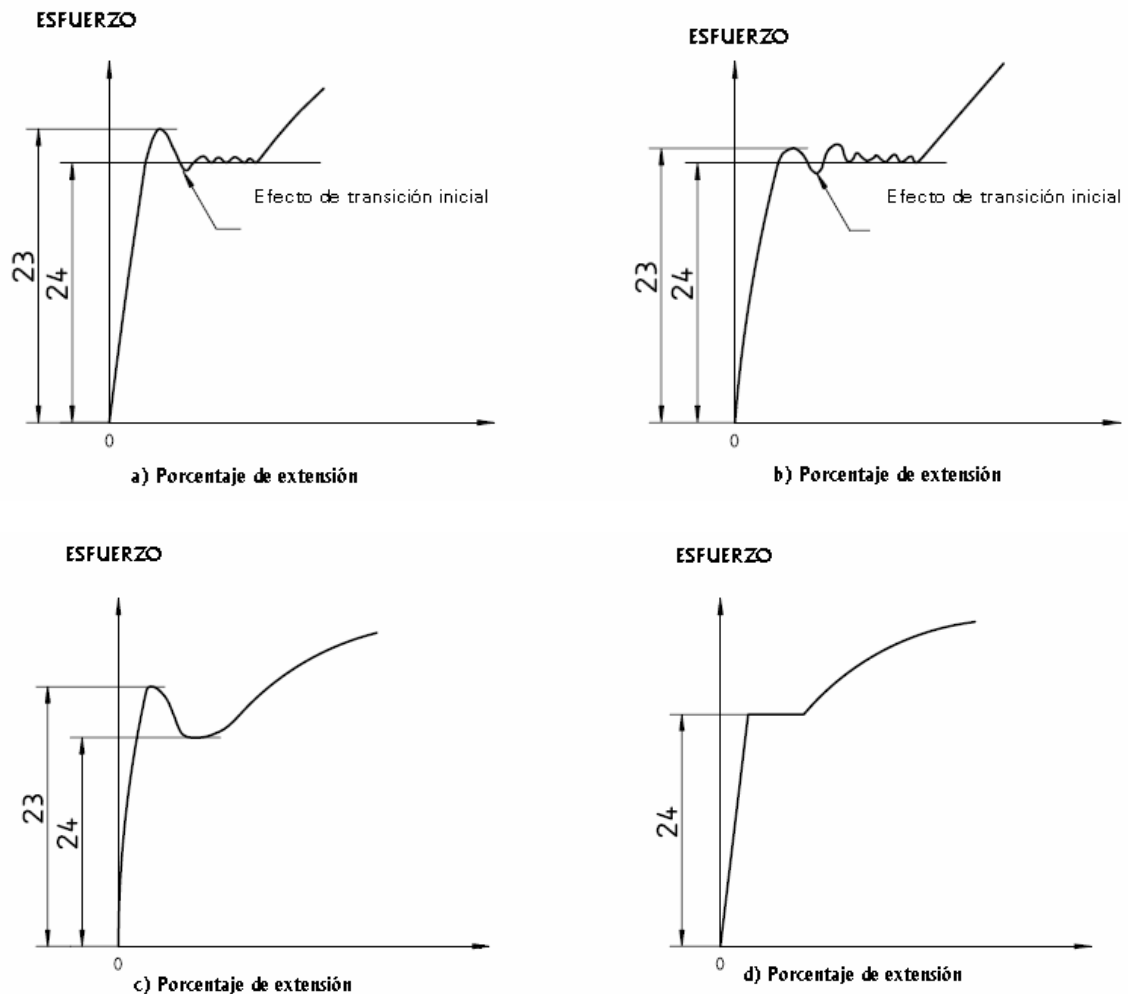
3.1.9 Esfuerzo. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_o) de la probeta de ensayo.

3.1.9.1 Resistencia a la tracción (R_m). Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).

3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia). Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) **Límite de fluencia superior (R_{eH}).** Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga (ver figura 2).

FIGURA 2. Definiciones de límite de fluencia superior y límite de fluencia inferior para diferentes tipos de curvas (ver nota 4)



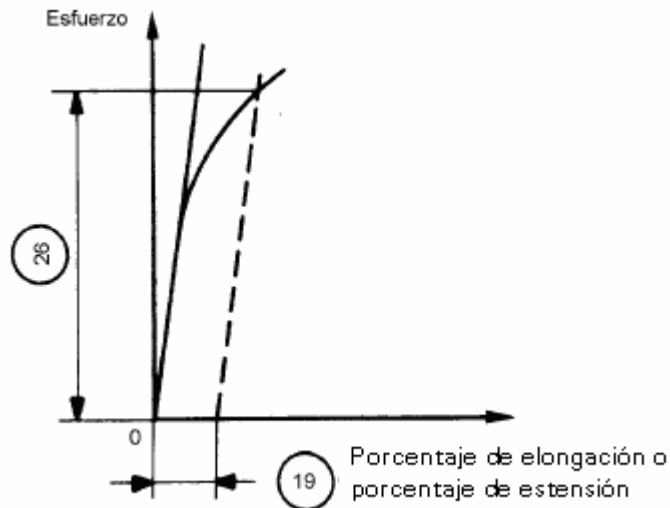
NOTA 4: ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

b) *Límite de fluencia inferior (R_{eL})*. El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p): El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 3). El símbolo que se usa es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada del extensómetro, por ejemplo $R_{p0,2}$

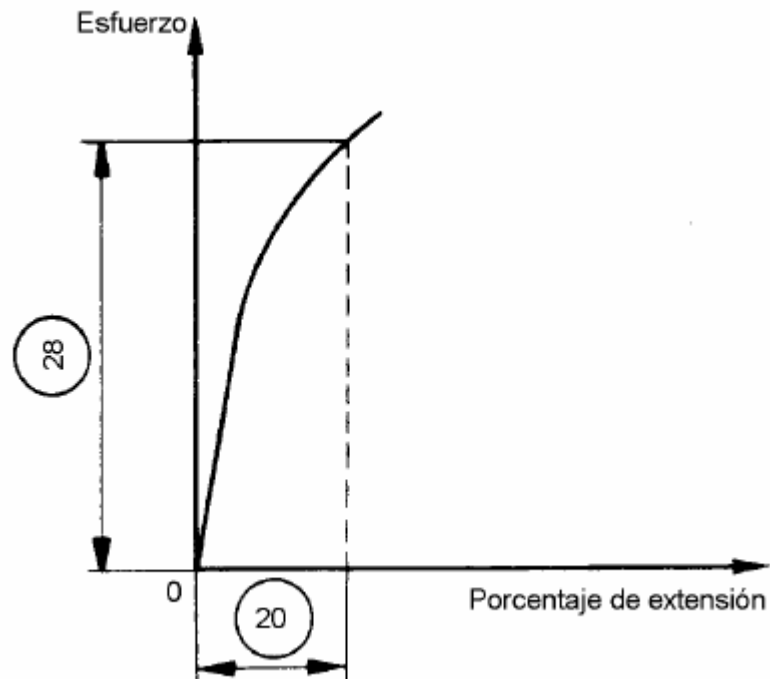
FIGURA 3. Prueba de resistencia con alargamiento no proporcional (R_p) (ver nota 5)



NOTA 5. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

3.1.9.4 Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t): El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro por ejemplo: $R_{t0,5}$

FIGURA 4. Esfuerzo de prueba, extensión total (R_t) (ver nota 6)

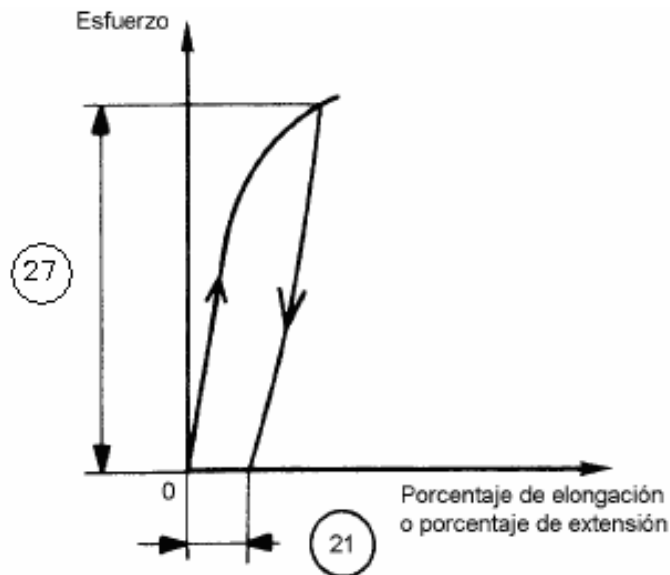


NOTA 6: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

3.1.9.5 Esfuerzo a la deformación permanente (R_r): Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o) o una longitud calibrada del extensómetro (L_e), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial (L_o), o de la longitud calibrada del extensómetro (L_e), por ejemplo $R_{r0,2}$

FIGURA 5. Esfuerzo a la deformación permanente (R_r) (ver nota 7)



4. SIMBOLOGÍA Y DESIGNACIONES

4.1 En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones que se establecen en la tabla 1.

TABLA 1. Símbolos y designaciones.

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
1	$a^2)$	mm	Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo
2	b	mm	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano
3	d	mm	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre redondo o diámetro interno de un tubo
4	D	mm	Diámetro externo de un tubo
5	L_o	mm	Longitud calibrada inicial
-	L'_o	mm	Longitud calibrada inicial para determinar A_g
6	L_c	mm	Longitud paralela
-	L_e	mm	Longitud calibrada del extensómetro
7	L_t	mm	Longitud total de la probeta
8	L_u	mm	Longitud final calibrada después de la rotura
-	L'_u	mm	Longitud calibrada final después de la rotura para determinar A_g (Ver anexo H)

NOTA 7. Ver la tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
9	S_o	mm ²	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.
10	S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.
	k		Coefficiente de proporcionalidad
11	Z	%	Porcentaje de reducción de área $\frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$
12	-	-	Superficie de agarre de la probeta para las mordazas
Elongación			
13	-	mm	Elongación después de la rotura $L_u - L_o$
14	$A^3)$	%	Porcentaje de elongación después de la rotura $\frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$
15	A_e	%	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia
	ΔL_m	mm	Extensión a la carga máxima
16	A_g	%	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima (F_m)
17	A_{gt}	%	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima (F_m)
18	A_t	%	Porcentaje de elongación total, a la rotura
19	-	%	Porcentaje especificado de extensión no proporcional
20	-	%	Porcentaje de extensión total. (Ver 28)
21	-	%	Porcentaje especificado de extensión a la deformación permanente o elongación.
Carga			
22	F_m	N	Carga Máxima
Límite de fluencia – Esfuerzo de prueba – Resistencia a la Tracción			
23	R_{eH}	MPa	Límite de fluencia superior ⁴⁾
24	R_{eL}	MPa	Límite de fluencia inferior
25	R_m	MPa	Resistencia a la tracción
26	R_p	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional
27	R_r	MPa	Esfuerzo a la deformación permanente
28	R_t	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión total
-	E	MPa	Módulo de elasticidad
1)	Ver figuras de la 1 a la 13		
2)	El símbolo T también se usa en tubos de acero, productos estándar.		
3)	Ver 3.1.4.3		
4)	1 N/mm ² = 1 MPa		

5. FUNDAMENTO

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas en el punto 3.

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

5.2 Instrumental

5.2.1 *Máquina para ensayo de tracción.*

5.2.1.1 *Precisión de las máquinas de ensayo.* Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

(Continúa)

5.2.1.2 El extensómetro debe ser de Clase 1 para la determinación de los límites de fluencia inferior y superior y resistencia de prueba (extensiones no proporcionales); para otras características (con mayor extensión) se pueden usar un extensómetro Clase 2.

5.2.1.3 *Características de la máquina.*

- a) Debe estar provista de dispositivos que aseguren la aplicación axial de los esfuerzos en la probeta.
- b) Debe permitir la aplicación de las cargas progresivamente, sin choques ni vibraciones.
- c) Debe estar provista de dispositivos de regulación y comando que permitan ejecutar el ensayo, con las velocidades especificadas en el numeral 7.1.
- d) Debe permitir un error máximo del 1% de la carga indicada.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Forma y dimensiones de las probetas

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar.

6.1.1.2 La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado.

6.1.1.3 La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma.

6.1.1.4 Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k\sqrt{S_0}$, son llamadas probetas proporcionales. El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20 mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.

6.1.1.5 En el caso en que se usen probetas no proporcionales, la longitud calibrada inicial (L_0) se toma independientemente del área de la sección transversal inicial (S_0).

6.1.1.6 Las tolerancias dimensionales de las probetas deben estar de acuerdo con los anexos referenciados (ver numeral 6.2).

6.1.2 Probetas maquinadas.

6.1.2.1 Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material, si no están especificadas en el anexo indicado (ver numeral 6.2).

6.1.2.2 Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción.

6.1.2.3 El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza.

(Continúa)

6.1.2.4 La longitud paralela (L_c) o en el caso en donde la probeta no tiene curva de transición, la longitud libre entre las mordazas siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada. (L_0).



6.1.3 Probetas no maquinadas.

6.1.3.1 Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas (ver anexo A y D).

6.1.3.2 Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_0)

6.2 Tipos de probetas. Los principales tipos de probetas de ensayo están definidos en los anexos A-D de acuerdo con la forma y tipo del producto, como se indica en la tabla 2. Se pueden especificar otros tipos de probetas según las normas de producto.

TABLA 2. Tipos de producto

Tipo de producto		Anexos correspondientes
Laminas - Planos  Espesor "e" en mm	Alambres – Barras – Secciones  Diámetro o lado en mm	
0,1 ≤ e < 3	-----	A
---	< 4	B
≥ 3	≥ 4	C
Tubos		D

6.3 Preparación de probetas para ensayo. Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

6.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0). El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta. Esta se indica en los anexos A - D para los diferentes tipos de probetas.

6.5 Marcado de la longitud calibrada inicial (L_0)

6.5.1 Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o rayaduras, pero no por medio de indentaciones que puedan producir fracturas prematuras.

6.5.2 Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_0 . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de $\pm 1\%$. El anexo F indica un nomograma para determinar la longitud calibrada inicial correspondiente a una probeta de sección transversal inicial rectangular.

6.5.3 Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas.

6.5.4 En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal.

(Continúa)

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Velocidad de la máquina. A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina debe ajustarse a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

7.1.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

7.1.1.1 Límite de fluencia superior (R_{eH})- Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, dentro de los límites correspondientes a la relación de esfuerzos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Relación de aplicación de esfuerzos

Modulo de elasticidad del material (E) MPa	Relación de aplicación de esfuerzos MPa/s	
	mín	máx
< 150000	2	20
\geq 150000	6	60

7.1.1.2 Límite de fluencia inferior (R_{eL})

a) Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia.

b) En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla 3.

7.1.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (R_{eH} y R_{eL}) - Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con (ver numeral 7.1.1.2.)

7.1.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (R_p y R_t). La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 3. En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

7.1.1.5 Relación de separación. Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 3, debe ser usada hasta completar la fluencia.

7.1.2 Resistencia a la tracción (R_m)

7.1.2.1 En el rango plástico.- La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

7.1.2.2 En el rango elástico.- Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango plástico.

(Continúa)

7.2 Método de agarre

7.2.1 Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc.

7.2.2 Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo estén agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

7.3 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

7.3.1 El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.4.3.

7.3.2 Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta.

7.3.3 Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos.

7.3.4 La elongación después de la rotura ($L_u - L_o$) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo (ver anexo E).

7.3.5 Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (L_o). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado.

7.3.6 Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura.

7.3.7 En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (L_e). La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado (ver nota 8).

7.3.8 Si la elongación es medida sobre una longitud fija dada, puede ser convertida a una longitud calibrada proporcional usando fórmulas de conversión o tablas acordadas antes de empezar el ensayo (por ejemplo ISO 2566-1, ISO 2566-2 y UNE 7-264-72).

7.3.9 Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo.

7.3.10 Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites especificados en el numeral 3.1.4.3, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_o en N partes iguales, tal como se describe el Anexo G.

7.4 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

7.4.1 Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima (ΔL_m)

NOTA 8. Si la norma del producto especifica la determinación del porcentaje de elongación después de la rotura para una longitud dada, la longitud calibrada del extensómetro debe ser igual a esa longitud.

7.4.2 Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana (ver figura 1).

7.4.3 La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

7.4.4 El porcentaje total de elongación al aplicar una fuerza máxima se calcula con la siguiente formula:

$$Agt = \frac{DLm}{Le} \times 100$$

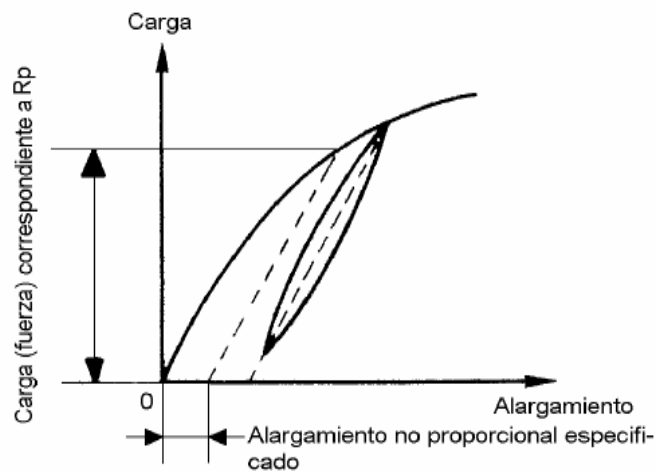
7.4.5 Si el ensayo de tracción es realizado en una maquina de ensayo controlada por computadora que tiene un sistema de adquisición de datos, la elongación es directamente determinada a la fuerza máxima.

7.4.6 Para información, un método manual se describe en el Anexo H.

7.5 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p)

7.5.1 El esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) es determinado a partir del diagrama fuerza/extensión, trazando una línea paralela a la parte recta de la curva a una distancia equivalente descrita al porcentaje no proporcional prescrito, por ejemplo 0,2%. El punto en el cual esta línea intersecta a la curva da la fuerza correspondiente a la resistencia de prueba deseada (extensión no proporcional). Esta última se obtiene dividiendo la fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta de ensayo (S_0) (ver figura 6).

FIGURA 6. Esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p) (ver numeral 7.5.1) (ver nota 9)



7.5.2 Es esencial la exactitud del trazado del diagrama fuerza/extensión.

7.5.3 Si la parte recta del diagrama fuerza/extensión no está claramente definida, para eso se prevé un trazado de la línea paralela con suficiente precisión, se recomienda el siguiente procedimiento (ver figura 6).

NOTA 9. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

7.5.4 Cuando el esfuerzo de prueba presumido ha sido excedido, la fuerza se reduce a un valor igual o cercano al 10% de la fuerza obtenida. La fuerza se incrementa de nuevo hasta exceder el valor obtenido originalmente. Para determinar el esfuerzo de prueba deseado, se traza una línea a través del lazo de histéresis. Se traza una línea paralela a esta línea, a una distancia de la curva original, medida a lo largo de la abscisa, igual al porcentaje no proporcional prescrito. La intersección de esta línea paralela y la curva de fuerza/extensión dan el esfuerzo correspondiente a la resistencia de prueba. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza por el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 6). La corrección del origen de la curva puede ser realizada por varios métodos, el siguiente método es utilizado generalmente: dibujar una línea paralela a la línea definida por el lazo de histéresis que cruza la parte elástica ascendente del diagrama, cuya pendiente es la más cercana al lazo. El punto al cual esta línea intercepta a la abscisa da el origen corregido de la curva.

7.5.5 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.6 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión total (R_t)

7.6.1 El esfuerzo de prueba (extensión total) se determina con ayuda del diagrama de esfuerzo/extensión trazando una línea paralela al eje de la ordenada (eje de esfuerzos) y a una distancia desde su equivalente al porcentaje de extensión total prescrito. El punto en que la línea que intersecta a la curva da la fuerza correspondiente al esfuerzo de prueba deseado. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 4).

7.6.2 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.7 Método de Verificación del esfuerzo fijado permanente (R_p).

7.7.1 La probeta es sometida a cargas durante 10 s a 12 s correspondientes al esfuerzo especificado y entonces se confirma, después de quitar la carga, la elongación o extensión fijada permanente no es más que el porcentaje especificado para la longitud calibrada inicial.

7.8 Determinación del porcentaje de reducción de área (Z)

7.8.1 La reducción del porcentaje de área se determinará de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.7.

7.8.2 Los dos pedazos rotos de la probeta son encajados correctamente para que sus ejes queden alineados. La sección mínima del área transversal después de la rotura (S_u) se medirá a una exactitud de $\pm 2\%$ (vea anexos A y D). La diferencia entre el área (S_u) y el área transversal de la sección inicial (S_0) expresada en porcentaje del área inicial, indica reducción del porcentaje de área.

7.9 Exactitud de los resultados.

7.9.1 La exactitud de resultados depende de varios parámetros que pueden separarse en dos categorías:

- a) los parámetros metrológicos como clase de máquina, extensómetro y la exactitud de las dimensiones de la probeta;
- b) los parámetros del material y los de ensayo tales como, naturaleza de material, geometría y preparación de la probeta, temperatura, técnicas de adquisición y análisis de datos.

7.9.2 En la ausencia de datos suficientes sino es posible de todos los materiales, en ese instante fijar los valores de exactitud para las diferentes propiedades medidas en el ensayo de tracción.

7.9.3 Anexo J provee una guía para la determinación de incertidumbre relacionada a los parámetros metrológicos.

(Continúa)

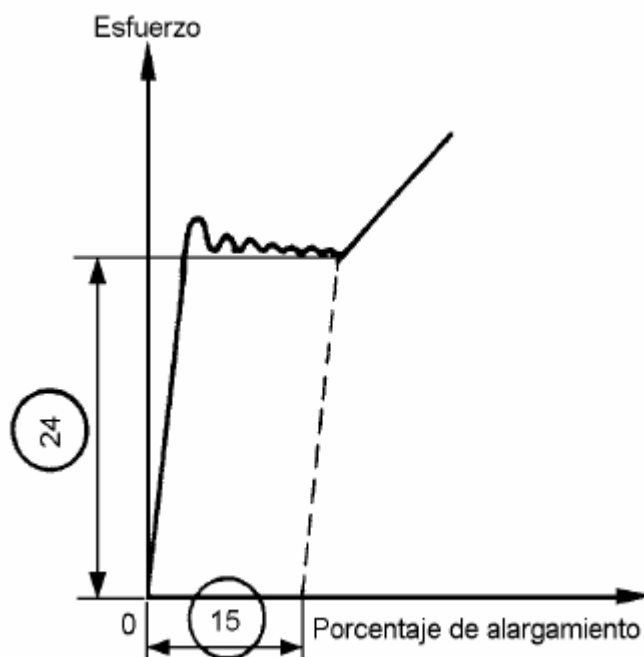
7.9.4 Anexo K provee valores obtenidos de los ensayos ínterlaboratorios de un grupo de aleaciones de aceros y de aluminio.

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 El informe de resultados debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- Referencia a ésta NTE INEN 109
- Identificación de la probeta
- Naturaleza del material, si se conoce
- Tipo de probeta
- Localización y dirección del muestreo de las probetas
- Propiedades medidas y resultados.

FIGURA 7. Porcentaje de extensión en el punto de fluencia (A_e)



NOTA 10. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO A
(Normativo)

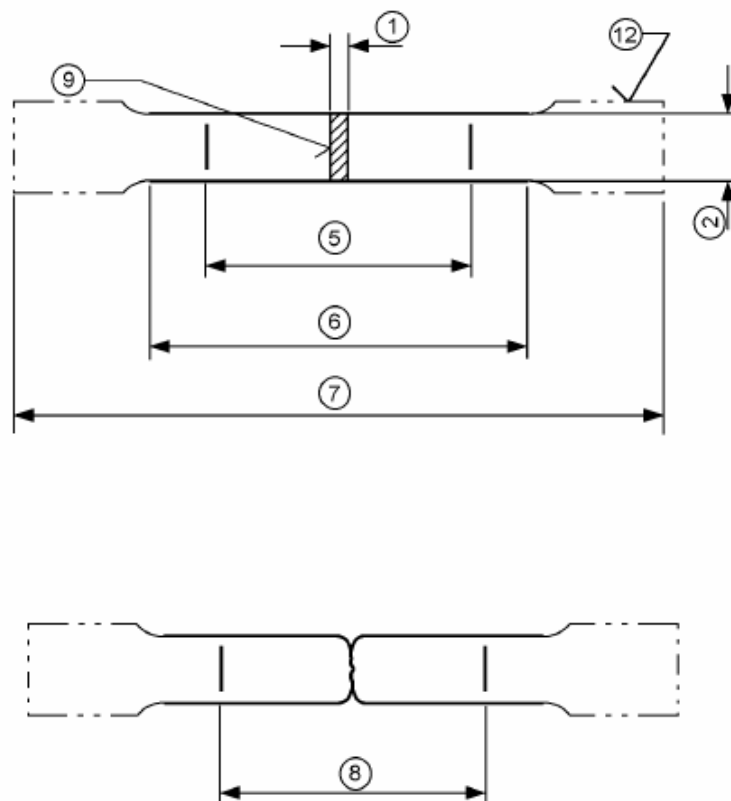
TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA PRODUCTOS DELGADOS: LÁMINAS, FLEJES Y PRODUCTOS PLANOS 0,1 mm Y 3,0 mm DE ESPESOR

A.1 Para productos con espesor menor de 0,5 mm, es necesario tener precauciones especiales.

A.1.1 *Forma de la probeta*

A.1.1 Generalmente, la probeta tiene los extremos para sujetarse a las mordazas, con extremos más anchos que su sección paralela. La longitud paralela (L_c) se une con los extremos de la probeta por medio de curvas de transición con un radio de por lo menos 20 mm (ver figura 9). El ancho de estos extremos debe ser por lo menos de 20 mm y de no más de 40 mm.

FIGURA 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular (ver notas)



A.1.2 Por acuerdo la probeta también puede consistir de un fleje con caras paralelas. Para productos de ancho igual o menor que 20 mm, el ancho de la probeta debe ser el mismo que el del producto.

A.2 Dimensiones de la probeta

A.2.1 *Probetas no proporcionales*

A.2.1.1 La longitud paralela no debe ser inferior de $L_o + \frac{b}{2}$

A.2.1.2 En caso de desacuerdo, siempre se debe usar una longitud de $L_o + 2b$ a menos que el material sea insuficiente.

A.2.1.3 En caso de probetas de lados paralelos de menos de 20 mm de ancho, y a menos que la norma del producto especifique otra cosa, la longitud calibrada inicial (L_o) debe ser igual a 50 mm. Para este tipo de probetas, la longitud libre entre las mordazas debe ser igual a $L_o + 3b$.

(Continúa)

A.2.1.4 Existen dos tipos de probetas no proporcionales cuyas dimensiones se establecen en la tabla A.1.

TABLA A.1 Dimensiones de las probetas (mm)

Tipo de probeta	Ancho b	Longitud calibrada inicial L_o	Longitud paralela L_c	Mínima longitud libre entre las mordazas para probetas de lados paralelos
1	12,5 ±1	50	75	87,5
2	20 ±1	80	120	140

A.2.1.5 Cuando se determinan las dimensiones de las probetas, se aplican las tolerancias dadas en la tabla A.2.

TABLA A.2 Tolerancias en el ancho de la probeta (mm)

Ancho nominal de la probeta	Tolerancias de maquinado ¹⁾	Tolerancias de forma ²⁾
12,5	± 0,09	± 0,043
20	± 0,105	± 0,052

¹⁾ Tolerancias js 12. Estas tolerancias están en concordancia con la ISO 286-2, son aplicables si el valor nominal del área transversal (S_o), se incluye en el cálculo sin necesidad de medir su valor.

²⁾ Tolerancias IT 9. (Ver ISO 286-2). Máxima desviación entre la medida del ancho a a lo largo de toda la longitud paralela (L_c) de la probeta.

A.2.1.6 En el caso en que las probetas sean del mismo ancho del producto, el área inicial de la sección transversal (S_o) se debe calcular en base de las dimensiones medidas de la probeta.

A.2.1.7 Se puede tomar como ancho nominal de la probeta el que resulte del maquinado con sus tolerancias, siempre y cuando cumpla las tolerancias de forma que se dan en la tabla A.2, con el fin de tener la medida del ancho de la probeta para efectos del ensayo.

A.3 Preparación de las probetas

A.3.1 Las probetas se deben preparar de tal manera, que no afecten las propiedades del metal. Si algunas áreas se han endurecido por efectos de corte o prensado, se deben eliminar por maquinado.

A.3.2 Para materiales muy delgados, se recomienda que las piezas del mismo ancho se corten ensambladas formando un paquete con separadores intermedios de papel que sea resistente al aceite de corte. Se recomienda que cada paquete se ensamble con sujetadores a cada lado antes del maquinado para darle las dimensiones finales a las probetas.

A.3.3 El valor dado en A.2, por ejemplo ±0,09 mm para un ancho nominal de 12,5 mm significa que ninguna probeta debe tener un ancho fuera de los dos valores dados abajo, si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_o) es incluido sin tener que medirlo:

$$12,5 + 0,09 = 12,59 \text{ mm}$$

$$12,5 - 0,09 = 12,41 \text{ mm}$$

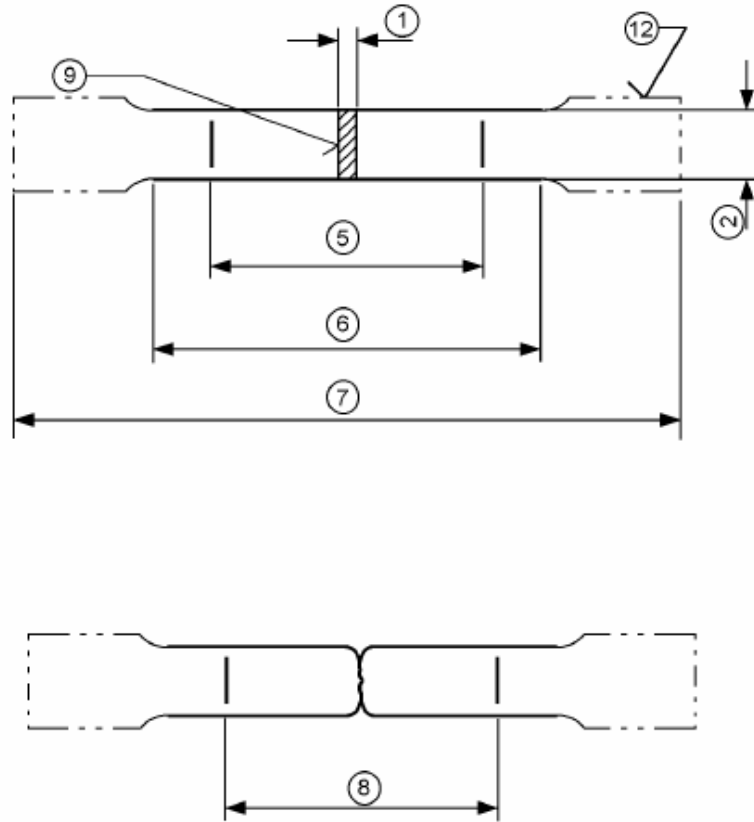
A.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o)

A.4.1 El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones de la probeta.

(Continúa)

A.4.2 El error en la determinación del área de la sección transversal inicial de la probeta no debe ser mayor de $\pm 2\%$. La mayor parte de este error, generalmente se debe a la medición de los espesores de la probeta, el error en la medición del ancho no debe ser mayor de $\pm 0,2\%$.

Figura 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular



NOTA A.1: La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.
 NOTA A.2: Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

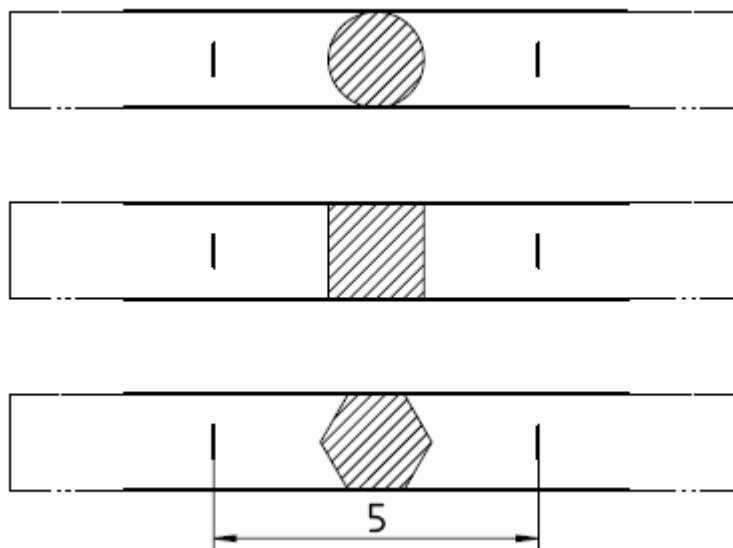
(Continúa)

ANEXO B
(Normativo)

TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA ALAMBRES, BARRAS Y SECCIONES DE DIÁMETRO O ESPESOR INFERIOR A 4 mm.

B.1 Forma de la probeta. La probeta generalmente consiste de una porción no maquinada del producto (ver figura 10).

FIGURA 10. Probetas que comprenden una porción no maquinada del producto (ver notas)



B.2 Dimensiones de la probeta. La longitud calibrada inicial (L_0) debe ser tomada como $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ó $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. La distancia entre mordazas de la máquina debe ser por lo menos igual a $L_0 + 50 \text{ mm}$, ejemplo 250 mm y 150 mm respectivamente, excepto cuando se trata de alambres de diámetro pequeño en los que esta distancia puede ser igual a L_0 . En los casos cuando el porcentaje de elongación después de la rotura no es determinado, se debe usar una distancia entre mordazas de por lo menos 50 mm .

B.3 Preparación de las probetas.- Si el producto se suministra en rollos, se debe tener cuidado de enderezarlo.

B.4 Determinación del área transversal inicial (S_0)

B.4.1 El área de la sección inicial de la probeta (S_0) se debe medir con una exactitud de $\pm 1\%$.

B.4.2 Para productos de sección transversal circular, el área de la sección transversal inicial debe ser calculada de la media aritmética de dos mediciones tomadas en dos direcciones perpendiculares.

B.4.3 El área de la sección transversal inicial se puede determinar a partir de la masa de una longitud conocida y su densidad.

NOTA B.1. La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.

NOTA B.2. Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO C
(Normativo)

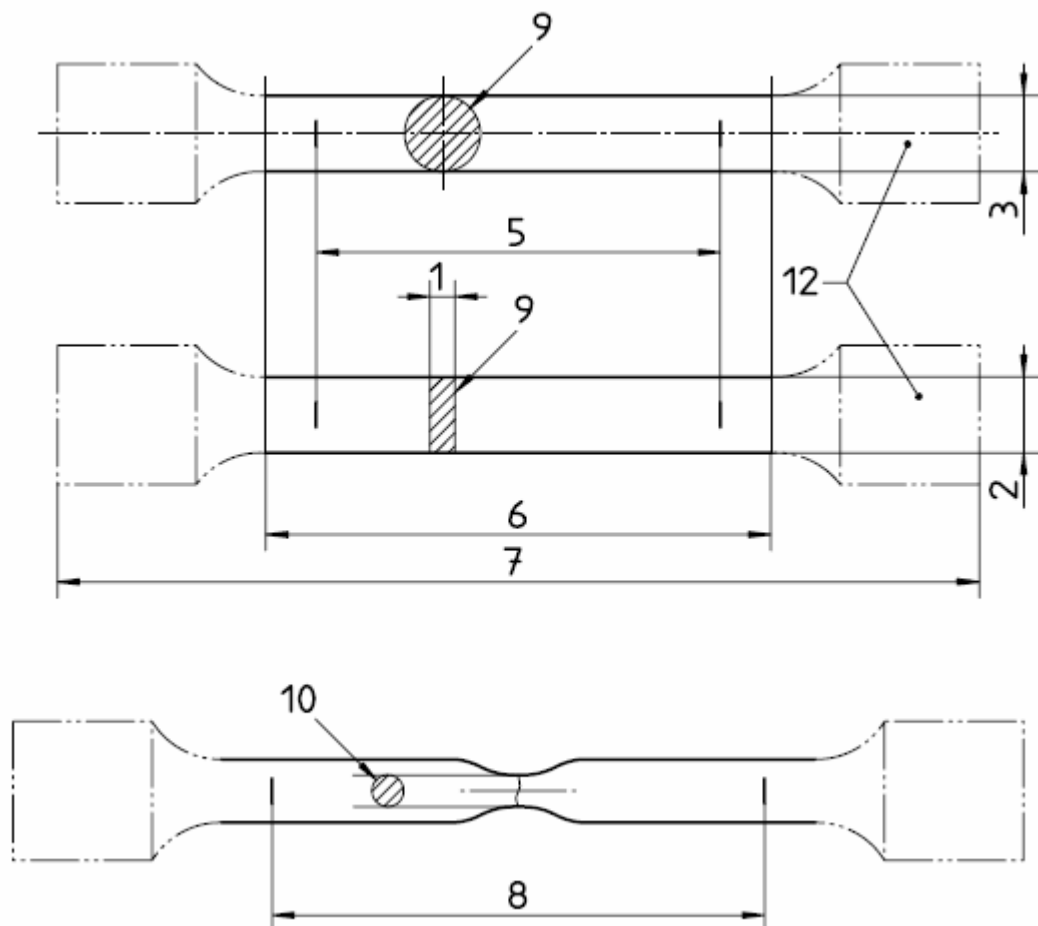
TIPOS DE PROBETAS USADAS PARA LAMINAS Y PLACAS, PRODUCTOS PLANOS DE ESPESOR IGUALES O MAYOR QUE 3 mm, ALAMBRES, BARRAS Y SECCIONES DE DIÁMETRO O ESPESOR IGUAL O MAYOR QUE 4 mm.

C.1 Forma de la probeta

C.1.1 En general la probeta es maquinada y la longitud paralela debe enlazarse por medio de curvas de transición en los extremos de agarre, que deben tener una forma adecuada para agarrarse de las mordazas de la máquina de ensayo (ver figura 11). El radio de transición mínimo debe tener por lo menos:

- 0,75 d (Siendo d el diámetro de la longitud calibrada) para las probetas cilíndricas;
- 12 mm para las probetas de sección prismática

FIGURA 11. Probetas proporcionales



C.1.2 Si es necesario las secciones, las barras, etc. se pueden ensayar sin necesidad de maquinado.

C.1.3 La sección transversal de la probeta puede ser circular, cuadrada, rectangular o en casos especiales, de cualquier forma.

C.1.4 Para piezas de sección transversal rectangular, se recomienda que no excedan de una relación de 8:1 entre el ancho y el espesor de la probeta.

NOTA C.1. La forma de las cabezas de la probeta se da solamente a manera de guía.

NOTA C.2. Ver la tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

(Continúa)

C.1.5 Generalmente, el diámetro en la longitud paralela de las probetas cilíndricas maquinadas no debe ser inferior de 4 mm.

C.2 Dimensiones de la probeta

C.2.1 *Longitud paralela de la probeta maquinada.* La longitud paralela (L_c) debe ser por lo menos igual a:

- a) $L_o + \frac{d}{2}$ para probetas de sección transversal circular
 b) $L_o + 1,5\sqrt{S_o}$ para probetas de sección transversal prismática.

C.2.1.2 En caso de desacuerdo y dependiendo del tipo de probeta, se deben utilizar las longitudes $L_o + 2d$ ó $L_o + 2\sqrt{S_o}$, a menos que el material sea insuficiente.

C.2.2 *Longitud de la probeta sin maquinar.* La longitud libre entre las mordazas de la máquina debe ser la adecuada para que las marcas de calibración estén a una distancia razonable desde estas mordazas.

C.2.3 Longitud calibrada inicial (L_o)

C.2.3.1 *Probetas proporcionales.* Como regla general, las probetas proporcionales se utilizan cuando la longitud calibrada (L_o) se relaciona con el área inicial de la sección transversal (S_o) por medio de la ecuación:

$$L_o = k\sqrt{S_o}$$

Donde:

$$k = 5,65.$$

- a) Las probetas de sección transversal circular preferiblemente deben tener las dimensiones dadas en la tabla C.1.

TABLA C.1 Probetas de sección transversal circular

k	Diámetro d mm	Área transversal inicial (S_o) mm ²	Longitud calibrada inicial $L_o = k\sqrt{S_o}$ mm	Longitud paralela mínima L_c mm	Longitud total L_t mm
5,65	20 ± 0,15	314	100±1	110	Dependen del método de fijación de la probeta en las mordazas de la máquina. En principio: $L_t > L_c + 2d$ ó $4d$
	10 ± 0,075	78,5	50 ± 0,5	55	
	5 ± 0,04	19,6	25 ± 0,25	28	

- b) La escala dada en el Anexo F hace más fácil determinar la longitud calibrada inicial (L_o) correspondiendo a las dimensiones de las probetas de sección transversal rectangular.

C.2.3.2 *Probetas no proporcionales.*- Las probetas no proporcionales se pueden usar si se especifican en la norma del producto.

(Continúa)

C.3 Preparación de las probetas. Las tolerancias en las dimensiones transversales de las probetas maquinadas se dan en la tabla C.2.

C.3.1 A continuación se da un ejemplo de la aplicación de estas tolerancias:

a) *Tolerancias de maquinado.* Se toma el valor de la tabla C.2, por ejemplo $\pm 0,075$ mm para un diámetro nominal de 10 mm significa que el diámetro de la probeta no debe variar dentro de los valores dados abajo. Si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) se incluye en el cálculo sin haberla medido:

$$10 + 0,075 = 10,075 \text{ mm}$$

$$10 - 0,075 = 9,925 \text{ mm}$$

b) *Tolerancia de forma.* El valor dado en la tabla C.2 significa que, para probetas con un diámetro nominal de 10 mm que satisfacen las condiciones del maquinado dadas anteriormente, la desviación entre el mayor y el menor valor del diámetro medido no exceda de 0,04 mm.

Por consiguiente, si el diámetro mínimo de la probeta es 9,99 mm, su diámetro máximo no debe ser mayor de $9,99 + 0,04 = 10,03$ mm.

C.4 Determinación del área transversal (S_0). El diámetro nominal puede usarse para calcular el área transversal de la sección inicial de las probetas de sección transversal circular que cumplen las tolerancias dadas en la tabla C.2. Para todas las otras formas de probetas, el área de la sección transversal inicial se debe calcular a partir de mediciones de las dimensiones apropiadas, con un error que no exceda de $\pm 0,5\%$ en cada dimensión.

TABLA C.2 Tolerancias relacionadas con las dimensiones transversales de las probetas
Dimensiones y tolerancias en milímetros.

Designación	Dimensión Transversal nominal	Tolerancia de maquinado en la dimensión nominal	Tolerancia de la forma
Diámetro de maquinado de probetas de sección transversal	3	$\pm 0,05$	$0,025^{2)}$
	>3 ≤ 6	$\pm 0,06$	$0,03^{2)}$
	>6 ≤ 10	$\pm 0,075$	$0,036^{2)}$
	>10 ≤ 18	$\pm 0,09$	$0,043^{2)}$
	>18 ≤ 30	$\pm 0,105$	$0,052^{2)}$
Dimensiones transversales de probetas de sección rectangular maquinadas por todos sus cuatro lados		Las mismas tolerancias que las probetas de sección transversal circular	
Dimensiones transversales de probetas de sección rectangular, maquinadas solamente en dos lados opuestos	3		$0,14^{3)}$
	>3 ≤ 6		$0,18^{3)}$
	>6 ≤ 10		$0,22^{3)}$
	>10 ≤ 18		$0,27^{3)}$
	>18 ≤ 30		$0,33^{3)}$
	>30 ≤ 50		$0,39^{3)}$

1) Las tolerancias js12 estarán en concordancia con la ISO 286-2, estas tolerancias son aplicables para el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) esta incluido en el cálculo sin tener que medirlo.

2) Tolerancias IT9

3) Tolerancias IT13



La desviación máxima entre las mediciones de una dimensión transversal especificada a lo largo de toda la longitud paralela (L_0) de la probeta

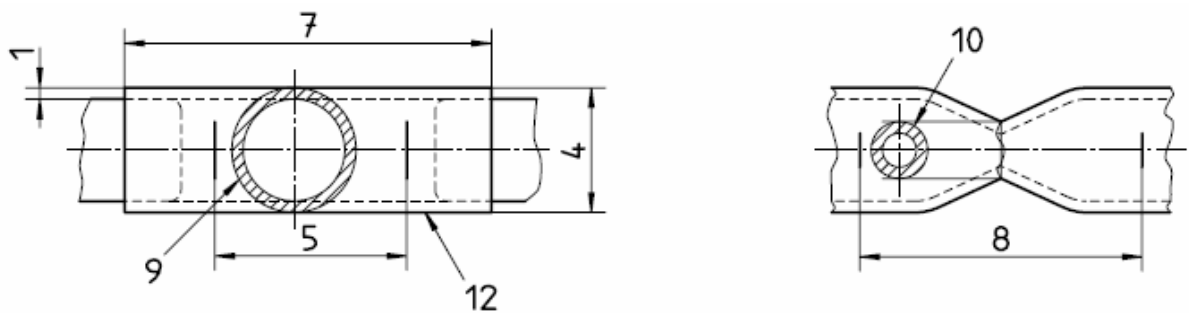
(Continúa)

ANEXO D
(Normativo)

TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYOS A SER USADAS PARA TUBOS

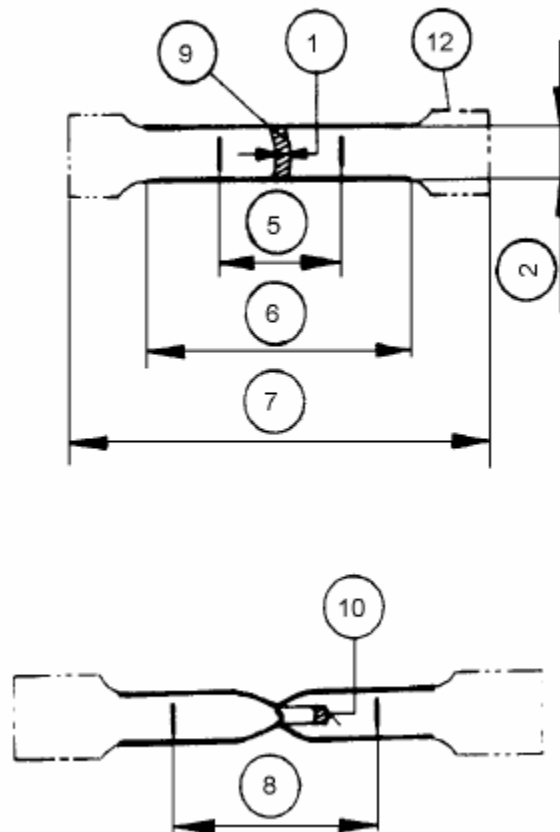
D.1 Forma de las probetas. La probeta consiste ya sea de una longitud del tubo o un tira longitudinal o transversal cortada del tubo y que tenga el espesor completo de la pared del tubo (ver figuras 12 y 13), o de una probeta de sección transversal circular maquinada de la pared del tubo. Las probetas maquinadas transversales, longitudinales y de sección transversal circular se describen en el anexo A para tubos de pared inferior a 3 mm y en el anexo C para espesores iguales o mayores a 3 mm. La tira longitudinal es generalmente utilizada para tubos con un espesor de pared mayor que 0,5 mm.

FIGURA 12. Probetas que comprenden una longitud de tubo



NOTA D.1. Ver tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

FIGURA 13. Probetas cortadas de un tubo



NOTA D.2. La forma de las cabezas de la probeta se da solamente como guía.

NOTA D.3. Ver tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

D.2 Dimensiones de la probeta

D.2.1 Longitud del tubo. La longitud del tubo puede ser conectada en ambos extremos. La longitud libre entre cada conector y la marca de calibración mas cercana debe exceder a $\frac{D}{4}$. En caso de discrepancia, el valor D utilizado, será tan largo como se disponga de material suficiente.

La longitud del conector proyectante relacionada a las mordazas de la máquina en dirección de las marcas calibradas no debe exceder D , y su forma debe ser tal que no interfiera con la deformación de la longitud calibrada

D.2.2 Tira longitudinal o transversal. La longitud paralela (L_c) de las tiras longitudinales no deben ser aplanadas, pero los extremos que se sujetan a las mordazas pueden aplanarse para el agarre con las mordazas en la máquina de ensayo.

Las dimensiones de las probetas longitudinales o transversales, diferentes de las dadas en los anexos A y C pueden estar especificadas en la norma del producto.

Se deben tomar precauciones especiales cuando se trabajen probetas transversales.

D.2.3 Sección transversal circular maquinada de una pared de un tubo. El muestreo de las probetas debe estar especificado en la norma del producto.

D.3 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o)

D.3.1 El área de la sección transversal inicial de la probeta se debe calcular con una precisión de $\pm 1\%$.

D.3.2 El área de la sección transversal inicial de una longitud dada de un tubo, o una tira longitudinal o transversal se pueden determinar a partir de la masa de la probeta, de su longitud y de su densidad.

D.3.3 El área de la sección transversal inicial (S_o) de una probeta que consiste de una tira longitudinal o transversal, se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_o = \frac{b}{4} (D^2 - b^2)^{1/2} + \frac{D^2}{4} \arcsen \frac{b}{D} - \frac{b}{4} [(D - 2a)^2 - b^2]^{1/2} - \left(\frac{D - 2a}{2} \right)^2 \arcsen \frac{b}{D - 2a}$$

Donde:

- a = es el espesor de la pared del tubo;
- b = es el promedio del ancho de la tira; y
- D = es el diámetro externo.

Se puede utilizar la siguiente ecuación simplificada para las probetas longitudinales o transversales:

$$S_o = ab \left[1 + \frac{b^2}{6D(D - 2a)} \right] \text{ cuando } \frac{b}{D} < 0,25;$$

$$S_o = ab \text{ cuando } \frac{b}{D} < 0,17.$$

En el caso de una longitud de tubo, el área de la sección transversal inicial (S_o) se puede calcular de la siguiente manera:

$$S_o = p a(D - a)$$

(Continúa)

ANEXO E
(Informativo)

PRECAUCIONES A SER TOMADAS AL MEDIR EL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DESPUÉS DE LA ROTURA, SI EL VALOR ESPECIFICADO ES MENOR QUE EL 5%

E.1 Uno de los métodos recomendados se indica a continuación:

E.1.1 Antes de la prueba debe hacerse una marca muy pequeña en uno de los extremos de la longitud paralela. Utilizando un juego de rayadores puntiagudos dividiendo a la longitud medida, un arco es descrito con una marca en el centro. Después de la rotura, el pedazo de la prueba roto debe ponerse en una prensa fija y aplicar una fuerza axial compresiva, preferentemente por medio de un tornillo, suficiente para unir los pedazos durante la medida. Un segundo arco del mismo radio debe ser entonces descrito del centro original, y la distancia entre las dos marcas medidas por medio de un microscopio u otro instrumento conveniente. Para observar las marcas finas más fácilmente, puede aplicarse una película del tinte conveniente al pedazo de la prueba antes de probar.

(Continúa)

ANEXO F
(Informativo)

NOMOGRAMA PARA CALCULAR LAS LONGITUDES CALIBRADAS DE PROBETAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL RECTANGULAR

F.1 Este nomograma ha sido construido usando el método de alineación.

F.1.1 *Método de uso.* Lleve a cabo los pasos siguientes:

- a) Para valores fuera de escala, seleccione los puntos a y b que representan el espesor y el ancho de una probeta rectangular;
- b) Una estos dos puntos con una línea (longitud de hilo o borde de una regla);
- c) Leer la longitud calibrada correspondiente del lado izquierdo de la escala central.

Ejemplo de uso: (ver notas)

$$b = 21 \text{ mm}$$

$$a = 15,5 \text{ mm}$$

$$L_o = 102 \text{ mm}$$

F.2 Construcción del nomograma

F.2.1 Dibujar tres líneas paralelas equidistantes las mismas que son las ordenadas de las graduaciones logarítmicas. Éstas deben ser graduadas logarítmicamente tal que el $\lg 10$ es representado por 250 mm; las tres escalas se incrementan hacia la parte superior de la página. Los puntos (20) y (10) deben ponerse aproximadamente en el centro de la página de las escalas laterales. Unir los dos puntos (10) de las escalas laterales.

La intersección de esta línea y la escala central da el punto 56,5 del lado izquierdo de la graduación de la escala central L_o .

F.2.2 La escala del área S_o esta en el lado derecha de la línea central. Este mismo punto 56,5 es el punto 100 en la escala de áreas; la graduación debe estar trazada a una escala que es la mitad de la precedente, a saber:

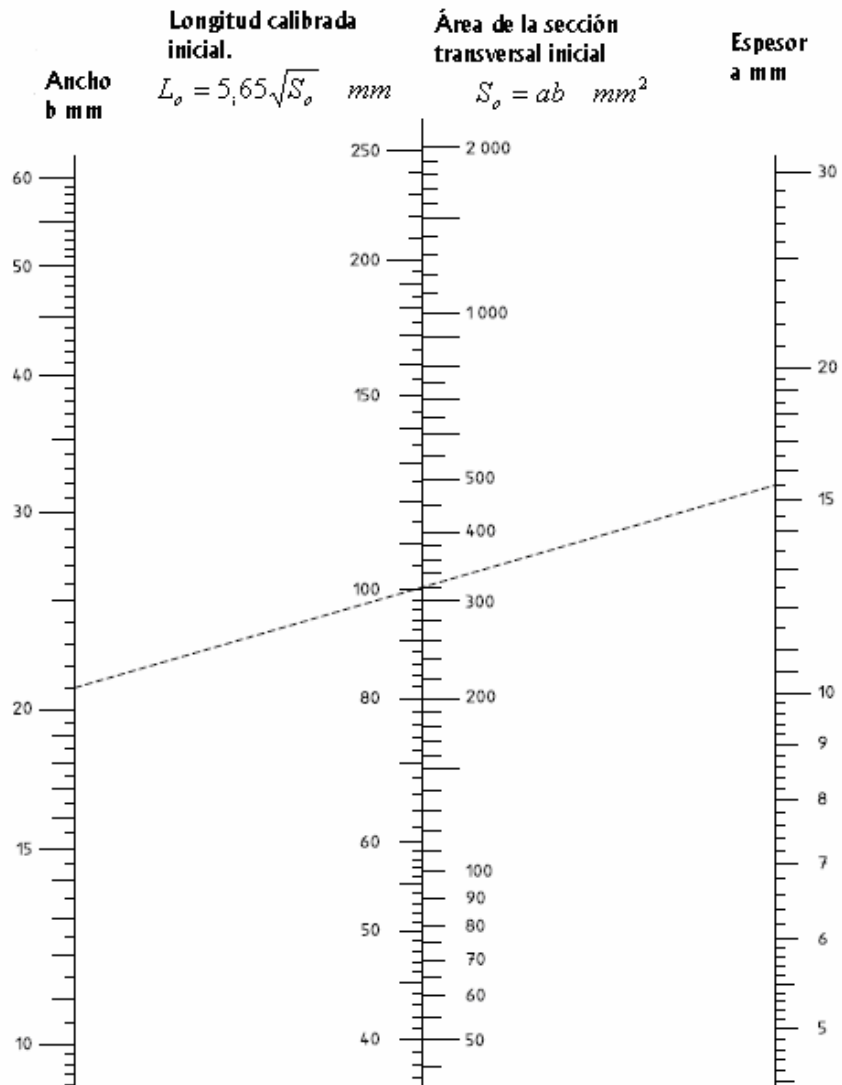
$$\lg 10 = 125 \text{ mm}$$

NOTAS:

F.1. Un error en la lectura L_o menor o igual que $\pm 1\%$ significa que este nomograma puede usarse sin cálculos adicionales en todos los casos.

F.2. Un error en la lectura L_o mayor que 1%, significa que en algunos casos la precisión deseada no es obtenida; es entonces preferible calcular el producto de a y b directamente.

(Continúa)



(Continúa)

ANEXO G

MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DESPUÉS DE LA ROTURA BASADA EN LA SUBDIVISIÓN DE LA LONGITUD CALIBRADA INICIAL

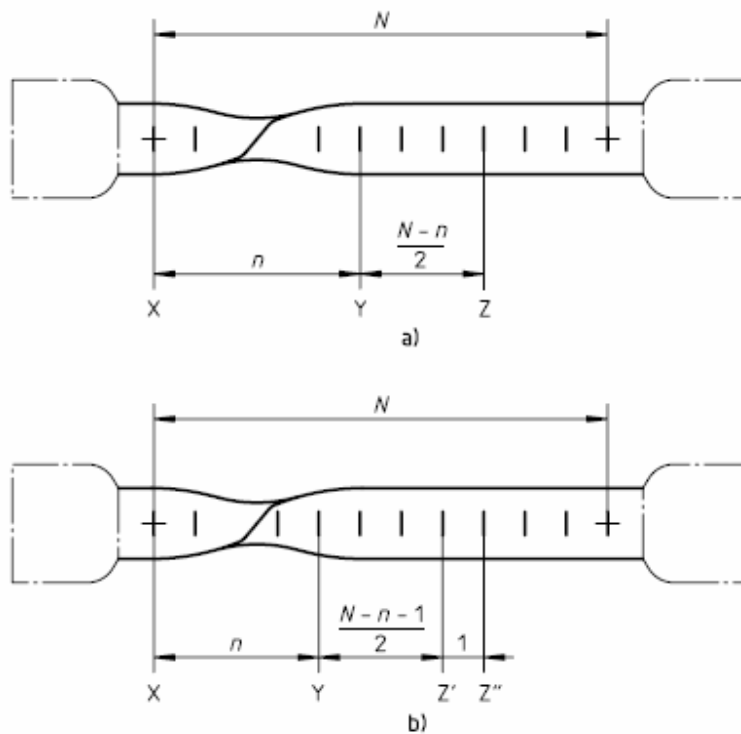
G.1 Por acuerdo, para evitar rechazar probetas que no cumplan con la posición de la rotura de acuerdo con las condiciones de 10.1 se pueden usar los siguientes métodos:

- Antes del ensayo, subdividir la longitud calibrada inicial (L_o) en N partes iguales.
- Después del ensayo, usar el símbolo X para resaltar la marca calibrada en el pedazo más corto y el símbolo Y para resaltar en el pedazo más largo, la subdivisión de la cual esta a la misma distancia de la rotura como la marca X

Si n es el número de intervalos entre X y Y , la elongación después de la rotura se determina así:

- Si $N - n$ es un número par [ver figura G.1 a)], medir la distancia entre X y Y y la distancia desde Y a la marca graduada Z localizada a:

FIGURA G.1 (ver nota)



$\frac{N-n}{2}$ intervalos más allá de Y ;

Calcular el porcentaje de elongación después de la rotura usando la ecuación:

$$A = \frac{XY + 2YZ - L_o}{L_o} \times 100$$

NOTA G.1. La forma de la cabeza de las probetas se proporciona solo como guía.

(Continúa)

- 2) Si $N - n$ es un número impar [ver figura G.1 b)], medir la distancia entre X y Y y la distancia desde Y a las marcas graduadas Z' y Z'' localizadas respectivamente a:

$$\frac{N - n - 1}{2} \quad \text{y} \quad \frac{N - n + 1}{2} \quad \text{Intervalos mas allá de } Y;$$

Calcular el porcentaje de elongación después de la rotura usando la ecuación;

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_o}{L_o} \times 100$$

(Continúa)

ANEXO H (Informativo)

MÉTODO MANUAL PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE TOTAL DE ELONGACIÓN A LA FUERZA MÁXIMA PARA LOS PRODUCTOS LARGOS COMO BARRAS, ALAMBRE, VARILLAS

H.1 El método del extensómetro definido en el punto 11 puede ser reemplazado por el siguiente método manual. En caso de desacuerdo, el método del extensómetro debe ser aplicado.

H.2 El método consiste en medir, en la parte más larga de la probeta que se ha sometido a una prueba de tracción, la elongación no-proporcional a la fuerza máxima, a partir de la cual se calcula el porcentaje total de elongación.

H.2.1 Antes de la prueba, se hacen marcas equidistantes en la longitud calibrada medida, la distancia entre 2 marcas sucesivas siendo iguales a un submúltiplo de la longitud calibrada inicial (L'_o). El marcado de la longitud calibrada inicial (L'_o) debe tener una precisión de $\pm 0,5$ mm.

H.2.2 Esta longitud la cual es una función del valor del porcentaje total de elongación debe estar definida en la norma del producto.

La medida de la longitud calibrada final después de la rotura (L'_u) se realiza en la parte rota más larga de la probeta y debe tener una precisión dentro de 0,5 mm.

Para que la medida sea válida, las siguientes dos condiciones deben respetarse:

- Los límites de la zona de medición debe ser localizados al menos a $5 d$ desde la sección de rotura y por lo menos a $2,5 d$ desde la mordaza;
- La longitud calibrada de medición debe ser por lo menos igual al valor especificado en la norma del producto.

H.2.3 El porcentaje de elongación no-proporcional a la fuerza máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_g = \frac{L'_u - L'_o}{L'_o} \times 100$$

El porcentaje de elongación total a la fuerza máxima se calcula por la siguiente formula:

$$A_{gt} = A_g + \frac{R_m}{E} \times 100$$

(Continúa)

ANEXO J
(Informativo)

UNA APROXIMACIÓN AL "ERROR ESTIMADO" DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN

J.1 Introducción

J.1.1 Una aproximación para estimar la incertidumbre de mediciones se perfilan basadas en el concepto del "error estimado" usando las tolerancias de la medida especificadas en los ensayos y estándares de calibración.

J.1.2 Notar que no es posible calcular un único valor para la incertidumbre de la medida para todos los materiales ya que estos exhiben diversas características de respuesta a algunos de los parámetros de control especificados, ejm. La proporción de deformación o la proporción de los esfuerzos^[3].

J.1.3 El error estimado presentado aquí se puede considerar como límite superior a la incertidumbre de la medida para un ensayo realizado en un laboratorio de acuerdo con esta norma (máquina y extensómetro de clase 1).

J.1.4 Notar que al evaluar la dispersión total en resultados experimentales la incertidumbre en la medición se debe considerar además de la dispersión inherente debido a la falta de homogeneidad del material. La aproximación estadística al análisis de los ejercicios de la intercomparación (experimentos Round Robin) dados en el apéndice K, no elimina las dos causas que contribuyen a la dispersión. Otra aproximación útil para estimar la dispersión entre laboratorios es emplear un material de referencia certificado (CRM), el cual tiene propiedades del material certificado. La selección de los materiales propuestos para el ensayo de tracción a temperatura ambiente CRM se ha discutido en otra parte [3] y de 1 tonelada de un material (Nimonic 75) bajo la forma de barra de 14 milímetros de diámetro está en curso de ser certificado en un proyecto bajo supervisión de la Oficina de la Comunidad de Referencia (BCR).

J.2 Estimación de incertidumbre

J.2.1 *Parámetros independientes del material.* La manera en la cual los errores provenientes de una variedad de fuentes deben ser añadidos juntos, ha sido considerada a detalle^[4] y más recientemente se han dado guías para la determinación de la precisión e incertidumbre en dos documentos ISO, ISO 5725-2 y la Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición.

J.2.2 En el análisis siguiente se ha utilizado la aproximación de los mínimos cuadrados. Las tolerancias para varios parámetros de prueba para las propiedades de tracción están establecidas en la tabla J.1, junto con la incertidumbre esperada. Debido a la forma de la curva esfuerzo - deformación, algunas de las propiedades de la tracción en principio pueden ser determinadas con un grado más alto de precisión que otras. Ejemplo; el esfuerzo de fluencia superior R_{eH} depende solamente de las tolerancias para la medición de la fuerza y el área de la sección transversal, aunque el esfuerzo de prueba, R_p , dependa de la fuerza, deformación (desplazamiento), la longitud calibrada y el área de la sección transversal. En el caso de la reducción de área, Z la tolerancia de medida para el área de la sección transversal juntas antes y después de la rotura necesitan ser consideradas.

TABLA J.1 - Resumen de las incertidumbres máximas admisibles de medición para determinar los datos del ensayo a tracción.

Parámetros	Propiedades de tracción, % de error					
	R_{eH}	R_{eL}	R_m	R_p	A	Z
Fuerza	1	1	1	1		
Tension ¹⁾ (desplazamiento)	-	-	-	1	1	-
Longitud calibrada, L_o ¹⁾	-	-	-	1	1	-
S_o	1	1	1	1	-	1
S_u	-	-	-	-	-	2
Incertidumbre esperada	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{4}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{5}$
(error acumulado usando los mínimos cuadrados)						
¹⁾ Asumiendo un extensómetro clase 1 calibrado según ISO 9513						

J.2.3 Parámetros que dependen del material

J.2.3.1 Para el ensayo de tracción a temperatura ambiente, las únicas propiedades de tracción que dependen significativamente de la respuesta de los materiales a los parámetros de control de la proporción de deformación (ó proporción de esfuerzo) son R_{eH} , R_{eL} y R_p . El esfuerzo a la tracción, R_m , puede también ser dependiente de la proporción de la deformación, sin embargo en la práctica es usualmente determinada a una proporción mucho más alta que R_p y generalmente es menos sensible a las variaciones en la proporción de deformación.

J.2.3.2 En principio, será necesario determinar cualquier respuesta de la proporción de deformación del material, antes que el error total estimado pueda ser calculado. Algunos datos limitados están disponibles y los siguientes ejemplos pueden ser usados para estimar la incertidumbre de algunas clases de materiales.

J.2.3.3 Ejemplos típicos de datos establecidos, usados para determinar la proporción de deformación de la respuesta de los materiales especificado en esta norma, son mostrados en las tablas J.2 y J.3 y un resumen de la respuesta de los materiales para el esfuerzo de prueba de un número de materiales medidos bajo un control de la deformación de prueba, está dado por la tabla J.2. Datos iniciales en una variedad de aceros medidos bajo un esfuerzo de prueba dado en el documento del seminario ^[5].

TABLA J.2 - Ejemplos de la variación del esfuerzo de prueba a temperatura ambiente sobre un rango de la proporción de la deformación permitida en esta norma

Materiales	Composición nominal	$R_{p0,2}$ Valor representativo MPa	Respuesta a la proporción de deformación del esfuerzo de prueba %	Tolerancia equivalente $\pm\%$
Acero ferrítico Tubo de acero Plancha de acero (Fe 430)	Cr – Mo – V - Fe(bal) C – Mn - Fe(bal)	680 315	0,1 1,8	0,05 0,9
Acero austenítico (X5 Cr Ni Mo 17-12-2)	17Cr, 11Ni- Fe(bal)	235	6,8	3,4
Aleaciones en base de Níquel Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25-20	18Cr, 5Fe, 2Co - Ni(bal) 24Cr, 20Co, 3Ti, 1,5Mo, 1,5Al – Ni (bal)	325 790	2,8 1,9	1,4 0,95

J.2.4 Incertidumbre total de medición

J.2.4.1 La respuesta que depende del material del esfuerzo de prueba sobre el rango de proporción de deformación permitido especificado en la tabla J.2 puede ser combinado con los parámetros independientes del material, especificados en la tabla J.1 para dar el estimado total de incertidumbre para varios materiales indicados, como se muestra en la tabla J.3.

J.2.4.2. Para el propósito de este análisis, el valor total de la variación en el esfuerzo de prueba sobre el rango de la deformación proporcional permitido en la norma se ha dividido en dos y se ha expresado como una tolerancia equivalente, Ejemplo: para el acero inoxidable del X5 Cr Ni Mo 17-12-2, el esfuerzo de prueba puede variar sobre el 6,8% del rango de la deformación proporcional permitido, así que es equivalente a una tolerancia de $\pm 3,4\%$. Por lo tanto para el acero inoxidable X5 Cr Ni Mo 17-12-2, la incertidumbre total está dada por:

$$\pm \sqrt{2^2 + 3,4^2} = \pm \sqrt{15,6} = \pm 3,9\%$$

(Continúa)

TABLA J.3 - Ejemplos de la incertidumbre de medición total esperada a temperatura ambiente para el esfuerzo de prueba determinada de acuerdo con esta norma.

Materiales	$R_{p0,2}$ Valor representativo MPa	Valores de la tabla J.1 $\pm\%$	Valores de la tabla J.2 %	Incertidumbre de medida total esperada $\pm\%$
Acero ferrítico Tubo de acero Plancha de acero	680 315	2 2	0,05 0,9	$\sqrt{4,0} = 2,0$ $\sqrt{4,8} = 2,2$
Acero austenítico X5 Cr Ni Mo 17 - 12-2	235	2	3,4	$\sqrt{15,6} = 3,9$
Aleaciones en base de Níquel Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25 - 20	325 790	2 2	1,4 0,95	$\sqrt{6,0} = 2,4$ $\sqrt{4,9} = 2,2$

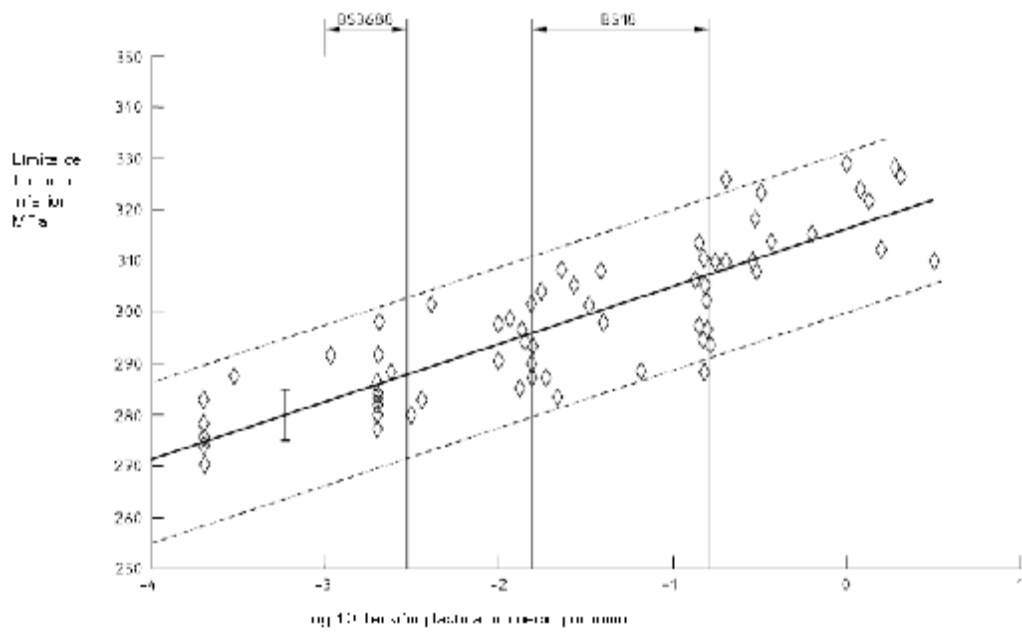
J.3 Comentarios finales

J.3.1 Un método de calcular la incertidumbre de medición para utilizar en el ensayo de tracción a temperatura ambiente usando el "error estimado", ha sido mostrado y ejemplificado para pocos materiales, donde la respuesta del material a los parámetros de prueba es conocida. Debe ser notado que las incertidumbres calculadas pueden necesitar ser modificadas para incluir un factor de ponderación de acuerdo con la guía de expresión de incertidumbre de medición [2] y esto será iniciado cuando los grupos de trabajo de Eurolab e ISO concluyan sus recomendaciones sobre la óptima aproximación a ser adoptada. Además, hay otros factores que pueden afectar la medición de las propiedades de tracción tales como dobleces de las probetas, métodos de agarrar la probeta, o el método de control de la máquina de ensayos, Ejemplo, control del extensómetro o control de la carga/de la cruceta que puede afectar las propiedades de tracción medidas [6]. Sin embargo puesto que hay insuficientes datos cuantitativos disponibles, no es posible incluir sus efectos en el error estimado. Debe también ser reconocido que este acercamiento del error estimado da solamente una estimación de la incertidumbre debido a la técnica de medición y no tiene en cuenta la dispersión inherente debido a resultados experimentales atribuibles a la falta de homogeneidad del material.

J.3.2 Finalmente, debe ser apreciado que cuando los materiales de referencia llegan a ser disponibles, ofrecerán medios útiles de medir la incertidumbre de medición total en cualquier máquina de ensayo dada incluyendo la influencia de las mordazas, de los dobleces, etc, que no se han cuantificado actualmente.

(Continúa)

FIGURA J.1 - Variación del límite de fluencia inferior (R_{eL}) a temperatura ambiente en función de la proporción de deformación, para plancha de acero ^[6]



Leyenda


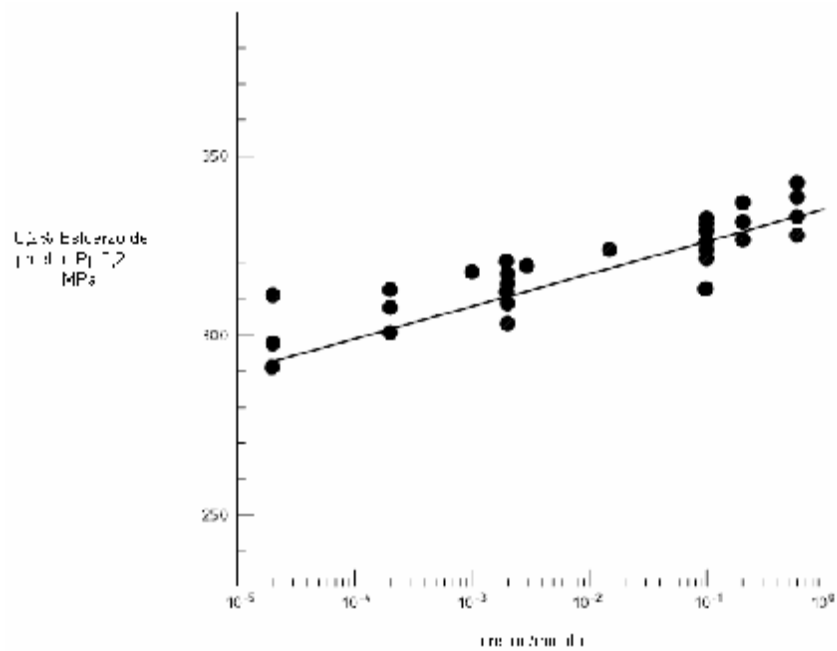

Máximo error esperado por la tracción

FIGURA J.2 - Datos del ensayo de tracción a 22°C para el Ni Cr 20 Ti



(Continúa)

ANEXO K (Informativo)

PRECISIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN- RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS DE ENSAYO ENTRE LABORATORIOS

K.1 Causas de incertidumbre en el ensayo de tracción. La precisión de los resultados del ensayo de tracción es limitada por los factores relacionados con el material, probeta, el equipo de ensayo, el método de ensayo y el método de cálculo de las propiedades mecánicas.

Más específicamente, las causas siguientes de la incertidumbre pueden ser mencionadas:

- Un cierto grado de falta de homogeneidad, que existe incluso dentro de un lote obtenido de un proceso cuando se obtuvo de una misma colada;
- Geometría de la probeta, método de preparación y tolerancias;
- Método de agarre y axialidad de aplicación de la fuerza;
- Máquina de prueba y sistemas de medición asociados (rigidez, impulsión, control, método de operación);
- Medidas de las dimensiones de la probeta, marcado de la longitud calibrada, longitud calibrada inicial del extensómetro, medida de fuerza y de la extensión;
- Temperatura de ensayo y rangos de carga en las etapas sucesivas.
- errores humanos o de programas de computación asociados con la determinación de las propiedades de tracción.

Los requisitos y tolerancias de esta norma no permiten la cuantificación del efecto de todos estos factores. Las pruebas entre laboratorios se pueden utilizar para una determinación total de la incertidumbre de los resultados bajo condiciones cercanas de la práctica industrial de la prueba. Sin embargo, no permiten la separación de los efectos relacionados con los errores del material debido al método de prueba.

K.2 Procedimiento

K.2.1 Los resultados de dos programas entre laboratorios del ensayo (programa A, referencia ^[7] y el programa B, referencia ^[8] se dan como ejemplos del tipo de incertidumbres que se obtienen típicamente al probar los materiales metálicos.

Para cada material incluido en el programa, un número fijo de probetas sin ensayar se seleccionan aleatoriamente del lote.

Un estudio preliminar comprueba la homogeneidad de este lote y proporciona datos en la dispersión "intrínseca" de las características mecánicas dentro del lote.

Las probetas sin ensayar se envían a los laboratorios que participan, en donde las probetas se trabajan a máquina en base a los dibujos que utilizan normalmente. El único requisito para las probetas y la prueba son la conformidad con los requisitos de las normas relevantes. Tanto cuanto sea posible, es recomendado que las pruebas estén hechas en un período de tiempo corto, por el mismo operador usando la misma máquina.

En las tablas K.1 y K.2, estas tres clases de error se expresan en términos de coeficiente de incertidumbre relativa:

(Continúa)

**TABLA K.1 Resultados de ensayos de tracción entre laboratorios.
Programa de ensayo A**

Materiales	Aluminio	Aluminio	Acero al carbono	Acero inoxidable austenítico	Aleación de Níquel	Acero inoxidable martensítico
	EC-H 19	2024-T 351	C 22	X 7 Cr Ni Mo 17-12-02	Ni Cr 15 Fe 8	X 12 Cr 13

Esfuerzo de fluencia paralelo al 0,2%, MPa

Promedio total	158,4	362,9	402,4	480,1	268,3	967,5
UC _r (%)	4,12	2,82	2,84	2,74	1,86	1,84
UC _L (%)	0,42	0,98	4,04	7,66	3,94	2,72
UC _R (%)	4,14	2,98	4,94	8,14	4,36	3,28

Esfuerzo a la tracción, MPa

Promedio total	176,9	491,3	596,9	694,6	695,9	1 253,0
UC _r (%)	4,90	2,48	1,40	0,78	0,86	0,50
UC _L (%)	-	1,00	2,40	2,28	1,16	1,16
UC _R (%)	4,90	2,66	2,78	2,40	1,44	1,26

Elongación en 5 diámetros de la longitud calibrada, %

Promedio total	14,61	18,04	25,63	35,93	41,58	12,39
UC _r (%)	8,14	6,94	6,00	3,96	3,22	7,22
UC _L (%)	4,06	17,58	8,18	14,36	7,00	13,70
UC _R (%)	9,10	18,90	10,12	14,90	7,72	15,48

Reducción del área, %

Promedio total	79,14	30,31	65,59	71,49	59,34	50,49
UC _r (%)	4,86	13,80	2,56	2,78	2,28	7,38
UC _L (%)	1,46	19,24	2,88	3,54	0,68	13,78
UC _R (%)	5,08	23,66	3,84	4,50	2,38	15,62

$$UC_r = \pm 2s_r / \bar{x} (\%)$$

$$UC_L = \pm 2s_L / \bar{x} (\%)$$

$$UC_R = \pm 2s_R / \bar{x} (\%)$$

Donde:

\bar{x} Es el promedio general;

s_r es la desviación estándar de repetibilidad estimada dentro de los laboratorios;

s_L es la variabilidad estimada entre laboratorios;

s_R es la precisión estimada del método de prueba: desviación estándar de la reproducibilidad.

Estas cantidades están cerca del intervalo de confianza del 95% del \bar{x} . Se calculan para cada material ensayado y cada propiedad.

(Continúa)

K.3 Resultados del programa A . Los detalles se pueden encontrar en el informe, referencia [7]. Los materiales son un aluminio suave, una aleación de aluminio sometida a un tratamiento térmico, un acero de baja aleación, un acero inoxidable austenítico, una aleación en base de níquel y un acero de alta aleación sometido a un tratamiento térmico. Para cada material, seis pruebas fueron realizadas por los seis participantes. En todos los casos fueron utilizadas probetas cilíndricas de 12,5 milímetros de diámetro. Los resultados se resumen en la tabla K.1. En el caso del acero de baja aleación que tiene un comportamiento en el punto de fluencia, solamente se reporta el esfuerzo de prueba al 0,2%. Los valores de elongación son relativos a una longitud calibrada igual a cinco diámetros.

K.4 Resultados del programa B. Los detalles se pueden encontrar en el informe, referencia [8]. Los materiales son:

- dos materiales laminados: un acero maleable de bajo carbono y un acero inoxidable austenítico (espesor 2,5 mm);
- tres clases de barras: un acero de construcción, un acero inoxidable austenítico, un acero de alta resistencia tratado térmicamente (diámetro 20 mm).

Las pruebas fueron realizadas usando probetas planas para los primeros dos materiales (18 participantes, 5 pruebas para cada material) y probetas cilíndricas de 10 mm de diámetro para las barras (18 participantes, 5 pruebas para cada material).

El ancho de la probeta plana fue 20 mm y la longitud calibrada inicial 80 mm.

Los resultados se resumen en la tabla K.2. No se hace ninguna distinción entre límite de fluencia inferior (R_{eL}) y el esfuerzo de prueba ($R_{p0,2}$) en el caso de los materiales con puntos de fluencia. Para las probetas cilíndricas, los valores de elongación corresponden a una longitud calibrada igual a cinco diámetros.

**TABLA K.2 Resultados de los ensayos de tracción entre laboratorios.
Programa de ensayo B**

Materiales	Acero de bajo carbono	Acero inoxidable austenítico	Acero de construcción	Acero inoxidable austenítico	Acero de alta resistencia
Tipo de acero	HR 3 (ISO)	X 2 Cr Ni 18-10	Fe 510 C (ISO)	X 2 Cr Ni Mo 18-10	30 Ni Cr Mo 16
Probeta	Plana	Plana	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica

Esfuerzo de fluencia (paralelo al 0,2% o esfuerzo de fluencia inferior), MPa

Promedio total	228,6	303,8	367,4	353,3	1 039,9
UC _r (%)	4,92	2,47	2,47	5,29	1,13
UC _L (%)	6,53	6,06	4,42	5,77	1,64
UC _R	8,17	6,54	5,07	7,83	1,99

Esfuerzo a la tracción, MPa

Promedio total	335,2	594,0	552,4	622,5	1167,8
UC _r (%)	1,14	2,63	1,25	1,36	0,61
UC _L (%)	4,86	2,88	1,42	2,71	1,32
UC _R (%)	4,99	2,98	1,90	3,03	1,45

Elongación después de la rotura, %.

Lo = 80 mm	Lo = 5d				
Promedio total	38,41	52,47	31,44	51,86	16,69
UC _r (%)	10,44	3,81	6,41	3,82	7,07
UC _L (%)	7,97	12,00	12,46	12,04	11,20
UC _R (%)	13,80	12,59	14,01	12,65	13,26

Reducción del área, %

Promedio total			71,38	77,94	65,59
UC _r (%)			2,05	1,99	2,45
UC _L (%)			1,71	5,26	2,11
UC _R (%)			2,68	5,62	3,23

ANEXO L
(Informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 5725-2:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results —Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [2] Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML.
- [3] M.S. LOVEDAY (1992) "Towards a tensile reference material", Chapter 7, pp. 111-153 in Harmonisation of Testing Practice for High Temperature Materials, Ed. M.S. LOVEDAY and T.B. GIBBONS, Chapman and Hall (formerly published by Elsevier Applied Science).
- [4] P.J. CAMPION, J.E. BURNS and A. WILLIAMS (1980) "A code of practice for the detailed statement of accuracy", National Physical Laboratory, ISBN 0 950 4496 6 0.
- [5] R.F. JOHNSON and J.D. MURRAY (1966) "The effect of rate of straining on the 0,2 % proof stress and lower yield stress of steel", Symposium on High Temperature Performance of Steels", Eastbourne 1966, Iron & Steel Institute, 1967.
- [6] T.G.F. GRAY and J. SHARP (1988) "Influence of machine type and strain-rate interaction in tensile testing", ASTM Symposium on Precision of Mechanical Tests, STP 1025.
- [7] ASTM Research Report RR E - 28 1004 (March 1984) - Round Robin Results of Interlaboratory Tensile Tests.
- [8] L. ROESCH, N. COUE, J. VITALI, M. DI FANT - Results of an Interlaboratory Test Programme on Room Temperature Tensile Properties - Standard Deviation of the Measured Values - IRSID Report N. DT. 93310 (July 1993).

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma ISO 286-2	<i>ISO System of limits and fits. Part 2. Tables of Standard tolerance grades and limits deviation for holes and shafts.</i>
Norma ISO 377	<i>Steel and steel products - Location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing.</i>
Norma ISO 2566-1	<i>Steel - Conversion of elongation values. Part 1. carbon and low alloy steel Second edition.</i>
Norma ISO 2566-2	<i>Steel - Conversion of elongation values. Part 2. Austenitic steel First edition.</i>
Norma ISO 7500-1	<i>Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines – Part 1, Tension/compression testing machines – Verification and calibration of the force – measuring system.</i>
Norma ISO 9513	<i>Metallic materials – calibration of extensometer used in uniaxial testing</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

International Standard ISO 6892. *Metallic materials -Tensile testing at ambient temperature*, second edition 1998-03-01. International Organization for Standardization. Geneva. 1998.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 109
Primera revisión

TÍTULO: ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE

Código: MC 01.02-301

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1973-11-27 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 242 de 1975-02-20 publicado en el Registro Oficial No. 769 del 1975-03-25 Fecha de iniciación del estudio: 2007-07-04
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **ACEROS**

Fecha de iniciación: 2007-08-23
Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 2008-01-14

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Galo Idrobo	ADELCA.
Ing. Adriana Pulgar (Presidente)	NOVACERO S.A.
Ing. Marco Carrera	IDEAL ALAMBREC.
Ing. Ángel Estévez	UNIFER.
Arq. Luis Travez	UNIFER.
Ing. Miguel Erazo	CIMEPI
Ing. Mónica Muñoz	STEEL FLEX
InG. Sofía Yáñez	STEEL FLEX
Ing. Carlos Proaño	MIDUVI
Ing. Marco Paredes	ADELCA.
Ing. Aníbal Viñan	ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO
Ing. Patricio Villena	CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO
Ing Jaime Hernández	EMOP-Q
Ing. Justo Freire (Vicepresidente)	H CONSEJO P PICHINCHA.
Ing. Luis Gavilanes	MIDUVI
Ing. William Peña (Pro Secretario Técnico)	FEDIMETAL

Otros trámites: Esta norma anula a las NTE INEN 121 y 127.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-10-24

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 538 de 2009-03-02

Por Resolución No. 119-2008 de 2009-01-27

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: [E-Mail:direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Certificación: [E-Mail:certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Verificación: [E-Mail:verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)
Regional Guayas: [E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)
Regional Azuay: [E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)
Regional Chimborazo: [E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)
URL:www.inen.gov.ec

Cálculos estructurales de la propuesta de cubierta_Fibro cemento

DATOS ARQ		
L =	2	m
B =	6,40	m
B/2 =	3,20	m
LT =	0,5	m
BT =	0,43	m
AT =	0,22	m ²
P =	40	%
h =	1,28	m
e ceniza	40	cm
CV =	70	Kg/m ²
CM =	520	Kg/m ²
D+L =	590	Kg/m ²

ESPECIFICACIONES		
T madera =	Eucalipto	
	C	
D madera =	550	kg/m ³
P p duela =	30	kg/m ²
Cielo razo =	20	kg/m ²
CARGAS		
CM =	520	kg/m ²
CV =	70	kg/m ²
CU =	590	Kg/m
ESFUERZOS ADMISIBLES		
fm =	100	Kg/cm ²
ft =	75	Kg/cm ²
fc =	80	Kg/cm ²
fcL =	20	Kg/cm ²
fv =	8	Kg/cm ²
E min =	55000	Kg/cm ²
E Prom =	90000	Kg/cm ²
Datos NEC - SE -MD		

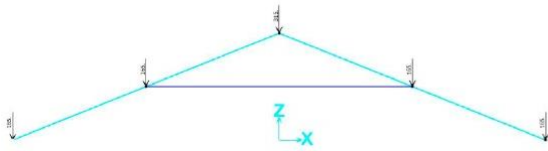
LISTON		
b	0,05	m
h	0,05	m
Bt Liston	0,4	m
Lt liston =	0,5	m
At =	0,22	m
P =	127	Kg
W =	253,70	Kg/m
Flexión		
Mu	7,93	kg-m
Z =	0,000021	m ³
fm =	3,81	kg/cm ²
I =	5,2E-07	m ⁴
Δ1 (C+V)=	0,001441	
Δmax 1 =	0,0213	
Δ2 (V)=	0,001441	
Δmax 2 =	0,0183	
Corte		
V =	63,43	kg
fv =	3,81	Kg/cm ²

CARGA VIGAS		
P CM =	2325,00	Kg
P CM /2 =	1215,00	Kg
P CV =	315,00	Kg
P CV/2 =	165,0	Kg

Viga			vigüeta			liston primario		
b	20	cm	b	15	cm	b	10	cm
h	25	cm	h	15	cm	h	10	cm
FLEXION			FLEXION			FLEXION		
Mu =	1168	Kg-m	Mu =	151	Kg-m	Mu =	73	Kg-m
fm =	56,06	Kg/cm ²	fm =	26,84	Kg/cm ²	fm =	43,80	Kg/cm ²
CORTE			CORTE			CORTE		
VU =	694	kg	VU =	236	kg	VU =	145	kg
Fc =	2,08	Kg/cm ²	Fc =	1,57	Kg/cm ²	Fc =	2,18	Kg/cm ²
COMPRESIÓN			COMPRESIÓN			TRACCIÓN		
Au =	5749	Kg	Au =	210	Kg	Au =	0	Kg
Fcl =	11,50	Kg/cm ²	Fcl =	0,93	Kg/cm ²	Fcl =	0,00	Kg/cm ²

Diagramas de la propuesta de cubierta_Fibrocemento

Carga Viva Kg



Deformada cm

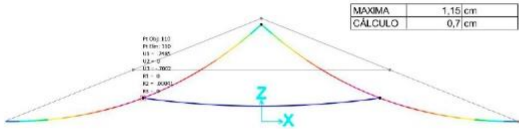
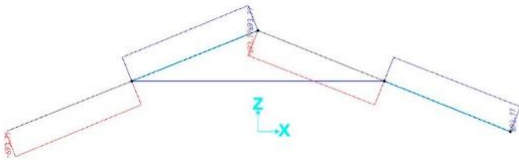


Diagrama Corte Kg



Carga Muerta Kg

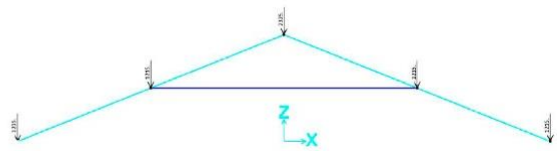


Diagrama Axial Kg

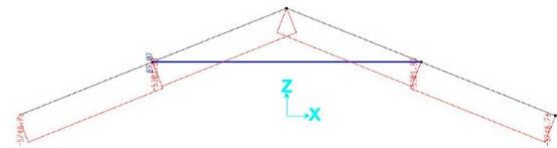
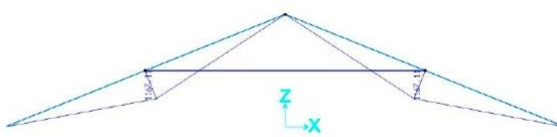


Diagrama de momento Kg-m



Cálculos estructurales de la propuesta de cubierta_Teja de arcilla cocida

DATOS ARQ		
L =	2	m
B =	6,40	m
B/2 =	3,20	m
LT =	0,5	m
BT =	0,43	m
AT =	0,22	m ²
P =	40	%
h =	1,28	m
e ceniza	40	cm
CV =	70	Kg/m ²
CM =	520	Kg/m ²
D+L =	590	Kg/m ²

ESPECIFICACIONES		
T madera =	Eucalipto	
	C	
D madera =	550	kg/m ³
P p duela =	30	kg/m ²
Cielo raso =	20	kg/m ²
CARGAS		
CM =	520	kg/m ²
CV =	70	kg/m ²
CU =	590	Kg/m
ESFUERZOS ADMISIBLES		
fm =	100	Kg/cm ²
ft =	75	Kg/cm ²
fc =	80	Kg/cm ²
fcL =	20	Kg/cm ²
fv =	8	Kg/cm ²
E min =	55000	Kg/cm ²
E Prom =	90000	Kg/cm ²
Datos NEC - SE - MD		

LISTON		
b	0,05	m
h	0,05	m
Bt Liston	0,4	m
Lt liston =	0,5	m
At =	0,22	m
P =	127	Kg
W =	253,70	Kg/m
Flexión		
Mu	7,93	kg-m
Z =	0,000021	m ³
fm =	3,81	kg/cm ²
l =	5,2E-07	m ⁴
Δ1 (C+V)=	0,001441	
Δmax 1 =	0,0213	
Δ2 (V)=	0,001441	
Δmax 2 =	0,0183	
Corte		
V =	63,43	kg
fv =	3,81	Kg/cm ²

CARGA VIGAS		
P CM =	2325,00	Kg
P CM /2 =	1215,00	Kg
P CV =	315,00	Kg
P CV/2 =	165,0	Kg

Viga			vigüeta			liston primario		
b	20	cm	b	15	cm	b	10	cm
h	20	cm	h	15	cm	h	10	cm
FLEXION			FLEXION			FLEXION		
Mu =	27	Kg-m	Mu =	151	Kg-m	Mu =	73	Kg-m
fm =	2,03	Kg/cm ²	fm =	26,84	Kg/cm ²	fm =	43,80	Kg/cm ²
CORTE			CORTE			CORTE		
VU =	16,04	kg	VU =	236	kg	VU =	145	kg
Fc =	0,06	Kg/cm ²	Fc =	1,57	Kg/cm ²	Fc =	2,18	Kg/cm ²
COMPRESIÓN			COMPRESIÓN			TRACCIÓN		
Au =	7230	Kg	Au =	210	Kg	Au =	0	Kg
Fcl =	18,08	Kg/cm ²	Fcl =	0,93	Kg/cm ²	Fcl =	0,00	Kg/cm ²

Cálculos estructurales de la propuesta de cubierta_Zinc

DATOS ARQ		
L =	2	m
B =	6,40	m
B/2 =	3,20	m
LT =	0,5	m
BT =	0,43	m
AT =	0,22	m ²
P =	40	%
h =	1,28	m
e ceniza	40	cm
CV =	70	Kg/m ²
CM =	520	Kg/m ²
D+L =	590	Kg/m ²

ESPECIFICACIONES		
T madera =	Eucalipto	
	C	
D madera =	550	kg/m ³
P p duela =	30	kg/m ²
Cielo raso =	20	kg/m ²
CARGAS		
CM =	520	kg/m ²
CV =	70	kg/m ²
CU =	590	Kg/m
ESFUERZOS ADMISIBLES		
fm =	100	Kg/cm ²
ft =	75	Kg/cm ²
fc =	80	Kg/cm ²
fcl =	20	Kg/cm ²
fv =	8	Kg/cm ²
E min =	55000	Kg/cm ²
E Prom =	90000	Kg/cm ²
Datos NEC - SE -MD		

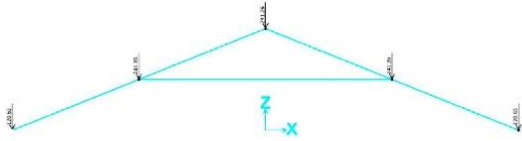
LISTON		
b	0,05	m
h	0,05	m
Bt Liston	0,4	m
Lt liston =	0,5	m
At =	0,22	m
P =	127	Kg
W =	253,70	Kg/m
Flexión		
Mu	7,93	kg-m
Z =	0,000021	m ³
fm =	3,81	kg/cm ²
I =	5,2E-07	m ⁴
Δ1 (C+V)=	0,001441	
Δmax 1 =	0,0213	
Δ2 (V)=	0,001441	
Δmax 2 =	0,0183	
Corte		
V =	63,43	kg
fv =	3,81	Kg/cm ²

CARGA VIGAS		
P CM =	2325,00	Kg
P CM /2 =	1215,00	Kg
P CV =	315,00	Kg
P CV/2 =	165,0	Kg

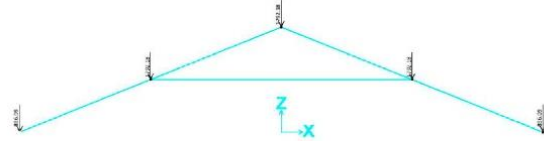
Viga			vigüeta			liston primario		
b	20	cm	b	15	cm	b	10	cm
h	25	cm	h	15	cm	h	10	cm
FLEXION			FLEXION			FLEXION		
Mu =	71	Kg-m	Mu =	165	Kg-m	Mu =	73	Kg-m
fm =	3,41	Kg/cm ²	fm =	29,33	Kg/cm ²	fm =	43,80	Kg/cm ²
CORTE			CORTE			CORTE		
VU =	170	kg	VU =	330	kg	VU =	145	kg
Fc =	0,51	Kg/cm ²	Fc =	2,20	Kg/cm ²	Fc =	2,18	Kg/cm ²
COMPRESIÓN			COMPRESIÓN			TRACCIÓN		
Au =	8271	Kg	Au =	83	Kg	Au =	0	Kg
Fcl =	16,54	Kg/cm ²	Fcl =	0,37	Kg/cm ²	Fcl =	0,00	Kg/cm ²

Diagramas de la propuesta de cubierta_Zinc

Carga Viva Kg



Carga Muerta Kg



Deformada cm

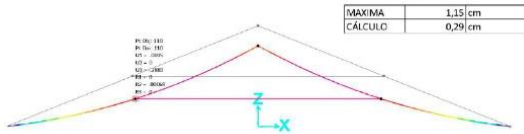


Diagrama Axial Kg

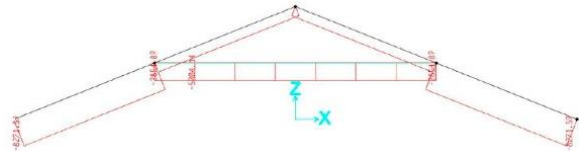


Diagrama Corte Kg

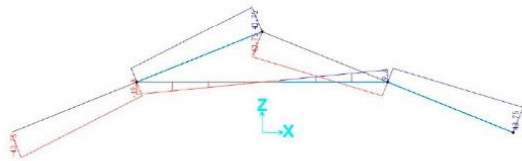
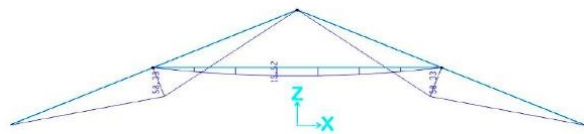


Diagrama de momento Kg-m



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Katherine Fernanda Rodríguez Ortiz** portador de la cédula de ciudadanía N° 0302390349. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE LA VIVIENDA EXPUESTA A RIESGOS VOLCÁNICOS. ECUADOR - VOLCÁN TUNGURAHUA”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 27 de octubre de 2020



F:

Katherine Fernanda Rodríguez Ortiz
0302390349