

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ



FACULTAD DE ARQUITECTURA
CARRERA ARQUITECTURA



**INFORME FINAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTA**

TEMA:

**ÁNALISIS CRÍTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS
ELEMENTOS TECTÓNICOS EN LAS EDIFICACIONES DE
MAYOR AFECTACIÓN EN EL BARRIO JOCAJ DEL CANTÓN
MANTA, DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DEL
2016**

AUTORA:

MÓNICA ELIZABETH PALADINES PICO

DIRECTOR:

ARQ. ALEXIS MACÍAS, MG.

MANTA - MANABÍ – ECUADOR

MARZO DEL 2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Arq. Alexis Macías, Mg, a través del presente y en mi calidad de Director del Trabajo de Titulación Profesional de la carrera de Arquitectura, designado por el Consejo de Facultad de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”.

Certifico: Que la Srta. MÓNICA ELIZABETH PALADINES PICO ha desarrollado bajo mi tutoría el informe final de trabajo de titulación previo a obtener el Título de Arquitecta, cuyo Tema es: **“ANÁLISIS CRÍTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS TECTÓNICOS EN LAS EDIFICACIONES DE MAYOR AFECTACIÓN EN EL BARRIO JOYAY DEL CANTÓN MANTA, DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016”**, cumpliendo con la reglamentación pertinente, así como lo programado en el plan correspondiente, reuniendo en su informe validez científica metodológica, por lo que autorizo su presentación.

Manta, Marzo del 2017.

Arq. Alexis Macías, Mg.

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Mónica Elizabeth Paladines Pico, egresada de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, y portadora de la C.I. #130873376-3, declaro ser la autora del trabajo de investigación y propuesta basada en lineamientos con el tema:

“ANÁLISIS CRÍTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS TECTÓNICOS EN LAS EDIFICACIONES DE MAYOR AFECTACIÓN EN EL BARRIO JOCAY DEL CANTÓN MANTA, DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016”.

Trabajo investigativo realizado mediante la recopilación de información en fuentes bibliográficas, visitas al campo de estudio, entre otros.

Atentamente:

Mónica Elizabeth Paladines Pico

AUTORA

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del tribunal de titulación de la carrera de Arquitectura, designado por el concejo de facultad, una vez revisado el informe final de trabajo de titulación denominado **“ANÁLISIS CRÍTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS TECTÓNICOS EN LAS EDIFICACIONES DE MAYOR AFECTACIÓN EN EL BARRIO JOCAJ DEL CANTÓN MANTA, DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016”** elaborado por la señorita **PALADINES PICO MONICA ELIZABETH**, con C.I. **130873376-3**, estudiante de la facultad de Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, de conformidad con el reglamento de Graduación para la obtención del título de Arquitecta, aprueban para los fines pertinentes el presente informe del trabajo de titulación.

Miembro

Miembro

Miembro

DEDICATORIA

Dedico de manera muy especial mi Tesis de Grado para recibir el Título de Arquitecto de la República del Ecuador, a mis padres Raúl y Dalia por haberme dado el privilegio de nacer y sobre todo la libertad de escoger mi camino a seguir en la vida y guiarme en él.

De igual manera a mi hermano Raúl, quien ha sido una pieza fundamental a lo largo de los años en mi desarrollo como persona y profesional, quien además me enseñó que nada es imposible, y si realmente quieres algo extraordinario lo puedes obtener con empeño y perseverancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco el haber podido desarrollar mi tesis de grado a mi tutor el Arq. Alexis Macías y al Arq. José Luis Castro por haberme apoyado durante toda este proceso, respondiendo a cada una de mis dudas.

Gracias a sus conocimientos, sus orientaciones y manera de trabajar, su persistencia y motivación fueron fundamentales para el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Agradezco a la Facultad de Arquitectura y al nuestro decano el Arq. Héctor Cedeño, por las facilidades brindadas en mi reingreso como estudiante.

Y un agradecimiento muy especial a todas las personas que de alguna u otra manera me ayudaron haciéndose presentes, dándome ánimos día tras día para continuar y no decaer.

INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	xx
A. Marco contextual del problema	xx
A.1. Situación Actual de la Problemática	xxi
A.2. Justificación del Problema	xxii
A.2.1. Justificación social.....	xxii
A.2.2. Justificación arquitectónica	xxii
A.2.3. Justificación ambiental	xxii
A.2.4. Justificación académico - institucional	xxii
B. Formulación del problema	xxiii
B.1. Definición del Problema.....	xxiii
B.2. Problema central y subproblemas	xxiii
B.3. Formulación de Pregunta clave	xxiv
C. Definición del objeto de Estudio	xxv
D. Campo de acción de la investigación	xxv
E. Objetivos	xxv
E.1. Objetivo General.....	xxv
E.2. Objetivos Específicos	xxv
F. Variables	xxvi
F.1. Identificación de Variables.....	xxvi
F.1.1. Variable independiente	xxvi
F.1.2. Variable dependiente	xxvi
F.2. Operacionalización de las Variables	xxvi

G. Idea a defender	xxxix
H. Tareas científicas desarrolladas.....	xxxix
I. Diseño de la Investigación	xxxix
I.1. Metodología	xxxix
I.1.1. Fases del estudio	xxxix
I.1.2. Tipos de Investigación.....	xxxix
I.1.3. Descripción de los métodos.....	xxxix
I.1.4. Técnicas e instrumentos de investigación utilizados.....	xxxix
I.2. Población y Muestra	xxxix
I.3. Resultados Obtenidos.....	xxxix
I.4. Novedad de la Investigación.....	xxxix
CAPÍTULO 1	1
MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Marco antropológico.....	1
1.2. Marco conceptual.....	2
1.3. Marco teórico	4
1.3.1. ELEMENTOS TECTÓNICOS DE LAS EDIFICACIONES: sistemas constructivos, técnicas y materiales.....	4
1.3.1.1. Sistemas constructivos de los elementos tectónicos (cimentación, columnas, vigas, cubiertas / losas).....	5
1.3.1.2. Clasificación de los sistemas constructivos.....	17
1.3.1.3. Aplicaciones y componentes	19
1.3.1.4. Beneficios, ventajas y desventajas del sistema.....	19
1.3.1.5. Sistemas alternativos de Construcción.....	20
1.3.1.6. Requerimientos técnicos	26
1.3.1.7. Calidad de los materiales.....	27
1.3.2. COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES: aspectos y características relevantes.....	28
1.3.2.1. Reacción de las edificaciones ante un sismo	28
1.3.2.2. Forma de las edificaciones.....	29
1.3.2.3. Uso de las edificaciones	29
1.3.2.4. Configuración de las edificaciones.....	29
1.3.2.5. Características relevantes del edificio para el comportamiento sísmico.....	30
1.3.3. PATOLOGÍAS COMUNES EN LAS EDIFICACIONES: y sus características.	35
1.3.3.1. Fallas estructurales.....	36

1.3.3.2.	Características de las fallas.....	38
1.3.3.3.	Causas de las fallas (usos, efectos).....	41
1.3.3.4.	Fallas en presencia de eventos sísmicos	42
1.3.3.5.	Patologías asociadas a los mecanismos de falla estructural.....	42
1.3.4.	TRATAMIENTO PARA PATOLOGÍAS EN LAS EDIFICACIONES: y la esencial aplicación para su mejoramiento.	43
1.3.4.1.	Reparación de fisuras en estructuras.....	43
1.3.4.2.	Reparación de hormigones entumecidos o disgregados.....	48
1.3.4.3.	Sistemas habituales de refuerzo de estructura de hormigón (encamisados metálicos, de hormigón, con fibras)	55
1.3.4.4.	Refuerzo de forjados y losas de hormigón armado.....	57
1.3.4.5.	Refuerzo de vigas de hormigón armado.....	58
1.3.4.6.	Refuerzo de soportes de hormigón armado.....	60
1.3.5.	CONSTRUCCIONES SISMORRESISTENTES: y la importancia de su aplicación en la actualidad.	63
1.3.5.1.	Principios de la sismo resistencia	63
1.3.5.2.	Características elementales de una estructura sismorresistente	65
1.3.5.3.	Aspectos importantes en la construcción sismorresistente.....	66
1.3.5.4.	Beneficios de las construcciones sismorresistentes.....	67
1.3.5.5.	La percepción del diseño sismorresistente actual	67
1.3.6.	NORMATIVAS DE DISEÑO: como mecanismo de reducción del riesgo sísmico.	68
1.3.6.1.	La vulnerabilidad, el riesgo sísmico y su reducción.....	68
1.3.6.2.	Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico físico.....	69
1.3.6.3.	Métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica	70
1.3.6.4.	Mitigación del riesgo sísmico.....	71
1.3.6.5.	Recomendaciones de diseño en las normativas sismorresistentes	71
1.3.7.	SEGURIDAD EN LAS EDIFICACIONES: y sus métodos para la prevención y reducción del riesgo.	73
1.3.7.1.	Puntos de encuentro.....	73
1.3.7.2.	Medidas de prevención	74
1.3.7.3.	Rutas de evacuación.....	75
1.3.7.4.	Señalización de seguridad e iluminación de emergencia.....	75
1.3.7.5.	Sistemas de detección y alarma de incendios	76
1.4.	Marco Legal	78

1.4.1. COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización)	78
1.4.2. Plan Nacional del Buen Vivir.	78
1.4.3. Normativa Ecuatoriana de la Construcción (INEC)	79
1.5. Modelo de Repertorio	79
1.5.1. Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Ejes estratégicos, Chile año 2014.....	79
1.5.2. Consideraciones para fortalecer una Estrategia Suramericana para la Reducción del Riesgo de Desastres. Lineamientos para la Gestión de Riesgos de Desastres, 2015.....	82
CAPÍTULO 2	84
DIAGNÓSTICO DE LA INVESTIGACIÓN	84
2.1. Delimitación Espacial	85
2.1.1. Ubicación Geográfica.....	85
2.1.2. Descripción del área de estudio	86
2.1.3. Límites.....	87
2.2. Delimitación Temporal.....	87
2.3. Información Básica de la zona analizada	88
2.3.1. Topografía.....	88
2.3.2. Hidrografía	89
2.3.3. Riesgos Naturales	89
2.3.4. Antecedentes	93
2.3.5. Presentación de resultados obtenidos de la observación de campo.	95
2.4. Presentación de Información producto de la aplicación del instrumento de recolección de datos.	103
2.5. Interpretación de resultados	114
2.6. Pronóstico	119
2.7. Comprobación de Idea a Defender	121
CAPÍTULO 3	124
PROPUESTA	124
3.1. Lineamientos de acciones para la prevención y reducción del riesgo sísmico en las edificaciones.	124
3.1.1. Reconstrucción de edificaciones.....	124
3.1.2. Proceso Constructivo de edificaciones.....	134
4. CONCLUSIONES GENERALES.....	168
5. RECOMENDACIONES.....	170
6. REFLEXIÓN FINAL.....	172

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173
8. ANEXOS	

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen #1: Corte demostrativo de cimentación.....	7
Imagen #2: Relación hormigón y piedra.....	7
Imagen #3: Cimentación Superficial.....	9
Imagen #4: Detalle de Cimiento Ciclópeo.....	9
Imagen #5: Cimiento de Concreto Armado.....	10
Imagen #6: Cimentación Corrida.....	10
Imagen #7: Detalle de Zapata Aislada.....	11
Imagen #8: Detalle de Zapata Aislada.....	11
Imagen #9: Cimentación por pilotes.....	12
Imagen #10: Detalle de Columnas.....	13
Imagen #11: Detalle del doblado de estribos.....	14
Imagen #12: Detalle del doblado de estribos.....	14
Imagen #13: Detalle de Uniones Clavadas.....	23
Imagen #14: Detalle de Uniones Pernadas.....	23
Imagen #15: Detalle Unión columna-cimiento.....	24
Imagen #16: Detalle Unión columna-cemento.....	24
Imagen #17: Detalle Unión cimiento-muro.....	24
Imagen #18: Unión soleras de madera aserrada.....	24
Imagen #19: Unión entre muros y cubierta.....	25
Imagen #20: Composición y Conexiones.....	25
Imagen #21: Muros en planos perpendiculares.....	25
Imagen #22: Uniones estructurales.....	25
Imagen #23: Asentamiento del suelo.....	36
Imagen #24: Fisuras por Tracción Pura.....	38
Imagen #25: Fisuras por Flexión Pura.....	38
Imagen #26: Fisuras por Adherencia.....	39
Imagen #27: Fisuras por Cortante.....	39
Imagen #28: Fisuras por Torsión.....	39
Imagen #29: Fisuras por Punzonamiento.....	39
Imagen #30: Fisuras por Comprensión.....	40
Imagen #31: Fisuras por Aplastamiento Local.....	40
Imagen #32: Golpeteo entre edificios.....	42
Imagen #33: Falla en columnas cortas.....	42
Imagen #34: Topografía del área de estudio.....	88
Imagen #35: Corte pico de flauta.....	138
Imagen #36: Corte boca de pez.....	138
Imagen #37: Corte recto.....	138
Imagen #38: Detalle de Unión Amarrada.....	138
Imagen #39: Unión pernada con abrazadera o zuncho.....	139
Imagen #40: Unión longitudinal con pieza de madera.....	139
Imagen #41: Unión longitudinal con dos piezas metálicas.....	139

Imagen #42: Detalle de Cimentación	140
Imagen #43: Unión entre sobre-cimientos y muros	140
Imagen #44: Unión muros con puertas y ventanas.....	140
Imagen #45: Unión entre muros.....	141
Imagen #46: Vigas y entrepisos.....	141
Imagen #47: Losa de Hormigón.....	141
Imagen #48: Entrepiso de Madera.....	142
Imagen #49: Unión diagonal con guadua de apoyo	142
Imagen #50: Unión diagonal con guadua de apoyo	142
Imagen #51: Unión tipo “Simón Vélez”	143
Imagen #52: Recubrimiento de muros estructurales	143
Imagen #53: Unión en ángulo de 90°	144
Imagen #54: Unión en “T”	145
Imagen #55: Proceso de armado de la estructura del tabique modular	145
Imagen #56: Corte de boca de pescado.....	145
Imagen #57: Colocación de largueros	146
Imagen #58: Tabique modular con corte de boca de pescado	146
Imagen #59: Unión para fijar la estructura al piso.....	146
Imagen #60: Unión para fijar la estructura al piso.....	146
Imagen #61: Unión en “U”	147
Imagen #62: Unión para fijar la estructura a la losa	147
Imagen #63: Vista frontal de encuentro entre tabiques	147
Imagen #64: Encuentro perpendicular entre tabiques.....	147
Imagen #65: Consideraciones básicas para la construcción resistente a desastres	148
Imagen #66: Uniones Clavadas	149
Imagen #67: Anclaje Correcto de Clavos	150
Imagen #69: Unión empernada 90°	151
Imagen #68: Uniones Empernadas	151
Imagen #70: Cimentación para edificación de madera	151
Imagen #72: Vigas de Madera	151
Imagen #71: Carga piso de Madera	151
Imagen #73: Plato de Madera	152
Imagen #74: Braces de Madera.....	152
Imagen #75: Apoyos de Vigas.....	152
Imagen #76: Cortes con Sierra	152
Imagen #77: Unión clavos o pernos.....	152
Imagen #78: Encaje de Apoyos	152
Imagen #79: Cortes con Sierra	153
Imagen #80: Apoyos de Vigas	153
Imagen #81: Encaje de Apoyos	153
Imagen #82: Unión clavos o pernos.....	153
Imagen #83: Pilar Esquinero	154
Imagen #84: Vigas a nivel de plato.....	154
Imagen #85: Viga de Cubierta.....	154
Imagen #86: Ensamble de Viga	154
Imagen #87: Componentes estructurales de los contenedores.....	155

Imagen #88: Partes de las Bridas de Unión.....	156
Imagen #89: Ensamble de Bridas a contenedores.....	156
Imagen #90: Bridas de Unión	156
Imagen #91: Losa corrida para Contenedor	157
Imagen #92: Disposición de contenedores sobre la cimentación	157
Imagen #93: Transformación de los módulos.....	157
Imagen #94: Sistema envolvente.....	158
Imagen #95: Aislamiento Térmico	159
Imagen #96: Ventilación Natural	159
Imagen #97: Ventilación Natural	159
Imagen #98: Losa de hormigón armado.....	162
Imagen #100: Unión entre cimentación y muros.....	162
Imagen #99: Tipos de Anclajes.....	162
Imagen #101: Esquema de rigidización de paneles	163
Imagen #102: Unión de esquina “L”	164
Imagen #103: Aberturas en los paneles	164
Imagen #104: Aberturas en los paneles	164
Imagen #105: Aberturas en los paneles (ventanas)	165
Imagen #106: Forjados.....	165
Imagen #107: Forjados.....	166
Imagen #108: Cubierta Plana.....	167
Imagen #109: Cubierta Inclinada.....	167
Imagen #110: Esquema de Vivienda con el sistema “Steel frame”	168
Imagen #111: Refuerzo en Cimentaciones.....	124
Imagen #112: Sección de Refuerzo en Cimentación	125
Imagen #113: Encamisado de hormigón reforzado	125
Imagen #114: Corte de Columna Encamisado de hormigón reforzado	126
Imagen #115: Corte de Columna Encamisado Metálico.....	127
Imagen #116: Empresillado Metálico	127
Imagen #117: Empresillado Metálico	128
Imagen #118: Picado del área afectada	128
Imagen #121: Limpieza del área afectada	129
Imagen #119: Encofrado de Madera.....	129
Imagen #120: Vaciado del hormigón.....	129
Imagen #122: Retiro de molde y sobrantes	129
Imagen #123: Reparación de Vigas	130
Imagen #124: Inyección en Vigas.....	130
Imagen #125: Reparación de Vigas	130
Imagen #126: Reparación de fisuras	130
Imagen #127: Reparación de Vigas.....	131
Imagen #128: Aplicación del mortero en fisuras	131
Imagen #129: Pared Reparada.....	131
Imagen #130: Pared Reparada por inyección de grietas	132
Imagen #131: Inyección de grietas.....	132
Imagen #132: Reparación por golpeteo	133
Imagen #133: Reparaciones con paredes de Gypsum	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1: Resultado de la pregunta #1	103
Tabla #2: Resultado de la pregunta #2	104
Tabla #3: Resultado de la pregunta #3	105
Tabla #4: Resultado de la pregunta #4	106
Tabla #5: Resultado de la pregunta #5	107
Tabla #6: Resultado de la pregunta #6	108
Tabla #7: Resultado de la pregunta #7	109
Tabla #8: Resultado de la pregunta #8	109
Tabla #9: Resultado de la pregunta #9	110
Tabla #10: Resultado de la pregunta #10	111
Tabla #11: Resultado de la pregunta #11	112
Tabla #12: Resultado de la pregunta #12	113
Tabla #13: Resultado de la pregunta #13	114
Tabla #14: Variable Independiente	121
Tabla #15: Variable Dependiente	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura #1: Ubicación satelital del barrio Jocay	85
Figura #2: Ubicación del área de estudio	85
Figura #3: Ubicación satelital del área de estudio con relación a la Ciudad	86

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa #1: Límites del área de estudio	87
Mapa #2: Topografía del área de estudio	88
Mapa #3: Hidrografía del Cantón Manta. (Barrio Jocay-área de estudio)	89
Mapa #4: Riesgo Sísmico en el cantón Manta. (Barrio Jocay-área de estudio)	90
Mapa #5: Sectores propensos a tsunamis. (Barrio Jocay-área de estudio)	91
Mapa #6: Sectores propensos a inundaciones. (Barrio Jocay-área de estudio)	92
Mapa #7: Sectores propensos a deslizamientos. (Barrio Jocay-área de estudio) ...	93
Mapa #8: Plano base del área de estudio (antes del terremoto)	101
Mapa #9: Plano base del área de estudio (después del terremoto)	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico #1: Falla por la cresta de la onda sísmica	97
Gráfico #2: Falla por columnas cortas	98
Gráfico #3: Falla por deficiente confinamiento en columnas	98
Gráfico #4: <i>Golpeteo entre edificaciones</i>	99
Gráfico #5: <i>Fallas de asientos en fachadas</i>	100
Gráfico #6: de tabla #1	104
Gráfico #7: de tabla #2	105
Gráfico #8: de tabla #3	106

Gráfico #9: de tabla #4	106
Gráfico #10: de tabla #5.....	107
Gráfico #11: de tabla #6.....	108
Gráfico #12: de tabla #7.....	109
Gráfico #13: de tabla #8.....	110
Gráfico #14: de tabla #9.....	111
Gráfico #15: de tabla #10.....	111
Gráfico #16: de tabla #11	112
Gráfico #17: de tabla #12.....	113
Gráfico #18: de tabla #13.....	114

RESUMEN

La presente investigación, pone de manifiesto el comportamiento de los elementos constructivos de ciertas edificaciones en el barrio Jocay de la ciudad de Manta durante el terremoto del 16 de abril del 2016, el cual se enmarcó en identificar las fallas estructurales y no estructurales comunes que se evidenciaron durante y después del fenómeno, así como la incidencia que dichas fallas generaron con relación a la seguridad y condiciones de vida de sus ocupantes.

Para tales circunstancias, se empleó una Metodología basada en la investigación científica que fue desde el nivel exploratorio hasta el nivel diagnóstico, con el propósito de determinar el comportamiento de los elementos tectónicos de las edificaciones con mayor índice de afectación en el área objeto de estudio.

Con los resultados obtenidos se logró establecer que muchas de las edificaciones afectadas, tuvieron un comportamiento distinto a otras situadas en sector distinto, debido a la configuración del suelo; como por ejemplo se presentaron viviendas totalmente desplomadas, inmuebles con daños irreparables en la estructura de la planta baja, otras con daños irreparables en la segunda planta, edificios inclinados tanto de forma lateral como frontal.

Se evidenciaron también edificaciones con fisuras severas en sus fachadas y desprendimiento de elementos no estructurales; en otro escenario se evidenciaron las viviendas con fisuras de menor magnitud en elementos interiores y exteriores que no representan mayor peligro.

En función de los resultados obtenidos en la investigación, se formularon lineamientos, medidas y estrategias de prevención para la reducción del riesgo futuro en las edificaciones.

Palabras Claves: Elementos arquitectónicos, Normativas de Construcción, Capacidad Portante del Suelo, Elementos Tectónicos, Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones.

INTRODUCCIÓN

La edificación, es una construcción que se planifica, se diseña y se ejecuta, la cual, implica tener en cuenta una serie de factores como el confort, la tranquilidad, la satisfacción, y sobre todo la seguridad que debe brindar a propios y extraños para garantizar la protección de la integridad de los mismos, sobre todo ante un posible evento catastrófico de origen natural.

Varios países Sudamericanos, han sido afectados por un sin número de sismos destructivos que han terminado con centenares de vidas humanas y pérdidas materiales. A nivel de región estos desastres suceden constantemente puesto que varios países de América del Sur se encuentran situados en el denominado cinturón de fuego del Pacífico, donde esta falla geológica representa un alto riesgo sísmico.

Por lo general, los terremotos surgen en los límites de las placas tectónicas y son el resultado de la acumulación de energía entre dos o más placas. Por la ubicación geográfica, nuestro país posee un alto riesgo sísmico, en especial la zona costera del Ecuador, lo cual induce que es fundamental la preparación y anticipación para enfrentar estos desastres naturales.

Esta situación, ha conllevado a varios de los países afectados a realizar acciones para prever las consecuencias de los venideros eventos sísmicos, difundiendo para nuestro caso, las normativas técnicas constructivas, estudios de suelo y el desarrollo de nuevos sistemas constructivos tendientes a reducir las pérdidas económicas en edificaciones y lo más importante que salvaguarden la vida de sus ocupantes.

Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones hasta que no se palpe la situación de un desastre natural, la población no logra experimentar lo ajeno; es por ello, que el suceso acaecido durante el 16 de abril del 2016 en las costas ecuatorianas, nos ha llevado a estar conscientes de que la vulnerabilidad sísmica de las construcciones genera no solo daños severos en las edificaciones, sino también víctimas humanas que lamentar.

Debido a que el colapso de las edificaciones son las generadoras de la mayor cantidad de víctimas mortales, es necesario tener en consideración la aplicación de las normativas de diseño sismo resistente con el objetivo de disminuir el riesgo sísmico. Otro de los factores que influyen también en la cuantiosa pérdida de vidas humanas es la ausencia de conocimiento de la ciudadanía para actuar durante un sismo y por ende no lograr salvar su vida ante fallas estructurales de la edificación.

Los eventos telúricos, generan preocupación en los profesionales como arquitectos, ingenieros constructores, diseñadores y calculistas, debido a que hace algunos años atrás, existía la creencia errónea dentro de los profesionales constructores de que las edificaciones de baja altura no requerían diseño sismo resistente y además el control municipal no exigía al cien por ciento estos requerimientos para el desarrollo de una obra.

Ante lo expuesto, el objetivo general de la presente investigación se centró en determinar cuál fue el comportamiento de los elementos tectónicos de las edificaciones de un sector del barrio Jocay de la ciudad de Manta, cuyo conocimiento se convertirá en línea base para el desarrollo de lineamientos y estrategias de prevención y reducción de riesgos ante posibles réplicas de eventos como el acontecido el 16 de abril del 2016.

Para tal efecto, la presente investigación se desarrolló en tres capítulos, los mismos que se detallan a continuación:

En el primer capítulo se compilaron y analizaron todos los temas afines con la fundamentación teórica técnica que permitieron indagar y sustentar de manera pertinente las respectivas teorías y acepciones del tema investigado.

En el segundo capítulo se examinaron datos bibliográficos y de campo tomados del área de estudio con el objetivo de establecer un diagnóstico situacional del objeto analizado y determinar conclusiones sobre el mismo que orientaron la toma de decisiones en la delineación de recomendaciones respecto al tema.

El tercer capítulo se destinó a formular lineamientos y estrategias de prevención para la reducción del riesgo en función de aquellas directrices detectadas en el capítulo anterior.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

A. Marco contextual del problema

El sitio en estudio se denomina barrio Jocay y registra su ubicación en el cantón Manta, provincia de Manabí, posee un clima sub-desértico tropical, con una temperatura promedio de 26°C y humedad relativa media anual del 77%.¹

El barrio Jocay, pertenece a la jurisdicción de la parroquia Tarqui y cuenta con 5,175 habitantes², los mismos que se dedican en un 70% a la actividad comercial formal e informal. El lugar se encuentra inmerso en una zona propensa a inundaciones, con relación al nivel del mar (aproximadamente 4 metros sobre el mismo) y la presencia del río Manta el mismo que en épocas invernales tiende a subir su nivel de agua.

Es por esta razón, que el tipo de suelo en el cual se encuentra asentado este mencionado sector es inestable, ya que su nivel freático es muy alto, su composición geológica presenta mayor índice de arcilla y arena las cuales no les permite tener mayor consistencia en las bases de la edificación, por ende es propenso a sufrir daños severos como deslizamientos de tierra durante un desastre natural, ocasionando licuefacción en el respectivo suelo, llevando al colapso de las edificaciones que se encuentran situadas en él.

El desastre ocasionado por el terremoto acaecido el pasado 16 de abril del 2016 y su índice de afectación en el barrio Jocay, se evidencia en el colapso total y parcial de muchos inmuebles, entre ellos edificios destinados al área de salud como la Clínica Manta con sus 2 bloques y el Centro Médico Traverso, a los cuales se suman otros edificios de comercio que colapsaron durante la eventualidad sísmica que estaban emplazados a lo largo de la avenida 4 de noviembre.

En las edificaciones afectadas se logró apreciar desde las primeras instancias, que muchas de ellas tuvieron un comportamiento singular acorde a sus

¹ Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Manta; año 2014-2019

² Datos emitidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC 2010).

características y ubicación, como por ejemplo se presentaron viviendas totalmente desplomadas, hubieron viviendas con daños irreparables en la estructura de la planta baja, otras con daños irreparables en la segunda planta, edificios inclinados lateralmente y de forma frontal.

De igual manera se aprecian edificaciones donde se evidencian fisuras severas en las fachadas, desprendimiento de elementos no estructurales; en otro escenario se disponen las viviendas con fisuras de menor magnitud en elementos interiores y exteriores que no representan mayor peligro.

Actualmente solo quedan terrenos baldíos en donde se asentaban un sin número de edificaciones las cuales fueron demolidas por representar riesgos para sus habitantes, el mismo que ha sido determinado por la debida inspección del personal técnico capacitado tanto del Gad municipal como por el MIDUVI. No obstante, aún existen edificaciones que registran el sello de uso restringido pero que por las incesantes réplicas se han venido deteriorando más, convirtiéndose en un lugar inseguro para propios y extraños.

Con relación a lo enunciado, se siguen observando muchas edificaciones que requieren reparación inmediata para evitar que se acentúen más daños durante las continuas réplicas, entre ellos edificios y viviendas de mayor altura que son los que generan mayor índice de peligro en el sector. Sin embargo, es importante recalcar que muchas de estas reparaciones no se están realizando con el debido control técnico, poniendo en duda la resistencia del inmueble ante otra posible eventualidad sísmica.

Bajo estas condiciones, la finalidad de la presente investigación se centró en efectuar un diagnóstico de la problemática analizada, cuyo conocimiento sirvió de línea base para la formulación de lineamientos que orientaron la formulación de estrategias y lineamientos de prevención en futuros eventos.

A.2. Justificación del Problema

A.2.1. Justificación social

En el **ámbito social**, el respectivo análisis constituye un trabajo de gran importancia ante los acontecimientos suscitados recientemente, contribuyendo al conocimiento sobre el caso, compilando datos en un documento que servirá como referente para tomar las debidas acciones preventivas para la construcción de edificaciones y de ésta manera prevenir posibles riesgos que afecten la seguridad física y emocional del colectivo en general.

A.2.2. Justificación arquitectónica

Con relación al ámbito **urbano-arquitectónico**, éste análisis encamina a fomentar en los habitantes de la ciudad la cultura de la prevención y el empoderamiento de criterios de seguridad y prevención de riesgo en la construcción de edificaciones, como respuesta a las variables contextuales y espaciales del territorio.

A.2.3. Justificación ambiental

Con respecto al **ámbito ambiental**, la presente investigación permite tomar conciencia de las diversas acciones de prevención y reducción de riesgos que repercuten negativamente en el medio y que afectan de una u otra manera a propios y extraños.

A.2.4. Justificación académico - institucional

En cuanto al **ámbito académico-institucional**, los beneficiados directos del presente proyecto de investigación son los propios estudiantes de la carrera y profesionales de la construcción, puesto que en este análisis crítico se pone de manifiesto la confrontación de la teoría con la práctica en una situación real, y a su vez permite cumplir con las funciones sustantivas de la Universidad en presentar soluciones a problemas que afectan a la comunidad en función de sus dominios académicos.

B. Formulación del problema

B.1. Definición del Problema

La presencia del evento telúrico acaecido el 16 de Abril del año en curso, dejó como saldo un sin número de edificaciones colapsadas por la fuerza con la que se desarrolló, a lo cual se suma la pérdida cuantiosa de vidas humanas y el estado situacional de muchas personas residiendo en albergues provisionales debido a que perdieron sus viviendas.

La problemática se origina en el comportamiento no idóneo que tuvieron todas estas edificaciones en esos 50 segundos que duró dicho movimiento, lo cual se evidencia en el estado en el que quedaron sus estructuras, dejando una sensación de miedo e inseguridad a propios y extraños y la posibilidad de no poder habitar los mismos por el riesgo de colapso.

Sin embargo, las viviendas que aún permanecen en pie pero que han tenido daños considerables, representan un serio peligro ante las constantes réplicas que se dan a diario; aumentando el temor en la ciudadanía; ya que además se encuentra muy afectados psicológicamente afectando de forma negativa sus condiciones de vida, lo cual le impide desarrollar sus actividades diarias correctamente como lo hacían antes.

Las mencionadas edificaciones al momento presentan varias fallas estructurales que produjeron el colapso total en unas viviendas y el colapso parcial en otras; cada una, con una característica distinta pero con el mismo riesgo, ya que si bien es cierto no colapsaron, pero la fuerza del movimiento los debilitó, convirtiendo a la edificación en un lugar poco seguro.

B.2. Problema central y subproblemas

El problema central analizado en la presente investigación estuvo en función de “El colapso y fallas estructurales en edificaciones durante movimientos telúricos y sus repercusiones en la seguridad y condiciones de vida de sus

ocupantes”, para lo cual se tomó como caso práctico aquellas edificaciones de mayor afectación emplazadas en el barrio Jocay del cantón Manta”.

Éste problema central conllevó a los siguientes subproblemas:

- Demolición total o parcial de edificación.- se requiere reparación en varios inmuebles del sector pero con mano de obra especializada y calificada para el efecto.
- Infraestructura básica debilitada y averiada.- evidenciado en la rotura de varias tuberías de agua potable y la caída de muchos postes de energía eléctrica dejando sin este servicio por varias semanas.
- Contaminación visual.- se denota a simple vista debido a la presencia de escombros por doquier.
- Contaminación ambiental.- Ante la presencia de polvo y malos olores producto de la descomposición de restos orgánicos
- Pérdidas de vidas humanas.- evidenciada en el colapso total de las edificaciones, donde sus ocupantes no lograron evacuar a tiempo.
- Lesiones físicas y emocionales, las lesiones físicas temporales o permanentes son presentadas en las personas que sufrieron accidentes en el lapso del evento natural, y las emocionales, ante el constante nerviosismo que generan las réplicas del sismo principal.

B.3. Formulación de Pregunta clave

La pregunta a la que respondió la presente investigación y que permitió su orientación y delimitación fue: ¿Cuál fue el comportamiento de los elementos tectónicos en las edificaciones ubicadas en el barrio Jocay de la parroquia Tarqui del cantón Manta que sufrieron mayor daño en el evento telúrico del 16 de abril del 2016, cuyo conocimiento permita delinear acciones preventivas y de seguridad para eventos futuros?

C. Definición del objeto de Estudio

El objeto de estudio de la presente investigación se centró en el análisis crítico de aquellos factores que determinan la seguridad de los elementos tectónicos en las edificaciones, tomando como referente las ubicadas en el barrio Jocay de la parroquia Tarqui del cantón Manta, cuyo diagnóstico situacional conllevó a la elaboración de lineamientos de acciones para la prevención y reducción del riesgo en las edificaciones futuras.

D. Campo de acción de la investigación

Este análisis se desarrolló bajo la modalidad proyecto de investigación orientado por la línea #3 de investigación de la carrera de Arquitectura denominada Tecnología y Construcción Convencional y/o Alternativa, puesto que la situación actual de la inseguridad en las edificaciones requiere de un diagnóstico situacional que conlleve a la búsqueda de alternativas constructivas que permitan ofrecer a sus ocupantes un ambiente seguro y confortable.

E. Objetivos

E.1. Objetivo General

Determinar el comportamiento de los elementos tectónicos de las edificaciones asentadas en el barrio Jocay del cantón Manta que sufrieron mayores impactos durante el terremoto del 16 de abril del 2016, cuyo conocimiento sirva de línea base para delinear acciones de prevención y reducción de riesgos futuros

E.2. Objetivos Específicos

- ❖ Enunciar los postulados teóricos y normativos relacionados con el uso, ventajas y desventajas de los materiales y sistemas estructurales de construcción que sirvan de fundamento y sustento teórico del presente estudio.
- ❖ Determinar el comportamiento de los elementos tectónicos de las edificaciones del barrio Jocay de la Ciudad de Manta durante el

terremoto del 16 de abril del 2016 como situación diagnóstica de la problemática analizada.

- ❖ Elaborar lineamientos y estrategias técnicas constructivas para la prevención y reducción del riesgo en las edificaciones de tal manera que se pueda garantizar la seguridad de sus habitantes.

F. Variables

F.1. Identificación de Variables

F.1.1. Variable independiente

Inobservancia de normativas de construcción.

F.1.2. Variable dependiente

Colapso de edificaciones.

F.2. Operacionalización de las Variables

A través este punto se lograron obtener las preguntas que fueron utilizadas en la técnica de la entrevista en sus dos modalidades: la primera, la realización de entrevista estructurada a informantes claves conocedores del tema analizado y la segunda, el cuestionario aplicado a los habitantes de manera discrecional, cuya muestra fue determinada por medio de la aplicación de la fórmula estadística recomendada para el caso y de esta manera lograr adquirir los resultados que permitieron determinar las conclusiones respectivas para poder proponer los lineamientos de solución que se ponen de manifiesto en esta investigación.

Cuadro #1: Variable Dependiente

VARIABLE	CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADORES	ITEM	INSTRUMENTOS	LOGRO A ALCANZAR
Incumplimiento de normativas de construcción	Se da en edificaciones que presentan daños severos ante la presencia de un evento natural, las mismas que no han aplicado totalmente las debidas normativas de construcción.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	Seguridad en la construcción	ITEM	o Cuestionario Aplicado a representantes de Familia Afectadas	Determinar nivel (alto – medio – bajo) el incumplimiento de normativas de construcción en las edificaciones del barrio Jocay.
			Daños a la integridad personal			
			Comportamiento Estructural			
			Control de Obras			
			Sistemas Constructivos			
			Mano de obra de Calidad			

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigador

Cuadro #2: Variable Independiente

VARIABLE	CONCEPTO	CATEGORIA	INDICADORES	ITEM	INSTRUMENTOS	LOGRO A ALCANZAR
Lesiones estructurales en la edificación	Es una condición no esperada, en donde el elemento estructural no logra desempeñar la función adecuada para la cual se la realizó, evidenciándose a través de las fisuras, desprendimientos, desplomes, etc. .	PATOLOGIAS ESTRUCTURALES	Capacitación Profesional	ITEM	Cuestionario Aplicado a profesionales y conocedores del tema	Cuantificar la severidad de los daños (alto – medio – bajo) en las edificaciones del barrio Jocay en el cantón Manta.
			Calidad de los materiales			
			Número de pisos			
			Estructuras Sismoresistentes			

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

	CONCEPTO	ÁMBITO	INDICADORES	INSTRUMENTOS	LOGRO A ALCANZAR
Inobservancia de normativas de construcción	Se da en edificaciones que presentan daños severos ante la presencia de un evento natural, las mismas que no han aplicado totalmente las debidas normativas de construcción impuesta por las normas de construcción a nivel nacional.	construcciones y sistemas constructivos	Planificación de obra	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entrevista estructurada ○ Cuestionario ○ Cámara Fotográfica ○ Fichas Bibliográficas 	Determinar nivel (alto – medio – bajo) de inobservancia de normativas de construcción en las edificaciones del barrio Jocay.
			Requerimientos normativos		
			Requerimientos técnicos		
			Técnicas de construcción		
			Control en la construcción		
			Mano de obra calificada		
			Calidad de materiales		
			Medidas de seguridad		

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Tabla #1: Variable Independiente

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

**VARIABLE
DEPENDIENTE**

	CONCEPTO	ÁMBITO	INDICADORES	INSTRUMENTOS	LOGRO A ALCANZAR
Colapso de edificaciones	Es una condición no esperada, en donde el elemento estructural no logra desempeñar la función adecuada para la cual se la realizó, evidenciándose a través de las fisuras, desprendimientos, desplomes, etc. No precisamente origina colapso.	construcciones y sistemas constructivos	Normativas de construcción	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entrevista estructurada ○ Cuestionario ○ Cámara Fotográfica ○ Fichas Bibliográficas 	Cuantificar la severidad de los daños (alto – medio – bajo) en las edificaciones del barrio Jocay en el cantón Manta.
			Capacitación Profesional		
			Control de obra		
			Calidad de los materiales		
			Manipulación idónea de materiales		
			Dosificaciones correctas		
			Estado de conservación de las edificaciones		
			Tratamientos apropiados de reparación		

G. Idea a defender

La inobservancia total y parcial de las normativas técnicas constructivas en las edificaciones asentadas en el barrio Jocay de la ciudad de Manta llevaron al colapso de las mismas en el terremoto del 16 de Abril del 2016 ocasionando lamentables pérdidas humanas y daños materiales de gran magnitud.

H. Tareas científicas desarrolladas

El desarrollo de esta investigación conllevó a la realización de las siguientes tareas científicas:

- i. Se elaboró el marco teórico de la investigación compilando datos bibliográficos inherentes al tema en cuestión, fundamentado en la tecnología y construcción convencional y/o alternativa que sirvieron de argumento y sustento del tema analizado.
- ii. Se sistematizó de forma teórica pertinente y actualizada la información recabada sobre el tema de la tecnología y construcción convencional y/o alternativa donde además se tomaron en consideración las normativas y fundamentos del diseño arquitectónico.
- iii. Se elaboró el diagnóstico y pronóstico de la situación problemática del sitio en estudio mediante la obtención de los resultados de la investigación de campo.
- iv. Se formularon lineamientos de prevención en función del diagnóstico situacional de la investigación.

I. Diseño de la Investigación

I.1. Metodología

I.1.1. Fases del estudio.- Para desarrollar la presente propuesta de investigación se elaboraron 3 fases descritas a continuación:

1. FASE 1: Construcción del Marco Teórico.-

Fundamentación Teórica.- En esta fase se recopiló y clasificó de forma documentada todas las teorías correspondientes al comportamiento de los elementos tectónicos en las edificaciones durante un evento sísmico y aquellos aspectos que inciden en la seguridad de sus habitantes.

Investigación de Campo.- Esta fase comprendió la recopilación de datos obtenidos de forma directa en el área de estudio.

2. FASE 2: Determinación del Diagnóstico.-

Resultados de Observación de Campo.- Se desarrolló la investigación de campo, la cual consistió en la realización de observaciones in situ y entrevistas a técnicos expertos en el tema, los cuales, manifestaron desde sus distintos puntos de vista el comportamiento que tienen las edificaciones durante una eventualidad sísmica.

Resultados de aplicación de instrumento de recopilación de datos.- Se describen aquellos resultados obtenidos del procesamiento de la información, la misma que, luego de ser procesada y analizada sirvió de base para la determinación del diagnóstico situacional de la realidad problemática estudiada.

3. FASE 3: Método de Abstracción.-

El método de abstracción permitió determinar los lineamientos que orientarán a una correcta toma de decisión en futuros proyectos constructivos, y a su vez, originar la formulación de recomendaciones afines al tema.

I.1.2. Tipos de Investigación

Los tipos de investigación desarrolladas, de acuerdo con las necesidades presentadas fueron:

- Investigación Descriptiva.- Se planteó la aplicación del tipo de investigación descriptiva para señalar las características y particularidades cualitativas de la situación problemática.
- Investigación Diagnóstica.- Se aplicó la investigación diagnóstica para obtener la información necesaria sobre la situación actual del objeto de estudio relacionando para el caso causa-efecto.

I.1.3. Descripción de los métodos

Se presenta a continuación los métodos utilizados en la presente investigación:

- Fase 1.- Se aplicó el método inductivo-deductivo mediante el cual se analizaron todos aquellos componentes de la información compilada, tanto de forma general para particularizar en un tema específico en algunos casos o viceversa en otros, con el fin de poder aclarar los diversos temas desarrollados.
- Fase 2.- Se utilizó el método analítico-sintético el cual permitió analizar de forma particular cada componente de los datos obtenidos en la recopilación de información, y luego elaborar una síntesis de los mismos para explicar el estado situacional del problema en estudio.
- Fase 3.- Se utilizó el método comparativo y de la abstracción, mediante los cuales según el caso se procedió la comparación de los resultados obtenidos en el diagnóstico con los desarrollados en otras investigaciones de similares características, cuya abstracción originó la formulación de recomendaciones relacionadas al tema.

○ I.1.4. Técnicas e instrumentos de investigación utilizados

Se utilizaron técnicas de investigación descritas a continuación:

- 1) La recopilación documentada de datos
- 2) La observación de campo

- 3) La encuesta con sus 2 modalidades: cuestionario y entrevista
- 4) El muestreo aleatorio probabilístico homogéneo
- 5) Fichas Bibliográficas

I.2. Población y Muestra

La población total del barrio Jocay según los datos del INEC cuenta con 5,175 habitantes, de los cuales sólo se tomó el número de población del área de estudio con un total de 1,794 habitantes, los mismos que fueron resultado de la multiplicación del número de viviendas del área de estudio (460 viviendas) por el aproximado de habitantes por cada vivienda (3.9 habitantes) según el censo de población y vivienda CPV INEC 2010.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se tomó la siguiente fórmula.

n= Tamaño de la muestra.

Z= Nivel de confianza. 95% = 1.96.

P= Probabilidad de ocurrencia 50% = 0.5.

Q= Probabilidad de no ocurrencia 50% = 0.5.

N= Tamaño de la población= 1.794 habitantes

e= Error de muestra. 5% = 0.05

Desarrollo de la fórmula:

$$n = \frac{(Z)^2(P)(Q)(N)}{(e)^2(N - 1) + Z^2(P)(Q)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5) (0.5) (1,794)}{(0.05)^2(1.794-1) + 1.96^2 (0.5) (0.5)}$$

$$n = \frac{(3.84) (0.25) (1.794)}{(0.0025) (1.793) + (3.84) (0.25)}$$

$$n = \frac{1722,24}{4.482 + 0.96}$$

$$n = 316,47 \sim 316$$

El cálculo de la fórmula de muestreo dio como resultado 316 encuestas, las mismas que fueron aplicadas de manera discrecional a los moradores del sector para el auscultamiento de criterios sobre la presente investigación.

I.3. Resultados Obtenidos

Como parte del proceso de investigación desarrollado se obtuvieron los siguientes productos:

- 1) Base teórica pertinente al caso, que sustentó y fundamentó la presente investigación.
- 2) Diagnostico situacional de la realidad analizada evidenciada en los resultados obtenidos.
- 3) Lineamientos de acción desarrollados en función de los elementos y necesidades determinados por el diagnóstico.

I.4. Novedad de la Investigación

Mediante el desarrollo de este trabajo de investigación, se logra contribuir con la fundamentación teórica de los lineamientos de acciones que aporten significativamente a la prevención y reducción del riesgo en edificaciones existentes y proyectos a futuro a través de las diversas alternativas en sistemas constructivos que garanticen la seguridad de sus ocupantes; debido a la presencia de un sin número de eventos naturales a los que estamos expuestos día a día.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Marco antropológico

El marco antropológico se elaboró en función de las aspiraciones que espera la ciudadanía sobre el comportamiento de las edificaciones, la cual debe ofrecer todas las condiciones de seguridad posible, garantizando así el desarrollo de sus actividades cotidianas, sin que exista el temor que al presentarse un evento natural ocasione el colapso de la estructura y ponga en riesgo la vida de sus ocupantes.

Cada una de las aspiraciones de la población, se orienta en un solo objetivo y es poder salvaguardar su integridad, la de sus familiares y extraños, ante la presencia de un movimiento sísmico, donde la edificación le permita evacuar a tiempo sin que antes se desplome totalmente, y posterior a ello, logre colocarse a buen recaudo.

Dentro de las condiciones que requiere la población para su vivienda, es que, la misma sea sostenible y por ende perdure con el paso del tiempo. Es por ello que existe la necesidad de su planificación a futuro, evitando las construcciones improvisadas; es importante su construcción con adecuados materiales, las debidas normativas técnicas y con un exigido control de obra, para garantizar su permanencia ante un sismo y de esta manera poder ofrecerles una edificación en donde se proteja la integridad plena de todos sus ocupantes.

Sin embargo, luego de presentarse estos sucesos, es normal que la población anhele adquirir una vivienda elemental y segura para evitar pérdidas de vidas, evitando las edificaciones de gran altura. A pesar de ello, la tecnología avanza, el progreso es inevitable y con ello aparecen alternativas de construcción con técnicas y materiales que garantizan la reducción de riesgos y ofrecen un tiempo mayor para ponerse a buen recaudo en caso de eventos sísmicos.

1.2. Marco conceptual

Con el objetivo de poder lograr un mejor entendimiento de la presente investigación, se ponen de manifiesto a continuación los términos de mayor utilización en el desarrollo de la misma:

- **Acciones.**_ Actos que realiza un ser humano con un determinado objetivo, en un determinado espacio que afecta, incluye o comparte con otras personas. Además, encontramos las acciones humanas, que logran relacionarse con la mediación de las personas en la transformación del entorno natural que los envuelve.
Fuente: Diccionario enciclopédico ilustrado Océano uno
- **Colapso de edificaciones.**_ Consiste en el derrumbe de una construcción en ausencia de una fuerza exterior, generando daños severos en las estructuras y pérdida total material. El colapso puede ser ocasionado por un agente exterior como por ejemplo: tornados, terremotos, incendios, etc.
Fuente: <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/colapso-de-edificios-o-estructuras-6781.html>
- **Deslizamiento.**_ Es el movimiento de la superficie terrestre hacia abajo, con relación a un plano de comparación.
Fuente: <https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/definicion--de-peligro/deslizamientos-y-avalanchas/>
- **Elementos Tectónicos.**_ Son elementos que obtienen significado al juntarlos al sistema de una determinada edificación, de esta manera se logra formar un todo, sin embargo por separado tienen cierta independencia. Entre estos elementos tectónicos se encuentran: pisos, muros, columnas, cubiertas, etc.
Fuente: <https://es.scribd.com/doc/113796781/Los-elementos-tectonicos-del-espacio-sus>
- **Eventos naturales.**_ Son aquellos fenómenos atmosféricos, geológicos (volcánicos y sísmicos), hidrológicos, que generan gran peligro al

conglomerado humano, sus actividades y sus estructuras; los mismos que son ocasionados por fuerzas extrañas a él.

Fuente: <http://ipmd.tripod.com/id31.html>

- **Inseguridad.** Es la perspicacia o sensación de ausencia de seguridad que recibe un individuo o un conjunto de personas con relación a su imagen, su integridad física y/o mental.

Fuente: Diccionario enciclopédico ilustrado Océano uno

- **Lineamientos.** Es una disposición, una dirección o un rasgo característico de algo. Es decir, que se sintoniza con su pensamiento o con su partido político.

Fuente: <http://definicion.de/lineamiento/>

- **Mitigación.** Son medidas que se toman con antelación a un desastre natural, con el fin de eliminar o reducir su impacto sobre los seres humanos.

Fuente: Diccionario enciclopédico ilustrado Océano uno

- **Normativas de construcción.** Conjunto de reglas y normas acogidas por las autoridades territoriales para regular el proyecto, la calidad de los materiales, las reparaciones, las reformas y los diversos factores concernientes a las edificaciones; además de la imposición de un conjunto de requerimientos para la seguridad, el bienestar, la salud y la provisión de infraestructura básica (agua y luz).

Fuente: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-normas+de+edificaci%F3n>

- **Planificación.** Consiste en trazar un plan, conseguir los medios y ordenarlos hacia la obtención de un fin para orientar hacia él, la acción, disminuyendo los riesgos de un desarrollo espontáneo. Entre sus elementos se encuentran: las acciones a desarrollar, los objetivos y los recursos necesarios.

Fuente: Diccionario enciclopédico ilustrado Océano uno

- **Prevención.** Es el Conjunto de medidas que se ponen de manifiesto para reducir o prevenir la aparición de los riesgos ligados a una serie de factores o las conductas nocivas que pueden afectar la integridad del ser humano.

Fuente: Diccionario enciclopédico ilustrado Océano uno

- **Reducción.**_ la reducción del riesgo ante la presencia de un desastre natural, se logra conseguir por medio de la ejecución de medidas de protección, que fundamenten en los resultados del análisis y de la clasificación del riesgo.

Fuente: https://protejete.wordpress.com/gdr_principal/reduccion_riesgo/

- **Vulnerabilidad.**_ Es la capacidad reducida de una persona o un grupo de personas para hacer frente y poder resistir los efectos que puede ocasionar un peligro natural o producido por el ser humano.

Fuente: Diccionario enciclopédico ilustrado Océano uno

1.3. Marco teórico

En este marco teórico se pone de manifiesto el análisis de los conceptos y las teorías afines al problema tratado junto a las medidas de prevención y reducción del riesgo en las edificaciones, en el objetivo de convertirse en el fundamento teórico que ayude a orientar y a sustentar la identificación y la interpretación de los componentes expuestos en la realidad trabajada, el cual conlleve a la utilización de los mismos para que garantizar la seguridad de sus habitantes.

Es por ello, que a continuación se ponen de manifiesto las siguientes teorías:

1.3.1. ELEMENTOS TECTÓNICOS DE LAS EDIFICACIONES: sistemas constructivos, técnicas y materiales.

Los elementos tectónicos son segmentos estructurales y no estructurales, que al unirlos forman parte de un determinado sistema constructivo en una edificación, donde los usuarios estas edificaciones aspiran que la respectiva construcción les brinde mayor seguridad, o al menos les permita evacuar a tiempo durante un evento sísmico.

Es por ello, que en este ítem se estudiarán las siguientes teorías, como los sistemas constructivos de los elementos tectónicos, clasificación de los sistemas constructivos, fundamentos, aplicaciones y componentes, beneficio, ventajas y desventajas, requerimientos técnicos y la calidad de los materiales; para garantizar una correcta aplicación en su proceso constructivo.

1.3.1.1. Sistemas constructivos de los elementos tectónicos (cimentación, columnas, vigas, cubiertas / losas).

Se logra definir al sistema constructivo, como un conjunto de componentes y materiales de distinto grado de complejidad, variados racionalmente y englobados³ bajo un sin número de técnicas, las mismas que le permiten llevar a cabo las obras necesarias para la construcción de una determinada edificación, produciendo un objeto arquitectónico (Tecnología y Construcción. Vol.24, No. 2) (Mayo, 2008).

Tipos de sistemas constructivos:

Aportcados: Son estructuras de hormigón armado, son unidas en áreas de confinamiento formando 90° en el fondo, parte superior y los laterales; este es el sistema de los edificios porticados, soportan las cargas muertas, las ondas sísmicas por estar unidas. Consiste en el uso de columnas, losas y muros en ladrillo.

Características: sistema constructivo conocido y bien antiguo. Su éxito se basa en la solidez y la durabilidad. Sus elementos estructurales principales consisten en vigas y columnas que se conectan por medio de nudos formando pórticos en las dos direcciones principales.

Ventaja: Permite elaborar las modificaciones necesarias en el interior de la edificación, puesto que en los muros, al no aguantar peso, existe la posibilidad de moverse.

³ Incluir un determinado elemento a un conjunto; reunir diversos elementos en uno solo.

- Posee la variabilidad que se obtiene en los espacios y que involucra la utilización del ladrillo. Este material aísla el ruido de un área a otra.

Desventajas: Es un tipo de construcción lenta, pesada y algo costosa.

Arcos.- Es un conjunto que transfiere las cargas, propias o provenientes de otros elementos, hasta los pilares soportantes. Las dovelas están sometidas a esfuerzos de compresión, pero envían empujes de forma horizontal en los puntos de apoyo, hacia el exterior, induciendo la separación de ellos.

Para compensar estas medidas se añaden otros arcos para equilibrar los muros de los extremos. Se les denomina así a las estructuras construidas con forma arqueada y sus apoyos actúan de la misma manera que los construidos con dovelas (Introducción a la Construcción Arquitectónica) (Octubre, 2002).

Características: un arco debe estar equilibrado, se debe acompañar de refuerzos. Existen formas de resolver la composición de la fuerza de apoyo vertical con la descarga lateral. Se tiene el arco de herradura, el arco de medio punto, el apuntado, el ojival, etc.

Ventajas: Las juntas verticales se protegen del agrietamiento por el doblado a juntas; posee capacidad para soportar momentos flectores.

Desventajas: Las dovelas que lo soportan en una estructura en equilibrio pasan a ser un componente.

- El descimbrado ocasiona fisuras en su estructura, debido al asentamiento de las partes del mismo.

Bóvedas: Elemento constructivo superficial, realizado en mamposterías, en el que sus componentes actúan a presión. Se disponen de forma geométrica creada por el movimiento de un arco prolongado al eje. Sirve para tapar el área entendida entre dos pilares alineados. (GARCÍA Rafael, 2002)⁴

⁴ GARCÍA DIÉGUEZ RAFAEL- Arquitecto de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid (1964) Profesor de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Director del Departamento de Construcciones Arquitectónicas y Catedrático de la Universidad de Sevilla.

Características: la forma de la bóveda se crea por medio de la traslación en el área de arcos iguales para adquirir un elemento constructivo. Son estructuras apropiadas para tapar áreas por medio del empleo de pequeñas piezas.

Para el desarrollo de su producción se utiliza acero, ladrillo, piedra y hormigón armado. Las edificaciones elaboradas con piedra se las conoce como dovelas. Las bóvedas más utilizadas en construcción, son las producidas por hormigón armado, las mismas que se aplican para crear cubiertas con luces grandes, galerías, túneles, etc. Las bóvedas más reconocidas son: las de crucería, de medio punto, las rebajadas, las de arista, la encamonada y cúpula.

-Cimentación.- Es parte de la estructura que permite el traspaso de las cargas que se despliegan hacia la superficie. Cuando éstos reciben las cargas de las mencionadas estructuras, se presan en mayor o en menor grado y logran ocasionar asentamientos en los diversos elementos de la cimentación y por ende en toda la estructura.

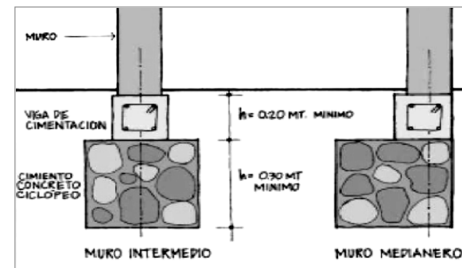


Imagen #1: Corte demostrativo de cimentación
Fuente: Investigación

La presencia de varios tipos de suelos y tipos de estructuras, da lugar a la presencia de diversos tipos de cimentaciones. A su vez, adquieren protagonismo dentro de una determinada edificación, puesto que, son los que envían las cargas de la estructura hacia la superficie. Dependiendo de la participación de la cimentación y el suelo, las características de éste cambiarán con relación a su forma, tamaño, tipo, costo, etc., (Materiales y procedimientos de construcción)⁵.

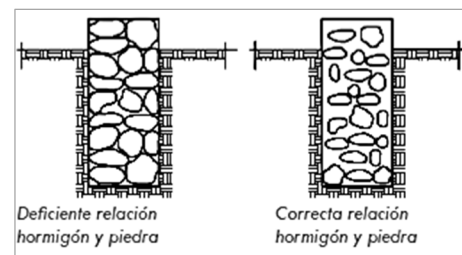


Imagen #2: Relación hormigón y piedra
Fuente: Investigación

Los materiales en los suelos naturales se clasifican en 4 tipos:

- Las grava y arenas son materiales granulares no plásticos.

⁵ Materiales y procedimientos de construcción; Tomo 1 y 2 última edición, México DF, (2007).

- Las arcillas, están compuestas de partículas pequeñas, mostrando propiedades de plasticidad y escasa cohesividad.
- Los limos son materiales intermedios en el tamaño de sus partículas, presentan un comportamiento de modo típico, como materiales granulares, aunque pueden poseer material plástico.
- La materia orgánica se caracteriza por tener desechos vegetales.

Requisitos de una buena cimentación.- La cimentación deberá estar a un nivel de modo que, se encuentre libre del peligro, capa freática, excavaciones posteriores, etc.

- a) Poseerá dimensiones que no superen la capacidad o estabilidad portante del suelo.
- b) No convendrá originar un asiento en el terreno que no sea absorbible por la estructura. Los suelos, en especial los que poseen arcillas expansivas, varían de volumen según su contenido de humedad.

Es recomendable recurrir a cimentaciones más profundas que apoyen en terrenos estables. Es importante, prestar atención a la existencia de cimentaciones colindantes, éstas deberán situarse a la misma profundidad. En el caso de socavar más, deberán tomarse las debidas precauciones y tener poco tiempo abierto la excavación para generar la menor conmutación en el contenido de humedad del suelo.

Exploración del terreno.- Este proceso es necesario para aportarle al profesional datos sobre:

- a) El nivel de profundidad de la capa freática.
- b) Las diversas capas del terreno sabiendo su espesor, inclinación y características químicas y mecánicas.
- c) Muestras del suelo para saber otras características mecánicas y la capacidad de asentamientos sobre los suelos inalterados.

Cimentaciones superficiales: Son aquellos que descansan en las capas superficiales de la tierra, las mismas que son aptas para soportar la carga que absorbe de la construcción por medio del incremento de la base. El material de mayor uso en la construcción de cimientos superficiales es la piedra, en todas sus diversidades siempre

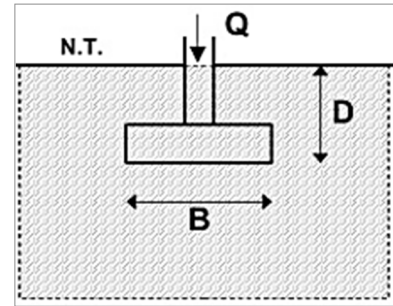


Imagen #3: Cimentación Superficial
Fuente: Investigación

y cuando la misma sea maciza, resistente y sin poros. Sin embargo, el hormigón armado es un material constructivo asombroso y por ende es el más recomendable.

La capacidad de carga, requiere de una evaluación compleja, pues depende de diversos factores como:

- Las características geotécnicas del suelo y en el interior de ellas, del ángulo de rozamiento interno y de la cohesión del suelo.
- La estratificación de las diversas capas de suelo y la profundidad del nivel freático.
- Nivel de cimentación.
- Las dimensiones del cimiento.
- Tipo de carga (dirección, excentricidad, periodicidad)

La primera clasificación divide las cimentaciones en 2 grupos:

- Profundas:** cuando el nivel es superior a diez veces la dimensión menor. Entre ambos grupos, hay gran cantidad de casos intermedios.
- Superficiales:** cuando el nivel de cimentación es inferior a cuatro veces la dimensión menor del cimiento.

Cimiento ciclópeo: Se lo utiliza en suelos cohesivos donde el conducto pueda realizarse con parámetros verticales y sin desprendimientos de tierra, es sencillo y económico. El proceso constructivo consiste en ir vertiendo dentro del conducto, piedras

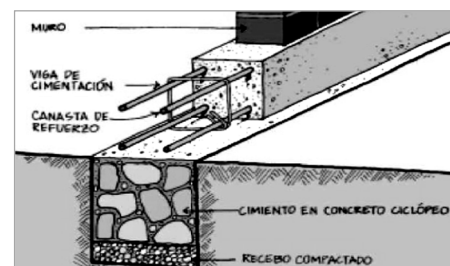


Imagen #4: Detalle de Cimiento Ciclópeo
Fuente: Investigación

de diversas dimensiones al tiempo que se vierte la mezcla de hormigón con proporciones 1-3-5, intentando mezclar rigurosamente con las piedras, evitando la continuidad en las juntas.

Cimientos de concreto armado: Éste tipo de cimiento se lo utiliza en todos los suelos, pues aunque el hormigón es un material pesado, posee la ventaja de obtener en el cálculo, adecuadamente, secciones pequeñas si se logra comparar con las obtenidas en los cimientos de piedra.

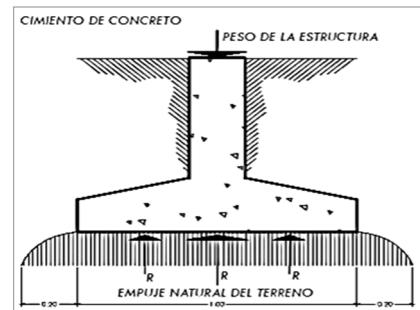


Imagen #5: Cimiento de Concreto Armado
Fuente: Investigación

Cimentaciones corridas: Es un tipo de cimiento de hormigón armado que se realiza de forma lineal a una profundidad y con una holgura que depende del tipo de suelo. Se utiliza para transmitir debidamente cargas proporcionadas por estructuras de muros portantes. Además para cimentar muros de contención por gravedad, muros de cerca, cerramientos de elevado peso, etc.

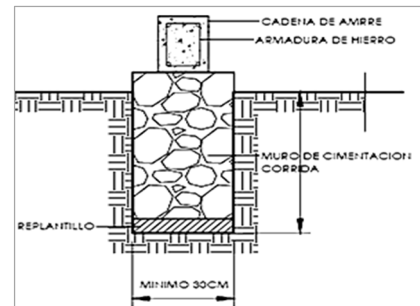


Imagen #6: Cimentación Corrida
Fuente: Investigación

No son recomendadas, cuando el tipo de suelo es muy flácido. Los cimientos deben ser concentrados con los muros que lo soportan, con ello se logra evitar la sobrecarga en uno de los bordes producto de la excentricidad producida. Está conformada por hormigón ciclópeo, 40% piedra bola y el 60% de hormigón. Cuando el nivel del cimiento es más de 1 m se recomienda utilizar otro tipo de cimentación. El ancho mínimo de la misma suele ser de 50 cm.

Cimentación por zapatas: Son de base cuadrada, pero en la cercanía de los linderos se realizan de forma rectangular o circular cuando los útiles de excavación dejan los pozos así. Son de hormigón armado, puesto que deben distribuir fuertes cargas a una superficie importante. Esta medida será grata mientras las zapatas no se unan mucho; de suceder esto, es mejor realizar la cimentación corrida.

Se la realiza en hormigón armado, se conforma de acero y concreto, el mismo que debe armarse según los cálculos de las cargas que reciba la cimentación. Se la utiliza en obras grandes en donde no se pueden utilizar las cimentaciones corridas. Las zapatas son de hormigón en masa o armado con base ya sea cuadrada o rectangular como soportes verticales pertenecientes a las estructuras, sobre suelos homogéneos de estratigrafía horizontal.

Zapatas aisladas: para la cimentación de cada soporte serán centradas con el mismo, menos las situadas en linderos y medianeras, serán de hormigón armado para firmes superficiales o en masa para firmes profundos. De base cuadrada como opción general. De base rectangular, cuando las cuadradas estén muy cercanas, o para regularizar los vuelos en los casos de soportes muy alargados o de pantallas. El nivel de profundidad del plano de apoyo se establecerá en función de los resultados del informe geotécnico (GAYOL, Roberto)⁶.

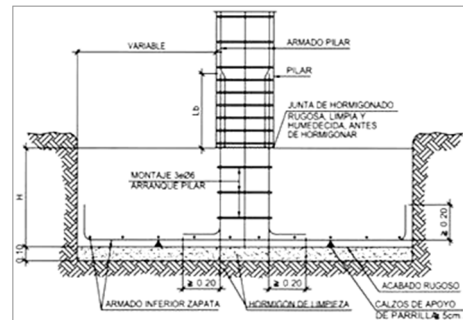


Imagen #7: Detalle de Zapata Aislada
Fuente: Investigación

Losa de cimentación: Envía todas las cargas de una edificación a una losa de hormigón armado. Tomando la carga total que transmite una edificación y dividiéndola por ella no debe mostrar un esfuerzo mayor que el de su capacidad portante admisible. Para pequeñas edificaciones el espesor de

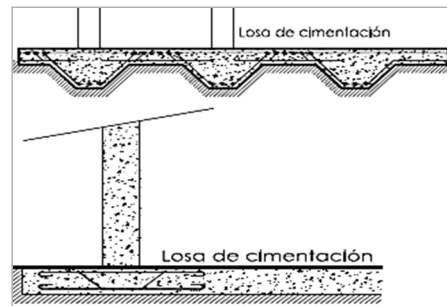


Imagen #8: Detalle de Zapata Aislada
Fuente: Investigación

la losa está entre 15 y 22.5 cm; y para grandes edificios entre 22.5 a 37.5 cms.

Se aplica la cimentación por losas, cuando no son suficientes los otros tipos de cimentación. Por lo general, cuando el área de cimentación mediante zapatas aisladas o corridas es mayor al 50% de la superficie total del solar, es primordial el estudio de cimentación por losas.

⁶ Roberto Gayol y Soto – Ingeniero Civil, Funcionario y Político Mexicano.

Cimentaciones profundas: Son las que envían las cargas que reciben de una construcción a superficies más profundas; son profundas aquellas que envían la carga al suelo por presión bajo su base. Éstas se clasifican en:

- Pilotes
- Cajones
- Cilindros

Cimentación por pilotes: En la excavación para la construcción de una obra, se puede tener inconvenientes para encontrar el estrato firme donde queremos cimentar. O se presenta la necesidad de apoyar una carga aislada sobre una superficie no firme, o de difícil accesibilidad por métodos habituales.

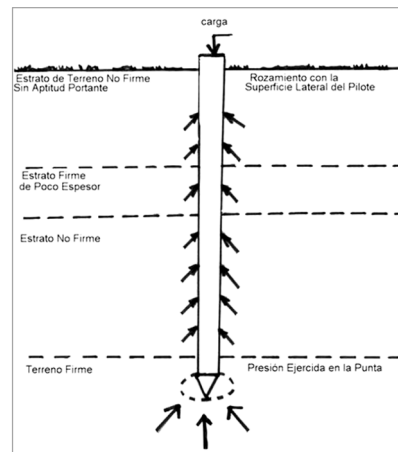


Imagen #9: Cimentación por pilotes
Fuente: Investigación

Un pilote es un puntal, regularmente de hormigón armado, de gran longitud en relación a su sección transversal, que puede ser hincado o construido in situ en espacio abierto en el terreno. Posee la capacidad de soportar y enviar cargas a estratos más resistentes o rocosos. Generalmente, su diámetro no es mayor de 60cm.

Son necesarios cuando el suelo portante no tiene la capacidad de resistir el peso del edificio o cuando se encuentra a gran profundidad; asimismo cuando el suelo está lleno de agua, éste dificulta los trabajos de excavación. Los pilotes alcanzan niveles de profundidad superior a los 40 m con una sección transversal de 2–4m, consiguiendo gravitar sobre ellos una carga de 2000 t.

Éstos se pueden distribuir en una base cuadrada, rectangular, circular, hexagonal, de modo que concuerde la resultante de cargas con la de los pilotes, logrando permitir que entre ellos se encuentre una separación no menor de 1.25 m.

-Columnas: Cuando la estructura no es flexible y tenaz posteriormente podrá sufrir colapso total o parcial al empezar a mostrar su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su resistencia y rigidez pierde estabilidad produciendo un colapso. El confinamiento de los muros por medio de vigas y columnas de amarre es primordial para que puedan soportar las fuerzas originadas por el sismo.

Las columnas y vigas se construyen luego de levantar el muro que se va a confinar. Deben construirse en lo posible: amarres y elementos de confinamiento alrededor de los muros y vanos de la estructura. Los muros estructurales deben ser amarrados entre sí por medio de una viga de corona en la parte superior de los mismos o impregnada en la losa de entrepiso.

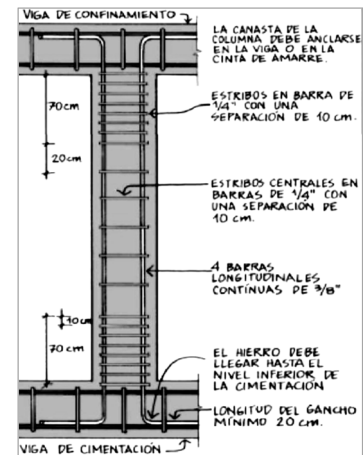


Imagen #10: Detalle de Columnas
Fuente: Investigación

La viga de amarre debe ser del mismo espesor del muro, con un mínimo 15 cm de altura. Es necesario construir columnas de confinamiento en los extremos de los muros, en la intersección de puntos intermedios y muros estructurales a distancias no superiores a 35 veces el espesor del muro.

Columnas de Confinamiento: La mínima sección de las columnas de confinamiento debe ser de 200 cm². Su ancho debe ser igual al ancho del muro. El acero no se debe torcer en los cambios de espesor de las columnas o en la cimentación, no se deben doblar las varillas que se estén impregnadas en el hormigón recién fraguado.

Es importante que la columneta deba ir desde la viga de cimentación hasta la viga superior, donde la armadura deba anclarse a otra por medio del traslape de sus varillas logrando la continuidad de los elementos de confinamiento.

El doblado de los estribos es como mínimo de 8 cm en ambos extremos y el amarre por medio del alambre debe ser en forma de 8. Se debe utilizar alambre No. 18. Los estribos deben estar bien amarrados para



obtener un buen confinamiento del hormigón al interior de la columna. En el caso de que los estribos queden mal doblados o anclados, pueden perder su configuración durante un sismo, ocasionado que el elemento estructural pierda su capacidad de carga.

Imagen #11: Detalle del doblado de estribos
Fuente: Investigación

-Vigas.-La armadura de las vigas es parecido al de las columnas, a diferencia que los estribos pueden separarse máximo 20 cm entre sí. En la intersección de los muros, las varillas deben formar ángulos rectos y los traslapes deben tener una longitud mínima de 40 veces el diámetro de la varilla que se va a traslapar.

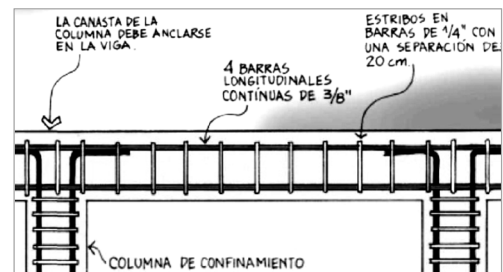


Imagen #12: Detalle del doblado de estribos
Fuente: Investigación

El encofrado podrá retirarse después de 2 días de vaciado el hormigón. No olvidar compactar el hormigón y golpear el encofrado para garantizar una óptima vibración del mismo. El hormigón de las columnas y vigas debe permanecer húmedo y protegido de la incidencia solar y el viento durante los primeros 7 días posterior al vaciado. El curado del hormigón es imprescindible para certificar la buena resistencia del material y la buena calidad.

-Losas de entre pisos y cubiertas.- Las losas de entrepiso deben ser lo suficiente rígidas para certificar que las paredes tengan un movimiento uniforme ante la presencia de un sismo. Las cubiertas deben ser firmes ante las cargas laterales, por lo tanto, es importante anclarlas y arriostrarlas a las paredes o vigas de soporte. En el caso de que la losa se construya con elementos prefabricados, deberán unirse entre ellos y enlazarse a las vigas que bordean a la edificación.

Losa maciza: Se constituye de una sección de hormigón reforzado en 2 direcciones. Dependiendo de cómo se encuentre apoyada, es necesario que la losa maciza tenga mayor cantidad de refuerzo en una dirección que en la otra. Si la losa cuenta con muros de apoyo en los 4 lados, su dirección principal será la del lado más corto, si es de forma cuadrada cualquiera en ambos sentidos daría igual.

En el caso de que la losa disponga de muros en solo 2 lados (opuestos), la orientación principal será perpendicular a la orientación de los apoyos. El acero de refuerzo que se va a colocar en la losa, debe seleccionarse de acuerdo a la petición de un profesional. El acero de refuerzo apropiado puede ser utilizado exclusivamente para condiciones y cargas típicas de viviendas.

Proceso constructivo de losas macizas:

- Preparación: Es necesario alistar los materiales, analizar las especificaciones y nivelar el suelo donde se van a tomar las medidas.
- Apuntalado: Se instalan los largueros paralelos a los muros, afirmados sobre puntales cada 60 cm. Se nivelan los largueros y se aseguran los puntales. Se deben arriostrar para evitar su caída por desplazamiento lateral.
- Encofrado: Se sitúan las tablas apoyadas creando una superficie lo más ajustada posible para evitar la salida del hormigón por los espacios abiertos. Es muy importante su nivelación.
- Armadura del refuerzo: Se debe poner el encofrado sobre el refuerzo calculado, apoyado de manera que al verter el hormigón, el acero de refuerzo quede completamente rodeado por éste. El recubrimiento mínimo de hormigón sobre el acero es de 4 cm.
- Vaciado del concreto: Es necesario hacerlo con precaución para evitar que el encofrado se pueda desplomar.

Losas aligeradas: En esta losa, gran parte del hormigón es sustituido por materiales ligeros como espuma Flex, cajones de madera o de plástico, y cuando se trata de viviendas de uno y dos plantas se reemplaza por bloques. De esta manera se logra disminuir el peso de la losa, además, se pueden realizar mayores luces de forma más económica.

La losa con este sistema posee 4 componentes:

- Una placa inferior que se coloca sobre las tablas del encofrado; los bloques o elementos aligerantes
- La placa superior con refuerzo nominal y las viguetas en hormigón reforzado
- La placa inferior es un mortero con 1:3 de dosificación, con un espesor de 2 cm que le va a permitir revestir el aligeramiento y el refuerzo principal de la losa.
- Los elementos aligerantes se instalan de manera tal que se logren formar los orificios de las viguetas con separaciones entre 50 y 70 cm.

-Cubierta: La estructura de la cubierta debe anclarse a las vigas que sujetan los muros. Esto se lo debe realizar dejando hierros de $\frac{1}{4}$ " en la parte superior de la viga de amarre. Es necesario evitar las cubiertas con gran peso y tratar de utilizar láminas livianas.

La pendiente de la cubierta puede variar según el material que se utiliza. De acuerdo al siguiente ejemplo, para una vivienda de 6 m x 6 m y teja de barro (42%) la forma de la cubierta quedaría así: Si la altura en el exterior es igual a 2.20 m, en el centro de la vivienda, o sea a 3 m del borde, la altura es: $2.20\text{m} + 3\text{m} \times (42/100) = 3.46\text{ m}$. Las tejas se ajustan a las correas con ganchos galvanizados o tornillos.

En el límite entre la cubierta y la pared medianera es importante construir una manta que no permita el paso del agua que cae por la pared. Es una lámina de acero que se ajusta a la pared con el enlucido e impermeabilizante.

1.3.1.2. Clasificación de los sistemas constructivos

La estructura es el centro de cualquier sistema constructivo. Es la base en donde se desarrollan las instalaciones, los acabados y el mobiliario. Es capaz de cubrir la edificación o sólo soportarla. (Tecnología y Construcción. Vol.24, No. 2) (Mayo, 2008).

Por esta razón, es que el sistema estructural es el que constituye el modelo para la construcción, dando lugar a la clasificación de los diversos sistemas constructivos como los mencionados a continuación:

Según 2 aspectos: el funcionamiento estructural y el tipo de construcción.

Clasificación según el tipo Estructural.- Los sistemas se clasifican en:

- **Sistema de cajón múltiple:** Consiste en un sistema de placas estructurales que forman elementos ensamblados de forma monolítica en un determinado espacio, formando un conjunto estructural que basa su función en la acción laminar y su interconexión
- **Sistemas combinados de pórticos y paredes:** En algunas tipologías de edificaciones se conforma una estructura tipo esqueleto y laminar, creando una estructura espacial más rígida que los pórticos, pero más dúctil que las paredes. Se realiza una labor eficaz en el transporte de pórticos y efecto de pared-pórticos
- **Sistemas combinados de piso flexible:** Se denomina así a las edificaciones conformadas en las primeras plantas por estructuras tipo esqueleto abiertas y en las últimas plantas por estructuras tipo cajón.

Clasificación según la Construcción.- Los sistemas se clasifican en:

- **Vaciado en el sitio:** En este sistema se utiliza un encofrado y en él, se vierte el hormigón. Se dividen de acuerdo a la estructura que la posee: pórticos cajones o mixtos. Y los mismos a su vez, se clasifican de la siguiente forma:

- **Sistemas prefabricados:** Estos sistemas se los realiza en talleres, en obra y ensamblados de forma mecánica. Poseen varios subtítulos:
- **Prefabricación pesada:** Es aquella que necesita de grandes equipos para su ensamblaje. Por lo general necesitan de la fabricación en talleres y transporte hasta la obra.
- **Prefabricación semipesada:** Es aquella prefabricación que necesita de elementos con capacidad intermedia y puede ser fabricada en obra. Conforman siempre elementos (paredes, escaleras, placas) en forma total
- **Prefabricación liviana:** Ésta prefabricación origina elementos manualmente o por equipos. Se logra elaborar completamente en la obra o por temas de industria en un taller. Puede ser entonces:
- **Sistema constructivo en seco.** (Seminario sobre Mampostería Estructural (libro) Octubre 31 y Noviembre 10 de 1986)

Características. Es una de las mejores alternativas con relación al sistema tradicional y se proyectan hacia el futuro como la tecnología en construcción por un sin número de razones significativas:

- Rápida y fácil construcción
- No necesita mezclas de cemento, arena y agua.
- Pocos desperdicios.
- Contribuyen al desarrollo sostenible.

Al tener las paredes, una cámara interna entre 2 placas de cerramiento, facilita la colocación de sistemas innovadores de instalaciones eléctricas, hidráulicas e hidrosanitarias; redes digitales, aislamiento térmico y acústico, de igual manera los sistemas de climatización y contra incendio.

Fundamentos del sistema constructivo.- El sistema constructivo Durapanel, se ha venido desarrollando a partir del manejo de paneles de poliestireno expandido y 2 mallas de acero galvanizado, cuya forma está perfilada para adoptar el enlucido estructural en obra.

El objetivo principal es facilitar un sistema de paneles prefabricados, que a más de aminorar el tiempo de construcción y mano de obra, puede solucionar con un solo elemento las funciones estructurales, reduciendo su ejecución, otorgando factores termo-acústicos, variedad de formas y acabados en obra.

Es importante recalcar que es un sistema integral, con características sismo resistente, rápido, liviano, económico y aislante termo acústico. Se compone de una amplia gama de paneles pre industrializados los cuales permiten realizar cada uno de los elementos estructurales, de cerramiento y ornamentación fundamentales para elaborar completamente una obra. (Durapanel. Medellín, 2009, 67p. Tesis).

1.3.1.3. Aplicaciones y componentes

Se puede conseguir un sistema constructivo de paneles ligeros que nos permita desde la construcción de paredes divisorias hasta muros estructurales para la construcción de edificaciones en cuyos elementos tales como paredes, losas, cubiertas, escaleras, etc. Se logren construir rápida y eficientemente.

Además de brindar un sistema rápido de construir, posee grandes beneficios termo-acústicos y propone elementos de gran variedad en formas y acabados.

1.3.1.4. Beneficios, ventajas y desventajas del sistema

Beneficios

- No genera muchos escombros
- Poco transporte por generación de escombros
- Menor cantidad de mortero
- Poco consumo de agua por morteros de pega y revitado
- No es necesario fundir dinteles ni antepechos

Ventajas y Desventajas

- **Sistema liviano:** Proporciona la facilidad de manejar los paneles, por consiguiente proporciona ahorros en la mano de obra y transporte. Una

ventaja adicional es que facilita en su peso ligero, la disminución de las cargas verticales.

- **Sistema rápido:** Se logra un ahorro de tiempo en obra, lo que favorece en las entregas óptimas, lo que en el sistema tradicional no se logra, sólo al incrementar la mano de obra, pero en esa área de trabajo no se puede optimizar ya que la gran cantidad del personal no puede trabajar en el mismo sitio y por ende imposibilitan el desarrollo de la obra.
- **Sistema de gran resistencia:** Se compone de malla galvanizada integrada de gran resistencia y mortero estructural. Se caracteriza por un muro que está compuesto de micro-columnas, los muros no son independientes por lo contrario se complementa uno con otro creando un sistema completo que distribuye las cargas en áreas mayores.
- **Sistema que proporciona ahorro energético:** Es un aislante térmico, que proporciona a los muros construidos, una reducción económica de calefacción o enfriamiento de al menos 40%. Se disminuye la condensación y el choque térmico, generando mayor confort.
- **Sistemasismoresistente:** Los muros trabajan de forma monolítica, disipando la carga a todo el sistema. Además influye que los muros se dispongan anclados a la estructura, y a la hora de presentarse un sismo, estos muros se mueven al mismo ritmo que la estructura por tanto no falla hasta que la misma no logre colapsar.

1.3.1.5. Sistemas alternativos de Construcción

Madera.- Es un material diverso poroso, de origen vegetal, compuesto por células muertas, biodegradables y absorbentes (NEC, 2014)⁷.

Durabilidad y preservación: La durabilidad de sus estructuras obedece a diversos factores por el cual, el profesional deberá tener en consideración:

- Durabilidad natural, conservación e impregnabilidad de la misma.
- Tipo de uso en estaciones climáticas.

⁷ Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo de Estructuras de Madera “del recurso primario al material de construcción”, 2014.

- Protección del diseño.

Bases para el diseño. La madera estructural forma el segmento resistente de elementos como: paredes, columnas, muros, pisos, vigas, cubiertas, etc. Se piensa a las estructuras como un método desde su preparación hasta el ensamble, teniendo en cuenta cada pieza y labor como parte integral del conjunto.

En el diseño se deben considerar las especificidades del material, asegurando la durabilidad y seguridad de las edificaciones en madera. El criterio normativo radica en certificar su buen comportamiento.

Características físicas. En los diseños se debe tener en consideración las debidas especificidades de origen del material: versatilidad natural y defectos, influencia dimensional y ataques químicos y biológicos.

Características mecánicas. Los profesionales deben tomar en consideración para sus diseños, las características del material en resistencia y rigidez.

Limitaciones dimensionales. Se ven limitadas por la dimensión de los troncos. Esto se supera en la madera laminada pegada, en donde las piezas de madera de poco espesor se juntan con engrudos de alta adhesión para conseguir eficaces formas.

Sistemas constructivos. La buena trabajabilidad y la disponibilidad de varios elementos de unión como los ensambles, grapas, etc., ayudan a facilitar la aplicación de sistemas constructivos como la prefabricación total y parcial, así como varios niveles de industrialización.

Diseño Modular. El uso de elementos modulares lleva a una gran economía, y esto se refleja en un diseño afirmado en sistemas constructivos coherentes. Se tomará en consideración el uso del material para su colocación adecuada.

Este diseño permite disminuir el desperdicio del material. Se detalla a continuación los sistemas estructurales:

- Sistema entramado

- Sistema de armaduras
- Sistema poste y viga

Los sistemas constructivos, con relación a la industrialización:

- Industrializados
- Semi-industrializados
- No industrializados

Los detalles constructivos se usan en:

- Sistema entramado
- Sistema de poste y viga
- Revestimientos

Motivos para construir con madera

- Aislación térmica
- Facilidad para las instalaciones
- Autoconstrucción
- Posible ampliación o modificación
- Reutilización
- Clima habitable
- Ganancia de superficie

Caña Guadua.- Es un recurso que se explota muy poco y se lo conoce en el medio de forma técnica; se la ha conocido en construcciones temporales y mal ejecutadas, llevándola al desprestigio; pero así como se construye con ladrillo las viviendas sencillas y las costosas, así pasa con ésta. En sí, no es el material lo que hace la diferencia sino la concepción general. (Guadua: Arquitectura y diseño, 2013)⁸

Propiedades físico-mecánicas: La caña guadua es muy resistente a la compresión paralela a las fibras y es utilizada en: columnas, puntales, postes,

⁸ Marcelo Villegas, autor del libro "Guadua: Arquitectura y diseño" creado, desarrollado y editado en Colombia, en el mes de Julio del año 2013.

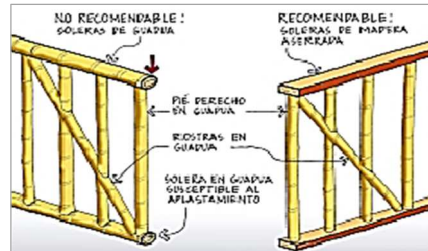
bajantes, apoyos y en todos los casos donde se encuentra sometida a cargas. La resistencia a la flexión se presenta en elementos estructurales como vigas, soportes y la respuesta a la tracción, son propiedades esenciales que todo profesional constructor debe saber al utilizar la caña guadua en una obra de construcción.

Como acero vegetal: De origen natural, se caracteriza por su tamaño, ligereza, firmeza y solidez. Trabaja muy bien a la flexocompresión y a la tracción, es necesario que las estructuras se calculen como barras articuladas en los empates; ya que ninguno de éstos nudos se considera como una estructura aporticada. La estructura y sus características pertenecen a un material de alta tecnología: es estable, pero por sus cavidades son ligeros y flexibles, tiene características físicas, que son mucho mejor que la madera, acero y concreto.

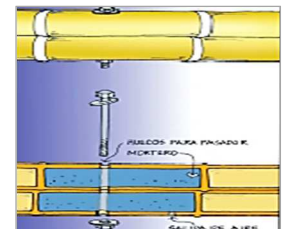
¿Por qué elegir caña guadua?

Es un material versátil, con cualidades apropiadas que lo distinguen de los demás materiales:

- Bajo Costo
- Liviano
- Atractivo
- Flexible
- Resistente
- Rápido Crecimiento



*Imagen #14: Detalle de Uniones Clavadas
Fuente: Investigación*



*Imagen #13: Uniones Pernadas
Fuente: Investigación*

Uniones clavadas: Se reservan para esfuerzos bajos entre elementos de madera aserrada y caña. No es aconsejable la unión de dos o más elementos de caña. La penetración de los clavos ocasiona fisura en la caña debido a las fibras longitudinales. Las uniones clavadas se usan sólo para ajuste temporal del sistema en el armado y no debe tomarse en consideración como conexiones resistentes en elementos estructurales.

Uniones pernadas: Este sistema utiliza tornillos de 3/8" con sus tuercas y arandelas y el uso de platinas de 7/8" x 1/8", todas ellas atornilladas. Debido al aplastamiento en los apoyos de las cañas, se reemplaza rellenando los cañutos con mortero.

Unión columna-cimiento: La caña no debe estar en contacto directo con el suelo, es por ello que, la guadua se asienta sobre un separador de metal u otro material. Sus fuerzas se transmiten a través del separador, por lo que se apoya de manera continua contra la cimentación.

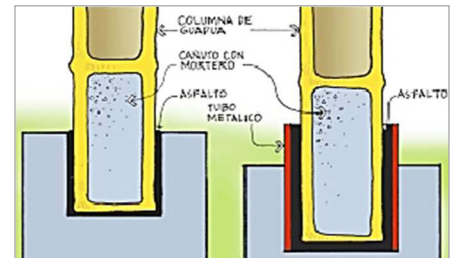


Imagen #15: Detalle Unión columna-cimiento
Fuente: Investigación

El perno debe traspasar el primer o segundo nudo de la guadua; se ancla al cemento por medio de las platinas, tienen un diámetro de 9.5 mm. Por ello, no es necesario atravesar pernos en ambas direcciones. La conexión con la cimentación, sirve para anclar columnas formadas con más de una caña.

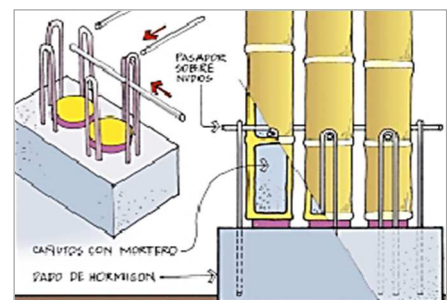


Imagen #16: Detalle Unión columna-cemento
Fuente: Investigación

Unión cemento-muro: Los muros deben conectarse con la cimentación y con las vigas de cimentación. Pueden elaborarse combinando madera aserrada con caña guadua. Es recomendable que los muros sean de madera aserrada.

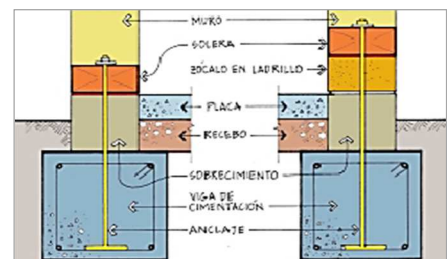


Imagen #17: Detalle Unión cemento-muro
Fuente: Investigación

Unión con soleras de madera aserrada: Cuando se usa madera aserrada, la conexión se efectúa con barras que cruzan las soleras y se anclan con tuercas. La madera se debe apartar del hormigón y la mampostería con papel impermeable.

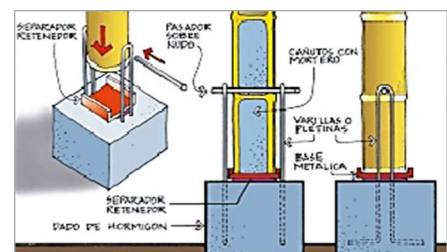
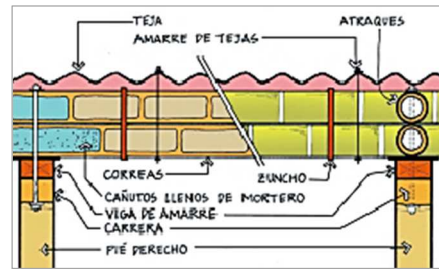


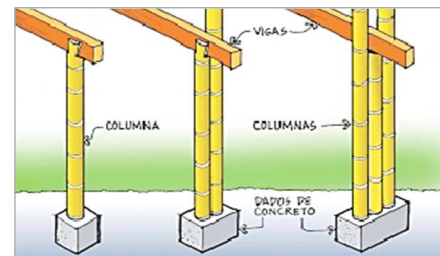
Imagen #20: Unión soleras de madera aserrada
Fuente: Investigación

Unión entre muros y cubierta: Debe realizarse la conexión de los elementos verticales con la solera a través de un perno embebido y llenado con mortero. El extremo debe confinarse con una varilla para evitar las fisuras longitudinales de la caña guadua debido al esfuerzo cortante.



*Imagen #23: Unión entre muros y cubierta
Fuente: Investigación*

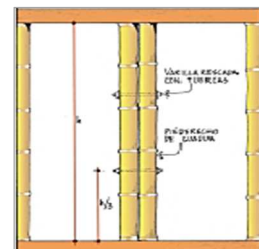
Composición y conexiones: Las columnas de caña deben vincularse a las partes convenientes, como base-columnas, columnas-superficie de muro, columnas-cubierta. Estas columnas se arriostran entre sí y con los muros estructurales colindantes.



*Imagen #24: Composición y Conexiones
Fuente: Investigación*

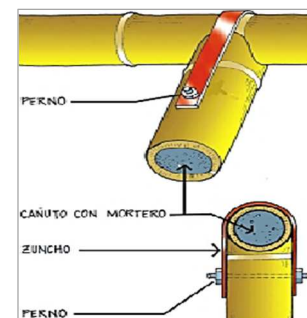
Según la luz, la carga y la proporción de la edificación se logra conformar columnas con una, o más cañas guaduas.

Muros en planos perpendiculares: Estos muros deben unirse pero si se encuentran en planos distintos, es necesario usarse pernos en ambas direcciones. Las uniones fuera del plano se pueden dar en esquinas, a manera de T o en cruz.



*Imagen #25: Muros en planos perpendiculares
Fuente: Investigación*

Uniones estructurales: Las uniones entre los componentes internos de la caña se pueden clavar entre sí. No obstante, estas uniones entre muros, cimentación y cubierta deben desempeñar funciones estructurales, ya sean en rigidez como en resistencia.



*Imagen #26: Uniones estructurales
Fuente: Investigación*

Hay que tomar en consideración, que el buen diseño en un proyecto de construcción y sus técnicas sismorresistentes son resultado de la aplicación de un conjunto de elementos de diseño y construcción como:

- Calidad en la construcción

- Materiales competentes
- Bajo peso
- Suelo firme y buena cimentación
- Estructura adecuada
- Mayor rigidez
- Forma regular

1.3.1.6. Requerimientos técnicos

En toda edificación, es necesario tener en cuenta la obligatoriedad de la supervisión técnica en la construcción, por un profesional calificado, según lo requerido en la norma Ecuatoriana de la construcción. Estas poseen la siguiente clasificación:

Sistemas prefabricados: De acuerdo con las normas de construcción, se permite el uso de sistemas de resistencia sísmica que estén constituidos, parcial o totalmente por elementos prefabricados.

Este sistema prefabricado debe plantearse para las fuerzas sísmicas de acuerdo con las imparticiones del reglamento utilizando un coeficiente de capacidad de disipación de energía.

Cuando se logre demostrar con evidencia experimental y estudios, que el sistema posee una resistencia, capacidad de disipación de energía y capacidad de trabajo con la estructura edificada empleando los materiales impuestos por el Reglamento, deben cumplirse los requisitos de la normativa Ecuatoriana de la construcción.

Diseños de materiales estructurales utilizando el método de esfuerzos de trabajo

Cuando el material de la estructura se diseña empleando el método de esfuerzos de trabajo, tal como lo define el Reglamento, para la obtención de los efectos originados de las fuerzas sísmicas reducidas al nivel de esfuerzos de trabajo que se utilizan en el diseño de las estructuras, debe utilizarse un coeficiente de carga de 0.7.

1.3.1.7. Calidad de los materiales

El producto de la construcción, regularmente, es elaborado por una empresa que posee una tradición en su fábrica; que ostenta la disposición de mantener esa actividad económica durante mucho tiempo; que lo realiza en una fábrica y, en consecuencia, en un centro de trabajo fijo. Es más factible tratar de que las obras cumplan con los requisitos básicos, atribuyendo el respectivo control a los materiales para que, la sumatoria de todos ellos puesta en obra, certifique de alguna manera el resultado de la obra.

Es importante recalcar, que se ha otorgado una responsabilidad de otros agentes del proceso de construcción a los fabricantes de materiales. Además, se fija un control de calidad a cada producto que, prospera con el pasar del tiempo según las técnicas que se les aplique, forzando al fabricante a transformar las líneas de su producción, mientras que a los demás agentes: promotores, constructores, etc.

Cada vez, nos podemos encontrar con mayor frecuencia, que se intenta que los fabricantes asuman cada vez más, la responsabilidad de los demás agentes, para poder garantizar al usuario final, una buena calidad de la obra (RODULFO Luis)⁹.

Documentos de control y recepción de materiales: Se debe comprobar la existencia de recepción de materiales en obra, los que deben tener al menos la siguiente información:

- Recepción en obra
- Especificaciones para la compra
- Verificaciones y ensayos de recepción
- Orientaciones para el almacenamiento
- Criterios de aceptación
- Nombre y firma del responsable

⁹ Rodulfo Zabala Luis - representante en AENOR de la Confederación Española de Asociaciones de Fabricantes de Productos de Construcción (CEPCO), organización de la que es director general. miembro de la Junta Directiva de CEOE.

1.3.2. COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS EDIFICACIONES: aspectos y características relevantes.

El estudio del comportamiento sísmico de las edificaciones se lo realiza a través de las teorías expuestas a continuación: la reacción de las edificaciones ante un sismo, la forma de las edificaciones, el uso, la configuración y las características relevantes de la edificación para el comportamiento sísmico, los mismos que contribuirán con el desarrollo del tema en conjunto.

1.3.2.1. Reacción de las edificaciones ante un sismo

Un sismo no deteriora las edificaciones por cuestión de impacto como lo haría una maquinaria de demolición, más bien lo deteriora la fuerza de la inercia, que es ocasionada a partir de la vibración de la masa de una edificación. La dimensión, masa, forma y la configuración de una edificación, determinan la fuerza que lo afecta, así como los componentes que la resistirán.

La masa depende de las edificaciones, al aumentar, se incrementa la fuerza de la inercia. La utilización de materiales ligeros, beneficiará a la estabilidad de las edificaciones, debido a que el peso de la misma, es lo que provoca el colapso.

Ante la presencia de un sismo, los edificios caen verticalmente, rara vez se caen hacia los lados. Las fuerzas laterales, doblan y quiebran las columnas y paredes, la acción de la gravedad sobre la estructura débil produce el colapso.

Los periodos naturales de vibración de la superficie, están entre 0.5 y 2.0 segundos. Los periodos de las estructuras varían de 0.05 segundos para alojar a un equipo de precisión; 0.1 para uno de un piso; 0.5 para una estructura de 3 o 4 niveles; 1 a 2 segundos para edificios de 10 a 15 niveles. (Manual de configuración y diseño sísmico de edificios)¹⁰.

¹⁰ El Manual de configuración y diseño sísmico de edificios, creado por Arnold, C. y Reitherman, R. (1991). D.F., México: Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.

1.3.2.2. Forma de las edificaciones

Un edificio no es un elemento uniforme, es un conjunto de partes unidas entre sí, en donde cada una de ellas, se encuentra sujeta a esfuerzos horizontales y verticales, por estar ligadas con la estructura. En edificios alargados, el movimiento del suelo afecta de modo distinto a los de otra configuración.

En estas edificaciones, la altura influye en las fuerzas a las que está sometido. La característica más importante es la proporción, de modo que hay que considerarla para los edificios altos. Los edificios con mayor esbeltez, al encontrarse sujetos a las fuerzas de un sismo, pueden caerse hacia los lados.

Presenta inconvenientes valorar las fuerzas a las que se sujetan las columnas situadas en el perímetro de la edificación. Para edificaciones con la relación de esbeltez mayor a 4 por 1, se recomienda realizar un análisis sísmico, que establecerá las secciones adecuadas para los elementos estructurales. Estos edificios se construyen por lo general de estructura metálica.

1.3.2.3. Uso de las edificaciones

Para la planificación de la construcción de un edificio, es importante tomar en cuenta el uso que adquirirá en un futuro, como por ejemplo el uso distinto que se le da a un edificio para oficinas y a uno de habitación. Si a uno de ellos, se le aumenta peso que no ha sido considerado en el cálculo, ya sea durante la construcción o una vez concluido, las fuerzas sísmicas actuarán con mayor intensidad.

De igual manera, en edificaciones cuyos usuarios alteran el sistema estructural descartando los muros de apoyo, lo debilitan y esto es causa de mayores daños en la misma.

1.3.2.4. Configuración de las edificaciones

El comportamiento de una estructura ante un sismo es algo compleja, puesto que se combinan diversos factores, los mismos que deben tomarse en cuenta para el diseño de una estructura resistente a sismos; la configuración 14 es uno de los aspectos que interceden en dicha respuesta.

La importancia de su configuración en la respuesta sísmica ha sido destacada por varios autores como (Arnold, Grases, Dowrick, ATC) puesto que no es posible conseguir que un edificio mal estructurado se comporte favorablemente ante sismos, por más que se depuren los procesos de dimensión, “si al principio, la configuración es deficiente, el profesional lo único que puede hacer es poner un parche” (Arnold y Reitherman¹¹, 1991).

En un análisis, sobre los eventos sísmicos efectuados en varios países, se muestra que las edificaciones bien trabajadas estructuralmente han tenido un comportamiento apropiado, aunque no hayan sido objeto de cálculos elaborados y no haber satisfecho severamente los reglamentos.

Las recomendaciones que encuentran los arquitectos acerca de la configuración, reducen la amplitud de diseños originales y atrevidos, asimismo limita la libertad del uso del espacio en una edificación, por otra parte constituye un desafío la unión de necesidades estructurales y arquitectónicas que logren conseguir un proyecto funcional, seguro y estéticamente llamativo.

Un diseño que evade esta conjugación, rompe con uno de los principios esenciales del diseño arquitectónico, el cual muestra que las necesidades estéticas no son las únicas porque también se encuentran las sociales, funcionales y estructurales, reflejando y guiando el gusto de su tiempo. (Ambrose y Vergun, 2000; Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001; Grases, López y Hernández, 1987)

1.3.2.5. Características relevantes del edificio para el comportamiento sísmico

Durante el proceso de diseño es importante tomar en cuenta las siguientes características relevantes en el comportamiento sísmico de una edificación:

- Peso
- Planta

¹¹ Robert K. Reitherman - Director ejecutivo de CUREE (Consortio de Universidades para la Investigación en Ingeniería Sísmica), una asociación de dos docenas de universidades con programas de ingeniería civil dedicadas a la ingeniería sísmica, terremotos e Ingenieros.

- Elevación y proporción
- Uniformidad y distribución del sistema estructural
- Separación
- Elementos no estructurales (Bazán y Meli, 2001; Dowrick¹², 1997).

Peso

El tamaño de una edificación indica además el peso de la misma, es por esta razón que debe procurarse que sea lo más ligero posible; en él incluye el peso de los revestimientos y elementos divisorios que influyen en la respuesta.

Algún cambio que se realice en el tamaño del edificio afecta su comportamiento en la parte estructural por motivo del efecto del tamaño; en el cual, el sistema estructural llega a su límite obligando al cambio por uno apropiado. En las vigas, se utiliza una luz de hasta 30 m, mientras que las cerchas resisten mayor luz. (Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001).

Problema: La respuesta sísmica de una edificación es difícil de cuantificar ya que, al distribuir las paredes denota complejidad, debido a que las plantas presentan lobbies, techos en volado, balcones, aberturas para escaleras, elevador, tuberías, ductos de ventilación, y un sin número de elementos más.

Recomendación: Se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Evitar que las masas sean innecesarias.
- Las masas situadas en partes altas no son propicias ya que la aceleración crece con la altura, de modo que es necesario situar en pisos bajos las áreas donde exista mayores concentraciones de pesos.
- Tratar de que el peso de la edificación se distribuya de modo simétrico en la planta de cada piso (Ambrose y Vergun, 2000; Bazán y Meli, 2001; Grases, López y Hernández, 1987).

Planta

¹² D. J. Dowrick – es el autor del libro de “Diseño de estructuras resistentes a sismos, para Ingenieros y Arquitectos. (1990)

La forma en planta incide en la respuesta sísmica. Este ha sido confirmado frecuentemente por los sismos acontecidos.

Problemas: Los problemas que más se presentan en planta son:

- Longitud de planta: Las estructuras con longitudes considerables, experimentan transiciones en la vibración a lo largo de la estructura. Éstas, se deben a las diferencias en las condiciones geológicas
- Perimetral: Los muros laterales y traseros están sobre los límites de la construcción por lo que no tiene aberturas, mientras que el frontal, sí.
- Falsa simetría: Edificios que tienen una apariencia regular, sencilla y simétrica, pero la distribución de su estructura y la masa es asimétrica.

Recomendación: Se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Favorecer la simetría en ambas direcciones para reducir los efectos de torsión
- Evitar paredes alargadas, ya que producen vibraciones en diferentes direcciones por la dificultad para responder como una unidad
- La simetría en planta muestra que el centro de masa y el centro de rigidez se sitúan en el mismo punto, lo cual, disminuye los efectos indeseados de la torsión. (Ambrose y Vergun, 2000; Bazán y Meli, 2001; Arnold y Reitherman, 1991)

Elevación y proporción

Los elementos como la simetría, regularidad y sencillez que se buscan en planta, se los debe buscar en la elevación de una edificación, para impedir las concentraciones de esfuerzos en pisos o amplificaciones de la vibración en los pisos superiores de la edificación. (Bazán y Meli, 2001)

Problemas:

- Proporción: Este aspecto es aún más importante que la altura o tamaño, mientras más esbelto es la edificación, mayor es el efecto de voltearse ante un sismo.

- Escalonamiento: Consiste en reducir el tamaño del piso de un nivel con relación al siguiente. También en hacer la edificación más grande a medida que se va elevando, conocido como escalonamiento invertido.
- Piso débil: Se refiere a las edificaciones donde una planta es más débil que las superiores, originado por la suspensión de rigidez y resistencia. Este problema se torna peligroso, cuando el piso débil es el primero o segundo, en donde las fuerzas sísmicas suelen ser mayores.

Recomendaciones:

- Proporción: Para evitar los inconvenientes de proporción Dowrick (1997) sugiere que se procure confinar la relación ancho y altura a 3 ó 4, (Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001; Dowrick, 1997)
- Escalonamiento: La primera solución consiste en una separación en planta. Se debe evitar la discontinuidad vertical de las columnas, un acartelamiento suave evita el inconveniente del cambio de sección. Y en áreas de riesgo sísmico alto es necesario evitar las configuraciones invertidas. (Arnold y Reitherman, 1991)
- Piso débil: Se empieza por su eliminación. Si no es posible realizarlo, se investiga la manera para reducir la discontinuidad. Se puede lograr una planta baja alta eliminando la discontinuidad dinámica mediante un marco vertical, en el cual la estructura posea uniformidad de rigidez, adicionando pisos ligeros que tengan poco efecto en la estructura principal. (Arnold y Reitherman, 1991)

Uniformidad y distribución del sistema estructural

Es necesario que el profesional plantee un sistema apropiado en donde se considere la sencillez y simetría, así mismo conviene tener presente, aspectos como: redundancia, cambios de secciones, diafragma rígido, densidad en planta, columna fuerte – viga débil, interacción pórtico – muro.

- Columna Fuerte – Viga Débil: En sistemas aporticados es un requisito esencial para el buen comportamiento de la estructura, que la

disipación de energía comience en los elementos horizontales, en fachadas se puede admitir el diseño columna fuerte - viga débil.

- Interacción Pórtico – Muro: Las configuraciones con alta rigidez torsional con relación a su rigidez traslacional, tienen buen comportamiento durante sismos, es por eso que los muros deben colocarse en el perímetro de la edificación. (Arnold y Reitherman, 1991; Grases, López y Hernández, 1987)

Recomendación:

- Separar el muro del pórtico para poder evitar alguna falla por flexión en la unión de la viga sobre el muro.
- Unir el pórtico y el muro de manera firme, para reducir desplazamientos entre los dos sistemas estructurales; esta solución puede ser válida para muros y pórticos bajos, pero no podrá resolver los inconvenientes originados por muros esbeltos y altos; para ello, es posible conectarlos con una viga superior de transferencia de capacidad alta. (Arnold y Reitherman, 1991)

En el diseño de la estructura se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Las columnas y muros deben ser continuos y llevar la misma línea vertical
- Las columnas y vigas de hormigón, deben tener el mismo ancho
- No puede tener desalineamientos la línea horizontal de las vigas
- Los elementos principales no deben tener severos cambios de sección
- La estructura debe ser monolítica y continua lo más posible (Dowrick, 1997)

Separación

En el análisis de la ubicación de la edificación dentro del terreno, es importante tener en consideración la separación que se debe tener y que ésta, sea la suficiente con relación a edificios colindantes, para prevenir que los distintos cuerpos se golpeen al vibrar durante un sismo.

Problema: Se torna grave cuando los pisos de los edificios colindantes no coinciden con las alturas del otro y en la vibración, las losas pueden generar golpes a media altura en las columnas del otro, denominándose golpeteo y el cual está relacionado con la rigidez y las juntas de separación. El estudio del golpeteo entre edificios se relaciona con la localización del edificio con respecto a otras estructuras. (Arnold y Reitherman, 1991; Bazán y Meli, 2001)

Recomendación: Para las estructuras rígidas, la separación debe ser de 2,5 cm más 1,25 cm por cada 3 m de altura superiores a 6 m. Otra opción es separar 3,2 cm para edificios de 4,88 m, y 1,9 cm más por cada 4,88 m de altura anexas. Sin embargo, lo más oportuno sería establecer el desplazamiento de las edificaciones.

Elementos no estructurales

Según la experiencia ha logrado manifestar que, los elementos no estructurales pueden ocasionar cambios en el comportamiento de la estructura, debido a que las fuerzas sísmicas son atraídas por las áreas de mayor rigidez y al no estar diseñadas para resistir las fuerzas, pueden fallar.

Recomendación: Evitar la ubicación irregular de los tabiques en planta, para diseñarla de modo que pueda resistir la distorsión estructural. Para ello existen dos enfoques. El primero es integrarla a la estructura y el segundo es lograr separarla de manera idónea de los pórticos.

Es necesario que, los revestimientos estén conectados a las paredes o separarlos de las mismas, con conectores que puedan evitar la dispersión de las paredes. Deben estar separadas las ventanas de la distorsión de los pórticos, excepto cuando el vidrio no se pueda romper.

1.3.3. PATOLOGÍAS COMUNES EN LAS EDIFICACIONES: y sus características.

El análisis de las patologías comunes en las edificaciones se lo lleva a cabo mediante el conocimiento obtenido sobre las fallas estructurales, sus características, las fallas en presencia de eventos sísmicos y las patologías

asociadas a los mecanismos de falla estructural, los cuales aportan al desarrollo de una posible solución.

1.3.3.1. Fallas estructurales

Es la ruptura, deformación o desplazamiento de los elementos estructurales, los cuales están sometidos a fuerzas que superan los límites para los cuales se han diseñado. La falla de la estructura posee una manifestación externa, que por medio de un estudio se podrá conocer la importancia, origen y consecuencias ya que es trascendental conocer los daños y clasificarlos (POVES Francisco)¹³.

A continuación, se describe su clasificación:

Falla en los cimientos: Es la superficie encargada de recibir todas las cargas de la estructura y enviarlas al terreno.

Es necesario que las cargas transmitidas sean inferiores a la capacidad portante del suelo; para que las deformaciones asignadas a él sean factibles con la deformabilidad de la estructura. La inestabilidad de la interacción del suelo y cimiento, pueda ser el origen de graves daños en las edificaciones.

Los suelos presentan diversidad, es por ello que origina incertidumbre con relación a su comportamiento. Es necesario realizar estudios en laboratorio para conocer las características del terreno sobre el que se va a edificar. Se conoce como asiento al recorrido vertical que sufre el suelo bajo la carga.

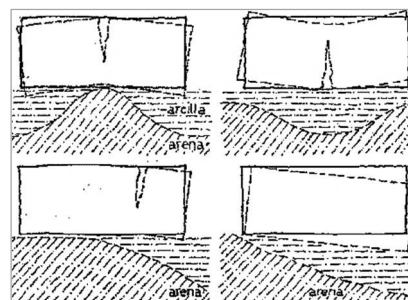


Imagen #27: Asentamiento del suelo
Fuente: Investigación

Falla en las estructuras: La estructura es el esqueleto de una edificación. Es el conjunto de elementos constructivos, cuyo fin es sostener el propio peso de su construcción y afines, así como sostener los empujes laterales originados por la acción del viento y los sismos. El mismo debe ser;

¹³ Francisco Poves Ferrer – Arquitecto Técnico, constructor de obras públicas y privadas.

- Resistente: no se debe romper por la acción de las cargas.
- Estable: no se debe caer por la acción de las cargas.
- Poco Deformable: no debe causar daños en los demás elementos.

Problemas en el diseño:

- No se cumplen las normativas municipales
- El diseño de la estructura esté sometido al diseño arquitectónico.
- Abuso de vigas planas, incompatibles con las deformaciones.
- Las grietas y fisuras se deben a inconvenientes de deformabilidad estructural incompatibles con la indeformabilidad.

(Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales, tercera edición, 2011). Los elementos estructurales soportan 2 tipos de fisura:

- Las Intrínsecas, ineludibles en su mayoría, debido al paso de fraguado y endurecimiento del hormigón.
- Las Extrínsecas, actúan acciones ajenas: cargas, empujes del terreno, viento, sismos, cuestiones térmicas. Se pueden originar por:
 - a) Esfuerzos de compresión.
 - b) Por esfuerzo torsor.
 - c) Por asiento diferenciales.
 - d) Por corrosión.
 - e) Por punzonamiento.
 - f) Por esfuerzo cortante.
 - g) Por mala disposición de las armaduras.
 - h) Por exceso de deformación.
 - i) Por momento flector.
 - j) Por disgregación.
 - k) Por segregación.

1.3.3.2. Características de las fallas

Deterioro superficial: Se caracteriza por su profundidad pequeña con respecto a una gran dimensión. Todas las fallas, se incluyen aquí cuyo espesor es menor a 5 cm y ésta sólo afecta el recubrimiento de las armaduras.

Discontinuidad local y profunda: Su área puede ser grande o no, siendo su mayor profundidad 5 cm, afecta el hormigón detrás de las armaduras.

Fisuras-Grietas: Se originan por las tensiones internas en el hormigón, los cuales han superado la resistencia del mismo, causando la ruptura del elemento. Si el motivo que la originó desapareció, ésta grieta puede ser considerada muerta, por lo tanto es apta para ser restaurada devolviendo el monolitismo. Pero si el motivo continúa por cuestión de temperatura, la grieta continuará en movimiento como si fuera una junta de dilatación.

Se clasifican de la siguiente manera:

- **Fisuras Por Tracción Pura**

Éstas se constituyen a lo largo de la dirección de las barras del principal refuerzo. Estas son provocadas por la excesiva tracción longitudinal.

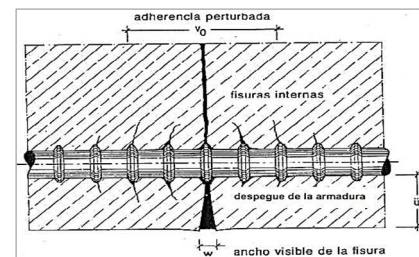


Imagen #28: Fisuras por Tracción Pura
Fuente: Investigación

- **Fisuras Por Flexión Pura**

Estas fisuras pueden ser perpendiculares a la dirección del refuerzo alargado situado con dirección de la tracción principal. Los estribos pueden ocasionar que las fisuras se enderecen con ella y favorezcan la propagación de las mismas.

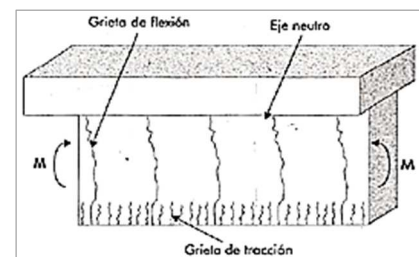


Imagen #29: Fisuras por Flexión Pura
Fuente: Investigación

Causas de grietas por flexión y tracción

- a) Mala disposición de armaduras.

- b) Sobrecargas no previstas.
- c) Baja calidad del hormigón.
- d) Mala adherencia de las armaduras al hormigón.

- **Fisuras por adherencia (longitudinales)**

Son aquellas que se forman a lo largo de la dirección de las barras longitudinales. Se pueden inducir como consecuencia de los fenómenos de retracción o asentamiento plástico. También pueden formarse grietas longitudinales por falta de adherencia entre el hormigón y el acero de refuerzo.

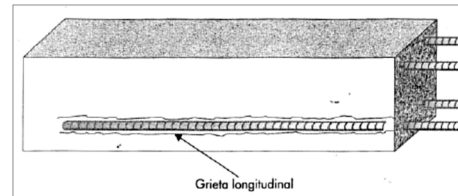


Imagen #30: Fisuras por Adherencia
Fuente: Investigación

- **Fisuras Por Cortante**

Los esfuerzos cortantes y de tracción generan fisuras oblicuas que son perpendiculares a la dirección del acero longitudinal principal. Surgen con una inclinación en áreas cercanas a los apoyos o bajo cargas puntuales elevadas.

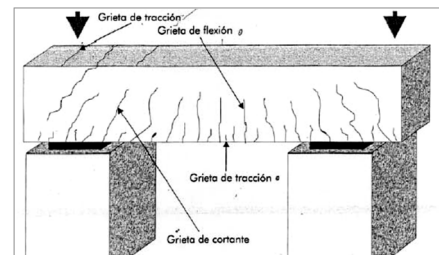


Imagen #31: Fisuras por Cortante
Fuente: Investigación

- **Fisuras Por Torsión**

Son oblicuas pero continuas y en forma de espiral. Traspasan totalmente la sección de los miembros afectados.

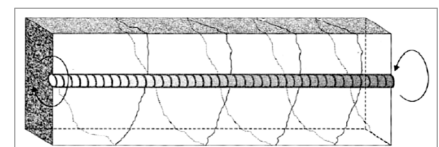


Imagen #32: Fisuras por Torsión
Fuente: Investigación

- **Fisuras Por Punzonamiento**

Es característico de las losas con imperfecciones ocasionando fallas con geometría tronco piramidal cuya directriz es el área cargada. Se logra alcanzar en elementos que realizan tracciones ocasionadas por esfuerzos que a su vez son motivados por una carga o una reacción en un área pequeña.

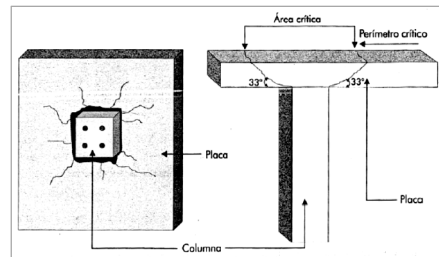


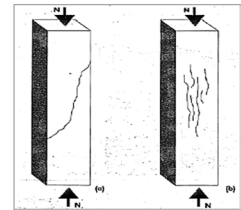
Imagen #33: Fisuras por Punzonamiento
Fuente: Investigación

Causas de grietas por punzonamiento

- a) Concentración de tensiones
- b) Armaduras y espesores insuficientes
- c) sobrecargas no previstas
- d) Baja calidad del hormigón

- **Fisuras Por Compresión**

Si se sobrepasa la capacidad resistente del elemento en compresión, se presenta una fisura paralela a la dirección de carga del elemento. Cuando el patrón de la fisura es oblicuo, puede manifestar que el hormigón se encuentra en un estado seco.



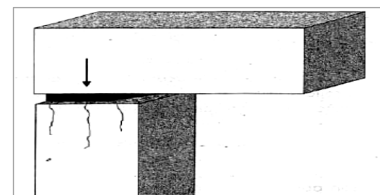
*Imagen #34: Fisuras por Compresión
Fuente: Investigación*

Causas de grietas por compresión

- a) Diseño insuficiente
- b) Baja resistencia del hormigón a compresión
- c) Las tensiones principales de compresión logran superar la resistencia del hormigón.

- **Fisuras Por Aplastamiento Local**

Presentan sus inicios en una alta concentración de cargas que suelen darse en áreas de apoyo de elementos hincados o en las áreas de anclaje de cables.



*Imagen #35: Fisuras por Aplastamiento Local
Fuente: Investigación*

Causas de grietas por aplastamiento local

- a) Sobrecargas no previstas.
- b) Armaduras transversales insuficientes.
- c) Baja calidad del hormigón.

Fractura de un elemento: Se pone de manifiesto con mucha intensidad, deformando la armadura original. Por lo general es necesario la sustitución total o parcial del elemento que ha sido afectado.

Corrosión de las armaduras: La primera situación de corrosión en las armaduras, es cuando aparecen las fisuras sobre las varillas ocasionado por el aumento de volumen del fierro; se pueden notar las manchas de óxido, incrementándose cuando avanza el proceso. En lo sucesivo, se desprende el recubrimiento y la armadura queda expuesta a la vista, provocando la reducción de la sección de la varilla.

1.3.3.3. Causas de las fallas (usos, efectos)

Es importante saber las causas y sus efectos, descritos a continuación:

Diseño: Consiste en la falta o carencia en los estudios preliminares, como el análisis de suelo, ambiente, entorno, etc. Los errores en dimensiones, calidad, cantidad y ubicación de la armadura, especificaciones inconclusas, etc.

Ejecución: Se pueden presentar defectos por materiales y procedimientos. Con respecto a los materiales, la elección inadecuada de los componentes del hormigón o incumplimiento de las normas de calidad. Con relación a los procedimientos, corresponde a la utilización de procesos errados, a la hora de proceder con el vaciado, colocación, la compactación y curado del hormigón.

Uso: Los daños surgen cuando la estructura está prestando algún servicio, además se pueden mencionar otros daños por: sobrecargas, desgaste, medio ambiente, deformaciones y por incendios.

Efectos: El daño tiene efectos con relación a la estabilidad, la durabilidad y seguridad de la obra. Este último puede influir en cuestiones psicológicas; por ejemplo una grieta en una edificación, la cual no influye de manera estructural, pero puede generar una sensación de inseguridad en su ocupante.

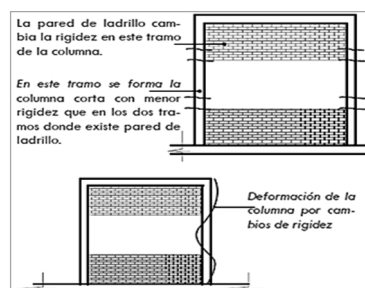
1.3.3.4. Fallas en presencia de eventos sísmicos

Durante un evento sísmico, se presentan fallas importantes en estructuras de hormigón reforzado y mampostería. Generalmente, estas fallas se pueden deber a:

- a) Golpeteo entre edificaciones.
- b) Ampliación de los deslizamientos en la cima de las edificaciones.
- c) Esfuerzo cortante y tensión diagonal en columnas o en vigas.
- d) Esfuerzo cortante en columnas reducidas por el efecto restringido al deslizamiento ocasionado por elementos no estructurales.
- e) Inapropiada resistencia al cortante de los entrepisos, lo cual se debe a la escasez de columnas y muros.
- f) Falla por adherirse el bloque de unión a las conexiones columna-viga ocasionado por el deslizamiento de las varillas ancladas.
- g) Esfuerzos en muros de cortante, con aberturas, solos o conectados.
- h) Punzonamiento de la losa de edificaciones construidas con losas planas.



*Imagen #36: Golpeteo entre edificios
Fuente: Investigación*



*Imagen #37: Falla en columnas cortas
Fuente: Investigación*

1.3.3.5. Patologías asociadas a los mecanismos de falla estructural

Para proceder con la evaluación de una edificación que fue afectada por un evento sísmico, es primordial realizar un análisis que evidencia el paso de la estructura por los elementos en la vía que lleva al colapso. El comportamiento estructural obedece a los factores que contienen: la calidad de los materiales y el diseño estructural, los procedimientos y la calidad de la construcción,

Los materiales, como el hormigón y mampostería, poseen bajas resistencias a tensiones de tracción. La guadua, el metal y la madera son más dóciles. Es por esta razón, que el hormigón y la mampostería estructural son materiales

con refuerzos metálicos y poliméricos. Muy independiente del material estructural, los acabados contienen materiales muy frágiles que se fisuran de manera fácil. Los cuales se presentan de diversas formas:

- Agrietamiento: Según el mecanismo que la ocasione, la fisuración se puede mostrar como grietas autónomas o grupos de grietas, superficiales o profundas.
- Descascaramiento: Se denomina así, a las grietas del material que puede causar el desprendimiento de segmentos considerables del mismo. Esto sucede con materiales frágiles como el hormigón, material de soldadura, hierro vertido, etc.
- Desconchamiento: Se denomina así al desprendimiento del material en segmentos pequeños, parecidos al tamaño de los granos que conforman el material. Sucede con materiales frágiles.
- Delaminación: Sucede cuando las grietas del material los divide en capas que conforman áreas definidas y continuas.
- Desintegración: Se produce, cuando la fisura es muy profunda, tanto que el respectivo material pierde totalmente su integridad.

1.3.4. TRATAMIENTO PARA PATOLOGÍAS EN LAS EDIFICACIONES: y la esencial aplicación para su mejoramiento.

Con el análisis desarrollado en la problemática del tema anterior, se logra exponer las posibles soluciones como la reparación de fisuras en estructuras, la reparación de hormigones entumecidos o disgregados, los sistemas habituales de refuerzo de estructura de hormigón, los refuerzos de forjados y losas de hormigón armado, los refuerzos de vigas de hormigón armado y los refuerzos soportes de hormigón armado, y de ésta manera contribuir al mejoramiento del aspecto en las edificaciones.

1.3.4.1. Reparación de fisuras en estructuras

Es casi seguro que las obras de hormigón armado pueden fisurarse, salvo las obras que son completamente simples. Esto implica, la reducción pero continua circulación de agua o aire en áreas interiores de la masa de

hormigón. Aquellos elementos sirven de paso a agentes agresores, que afectan a su armadura y a la durabilidad del hormigón (FLORENTÍN María)¹⁴.

Para poder evitar los efectos de las fisuras, la táctica del diseño comprende en examinar el mecanismo de las mismas, definiendo el ancho máximo de fisuras. Las herramientas esenciales para ello, es la disposición de juntas y la adecuada distribución de armaduras. En efecto, la reparación se efectúa prestándole atención a los 3 motivos restantes (estéticos, funcionales y de durabilidad).

Es necesario el estudio cuidadoso de algunos aspectos, como:

- Se debe examinar el estado de actividad de las fisuras, realizando medidas habituales del inicio de las fisuras. Estos estudios deben permitir predecir sus avances, y evaluar la máxima apertura posible.
- Es fundamental la determinación del origen de la fisura, para realizar una reparación correcta y con máxima duración.
- De igual manera, es importante corroborar si las fisuras son aisladas o se disponen en una red, estipulando el área afectada. Por tanto, esta problemática influye, a la hora de establecer la técnica de acción.
- Es necesario analizar la conveniencia de reparar las fisuras, incrementando la resistencia original del hormigón a tracción. De otro modo, se puede optar por tomar las fisuras, convirtiéndolas en juntas. Sin embargo, es importante conocer las consecuencias de ambas decisiones.

Una vez expuestos los anteriores aspectos, se debe proceder a elegir el sistema de reparación. A continuación se exponen los principales de ellos.

- **Inyección de fisuras**

¹⁴ Florentín Saldaña María Mercedes - Arquitecta en la Universidad Nacional de Asunción FADAUNA, Paraguay, posee postgrado en Didáctica Universitaria UNA y especialización en Sistemas Fotovoltaicos, Impermeabilizaciones y Patologías Constructivas.

La reparación de hormigones con fisuras a base de inyecciones, es un método usual. La misma se realiza, con resinas epoxi. En situaciones normales, estas resinas aportan mejores y más durables resultados. Se las recomienda en edificaciones con resistencia al fuego y al soporte de extremas temperaturas.

Cánovas, recomienda ampliar el exterior de la fisura hasta 6 ó 7 mm de manera que se efectúe su apropiado tratamiento superficial. Una vez hecha la operación, los siguientes pasos son:

- Realizar taladros de 15 a 20 mm de diámetro a intervalos regulares entre 15 y 30 cm, instalando válvulas sujetas con resina.
- Cerrar la fisura entre los orificios de inyección. Se pueden utilizar materiales termoplásticos, resinas epoxi, y en pequeñas fisuras, una cinta adhesiva.
- Colocar agua de manera que se confirme la estanqueidad y se pueda eliminar la suciedad.
- Dejar secar.
- Inyectar la resina por cada válvula, cerrando las demás, conservando la presión unos minutos, hasta que la resina escurra por puntos inmediatos.

El tipo de resina debe acomodarse a las características de la fisura. Para fisuras pequeñas es ventajoso utilizar resina pura. En fisuras de mayor anchura, con el objetivo de reducir efectos térmicos, de retracción, es conveniente mezclar la resina con un material de relleno. La presión de la inyección es variable, dependiendo de la anchura de la fisura. Generalmente, la lechada se realiza con cemento portland puro, de alta resistencia inicial.

La inyección, es adecuada cuando se requiere estanqueidad y para juntar superficies separadas. Este método no se aplica si presentan filtraciones que no pueden llegar a secar la fisura para poder repararla. Tampoco se la recomienda por su elevado costo. En caso de presentar fisuras aisladas cuyo origen no ha desaparecido, se analiza la problemática, debido a que puede reaparecer en cualquier punto de la obra.

- **Vaciado y sellado.**

Es la técnica que se utiliza comúnmente para la reparación de fisuras. Consiste en agrandar al menos 5 mm la fisura, limpiar los bordes con agua y sellar. Los materiales del sellado son variados, como las resinas epoxi, entre otros. En algunos casos se obvia el proceso de agrandamiento de la fisura, sin embargo, esto conlleva a reparaciones de poca duración.

Se debe evitar rellenar la fisura con mortero u hormigón, debido a que, con este sistema, rara vez se tienen resultados duraderos, ni alcanza la resistencia a tracción del hormigón original resultando inferior a la que se consigue con los otros materiales; llegando a la conclusión de que estas fisuras reparadas con mortero u hormigón por lo general, se vuelven a abrir.

- **Formación de junta y recubrimiento.**

Se asemeja a la técnica vaciado y sellado, con la única diferencia de poder convertirla en una junta controlada. Es primordial investigar el alcance de esta intervención sobre las demás estructuras. Los movimientos longitudinales en la fisura debe ser examinada, con el fin de llegar a una solución compatible. Al estar bien concebido y ejecutado, este sistema ofrece resultados satisfactorios con el pasar del tiempo.

Esta técnica es costosa, es por eso, que sólo debe emplearse a fisuras de cierta entidad. No se aconseja su aplicación en fisuras generalizadas. A continuación, se exponen las fórmulas aplicables en este sistema:

Junta con material de sellado elástico: Realizado el vaciado, éste debe tratarse de manera que se disminuya la adherencia en el fondo y se extienda en los laterales. Se recomienda aplicar antiadherentes, las caras deben estar limpias y secas al momento de colocar el material. No es adecuado recubrir el sellado con mortero u otros materiales que obstaculicen sus movimientos.

Junta de mortero: Es semejante a los primeros, el vaciado se sella con un material base sobre el mortero que facilita la resistencia y el recubrimiento. El vaciado debe encontrarse limpio. En la base se encuentra una capa de material de sellado fijo, como el betún o "mastic". Sobre el cual se coloca el mortero que convendrá adherir perfecto.

Junta con banda metálica: Este sistema, puede ser recomendable ya que es muy consistente en cubrir la fisura por medio de una banda metálica que suministra estanqueidad y le permite ejecutar movimientos transversales. No es necesario recubrir con mortero. Esto implica muy poca necesidad de vaciado.

Dicha banda, por lo general se pega, para ello se utilizan adhesivos potentes, aunque hay soluciones adecuadas que demandan algunas precauciones. La zona central en forma de "V" se completa al exterior con mastic.

- **Grapado**

Esta técnica consiste en, reparar la fisura por medio de grapas metálicas. Su aportación reside en la capacidad de reforzar, la resistencia original del área afectada. Esto exige a analizar la importancia de su actuación, tomando en consideración estos aspectos:

- Si la fisura se encuentra activa, y la reparación no se resuelve, es probable que el grapado sólo sirva para reubicar el problema a otras zonas de la estructura.
- Este grapado, se debe elaborar de manera multidireccional, ubicando grapas con distintas longitudes, orientaciones. En casos especiales, es conveniente reforzar el hormigón mediante la colocación de malla externa recubierta con mortero proyectado.
- De igual manera, la ubicación de las grapas debe ser con relación a los movimientos previsibles de la junta, evitando el trabajo a flexión o compresión.

Esta técnica consiste en efectuar taladros, instalar las grapas y llenar los agujeros con lechada o, mortero expansivo. El conjunto se debe recubrir con mortero, para que las grapas estén protegidas de la corrosión.

Es conveniente dar a notar que el grapado, no aporta estanqueidad. Entonces, si la filtración afecta a la duración de las grapas, se procede al sellado de la fisura. Se recomienda sellar antes de grapar, puesto que las grapas obstaculizan la operación. Pero cuando la fisura muestra una imponente actividad, es necesario grapar primero y sellar después.

- **Revestimiento y cicatrización.**

La más usual de estas técnicas, es la utilización de revestimientos sobre la fisura. De tal modo que, se evita la reparación individual de cada fisura, facilitándole al hormigón estanqueidad.

S.M. Johnson sugiere que: un sistema adecuado en tal caso puede ser utilizado 2 o 3 láminas de tela, separadas por resina y recubiertos por una capa de este material. En las fisuras estabilizadas, por cuestión de errores de elaboración, al no ser intervenidas puede ser la mejor actitud, siempre y cuando no existan condicionantes estéticos.

El polvo, la suciedad y la recristalización ocasionada por reacciones de carbonatación implícitos en el cemento, pueden calmar la fisuras y hasta recuperar la resistencia a tracción perdida parcialmente.

1.3.4.2. Reparación de hormigones entumecidos o disgregados

Las reparaciones de este tipo, requieren ser ejecutadas con urgencia. Las técnicas son muy variadas, con aplicaciones de nuevos materiales. La mayoría de estas técnicas siguen el mismo esquema de actuación: erradicación del material destruido, preparación de las superficies de actuación, recubrimiento y revestimiento de protección.

A continuación se ponen de manifiesto, los siguientes aspectos:

- **Saneamiento del elemento deteriorado.**

Todo hormigón dañado, sucio, poroso, sospechoso, debe desaparecer. El problema se encuentra en, determinar con precisión la cantidad de material a destruir. En situaciones inseguras, se aplica muy a menudo el criterio de que todo hormigón difícil de levantar está sano.

El área del hormigón deteriorada concuerda con el recubrimiento. Así sucede, entre otros, en los casos derivados de corrosión de armaduras. En esta situación, conviene continuar con el picado hasta poder dejar al descubierto las armaduras. Varios motivos aconsejan esta actitud:

- Salvo que utilicen uniones especiales en el plano de unión entre lo original y lo reparado es un plano débil en términos resistentes. Su debilidad no debe ser desarrollada haciéndolo coincidir con las armaduras, que interrumpen y disminuyen la superficie eficaz de contacto.
- El plano de unión es asimismo, un lugar propenso a la acumulación de agua. No debe coincidir con el plano de armaduras, con el fin de poder evitar la corrosión de las mismas y el consiguiente desprendimiento de la reparación.
- Cada que se observe corrosión en las armaduras, es importante descubrirlas a fin de conseguir su completa limpieza.

Por tanto, dejar a la exposición, la armadura es una situación que exige un análisis de muchos estudios, verificando las necesidades de descarga, así como posibles problemas de pandeo tanto del elemento como de las armaduras.

- **Preparación del elemento a reparar.**

Los elementos a reparar deben tratarse debidamente con el fin de maximizar la adherencia de la reparación y de evitar nuevos ataques al hormigón. El vaciado debe finalizar procurando secciones propicias para el primero de los fines señalados.

Una vez efectuado el vaciado, la superficie de contacto debe limpiarse con cuidado antes de colocar el material de reparación. Anterior al lavado con agua, el proceso más apropiado resulta ser el chorro de arena. De no ser realizable, se puede optar por el cepillado con púas metálicas, y por el ácido clorhídrico o productos adecuados.

Las armaduras descubiertas deberán limpiarse de igual manera para que no queden restos de grasa o suciedad. Esta tarea puede ejecutarla el chorro de arena óptimo para tratar el hormigón. Sin embargo, la limpieza de la cara interior de las armaduras, debe ser realizada con cepillo.

La limpieza debe hacerse con agua a presión, u otro aparato que permita que el agua alcance y sature la totalidad de la superficie de estudio. La saturación de la humedad debe mantenerse unas seis horas, y cesar una o dos horas antes del inicio de la reparación propiamente dicha, de modo que la superficie del hormigón original se haya secado, aunque no por completo.

En el proceso de reparación, se utiliza mortero proyectado y con énfasis en hormigones secos compactados, esta última situación no debe llevarse a cabo puesto que humedece mucho el material, aumentando su retracción y aminorando la adherencia. No es muy necesaria, si se emplean adhesivos especiales, como por ejemplo resinas epoxi.

- **Colocación del material de reparación.**

Existe un sin número de materiales y técnicas para reparación que son utilizados para reemplazar el hormigón deteriorado que se ha eliminado. Cabe recalcar que, la mayoría de los sistemas en uso, se establecen en utilizar morteros u hormigones convencionales; con materiales del mismo prototipo que el de reparación.

Los materiales modernos quedan postergados para actuar como aditivos, adhesivos y se utilizan solo en reparaciones establecidas en ellos. Esta situación se justifica por diversas razones, entre ellas, la utilización de

materiales parecidos al original certifica alguna compatibilidad tenso-deformacional, deseable.

Es importante recalcar, el alto costo de los materiales no-convencionales, la escasa experiencia, el percance de no encontrar mano de obra calificada, contribuyen a esta situación. Es probable, generar ciertas consideraciones con respecto a aquéllas, establecidas en el uso de morteros u hormigones:

- Los materiales para la reparación, deben ser de buena calidad, cuidando su dosificación.
- La cantidad de cemento debe ser la apropiada para la resistencia deseada.
- La utilización de mezclas ricas en cemento genera fuertes retracciones y productos químicos más reactivos.
- La relación agua/cemento debe ser baja, a fin de disminuir la retracción
- Los áridos deben estar limpios y libres de sustancias perjudiciales para la estabilidad química del conjunto.
- El curado debe ser esmerado, y la vigilancia debe iniciarse colocando el material y mantenerse al menos diez días.
- La humedad debe asimismo controlarse, humedeciendo la reparación.
- Los aditivos en reparaciones son más beneficioso que en obras nuevas.
- La utilización conveniente de aditivos mejora considerablemente las prestaciones de la reparación.

En hormigón, se utilizan los siguientes aditivos:

Retardadores de fraguado: Perfeccionan la trabajabilidad del hormigón, la misma que permite reducir la dosificación del agua, para mejorar la resistencia compacidad e impermeabilidad del producto final. Se reduce la retracción aunque hay excepciones dependiendo del retardador que se ha utilizado. También reducen la fisuración superficial por segregación. La aplicación de este tipo de complementos es aconsejable en condiciones de calor.

Aceleradores de fraguado: Amplían la velocidad de fraguado, lo cual beneficia en reparaciones que exigen finalizar en plazos cortos. Sin embargo, la alta velocidad del calor de fraguado que le es indiferente, ocasiona fuertes retracciones negativas. Su utilización debe reservarse a casos de necesidad.

A continuación en la descripción de las técnicas de reparación más usuales:

Mortero y hormigón proyectado: Es una técnica usual en reparación de áreas del hormigón, ya sean horizontales, verticales o inclinadas, con daño general. Consiste en una mezcla en seco de arena y cemento, provocada por aire a presión por un tubo, que pulveriza agua y concibe el producto resultante.

Una vez realizado, este sistema les ofrece mezclas con mayor resistencia, y buena adherencia. Les ofrece conseguir revestimientos de poco espesor (de 3 a 10 cm), garantizando una buena calidad, llevando a cabo extensas áreas en poco tiempo. Sin embargo, presenta algunos inconvenientes como:

- El aspecto estético es diminutivo, rugoso y poco uniforme, por ende no es apropiado para superficies vistas. Es necesario saber que el mortero no se manipula cuando se proyecta. Sólo cuando se endurezca, se procede a la aplicación de los respectivos tratamientos de acabado.
- La aplicación del mismo, denota suciedad ocasionado por el rebote de áridos. Esto imposibilita su aplicación en interiores de obras finalizadas.
- Este producto es absorbente, por ende dura muy poco, siendo ineficiente para la protección de las armaduras frente a la corrosión.
- Exige mano de obra muy calificada.

A pesar, de denotar problemas como los expuestos anteriormente, esta es una técnica muy utilizada, posee muchas aplicaciones en la reparación, protección y refuerzo no sólo de estructuras de hormigón sino también en estructuras metálicas y de madera.

Mortero seco: Mortero de baja relación agua/cemento el cual se utiliza en métodos manuales y su compactación ejerce presión en su colocación. Su poco contenido en agua reduce la retracción, logrando buena resistencia,

adherencia y durabilidad. Esta técnica se aplica en pequeñas y profundas superficies.

Se coloca el agua en capas de, un centímetro. Cada una se compacta, con un mazo y se rasguña para ampliar su rugosidad y beneficiar la adherencia de la próxima. En caso del cierre de agujeros, éstos se llenan hasta el borde, compactando y golpeando con madera. Requiere de mano de obra calificada

Utilización de resinas epoxi: Son materiales que se derivan del petróleo. Esta resina es combinada con un endurecedor adecuado y otras adicciones, dando lugar a un compuesto químico que posee buenas propiedades mecánicas y capacidad de adherencia. Empleando diversos tipos de endurecedores y de modificaciones con otras resinas, se consigue un sin número de formulaciones.

Las aplicaciones de las resinas epoxi para reparar estructuras de hormigón, se clasifican en tres grupos: como uso de adhesivo, empleo en morteros y revestimientos. Algunas han sido definidas por B.Tremper (Ref.39) en 1960. Posteriormente M. Fernández Cánovas, España menciona: A continuación el análisis de los principales aspectos de estos usos.

Adhesivos: Los adhesivos epoxi permiten uniones ya sean hormigón con hormigón y acero con hormigón, en las que, la rotura se origina por rasgadura del hormigón original y no por el adhesivo. En cuestión de reparación permite, las siguientes aplicaciones:

- Fijar fragmentos de hormigón desprendido. Esta aplicación se genera en reparaciones locales, como la producida por impacto. Para tratamientos de superficies grandes, resulta poco económico y por ende, se puede recurrir a la sustitución del hormigón desprendido.
- Renovar la adherencia en reparaciones con morteros y hormigones. En situaciones que se presente buena adherencia entre el área original y reparada, un adhesivo epoxi permite un buen agarre en su reparación.

Morteros y hormigones epoxi: También, se utilizan las resinas como aglomerante de morteros y hormigones, reemplazando al cemento. Los compuestos resultantes pueden ser apropiados en reparaciones de menor espesor o cuando se requiere endurecer de forma rápida. El costo elevado del sistema lo hace ajustable a situaciones en las que, el volumen solicitado sea restringido. Es necesario que, la mano de obra sea calificada.

Los morteros epoxi poseen propiedades variables. Para su aplicación, es necesario, considerar los siguientes aspectos:

- Se debe preparar el aglomerante combinando el endurecedor, la resina, y posibles adiciones, según las recomendaciones mostradas.
- Es necesario que los áridos se dispongan secos para no afectar el endurecimiento de la resina.
- Se puede mover la mezcla a mano o de forma mecánica, aplicándose de inmediato, debido a que, el lapso de trabajabilidad de la resina es muy corto, dependiendo de la temperatura.
- Para certificar su adherencia con el área original, es conveniente emplear una pasada de resina líquida pura sobre ella. Sólo cuando la cantidad de aglomerante de la mezcla se logre infiltrar bien en la superficie de aplicación, se podrá obviar este aspecto.

Revestimientos.

- Dentro de la restauración de las estructuras de hormigón, las resinas epoxi brindan alternativas para el tratamiento de protección. Estos tratamientos se emplean al finalizar el proceso de reparación. La utilización de las resinas epoxi es apropiada para la impermeabilización de áreas expuestas como los estribos, pilares en puentes, etc.
- Hay tratamientos de base epoxi con gran dureza y resistencia que, son apropiados para las áreas expuestas al desgaste. Es importante mencionar que, el uso de resinas epoxi como revestimiento para proteger a las armaduras de la corrosión, es una excelente alternativa.

1.3.4.3. Sistemas habituales de refuerzo de estructura de hormigón (encamisados metálicos, de hormigón, con fibras)

Se describen a continuación, tres importantes alternativas para el refuerzo de las estructuras de hormigón:

Refuerzo mediante recrecido con hormigón armado: Consiste en aumentarlo, bordeándolo con una capa adicional de hormigón de preferencia armado. Presenta la ventaja de ser compatible con el material original y el de refuerzo. Existe la posibilidad de ampliar la sección del hormigón, agregando nuevas armaduras que pueden enlazarse con las armaduras originales por medio de “llaves” u otro prototipo de anclajes.

Como resultado se obtiene, un elemento monolítico, que incremente la resistencia y rigidez del elemento original. Esta técnica, presenta problemas de refuerzo, sin embargo se destaca la posibilidad de aumentar las medidas originales de la pieza, dificultad constructiva y costo elevado. Hay que indicar en términos estructurales, que el incremento de rigidez que este sufre, puede alterar la distribución de esfuerzos en toda la estructura.

Refuerzo mediante perfiles metálicos: Radica en juntar el elemento original del hormigón armado a uno o varios perfiles metálicos, para que se pueda transformar en un elemento mixto. Es el caso de los tipos de refuerzo empleados, como el de soportes con angulares empresillados, o el de vigas o losas por medios del adosado de perfiles “doble té”, transformándolas en vigas mixtas.

Es un sistema de refuerzo apropiado en términos estructurales, que permite ampliar la rigidez y resistencia del componente original. El refuerzo a través de perfiles metálicos posee pocas dificultades que el recrecido con hormigón. Es por ello, que el costo de los refuerzos por medio de los perfiles es inferior a los elaborados mediante el recrecido con hormigón armado.

Con respecto a términos de resistencia al fuego, este sistema se califica como “intermedio”, mientras que los perfiles encolados con resina epoxi son muy vulnerables.

Refuerzo mediante armado exterior: es otra de las alternativas que, radica en incrementar armadura al elemento original. Esta armadura nueva se conecta al elemento original por medio de adhesivos, aunque se pueden plantear uniones a base de anclajes mecánicos. El refuerzo de estructuras a través de los adhesivos epoxi permitió juntar bandas de acero, aumentando la resistencia y disminuyendo la deformabilidad y fisuración del elemento.

Las bandas de acero engomadas se han utilizado para confinar hormigones comprimidos, aumentando su resistencia y ductilidad. Esta última, se aplica al refuerzo local de soportes. En comparación con el refuerzo del recrecido de hormigón o perfilería metálica, el refuerzo de acero encolado posee la ventaja de mayor facilidad en su elaboración y el incremento de sus medidas. La corrosión posible de las bandas de acero interviene en la durabilidad del refuerzo y exige su mantenimiento y protección.

Refuerzos mediante materiales compuestos de fibra de carbono: Son materiales que se conforman por una fibra que le brinda resistencia y rigidez, poca resistencia que envuelve y protege a las fibras, a la hora de transmitir esfuerzos entre una fibra y otra. Estas fibras pueden ser de vidrio, carbono, metal, cerámica, poliéster, etc.

En la construcción, los materiales compuestos que más se utilizan, se componen de fibra de carbono con resinas epoxi. Las propiedades de un material dependen de las características y proporción de los materiales constitutivos, así como de otros factores, como la colocación de las fibras. A continuación se pone de manifiesto las siguientes características comunes de los materiales compuestos:

- Resistencia superior, con procedimiento tensión-deformación lineal hasta la rotura.
- Buen comportamiento a debilidad.

- Excelente durabilidad, al no afectarse por corrosión o ataque químico.
- Orientación de las fibras, logrando optimizar su comportamiento en una dirección.

1.3.4.4. Refuerzo de forjados y losas de hormigón armado

Estos representan mayor conflicto de tipo constructivo, con relación al estructural. Al tratarse de elementos sin solicitaciones concentradas, el refuerzo no involucra acumulaciones de esfuerzos que logren hacer crítica la conjugación entre parte la original y el refuerzo.

Contrario a esto, el refuerzo del fraguado entraña la necesidad de intervenir sobre un área considerable, interactuando con otros elementos constructivos con las derivadas dificultades constructivas y la parte económica. Se examinan los problemas principales y soluciones, para luego exponer las estrategias de refuerzo y ajustes de forjados como la elaboración de líneas de apoyo y parteluces o el reemplazo estructural del forjado.

Refuerzos mediante recrecido superior: Este proceso resulta efectivo en el caso de forjados o losas de varios tramos, puesto que, se aumenta la capacidad flectora de 'negativos' al poder colocar armadura adicional en la cara superior. La acción, perfecciona la resistencia frente a momentos 'positivos', al aumentarse el brazo mecánico de la armadura en la cara inferior. Como contraparte¹⁵, es indudable que incrementa el peso del fraguado, comprometiendo no sólo a éste, sino a las vigas y soportes.

En forjados continuos que reposan sobre vigas, la continuación del refuerzo en apoyos se adquiere sin mayor problema, ya que es viable pasar el armado adicional. Existe complicación constructiva, cuando el forjado original se apoye sobre muros portantes, siendo una alternativa de solución, situarlos en ambas caras de los muros angulares y en perfiles de acero laminado.

¹⁵ Conjunto de individuos que se oponen a otro en una determinada circunstancia. Como referencia el lado contrario, en un proceso jurídico.

Refuerzos mediante recrecido inferior: Es un sistema en proceso investigativo, con un número límite de realizaciones. Este sistema es muy eficaz en tramos con reducidos momentos 'negativos', debido a que, al empotrar armadura adicional en la cara inferior del forjado, se aumenta su capacidad flectora frente a momentos 'positivos'.

Este recrecido inferior, se puede ejecutar ya sea proyectando hormigón o extendiendo mortero, previa al empleo de la armadura adicional. En ambos, es necesario tener un adhesivo de potencia mediana, como la resina epoxi o el látex.

Refuerzos mediante postensados: Este consiste en la tensión del forjado por medio de cables postensados empotrados en las vigas. Este sistema se localiza recogido. Enunciado por Fernández Cánovas.

Estas acciones son eficaces, con relación al aumento de capacidad flectora, puesto que permiten reparar fisuras y reducir las imperfecciones existentes. El costo es bajo, pero poseen restricciones como, el desarrollo de la viabilidad constructiva para el amarre de los cables.

Indudablemente, este sistema es mucho más viable si las vigas en que reposa el forjado son de 'canto', debido a que el anclaje de las tiras dispuestas, se solucionan con mucha facilidad.

1.3.4.5. Refuerzo de vigas de hormigón armado

El refuerzo de vigas consiste en, exigir substanciales concentraciones de esfuerzos en áreas de la junta de contacto entre el elemento original y el de refuerzo. Lo que exige cuidar especialmente los mecanismos de transmisión, implicando un complejo estudio estructural. Como contraparte, estos afectan a pocos elementos constructivos.

Resulta apropiado diferenciar entre dos grupos de refuerzos: aquellos que son destinados a incrementar la capacidad flectora y los otros cuyo objetivo es perfeccionar la resistencia a cortante. El límite entre ambos tipos de refuerzos no es claro, habiendo sistemas que perfeccionan la resistencia a flexión y a

cortante. A continuación se estudian los sistemas de refuerzo a vigas de hormigón según las categorías destacadas:

Refuerzo de vigas a flexión: Este comprende el aumento de su capacidad flectora frente a momentos 'positivos'. El cual se convierte en un refuerzo global a flexión en base a conceptos de redistribución plástica de la ley de momentos de la viga. La razón por que se actúa frente a momentos 'positivos', reside en los problemas constructivos que se trazan para continuar por medio del nudo viga-soporte a un refuerzo situado frente a momentos 'negativos'.

En diversos casos, estas dificultades pueden salvarse y actuar frente a flexión 'negativa' y 'positiva'. Pero por cuestión de restricción de espacio, estas actuaciones no se van a considerar en este trabajo, aunque estos conflictos sean comunes.

Refuerzo de vigas a cortante o flexión y cortante: No son muy habituales, pero hay situaciones en las que la acción del refuerzo de una viga original, se orienta a mejorar su resistencia a cortante. Resulta normal la necesidad de poder realizar los refuerzos simultáneos a cortante y flexión. Puede presentarse condicionantes en el diseño arquitectónico como, los incrementos sustanciales o no, de canto.

En vigas planas con forjados aligerados que no estén macizados en el área de la viga, se presenta un sistema que soluciona situaciones como la de afirmar estas áreas en las regiones críticas a cortante. Por otro lado, en vigas de canto, el forjado contiguo a ellas que no se disponga macizado, permite el acceso libre a las caras laterales y facilita la operación de refuerzo a cortante.

Si se refiere a vigas de borde con una cara accesible, sucede algo parecido, puede emplearse el sistema de refuerzo a cortante y flexión, consistente en colocar chapas de acero encolado en el área de los apoyos. Este sistema ha sido analizado, logrando satisfactorios resultados, bajo condiciones de laboratorio que permitieron el ingreso a ambas caras laterales de la viga.

1.3.4.6. Refuerzo de soportes de hormigón armado

Consiste en, bordear la estructura original en una sección resistente adicional, esta sección puede ser de hormigón armado, acero, materiales compuestos, o mixta.

El refuerzo almacenará una fracción de cargas empotradas sucesivas a su colocación. Es por ello que, el diseño de la actuación deberá observar la descarga del área de la estructura que soporta el pilar a reforzar, excluyendo pesos muertos y sobrecargas. A continuación se muestran los siguientes sistemas relacionados al refuerzo de soportes de hormigón:

Efecto de confinamiento: Son los refuerzos sólidos en el zunchado con tejido de fibra de carbono del soporte original. Este efecto, tiene como base la coacción a la libre dilatación transversal, generada por el refuerzo sobre el hormigón original. Su consecuencia es una variación propicia de su comportamiento deformacional¹⁶, renovando su resistencia y ductilidad:

- La ampliación de la resistencia se traduce en un aumento de la capacidad resistente del soporte original.
- El aumento de plasticidad como resultado de la acción de confinamiento resulta primordial para el ingreso en la carga del refuerzo, al consentir que el hormigón original logre producir más deformaciones manteniendo su tensión.

Confinamiento mediante elementos metálicos: Estos se realizan por medio de un encamisado exterior de la estructura original, empleando perfiles de acero. Este tipo de intervención, logra incrementar resistencia intermedia y muestran conflicto en su ejecución. Es por ello, que se aplican localmente, utilizándose en áreas destruidas, o lugares que necesitan mayor resistencia o ductilidad.

Este sistema eficaz, solicita un ajuste entre el hormigón original y el refuerzo confinante. Por ende se necesita hay preparar la superficie de contacto

¹⁶ Es el cambio de la forma o el tamaño de un objeto debido a la energía interna provocada por una o varias fuerzas que se han aplicado sobre él.

adecuadamente y poseer una junta de nivelación a base de resina epoxi o a base de mortero levemente expansivo. El uso de la resina epoxi es notoriamente incompatible con la cuestión de soldaduras “in situ”.

Es muy probable diseñar sistemas atornillados que puedan realizar una presión sobre el soporte original. De manera que, se logre generar un efecto de confinamiento sobre el hormigón original muy propicio, apto para poderlo regenerar de forma parcial en caso de deterioro.

Aplicación manual del tejido (Wrapping): Es la técnica más usual. Se la ejecuta impregnando el área del soporte, ubicando de forma manual sobre ella el tejido y empleando posteriormente una nueva capa de resina.

Este material compuesto se lo lleva a cabo “in situ”, lo cual permite un excelente ajuste al soporte, pero genera cierta incertidumbre sobre las características resultante del material compuesto. La distancia entre láminas o capas de tejido debe ser superior a 200 mm.

Camisas prefabricadas: La estructura original se encierra en una “camisa” la cual se forma por varios elementos prefabricados que se cierran sobre él. Estas camisas se elaboran varias piezas que se adhieren entre sí. Es primordial asegurar un contacto entre el soporte original y la camisa. Para esto es necesario inyectar resina o mortero sin retracción entre ambos espacios.

En diversas situaciones, la camisa se utiliza como encofrado perdido, procediendo a hormigonar el espacio entre la estructura original y la camisa, transformando elementos originales regulares, en circulares o elípticas, más vigorosos en términos de confinamiento. La prefabricación de la camisa provee un material más fiable que los demás sistemas. No obstante, genera mayor limitación en cuestiones de adaptación a las formas y dimensiones.

Según A. de Diego y A. Arteaga¹⁷, es posible guiarse con la aplicación del modelo de Spoelstra y Monti a soportes confinados. Señala que existen 3

¹⁷ Ángel Arteaga Iriarte – Director del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

refuerzos de soportes de confinamiento con fibra de carbono elaborado por: bobinado automático, aplicación manual y camisa prefabricada.

Refuerzo de soportes mediante recrecido con hormigón armado: Consiste en un recrecido, elaborando una “camisa” o “corona” del mismo material. El espesor mínimo de la capa de hormigón adicional puede ser en torno a 10 cm, con medios adecuados y áridos de tamaño reducido (10-16 mm), es posible reducir este espesor a 6 cm.

Otro inconveniente es la realización y el costo que determina arreglar el área de contacto, contar con armadura adicional y hormigonar. En otro aspecto, el comportamiento es agradable, permite alcanzar incrementos resistentes con más del 70% superior a los alcanzados en otros procedimientos de refuerzo.

Este recrecido debe armarse longitudinal y transversal, con el objetivo de zunchar y confinar la estructura original. El beneficio de la retracción del nuevo hormigón, realiza un confinamiento ventajoso y permite la unión entre el hormigón original y de refuerzo. Como ya se lo ha mencionado, la entrada en carga del refuerzo se origina por medio del nudo de cabeza y la otra, por medio de la junta.

Refuerzo de soportes mediante perfiles de acero: se lo realiza por medio de los perfiles de acero laminado y por medio de angulares instalados en las esquinas y sujetos con presillas, establece una técnica muy usual. Las ventajas que muestra el refuerzo por medio de ángulos metálicos con respecto al refuerzo mediante el recrecido con hormigón armado son:

- Requiere espesores muy reducidos. Esto resulta ventajoso en varias situaciones de edificación, en las que los cambios de dimensiones de los soportes, provocan problemas funcionales.
- Es un sistema más sencillo y rápido de ejecutar, por ende requiere menos medios auxiliares.
- En relación a la economía, es ventajosa ya que es más barato.

En términos estructurales, el refuerzo por medio de la perfilería metálica, es menos apropiado que el recrecido con hormigón armado por los siguientes estos motivos:

- El traspaso de esfuerzos al refuerzo es más complejo al desarrollarse en un área más limitada.
- Es menos monolítico el comportamiento del conjunto.
- En caso de existir flexiones importantes, la validez de este tipo de refuerzo es controvertible.

1.3.5. CONSTRUCCIONES SISMORRESISTENTES: y la importancia de su aplicación en la actualidad.

La importancia de la conceptualización y aplicación de las construcciones sismorresistentes en la actualidad, tiene su origen en los principios de la sismo resistencia, las características elementales de una estructura sismorresistente, aspectos importantes, beneficios y la percepción del diseño sismorresistente actual. Estos componentes aportaran en gran medida a la seguridad que debe garantizar una edificación.

1.3.5.1. Principios de la sismo resistencia

Los principios de la sismo resistencia se describen a continuación:

- **Forma regular**

La geometría de una edificación, es necesaria que sea sencilla tanto en planta como en elevación; Ya que las formas irregulares por lo general originan un mal comportamiento cuando la misma se sacude durante un sismo, por ende, la estructura sufre torsión e intenta girar de forma desordenada. La ausencia de uniformidad en una edificación, produce en las esquinas grandes concentraciones de fuerza, que son difíciles de resistir.

- **Bajo peso**

Es importante que la edificación sea liviana ya que así, será mínima la fuerza que deba soportar a la hora de un movimiento telúrico. Es considerable el

peso que se mueve con mucha severidad en este evento natural, en donde la exigencia de la fuerza que actúa, será mayor sobre los elementos de la edificación. La cubierta se mueve a manera de péndulo invertido ocasionando esfuerzos y tensiones severas en los elementos soportantes.

- **Mayor rigidez**

Todos anhelan que la estructura de su edificación, no sufra daños en un evento sísmico, pero si la estructura es flexible o poco sólida, al deformarse de manera exagerada, lamentablemente va a presentar daños tanto en paredes o divisiones no estructurales, como en acabados arquitectónicos e instalaciones que por lo general, son elementos inconsistentes que no resisten mayores deformaciones.

- **Buena estabilidad**

Toda edificación debe tener firmeza y equilibrio, debido a que, están expuestas a las vibraciones que genera un evento telúrico. Cuando las estructuras presentan inestabilidad, tienden a deslizarse por motivos de una cimentación poco eficiente. La ausencia de estabilidad y rigidez, produce que edificaciones colindantes sufran golpeteos de manera perjudicial si no hay la separación necesaria entre ellas.

- **Suelo firme y buena cimentación**

En una edificación, la cimentación debe estar diseñada para transmitir con seguridad todas las cargas de la edificación al suelo. Es importante que el suelo este compuesto por un material duro y resistente, ya que los suelos blandos incrementan las ondas sísmicas y producen asentamientos nocivos en la cimentación que afectan a la estructura generando graves daños.

- **Estructura apropiada**

En un evento telúrico, para que soporte la estructura de una edificación, ésta debe ser simétrica, sólida, uniforme y continua. Los cambios excesivos en las dimensiones, su rigidez, la ausencia de continuidad, desordenada configuración estructural, grandes volados, entre otros, son de los principales

componentes que generan la agrupación de fuerzas peligrosas, deformaciones y torsiones, que pueden ocasionar el colapso de la edificación.

- **Materiales competentes**

Es necesario que los materiales sean de buena calidad, para garantizar una apropiada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el evento telúrico le confiere a la edificación. Los materiales poco resistentes, frágiles, con discontinuidades se fragmentan de manera fácil ante el movimiento del sismo. Los muros o paredes construidos con tierra, de ladrillo o bloque sin algún refuerzo como vigas y columnas, son peligrosos.

- **Calidad en la construcción**

Es necesario cumplir con los requisitos de calidad y resistencia de los materiales, las especificaciones técnicas de diseño y construcción. Aparentemente la ausencia de control de calidad y de supervisión técnica en la construcción, ha sido la causa de daños y colapsos de edificaciones que no cumplen con los principios de la sismo resistencia.

1.3.5.2. Características elementales de una estructura sismorresistente

Una edificación se manifiesta ante un movimiento sísmico de diversas formas, según la configuración y el diseño, las características más elementales son:

- El tipo de suelo donde se asienta la edificación
- Los materiales empleados en la construcción de la misma
- La forma de su estructura
- El sistema de apoyo

Según, Arnold y Reithman (1991) afirma que:

Cuando una edificación colapsa por un sismo, es originado por la carga vertical, la cual produce que la misma caiga hacia abajo y no adelante, debido a que las fuerzas laterales

extinguen la posibilidad de resistencia estructural y por la fuerza de gravedad, la estructura cae. (p.38).

Se toma en cuenta la forma de los edificios, debido a que cada una de las secciones se mueve de distinta forma, es por ello, que se recomienda que cada sección se realice por separado y se puedan unir a través de pasillos que le brinden estabilidad al momento de presentarse un sismo. Es aconsejable que los materiales sean de buena calidad para poder garantizar una buena resistencia por medio de la estructura. (Manual de configuración y diseño sísmico de edificios)¹⁸.

Así como lo dice, Creixell (1968) señala:

Una estructura sismorresistente se edifica en una superficie estable, que posea una buena cimentación y de esta manera transmitir las cargas de toda la edificación al suelo. En terrenos blandos y en lugares apartados del epicentro, son recomendables las construcciones rígidas, ya que los periodos del sismo son más largos. En terrenos duros y contiguos al epicentro del sismo, son recomendables las construcciones flexibles, puesto que los periodos del sismo son más cortos.

1.3.5.3. Aspectos importantes en la construcción sismorresistente

En la construcción de una estructura, es necesario tomar en cuenta el uso que se le otorgará en el futuro. No es apropiado cargarle más peso de lo estimado en el cálculo de la edificación, en el caso de atribuirle más dimensión, la actividad sísmica va actuar con más intensidad.

En zonas expuestas a eventos sísmicos, es trascendental el emplazamiento de la vivienda, ya que no es aconsejable situarse en el corte de una pendiente de terreno, debido a los impactos de forma horizontal de la tierra durante el sismo, provocando el colapso del muro contiguo; tampoco se debe situar

¹⁸ Arnold, C. y Reitherman, R. autores del "Manual de configuración y diseño sísmico de edificios"; volumen 1. (primera edición, ciencia y técnica, S.A). México: Grupo Noriega.

sobre una pendiente, para impedir el deslizamiento de la edificación; En el caso de situarse en un terreno con pendiente se debe crear un talud.

Señala una ingeniera japonesa en construcción sismo resistente que: la base de la edificación debe ser mayor para obtener más resistencia. A mayor altura de una edificación, mayor será el período de oscilación en un sismo. La distribución del peso debe ser uniforme en cada piso. Los diseños de estas edificaciones son construidos a base de estructuras metálicas. Es fundamental obviar los desniveles en la vivienda, en el caso de ser necesarios, deben distanciarse a 1m, creando espacios libres.

Para la estabilidad en la vivienda, es importante la forma de la planta en general: entre más compacta sea la planta, más estable será la vivienda. Una planta cuadrada es mejor que una rectangular, una circular es la forma adecuada. No se recomiendan las plantas con ángulos, en caso de tenerlos se aconseja separar los espacios, y la unión entre ellos debe ser liviana y flexible.

1.3.5.4. Beneficios de las construcciones sismorresistentes

Son diversos los beneficios de las construcciones sismorresistentes, para poder resumirlos todos, uno de sus mayores beneficios es la de brindar seguridad a la edificación ante la presencia de algún fenómeno natural, que pueda atentar contra la vida humana, puesto que en todo momento nos encontramos rodeados de inmuebles, no necesariamente debemos estar dentro de ellas.

Los materiales que conforman una construcción sismorresistente deben cumplir con todas las normas de calidad, para poder certificar que es una edificación segura y que se encuentra preparada ante un propenso movimiento telúrico, para evitar posibles pérdidas humanas.

1.3.5.5. La percepción del diseño sismorresistente actual

Esta percepción se fundamenta en varios aspectos: el costo elevado que implica su construcción para no sufrir daños en un evento sísmico. Es por eso

que la estructura se sacrifica, muchas veces deformándose hasta llegar al colapso, poniendo en riesgo la vida de sus ocupantes.

No obstante, con el pasar de los años, se ha podido observar edificaciones que no sólo han sido afectadas por daños severos durante los sismos, sino que arrebataron la vida de centenares de personas. Con ello, se indica lo lejano que se encuentra la previsión de estos eventos naturales. En todo caso, el éxito dependería de un sin número de factores que condicionan los diseños sismorresistentes, cuestión cultural y en su gran mayoría socio-económicos.

Es muy importante tomar conciencia, sobre todo los profesionales de la construcción, para ejercer mayor control a través de la supervisión de la obra en curso, de esta manera se podrían reducir los índices de pérdidas humanas y económicas; y más, si se manifestara que la construcción sismorresistente aprueba un cierto porcentaje en obra, bordeando el 5% del costo total según la magnitud de la estructura, de esta manera se eleva el costo total de la misma, pero garantiza a sus usuarios mayor seguridad ante una eventualidad sísmica. Con esto se podría evitar la frase: "lo barato sale caro".

1.3.6. NORMATIVAS DE DISEÑO: como mecanismo de reducción del riesgo sísmico.

Las normativas de diseño para la prevención y reducción del riesgo sísmico presenta un análisis respaldado en las teorías de la vulnerabilidad, el riesgo sísmico y su reducción, la evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico físico, los métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, mitigación del riesgo sísmico y las recomendaciones de diseño en las normativas sismorresistentes. Siendo estas teorías, las que contribuirán a la elaboración de lineamientos de prevención y mitigación del riesgo en un sismo.

1.3.6.1. La vulnerabilidad, el riesgo sísmico y su reducción

Durante los terremotos ocurridos en este transcurso del tiempo, se ha observado que varias estructuras, han pasado por daños más severos que

otros, a pesar de situarse en la misma zona. Se denomina vulnerabilidad, al nivel de deterioro que posee una estructura, originado por un evento sísmico.

Es por esto que a las edificaciones se las clasifica en vulnerables y pocos vulnerables ante un movimiento telúrico. Una estructura puede ser vulnerable pero no encontrarse en riesgo si la misma, no se localiza en zona con peligrosidad sísmica. La reducción del riesgo es una medida preventiva que permite cumplir con este fin y cualquiera de estas medidas encaminadas hacia su reducción debe empezar desde una adecuada evaluación.

En esta evaluación, es importante tener presente, que no solo es el deterioro físico, la cantidad de víctimas o pérdidas económicas, sino también factores sociales, e institucionales, afines a la mejora de la colectividad. Con respecto a lo urbano, la vulnerabilidad como coeficiente de riesgo debe relacionarse además, con la inestabilidad social y la ausencia de superación de traumas en la comunidad. La ausencia de organización comunitaria, las debilidades en los planes de emergencias en un área determinada, generan mayor riesgo.

1.3.6.2. Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico físico

El riesgo sísmico se refiere al pronóstico de pérdidas a futuro y se enlaza a la psicología individual o agrupada, por esta razón, es difícil darle objetividad; y al mismo tiempo se vuelve complicada la estimación del riesgo, así sea en su extensión física.

Las consecuencias de las medidas viables son inciertas, es necesario considerar las inseguridades en el análisis de sistemas físicos para determinar si uno de ellos es apropiado para la resolución del problema en cuestión (Cardona 1999)¹⁹.

La estimación de la vulnerabilidad física, es la que más se ha desarrollado hasta la actualidad. El riesgo físico se calcula como la anunciada pérdida en

¹⁹ Omar Darío Cardona – Ingeniero Civil, Doctor de la Universidad Politécnica de Cataluña del programa de Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural, realizó especializaciones en Ingeniería Sísmica, Prevención de Desastres y Mitigación de Riesgos en el Instituto de Ingeniería Sísmica y Sismología de la Universidad “Kiril & Metodij de Macedonia.

determinado tiempo y se expresa como costo de sustitución de elementos en riesgo; el mismo que es plasmado en cartografías, siendo probabilistas o deterministas. Las cartografías de riesgo constituyen la distribución espacial de los efectos de un suceso natural de una intensidad dada sobre la superficie.

El riesgo físico se relaciona con la eficacia del diseño sismorresistente en la edificación. Al desarrollarse un diseño estructural, se está ejecutando la estimación de la vulnerabilidad de un diseño, el mismo que posee características geométricas de acuerdo a los requisitos establecidos por una normativa, la cual lo ha considerado un modelo adecuado.

Este tipo de análisis de vulnerabilidad se efectúa, con el fin de proyectar el mencionado diseño, proponiéndolo como solución constructiva que se lleve a cabo tomando en consideración, elementos de seguridad. Se recalca que, la vulnerabilidad física de una edificación limita su vulnerabilidad funcional.

1.3.6.3. Métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica

El análisis de vulnerabilidad de una edificación se deduce como el cálculo del contenido que la estructura posee para el soporte de las gestiones sísmicas. Esta evaluación viene del análisis que se efectúa en el diseño, pues en esta situación las cargas deben ser reales, la resistencia, plasticidad de la estructura y los elementos, sin haber considerado los factores de seguridad.

En la evaluación del deterioro estructural se utilizan:

- Matrices de los daños, que enuncian la posibilidad de que una estructura resista un nivel de daño severo.
- Las funciones de la vulnerabilidad, que son relaciones gráficas que enuncian de manera continua, las medidas que describen el nivel de severidad del sismo.

El resultado más significativo de un cálculo, es el índice de daño que caracteriza la degradación de una edificación que está sometida a sismos. El índice de datos utiliza los adquiridos en la inspección para evaluar la calidad

del diseño y construcción sismorresistente por medio de un factor llamado índice de vulnerabilidad. (Benedetti y Petrini)

Dentro de las ventajas de este método, es que se aplica no sólo a las diversas sub tipologías de edificaciones, sino también a la calidad de la construcción de la misma sub tipología, las cuales se diferencian por las categorías de índices de vulnerabilidad. (Barbat et al.1996)²⁰.

1.3.6.4. Mitigación del riesgo sísmico

Para reducir el riesgo sísmico en una determinada área, es necesario analizar las siguientes posibilidades:

- El riesgo sísmico se pueden reducir en la elección del tipo de suelo, al seleccionar terrenos alejados de las fallas, evitando las zonas con deslizamientos y gran potencial de licuefacción.
- Para mitigar la vulnerabilidad sísmica en un sector, se toma en cuenta un nuevo diseño para la estructura; la misma que se obtiene mediante el cumplimiento de todos los requerimientos de las normativas.
- Otra alternativa para reducir el riesgo sísmico de la zona, es el refuerzo, la rehabilitación o la demolición de la edificación. Además es primordial perfeccionar la tecnología y la calidad de la construcción.

1.3.6.5. Recomendaciones de diseño en las normativas sismorresistentes

En el proceso de diseño deben realizarse razonamientos y tomar decisiones en aspectos importantes como las fuerzas de diseño, las técnicas para calcular, la tipología estructural y los materiales, de igual manera el objetivo de ejecutar un diseño a precio cómodo.

La etapa inicial en el transcurso del diseño sismorresistente de una edificación, es el concepto del diseño, que provee descripciones atributivas de

²⁰ Alex H. Barbat – Ingeniero en Caminos Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña, Campus Norte en Barcelona España.

soluciones en el mismo a raíz de un conocimiento de las leyes del equilibrio, de las características de los materiales y de la experiencia. Esta etapa es primordial para el diseño, pues limita el comportamiento estructural durante un sismo.

La aplicación de criterios inductivos ha logrado permitir que varias estructuras diseñadas en el pasado, sin la aplicación de métodos de cálculos adecuados, hayan tenido un buen diseño conceptual y, por consiguiente, un apropiado comportamiento durante los movimientos sísmicos (Billington)²¹.

Para expresar lo sucedido, se debe tener en consideración que en la práctica, las estructuras sismorresistentes se diseñan usando criterios de elementos de transmisión de cargas, modos de fallo dúctiles o el método para disipar energía (Aktan y Bertero).

Factores importantes como el tipo de suelo, acelerogramas, elementos no-estructurales, tipos de los materiales, etc., se logran definir en ciclos posterior al proceso de diseño (Bozzo y Barbat). Por tales motivos, la aplicación de un excelente diseño conceptual en edificaciones sismorresistentes es significativo, en donde las cargas sísmicas son severas.

El nivel de protección sismorresistente de las estructuras obedece a las decisiones que toma la población de hacer sacrificios económicos, para poder construir su edificación con basada en las normativas sismorresistentes de cada país, por medio de las recomendaciones de diseño que efectúan. Según Paulay y Priestley, los límites de diseño, son los siguientes:

- Es esencial que la edificación y sus instalaciones funcionen normal durante un movimiento telúrico de poca intensidad; esto implica que no se debe producir daño en la estructura. En las edificaciones de hormigón armado pueden generarse fisuras pero sin comprometer la armadura ya que puede producirse el colapso de la misma.

²¹ David Billington - Su investigación incluye el diseño y la rehabilitación de puentes, estructuras de hormigón, los edificios altos, estudios detallados de los principales ingenieros estructurales como Robert Maillart y Félix Candela.

- Para los de mayor intensidad, se aceptan ciertos daños estructurales. La fluencia de la armadura causará grietas considerables y por ende la estructura necesitará reparación después del sismo.
- El único requerimiento de diseño es brindar seguridad a sus ocupantes.

1.3.7. SEGURIDAD EN LAS EDIFICACIONES: y sus métodos para la prevención y reducción del riesgo.

El tema de la seguridad en las edificaciones, presenta un estudio realizado mediante las teorías enunciadas sobre los puntos de encuentro, las medidas de prevención, las rutas de evacuación, la señalización de seguridad e iluminación de emergencia y los sistemas de detección y alarma de incendios; en donde su aplicación permite evitar en lo posible futuras pérdidas humanas y daños materiales que lamentar.

1.3.7.1. Puntos de encuentro

A continuación se describen los puntos de encuentro en una vivienda:

- a) Es importante reconocer los lugares que representan peligro, los que brindan seguridad y las vías de evacuación.
- b) Hasta el momento, el espacio más seguro en la vivienda mientras dure el sismo, es el baño, debido a que éste, posee materiales como la baldosa que refuerzan las paredes.
- c) Considerar según la emergencia, el camino más seguro para evacuar, la puerta de salida más cercana, la principal o la de emergencia.
- d) Es necesario establecer un lugar de encuentro fuera de la vivienda para toda la familia en caso de estar separados durante la evacuación.
- e) Estos lugares se deben caracterizar por estar despejados, sin la presencia de postes de energía eléctrica, cables cruzados, paredes sin refuerzo, vidrios que puedan atentar contra la vida de los ocupantes.
- f) Tener a la mano los números telefónicos de toda la familia. Es recomendable definir un contacto fuera de la ciudad para que sea el encargado de recibir información de toda la familia.

1.3.7.2. Medidas de prevención

Es importante consultar con los miembros de Defensa Civil o también con las autoridades municipales para conocer:

- Si el área en donde habita puede ser afectada por movimientos sísmicos fuertes.
- Las medidas de protección que debe tomar en su vivienda o en el trabajo en caso de sismo.
- Tener a la mano, linterna, radio a baterías, documentos personales, alimentos perecibles y un botiquín de primeros auxilios.
- Tener los números telefónicos de emergencia de la policía, Cruz Roja, hospitales, Defensa Civil, bomberos, etc.
- Designar a cada miembro de la familia o compañero de trabajo lo que hará al momento de presentarse un sismo.
- Asegurarse que su vivienda o lugar de trabajo no corran peligro, realizando lo siguiente:
 - Requerir los servicios de un profesional en construcción para detectar las áreas más vulnerables de su vivienda ante la presencia de un sismo, e identificar las áreas seguras en las que se pueda proteger.
 - Es necesario inspeccionar a menudo y reparar si es el caso, las instalaciones eléctricas para certificar su buen estado.
 - Prepare y practique con la familia y compañeros de trabajo, un plan que sea utilizado en caso de presentarse un sismo.
 - Instruir a cada miembro de la familia sobre cómo y dónde se debe desconectar los aparatos eléctricos.
 - Fije a la pared espejos, cuadros, libreros, armarios, estanterías.
 - Localizar áreas seguras en los dormitorios: a los lados de mesas sólidas, escritorios resistentes, etc
 - Identificar los lugares peligrosos en la vivienda para alejarse de ellos, tales como ventanas y mobiliarios que puedan caer.
 - Identificar las rutas de evacuación, es necesario mantenerlas libres.

1.3.7.3. Rutas de evacuación

Estas deben ofrecer a la población, la mayor seguridad en su trayecto a la salida en el menor tiempo posible. En el diseño se debe considerar primordialmente a las personas con capacidades especiales, menores de edad y adultos mayores. Al reconocer por completo la edificación, las áreas circundantes, ocupantes, brigadistas, contribuyen elementos necesarios para definir las rutas y salidas ante la presencia de un evento natural.

Cuando se realizan los simulacros de evacuación se utilizan las rutas y salidas que han sido identificadas con anterioridad. Se recomienda que no sea una sola ruta, sino, todas las posibles ante cualquier evento adverso. La determinación de las rutas más apropiadas se consigue a través de la realización de pruebas preliminares en tiempos de recorrido y los simulacros.

A las rutas de evacuación se las identifica mediante señales, ya sean por colores, formas y símbolos a utilizar; a las cuales debe darse mantenimiento constante. Esta señalización debe estar acorde con las normas Ecuatorianas.

1.3.7.4. Señalización de seguridad e iluminación de emergencia

Es importante que, en el diseño de un proyecto o edificación existente, cuente con dispositivos de seguridad; la ubicación de estos, no requiere de señalización, siempre y cuando no estén ocultos, como son:

- a) Extintores portátiles
- b) Sensores de humo
- c) Lámparas de emergencia
- d) Gabinetes de agua contra incendios
- e) Puertas cortafuego de escaleras de evacuación
- f) Zonas seguras en caso de sismo en la edificación

Todas las tipologías de edificios, ya sean habitacionales, comerciales, administrativas, etc, y las viviendas, deben presentar la debida señalización de evacuación y además cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Señalizar todas las puertas, a diferencia de las puertas principales y las que forman parte de la ruta de evacuación.
- b) En la ruta de evacuación, donde la continuidad de la misma no sea visible, se deberá instalar señales direccionales de salida.
- c) Se colocará en los ascensores una señal de NO USAR EN CASOS DE EMERGENCIA.
- d) Las señales no deben ser obstruidas por anuncios comerciales y además deben colocarse de manera que permita su fácil visualización.

Todas las rutas de evacuación deberán dotarse de iluminación de emergencia, las mismas que deben garantizar un periodo de 1½ hora en un corte de energía eléctrica. Estas deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) Nivel de iluminación inicial mínimo de 10 lux y no menos de 1 lux en los puntos a lo largo de la ruta de evacuación, incluyendo escaleras.
- b) De originarse el traspaso de energía automática, el tiempo máximo de demora deberá ser de 10 segundos.

Las rutas de evacuación en edificaciones con mayor afluencia de público, deberán estar dotadas de señales luminosas situadas sobre el dintel del vano. Estas salidas de evacuación contarán con iluminación autónoma, con sistema de baterías que posean una duración de 90 minutos, instaladas en todo el recorrido de evacuación (Guía de evacuación en inmuebles)²².

1.3.7.5. Sistemas de detección y alarma de incendios

La instalación de estos dispositivos tiene como objetivo principal advertir las condiciones anormales, presentar un llamado de auxilio y controlar las actividades de los ocupantes para garantizar su protección. Para la detección y alarma, se lo realiza con dispositivos que identifican el calor o humo y por medio de una señal apreciable en toda la edificación, se advierte de la existencia de una emergencia a sus ocupantes.

²² Guía de evacuación en inmuebles; tercera edición, abril del año 2010, México.

Las edificaciones que cuentan con este sistema, deberán cumplir con lo establecido en la Norma Ecuatoriana, con relación al diseño, instalación y mantenimiento. En el desarrollo de este sistema, es necesaria la supervisión constante en la obra, con el personal altamente calificado. Estos dispositivos deberán interconectarse para monitorear o supervisar a otros sistemas de protección contra incendios como:

- a) Dispositivos de alarma de incendios
- b) Detectores de sistemas de extinción de incendios.
- c) Válvulas de la red de agua.
- d) Bomba de agua contra incendios.
- e) Métodos de presurización de escaleras.
- f) Métodos de administración de humos
- g) Puertas de evacuación

Estos dispositivos automáticos y manuales, deberán seleccionarse e instalarse de manera que reduzcan las falsas alarmas. En el caso de que los dispositivos de detección estén sometidos a deterioro mecánico o vandalismo, es necesario obtener una protección adecuada para su uso.

Para la ubicación y selección de estos dispositivos, se debe tomar en consideración lo siguiente:

- a) Elevación de la cubierta.
- b) Forma y área de la cubierta.
- c) Distribución del área a preservar.
- d) Corriente de aire.
- e) Entorno medio ambiental.

Las estaciones manuales de alarma de incendios se instalarán en las paredes, a una altura entre 1.10 m y 1.40 m, en todas las salidas de evacuación. Las estaciones de alarmas cubrirán el área protegida en su totalidad, libre de obstáculos y de fácil acceso.

1.4. Marco Legal

Se procedió a la construcción del marco legal con relación al tema de investigación, la cual se sustenta de forma directa con:

1.4.1. COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización)

Haciendo mayor énfasis en el artículo 140, de la Competencia de gestión de riesgo, esta contiene las medidas de prevención, reducción, restauración y traspaso, para poder enfrentar las amenazas de origen natural, que puedan afectar al cantón. Se tramitarán de forma presente y relacionada con las estrategias y los planes enunciados por el organismo responsable con respecto a la Constitución y la ley.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales acogerán de manera obligatoria las normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos de origen sísmico con el objetivo de proteger a las personas, a las sociedades y al medio ambiente.

1.4.2. Plan Nacional del Buen Vivir.

Esta investigación, se respalda con el Plan Nacional del Buen Vivir en la Gestión Integral y reducción de Riesgos, donde señala que en el Ecuador existen varios factores que generan un sin número de amenazas, como la zona de subducción de la placa de Nazca con la Sudamericana, la cual ocasiona sismos, erupciones de volcanes, etc. (Trujillo y D' Ercole, 2003).

Existen infraestructuras que no han estimado su exhibición frente a una amenaza, produciendo vulnerabilidad en su territorio, enfrentándose a desastres de grandes magnitudes. Serían previsibles si se toman medidas para un correcto ordenamiento territorial, una cultura de prevención y mitigación de los riesgos existentes.

Es necesaria una preparación eficiente frente a desastres, ya que solo el manejo apropiado de una emergencia logrará una veloz recuperación, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población y las infraestructuras.

1.4.3. Normativa Ecuatoriana de la Construcción (INEC)

La presente investigación, se sustenta en la aplicación de las normas Ecuatorianas de la construcción, a través de los sistemas constructivos sismo resistente, requisitos de diseño, acciones sísmicas y configuraciones sismorresistentes. Además de la correcta aplicación de los materiales de construcción en dichos sistemas, es importante certificar su calidad para garantizar una edificación en condiciones favorables.

1.5. Modelo de Repertorio

Para el desarrollo del modelo de repertorio de esta presente investigación, se tomará en consideración las sucesivas referencias:

1.5.1. Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Ejes estratégicos, Chile año 2014.

Se toma como referencia esta Política la cual es articulada en cinco ejes estratégicos. El análisis realizado por organismos nacionales e internacionales dió como resultado la ausencia de implementación de políticas que permitieran cumplir con estas primacías, por ello se establecieron estos cinco ejes estratégicos con sus respectivos objetivos generales y específicos.

1) Eje Estratégico Fortalecimiento Institucional

Establece y desarrolla de forma intersectorial, los elementos institucionales integrados, nacional e internacionalmente, que sepan responder eficientemente a las necesidades del estado, a largo plazo y sustentable.

Objetivo General

Conseguir que la Reducción del Riesgo de Desastres sea de prioridad nacional, con base compacta institucional para su ejecución.

Objetivos Específicos

- Incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en estrategias y planes territoriales, en todos los niveles políticos del estado.
- Considerar la ejecución de medidas para la reducción del riesgo y la respectiva rendición de cuentas en el presupuesto.
- Ofrecer áreas de participación para la colectividad organizada y el sector privado en las fases de la Gestión del Riesgo.

2) Eje Estratégico Fortalecimiento de los sistemas de monitoreo y alerta temprana

Desarrollo de edificaciones para ver, examinar y dar un pronóstico de las amenazas y la vulnerabilidad, a través de la recolección y el uso de datos.

Objetivo General

Poner a la orden del SNPC²³, la información técnica y eficaz que permita efectuar una valoración del riesgo para tomar medidas oportunas.

Objetivos Específicos

- Reforzar los sistemas de monitoreo que detecten oportunamente las amenazas de manera continua y con un sistema de 24 horas/7días.
- Reforzar un sistema de comunicación que actúe eficientemente en condiciones de emergencia.
- Apoyar el proceso de organismos técnicos que cuenten con los recursos técnicos esenciales para monitorear las diferentes amenazas.

3) Eje Estratégico Fomento de la Cultura de la Prevención y el Autoaseguramiento

Los desastres se reducen considerablemente a través de la ejecución de estrategias de construcción y socialización de la información, motivando a la

²³ Sistema Nacional de Protección Civil.

ciudadanía a tomar una cultura para la prevención de desastres. Es importante hacer énfasis en la auto protección y auto gestión de habitantes ya sea ésta individual o de forma colectiva como fundamento para la reducción del riesgo en el país.

Objetivo General

Incitar a una cultura de seguridad en el país, a través del uso del conocimiento y la educación.

Objetivos Específicos

- Incrementar conceptos de Reducción del Riesgo en el aprendizaje formal e informal.
- Impulsar la investigación en RRD²⁴, especialmente en el conocimiento de la colectividad y culturas ancestrales.
- Impulsar y garantizar el acceso libre a la información en RRD.

4) Eje Estratégico Reducción de los Factores Subyacentes del Riesgo

El riesgo posee causas, factores mínimos o aclarativos en las condiciones variables ya sean sociales, económicos y ambientales. Es necesario el desarrollo de una planificación que incluya estos diversos factores que aumentan el riesgo de las regiones, así como las medidas para mitigarlos.

Objetivo General

Tener en cuenta los factores mínimos del riesgo, en función de las decisiones de ámbito público y privado, antes de un desarrollo sustentable.

Objetivos Específicos

- Identificar los componentes de desastres mínimos en el país.
- Elaborar y restaurar, permanentemente los mapas de riesgo que contengan los factores de amenaza y vulnerabilidad.
- Implementar los planes que aseguren la tenencia de la infraestructura, servicios básicos e instalaciones, que contribuyan a mitigar el riesgo.

²⁴ Reducción del Riesgo de Desastres.

- Reestablecer las normativas de diseño, cálculo y estudios de suelos en una estructura, tomando en consideración la experiencia internacional.
- 5) Eje Estratégico Fortalecimiento de la Preparación ante los Desastres para Lograr una Respuesta Eficaz.

Es necesario la intervención de la institución en los preparativos para las emergencias, desastres o catástrofes, que incrementan las capacidades en los diversos niveles institucionales, jurisdiccionales y con una intervención importante y activa de la comunidad.

Objetivo General

Conservar mecanismos de coordinación institucional para lograr una apropiada Gestión del Riesgo, que afirme una respuesta oportuna y eficiente.

Objetivos Específicos

- Coordinar las medidas de cada institución en la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Efectuar planes que apunten a mejorar las capacidades y competencias de las instituciones.

1.5.2. Consideraciones para fortalecer una Estrategia Suramericana para la Reducción del Riesgo de Desastres. Lineamientos para la Gestión de Riesgos de Desastres, 2015.

Los lineamientos se han agrupado según el proceso de la Gestión del Riesgo. Las diversas actividades que se han inmiscuido en las medidas del plan manifestado por el Equipo de labor para la GRD²⁵ de UNASUR²⁶, se han respetado y situado bajo una medida de prioridad.

Caracterización y Conocimiento del Riesgo

- Capacidad reforzada para la valoración del riesgo.
 - a) Asistencia técnica, proceso de contenidos, intercambio de peritos.

²⁵ Reducción del Riesgo de Desastres

²⁶ Unión de Naciones Sudamericanas (UNASUR)

- b) Elaboración de agenda regional de investigación científica.
- Entidades de ciencia costean programas de investigación para la GRD.
- La colectividad y los que toman decisión a nivel nacional y regional pueden acceder a información sobre riesgos.
- Mejoras cuantificadas en conocimiento del riesgo.

Tratamiento del Riesgo

- Se formula una estrategia Suramericana para la RRD que incluye los elementos de crédito por parte de los países miembros.
- Se promueve la intervención de la Planificación y Economía para mitigar la vulnerabilidad en los proyectos.
 - a) Formulación de políticas para seguridad de infraestructura crítica.
- Identificación de métodos de protección económica para el riesgo de desastres causados por fenómenos naturales.
- Exigida aplicación de normativas para el uso del suelo, planificación urbana y rural como medidas de RRD.
- Capacitación a la comunidad y a los sectores público y privado, sobre las estrategias y planes para la reducción del riesgo de desastres, RRD.
 - a) Inclusión de la Gestión de Riesgo en el área educativa.
 - b) Integración de grupos vulnerables en la GRD.

Manejo de la Emergencia

- Ejecución de componentes para apoyo en momentos de crisis.
- Realización de simulacros para preparar a la ciudadanía.
 - a) Simulacros en Zonas grandes
- Participación de la colectividad en momentos de emergencias.
- Sistemas constituidos de información en caso de emergencias.

Recuperación Post Desastre

- Medidas de coordinación y operación de recuperación post desastre.
- Planificación anticipada de la recuperación.
- Desarrollo de procesos para valoración de necesidades post desastre.

- Posesión de red de peritos para estimación de necesidades post desastre y elaboración de acciones para la recuperación.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.2. Descripción del área de estudio

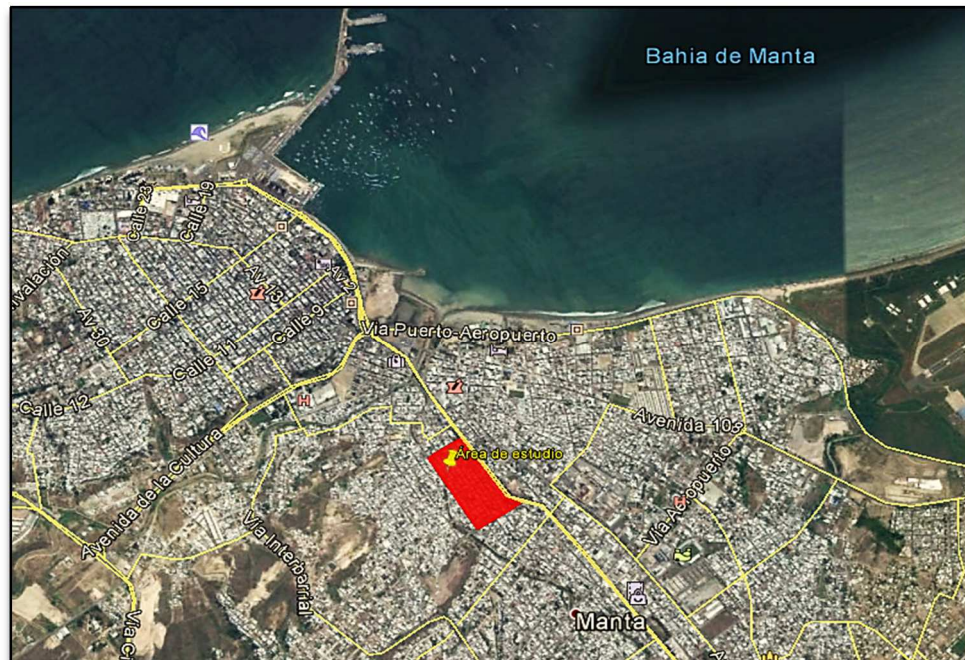


Figura #4: Ubicación satelital del área de estudio con relación a la Ciudad

Fuente: Google Earth

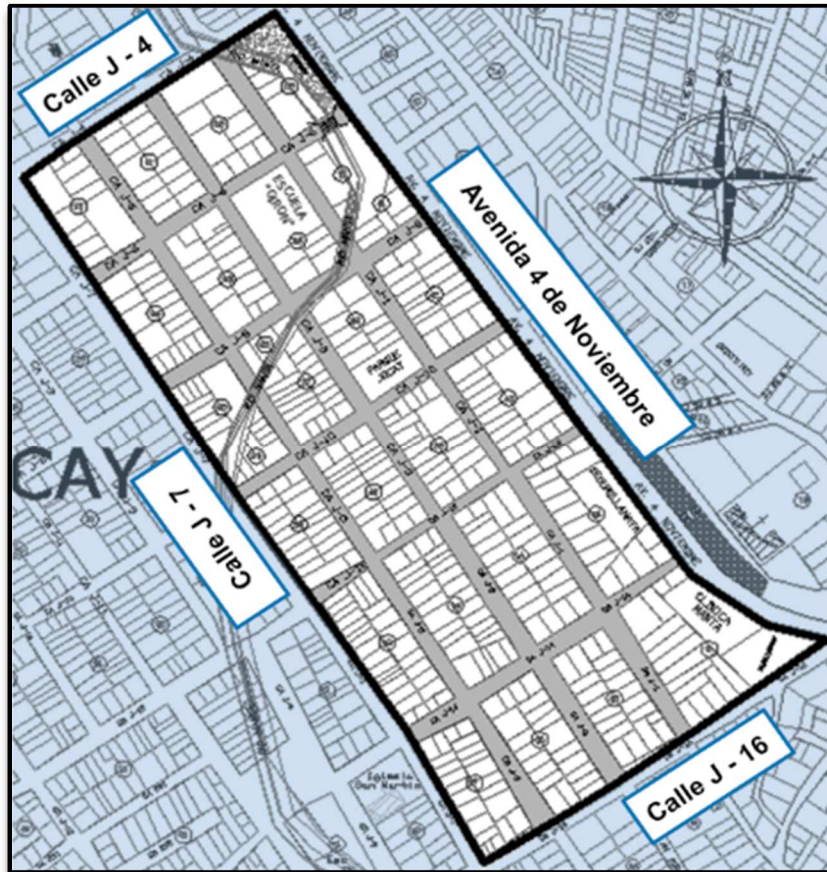
Editado por: Investigadora

El Jocay, ha sido desde hace mucho años uno de los barrios más populares de la ciudad de Manta, debido a que fue uno de los primeros en consolidarse; y donde acogió a un sin número de pobladores, en su gran mayoría de estrato social medio-alto; en la actualidad, sus habitantes han logrado mantener su nivel económico gracias a sus actividades laborales ya sean comerciales o de pesca. El sitio analizado ha sido catalogado como uno de los sectores con mayor movimiento comercial, especialmente en las noches.

Con respecto a las edificaciones emplazadas en la zona de estudio, estas presentan varias tipologías tales como: residencial, comercial, salud, educativa, gubernamental, recreacional y mixtas. La mayor parte de las ya mencionadas edificaciones, están construidas con el sistema tradicional (hormigón armado en su estructura y mamposterías de bloques o ladrillos); actualmente, quedan muy pocos inmuebles edificados con caña guadua y madera, los mismos que ostentan varios años de construcción.

2.1.3. Límites

El sector a intervenir se encuentra delimitado hacia el norte con la Calle J-4, hacia el este con la Avenida 4 de Noviembre, hacia el sur con la Calle J-16 y hacia el oeste con la calle J-7.



Mapa #1: Límites del área de estudio

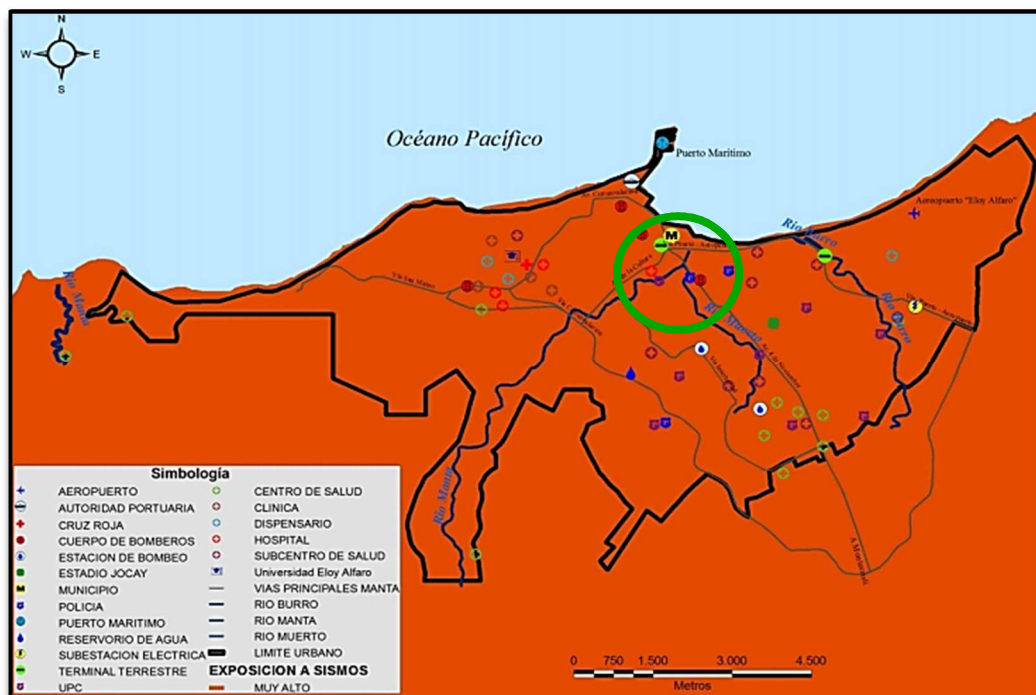
Fuente: GAD del cantón Manta

Editado por: Investigadora

2.2. Delimitación Temporal

Con el propósito de establecer el promedio general de vida útil de las edificaciones en el área de estudio, se procedió a realizar una entrevista a la población analizada, en donde la gran mayoría de ellos coincidieron con los años de vida útil de los inmuebles, el mismo que dio como resultado final entre 20 y 25 años de construcción aproximadamente.

El riesgo sísmico al que está expuesto el área de estudio, se logra evidenciar en el mapa #4, en donde la simbología indica que el color naranja representa riesgo sísmico de índice alto (ver mapa #4) de acuerdo a su respectiva ubicación. El nivel de afectación obedece a la intensidad con la que llegue la eventualidad sísmica.



Mapa #5: Riesgo Sísmico en el cantón Manta. (Barrio Jocay-área de estudio)

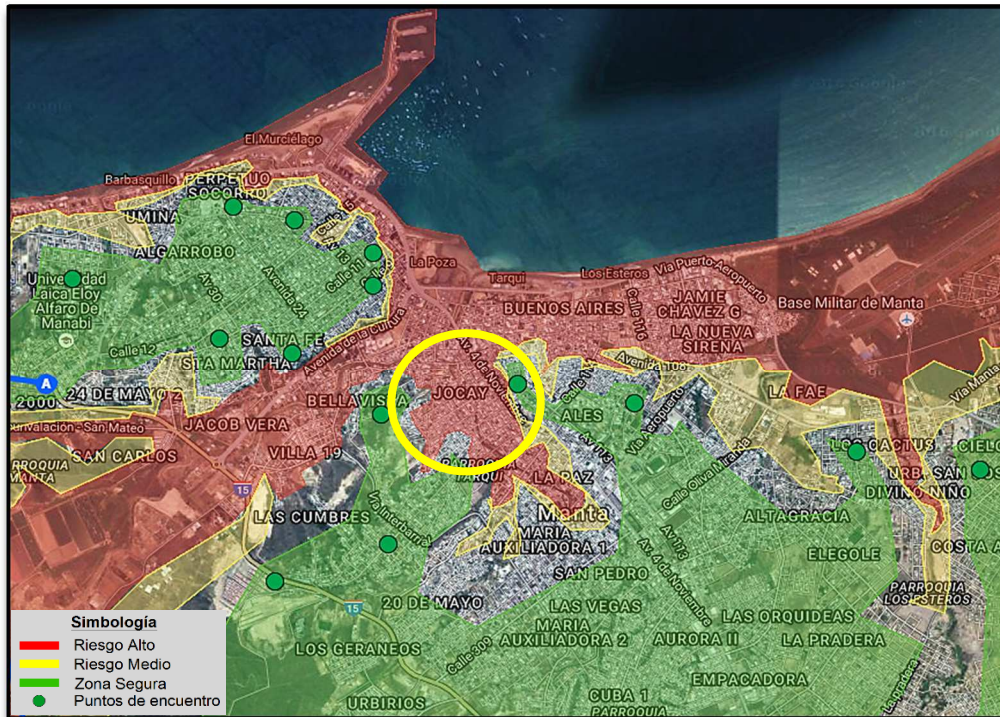
Fuente: PDOT cantón Manta 2014-2019

Editado por: Investigadora

2.3.3.2. Sectores propensos a tsunamis.

La zona estudio se encuentra ubicada en el barrio Jocay, el cual se sitúa en las “zonas bajas” de la ciudad de Manta, siendo éstas, zonas de riesgo alto (ver mapa #5), por ende la presencia de un tsunami les afectaría con mayor intensidad.

Según el análisis realizado por los expertos, de presentarse un posible tsunami, sus olas alcanzarían un aproximado de 8 metros de altura, es por ello, que los puntos de encuentro serían las zonas con altura mayor a la ya mencionada.



Mapa #7: Sectores propensos a tsunamis. (Barrio Jocay-área de estudio)

Fuente: PDOT cantón Manta 2014-2019

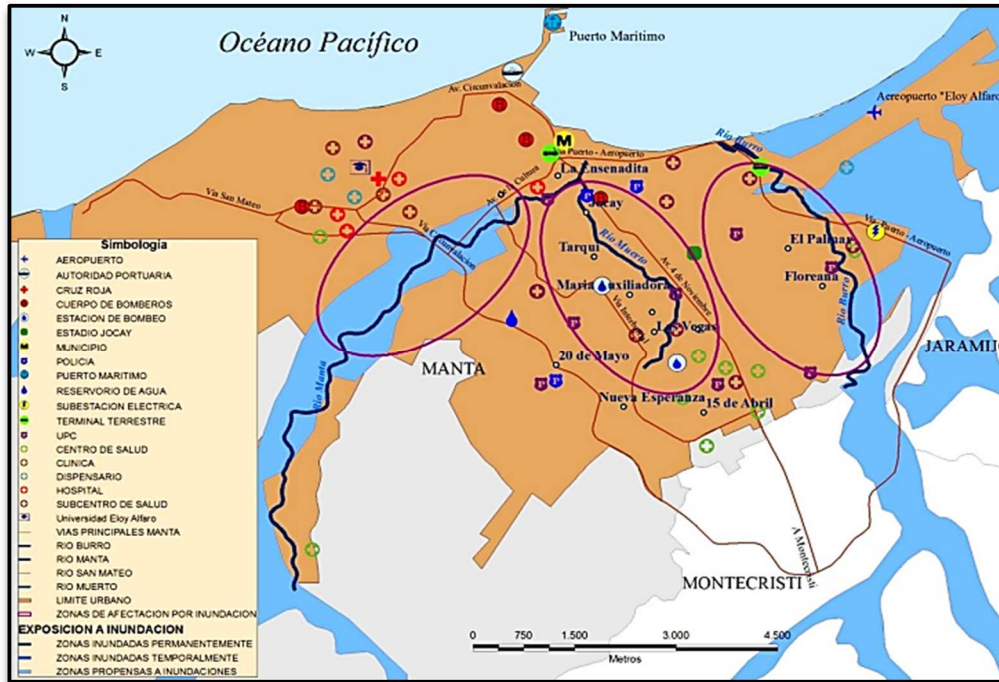
Editado por: Investigadora

2.3.3.3. Sectores propensos a Inundaciones.

El área de estudio se encuentra inmersa a inundaciones, debido a que el río Manta atraviesa parte de él, el mismo que compromete a las edificaciones situadas en las zonas aledañas al cauce del mencionado río.

El motivo principal es por su desbordamiento en época invernal, donde uno de los barrios más propensos a inundaciones es el barrio Jocay (ver mapa #6).

Estas inundaciones son provocadas por el fenómeno del Niño, acontecimientos lentos y originados por variaciones en cauces de los drenajes o la presencia de procesos erosivos.

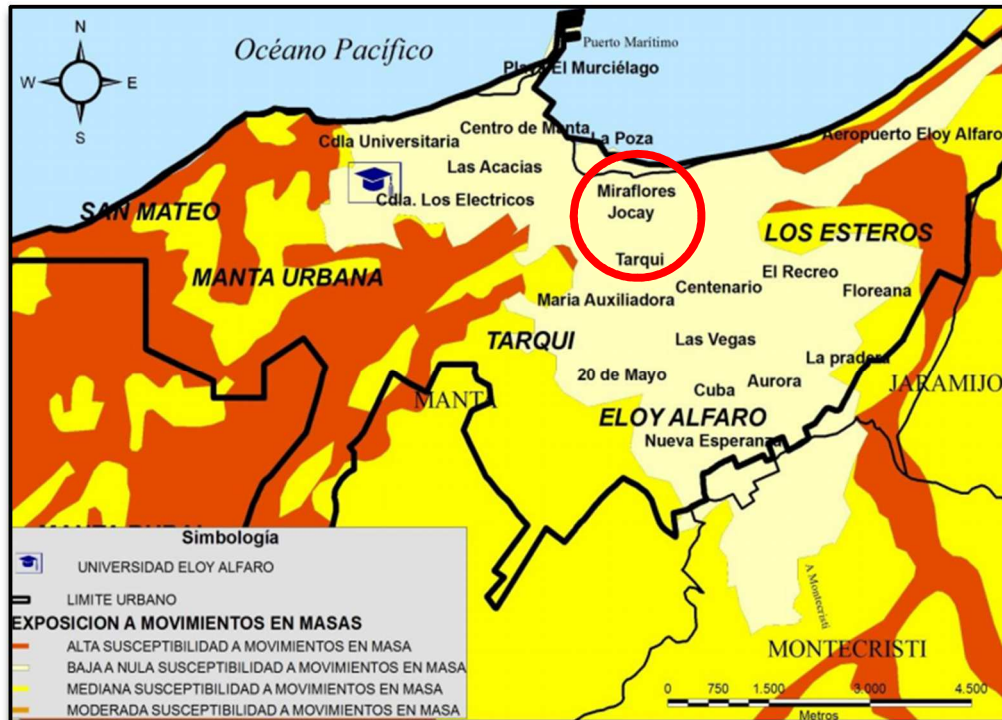


Mapa #8: Sectores propensos a inundaciones. (Barrio Jocay-área de estudio)
Fuente: PDOT cantón Manta 2014-2019
Editado por: Investigadora

2.3.3.4. Sectores propensos a deslizamientos.

Según el mapa #7, el área de estudio se encuentra situada en una zona de baja susceptibilidad a movimientos en masa; a pesar de presentar varias lomas a sus costados y mostrar una topografía algo accidentada no representa mayor riesgo, siempre y cuando no sean parte de un relleno; de ser así, al presentarse algún evento natural puede ocasionar gran peligro.

Los deslizamientos se encuentran sometidos a movimientos de piedras y suelo desplazados por debajo y a procesos erosivos. Estos eventos de remoción en masa, se originan cuando la pendiente pierde su equilibrio por motivos de lluvias o movimientos telúricos.



Mapa #10: Sectores propensos a deslizamientos. (Barrio Jocay-área de estudio)

Fuente: PDOT cantón Manta 2014-2019

Editado por: Investigadora

En consideración con los factores tratados en los párrafos anteriores sobre Riesgos naturales y vulnerabilidades, se determina que cada uno de ellos posee un grado de afectación de manera directa e indirecta al sector en estudio.

2.3.4. Antecedentes

En varios países a nivel mundial, desde hace décadas se han venido presentando un sin número de inconvenientes ya sean por cuestiones de pérdidas de vidas humanas o por pérdidas materiales como resultado del paso de un determinado desastre natural. Estos desastres naturales no se los ha podido evitar, sin embargo los gobiernos de cada País han actuado en conjunto con varios organismos para la mitigación y reducción del riesgo generado por una eventualidad como esta.

Los sucesos acaecidos en el pasado terremoto del 16 de Abril del 2016 en la costa Ecuatoriana, tienen su origen en los primeros asentamientos del barrio Jocay, específicamente en la zona más afectada donde se dispone el área de

estudio de la presente investigación. Hace muchos años, este sector formaba parte de la playa con el barrio Tarqui, de aquí surgen sus niveles similares a los del mar.

Debido a su cercanía a la playa, la ciudadanía se reunía en las orillas de la playa para realizar comercio con la pesca. Muchas de las embarcaciones se estacionaban cerca de la actual Bahía de Manta y terminal terrestre. Con el pasar de los años llegaban a Manta gran cantidad de emigrantes donde se asentaban cerca de la playa para una mejor movilización. Sin pensar en el crecimiento de la ciudad, esta población empezó a ganar territorio las denominadas “zonas bajas”.

Una vez asentados en sus respectivos predios, no tomaron en cuenta el peligro que podía ocasionar edificar en una zona que posee poca resistencia en su suelo, con un nivel freático sumamente alto y ante la presencia del cruce de varios ríos sobre este, se procedió a la construcción de estos barrios sin ningún control debido. Varias de estas edificaciones fueron construidas para soportar hasta dos pisos altos, sin embargo la poca conciencia de la ciudadanía llevo a aumentar los niveles según la necesidad, ya sea esta familiar o comercial.

Sin duda el ser humano pretendía sobrellevar a la furia de la naturaleza, pero aquel momento debía llegar, para ello nadie se encontraba preparado. Solo bastaron 50 segundos para que la energía de un sismo pusiera en duda la capacidad de muchos profesionales al construir edificaciones con las debidas precauciones, provocando mayor desastre en estos sectores que no debieron ser parte de una zona habitacional por sus respectivos antecedentes.

Es por esta razón que las zonas bajas del cantón Manta fueron las más afectadas por el movimiento telúrico, en donde se presentaron un sin número de pérdidas de vidas humanas y materiales, debido al comportamiento inadecuado que tuvieron las estructuras de muchas edificaciones provocando el colapso total, ocasionado por la licuefacción del suelo arcilloso-arenoso por el cual está constituido el área de estudio y cerca de él.

Y es así como se ha venido generando los diversos factores influyentes en el comportamiento no adecuado de las edificaciones durante el sismo acaecido el 16 de abril del presente año.

2.3.5. Presentación de resultados obtenidos de la observación de campo.

El área de estudio se encuentra ubicado en el barrio Jocay, de la parroquia Tarqui del cantón Manta; se emplaza en un área de 232,535.48m² donde se encuentra atravesada por el cauce del río Manta. Cuenta con aproximadamente 1, 794 habitantes. Ha sido desde hace muchos años uno de los sectores más populares y con mayor movimiento comercial del barrio Jocay.

El área de intervención presenta varias edificaciones con tipologías distintas, en donde las mismas se disponen con niveles superiores a 3 pisos sin un debido estudio técnico que justifique la construcción en el respectivo sector con el número de pisos presentados actualmente, donde pueda garantizarse un adecuado comportamiento de su estructura durante una eventualidad sísmica.

A su vez, se logró determinar por medio de la observación de campo, que son pocas las viviendas que no sufrieron daños profundos, debido a que en su respectivo proceso constructivo si se tomó en consideración las normativas y recomendaciones técnicas necesarias para una estructura sismorresistente.

En cuanto al suelo, según los análisis realizados por profesionales peritos en estos requerimientos, antes del terrible suceso acaecido el 16 de Abril del 2016, el suelo en la parroquia Tarqui tenía una capacidad portante de 8 y 10 toneladas/m², actualmente presenta de 4 a 6 toneladas/m²; esto quiere decir, que ha perdido alrededor del 50% de resistencia como consecuencia del evento sísmico. Estos suelos, en capas superiores se ha expandido y eso, ha producido la pérdida de su capacidad portante (resistencia).

Las zonas aledañas a ríos y en varios sectores del área de estudio, poseen suelos aluviales, los cuales están compuestos de limos y arcillas, y debido a ellos se ha producido esponjamiento ocasionando baja resistencia del suelo. La limpieza de los drenajes origina una presión interna en el nivel freático frente a la presión externa del agua del río, donde ésta presión durante el sismo generó una contrapresión fallando el talud debido a la curva del nivel freático, es por ello, que las edificaciones caen a lo largo de las riberas.

En relación a lo expuesto, se debió haber planificado cada una de las construcciones con su respectivo estudio de suelo. Sin embargo, ante tales requerimientos, se logró determinar que la incidencia del suelo arcilloso-arenoso en la estructura base de las edificaciones, fue una de las causas principales que originaron un inadecuado comportamiento de la misma, durante el terremoto acaecido el 16 de abril del 2016.

En un recorrido efectuado por la zona de estudio, a pocos días después de originarse el sismo, se logró observar cada una de sus edificaciones para determinar el respectivo comportamiento de su estructura durante la eventualidad sísmica.

Varios de los especialistas informan, que las vías aledañas a las zonas más afectadas no se encuentran fragmentadas, lo cual ha llevado a concluir que las fallas se deben a los rellenos de las construcciones, ya que el sismo debió ocasionar ambos daños. Durante el movimiento telúrico, se confundieron dos ondas sísmicas originando el desarrollo de la onda por efecto de resonancia; es por este motivo que ninguna estructura de las edificaciones situadas en un área donde la onda actúe de esa manera, pudo haberlo resistido.

Durante la eventualidad sísmica, la cresta²⁷ de la onda empuja y desliza a la edificación, en el transcurso de su paso retorna la mencionada edificación y al mismo instante llega la segunda onda, de modo que no le permite el retorno total y golpea su parte baja, ocasionando la rotura en los dos primeros pisos.

²⁷ Es el punto más distante de la posición de equilibrio del área donde se extiende una onda sísmica.

Es por tal motivo, que la estructura expuesta a este sistema, siempre tiende a fallar.

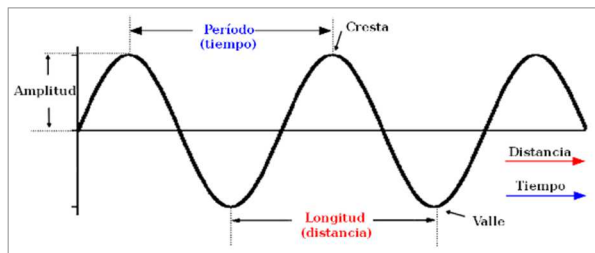


Gráfico #1: Falla por la cresta de la onda sísmica

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora



Foto #1: inmueble con fallas debido a la cresta de la onda sísmica.

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Existen dos motivos principales combinados, el suelo y su compactación de relleno, y la cuestión estructural por la ausencia del cumplimiento de normativas que establecen la geometría apropiada que una edificación debe tener en zonas propensas a sismos. Con relación al suelo, si no se compacta de forma adecuada, al presentarse una fuerza sísmica, no estática, probablemente se puede hundir y en las áreas débiles de una estructura rígida o semirrígida como las de hormigón armado pueden sufrir graves fracturas.

Se presentaron varias edificaciones con colapso total (hundimiento de planta baja, de planta alta, hundimiento total, fuera de plomo hacia los lados, fuera de plomo hacia el frente, desprendimiento de elementos estructurales como losas, vigas, columnas, cimentación, pisos, entre otros), colapso parcial (fisuras pocos profundas en elementos estructurales y no estructurales).

Durante el proceso constructivo de muchos de estos inmuebles, no se llevó a cabo el debido control de calidad tanto en la obra, como en los materiales constructivos. La mano de obra, es otro de los factores que influyeron en el comportamiento de cada uno de los elementos en una edificación, ya que si no existe un seguimiento diario por parte de un profesional técnico, no se puede dar fe que se ha realizado el trabajo adecuadamente.

En cada una de las edificaciones y en situaciones distintas, se detectaron diversas fallas constructivas; una de ellas como consecuencia del efecto de

columna corta²⁸ ocasionado por no encontrarse presionada por tabiques de relleno en toda su altura, para colocar una ventana alta en este tabique²⁹. Esta columna tiende a fallar de manera frágil al estar expuesta a grandes esfuerzos cortantes que se han originado por impedirse su distorsión³⁰ hasta la altura de estos tabiques.

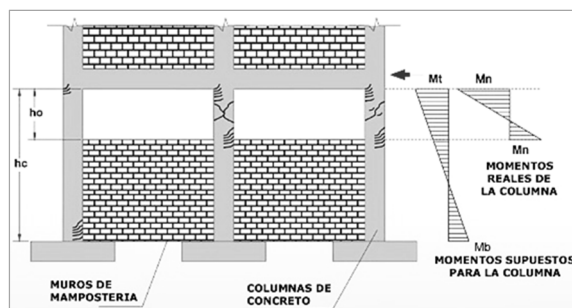


Gráfico #2: Falla por columnas cortas

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora



Gráfico #3:

confinamiento en columnas

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Foto #3: Estructura con deficiente confinamiento en columnas

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora



Foto #2: Escuela con fallas de columnas cortas

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora



Otra de las fallas detectadas es el deficiente confinamiento³¹ en las columnas, las cuales suceden por lo general cerca de la unión con la viga, es por ello que se pierde el recubrimiento que es empujado por el acero pandeándose hacia afuera. Además se ha presenciado la unión no apropiada entre los elementos estructurales; como muestra se tiene el colapso ocurrido por la no adecuada conexión entre la cimentación y las columnas, y en otra situación, entre losas, vigas y columnas.

²⁸ Al adosarle un pequeño muro a la columna por lo general de ventana, este confina y golpea de lado la sección más baja de la misma, por ende tiende a fallar por cortante de forma frágil.

²⁹ Es una pared fina que ayuda a separar los espacios interiores de una edificación, se la conoce también como pared divisoria.

³⁰ Desequilibrio angular de la estructura debido a las fuerzas laterales que actúan sobre ella.

³¹ Sucede cerca de la unión con la viga, es por ello, que se pierde el recubrimiento empujado por el acero longitudinal, provocando que se pandee hacia afuera debido a la poca cantidad de estribos o la posición de los mismos a una distancia no recomendada.

En las edificaciones que se construyeron de forma adosada, se generó la principal falla por golpeteo³² entre inmuebles, debido a que no se tomó en consideración los respectivos retiros laterales o posteriores para preveer dicho acontecimiento. Además, se ha logrado evidenciar en varias edificaciones los efectos de torsión³³ en los entrespisos, debido a que en su proceso de diseño no se tomó en consideración las respectivas medidas de prevención.

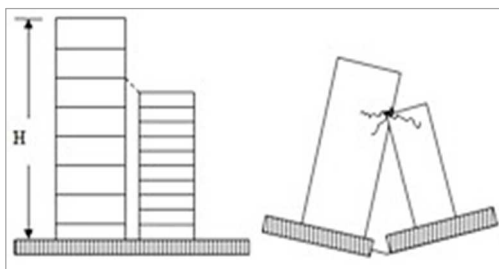


Gráfico #4: Golpeteo entre edificaciones
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora



Foto #4: Vivienda con fallas por golpeteo
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

A simple vista se cree que es por el espesor de la losa o su forma, sin embargo, también influye. Es por ello, que es necesario saber evaluar la forma de los entrespisos y los apoyos sobre muros y columnas con el objetivo de erradicar la presente problemática.

El gran daño evidenciado en las paredes divisorias y fachadas presentadas en las edificaciones del barrio Jocay durante el sismo, se debió a que muchos de estos inmuebles afectados no habían sido diseñados para soportar grandes fuerzas sísmicas, o en el caso de haber utilizado alguna norma sismo resistente de otro país, no se lograron cumplir los requisitos correspondientes.

³² Es el choque que se genera entre edificaciones colindantes al no dejarse entre ellas el suficiente retiro que permita el movimiento de cada edificación sin golpearse entre sí.

³³ Es el desplazamiento en forma circular o la rotación de una determinada estructura sobre sobre su punto de inserción o su propio eje.

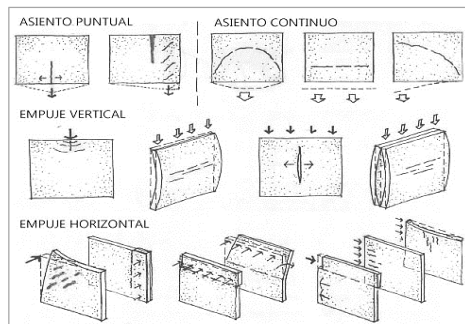


Gráfico #5: Fallas de asientos en fachadas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

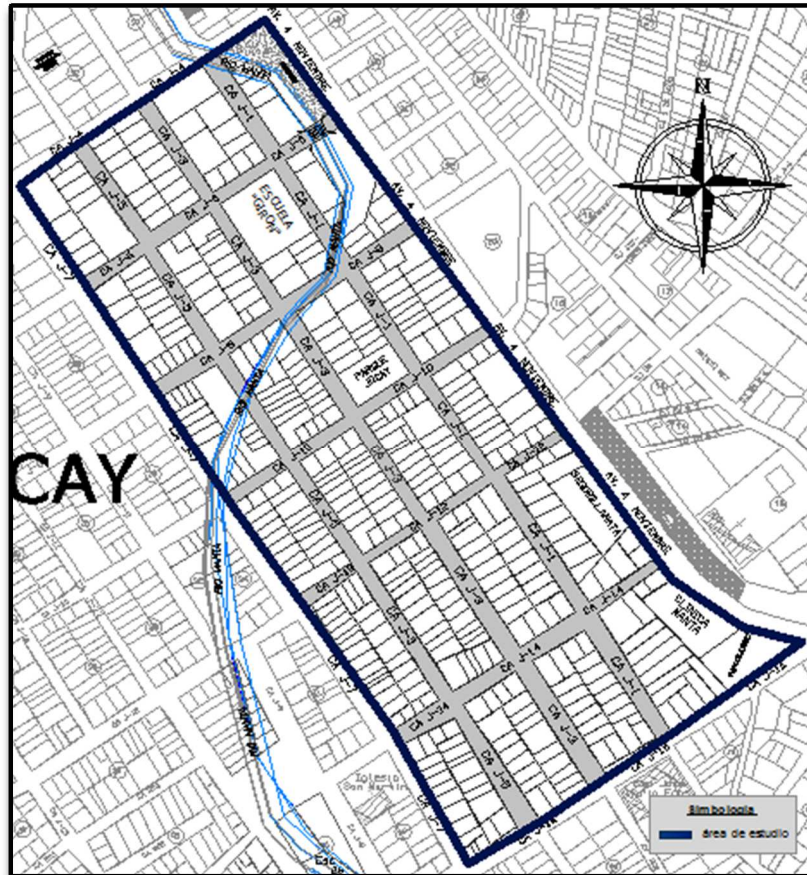


Foto #5: Vivienda con falla de empuje en fachada
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Después de varias semanas, se registra otra visita al lugar de estudio de la presente investigación, en donde se pudo observar solamente lotes vacíos en los inmuebles que sufrieron daños irreparables, los mismos que requerían demolición urgente por el riesgo que representaban estas estructuras ante las constantes replicas, donde podían terminar de colapsar y ocasionar daños a propios y extraños.

Con el uso de un plano base se presentan las viviendas que han sido mayormente afectadas por el sismo ocurrido el pasado 16 de Abril del presente año en el barrio Jocay, producto de la observación de campo:

- **Plano base:** Antes del terremoto acaecido el 16 de Abril del 2016



Mapa #11: Plano base del área de estudio (antes del terremoto)

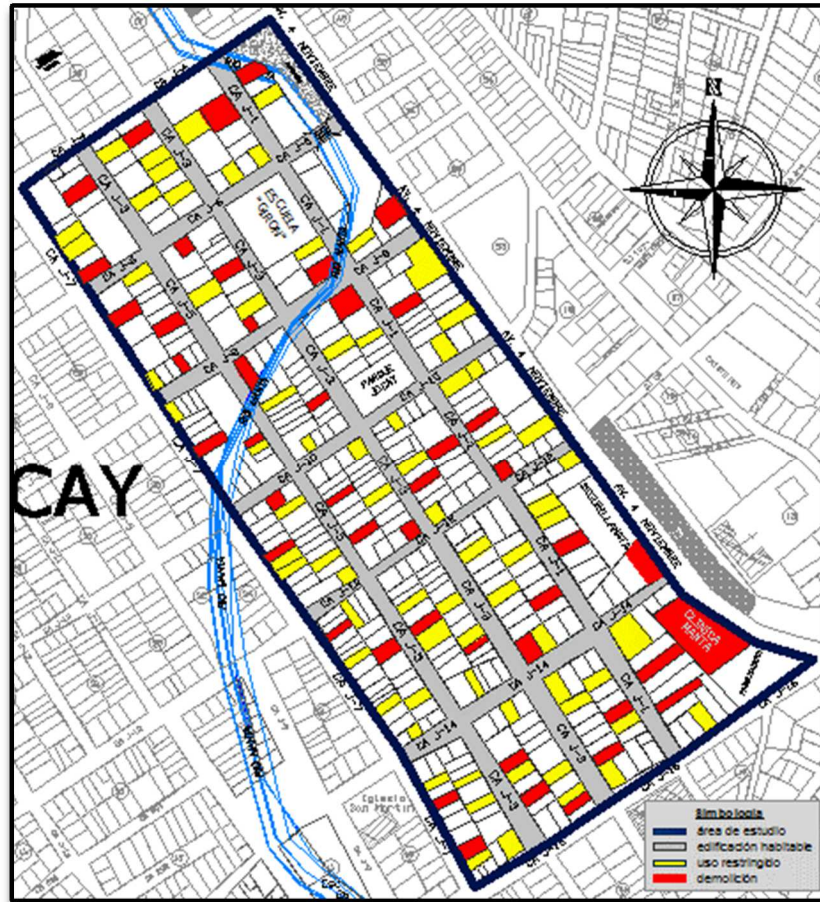
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

En este plano se puede visualizar la disposición de cada uno de los lotes ocupados o no por sus respectivas edificaciones, antes del suceso acaecido el pasado 16 de Abril del año en curso.

El sector en estudio presenta diversas tipologías, entre ellas se encuentra el área habitacional, el área de salud como: la Clínica “Manta” y la edificación Traverso Medical Center; áreas comerciales como: almacenes de repuesto vehicular, entre otros almacenes de venta formal e informal; el área educativa como la Escuela Girón y el área recreacional donde se dispone el Parque Jocay.

- **Plano base:** Después del terremoto acaecido el 16 de Abril del 2016



Mapa #12: Plano base del área de estudio (después del terremoto)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Con respecto al mapa #10, se pone en evidencia el grado de afectación que tuvieron las edificaciones del área de estudio según la evaluación de los respectivos profesionales.

Cuadro de evaluación del estado actual de las edificaciones

CUADRO DE EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS EDIFICACIONES		
COLOR	CATEGORÍA	DEFINICIÓN
Verde	Seguro	Acceso permitido, sin riesgos
Amarillo	Uso restringido	Habitable con precaución, posee daños reparables
Rojo	Inseguro	No habitable, con daños severos
Rojo	demolición	Demolición total

Cuadro #1: Evaluación del estado actual de las edificaciones

Fuente: MIDUVI

Elaborado por: Investigadora

Cabe recalcar que las edificaciones que ostentan la pancarta de color amarillo con uso restringido, deben realizar la debida reconstrucción lo antes posible para evitar daños posteriores en su estructura que puedan atender contra la vida de propios y extraños. Las edificaciones que poseen la pancarta de color verde en el área de estudio, se encuentran representadas en el mapa #10 con el color blanco, y las que fueron demolidas con color rojo.

2.4. Presentación de Información producto de la aplicación del instrumento de recolección de datos.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la aplicación de un cuestionario a la población analizada y a profesionales constructores, cuyos datos sumados a los de la observación de campo, fueron la línea base para determinar el diagnóstico situacional del medio analizado.

1. ¿Qué tipo de sensación referente a la seguridad de su edificación, tuvo x Otro de los factores que influyó en las edificaciones que colapsaron, es la influencia de la mano de obra no calificada, debido a que en muchas ocasiones, el personal encargado de la obra, no toma en consideración el control necesario de evaluación y experiencia de sus operarios, lo cual, no garantiza una buena calidad en el resultado final de la construcción.

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
ANGUSTIA	125	39%
DESESPERACIÓN	39	12%
MIEDO	103	33%
PREOCUPACIÓN	25	8%
IMPOTENCIA	9	3%
TODAS LAS ANTERIORES	15	5%
TOTAL	316	100%

Tabla #2: Resultado de la pregunta #1

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

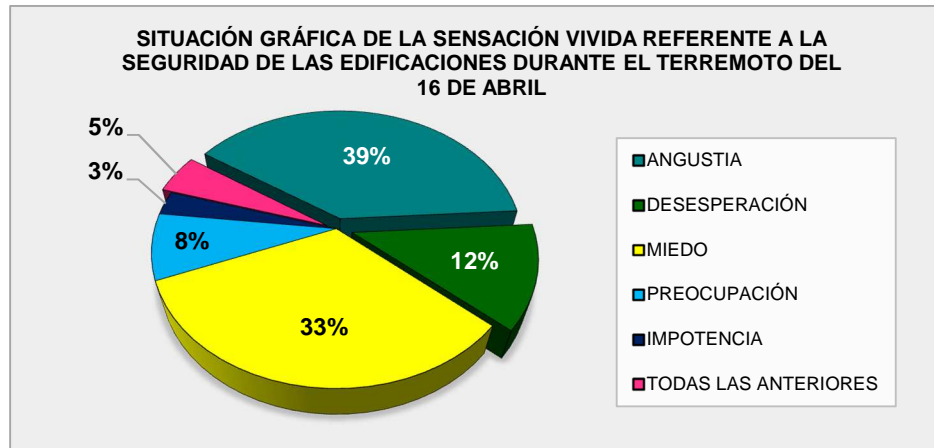


Gráfico #6: de tabla #1
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

En el gráfico #6 se puede evidenciar que cada ciudadano vivió sensaciones distintas a otros con relación a la seguridad de sus edificaciones como: la angustia, el miedo, la desesperación, preocupación e impotencia; pero sobre todo indica la mayoría de ellos, que sintieron angustia y miedo debido a que muchos de ellos no lograron ponerse a buen recaudo durante el terremoto, poniendo en riesgo su vida en el caso de haber colapsado su edificación.

Con todos estos factores presentados se concluye, que la ciudadanía no se encuentra preparada para sobrellevar una situación como ésta, debido a que las autoridades no prepararon a tiempo a la mencionada población ante la presencia de un posible evento natural, ya sean con capacitaciones, charlas y simulacros para el efecto.

2. Según Ud. ¿cuál fue el mayor daño que le proporcionó el evento sísmico a su integridad?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
PSICOLÓGICOS	75	24%
FÍSICOS	32	10%
EMOCIONALES	209	66%
TOTAL	316	100%

Tabla #3: Resultado de la pregunta #2
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

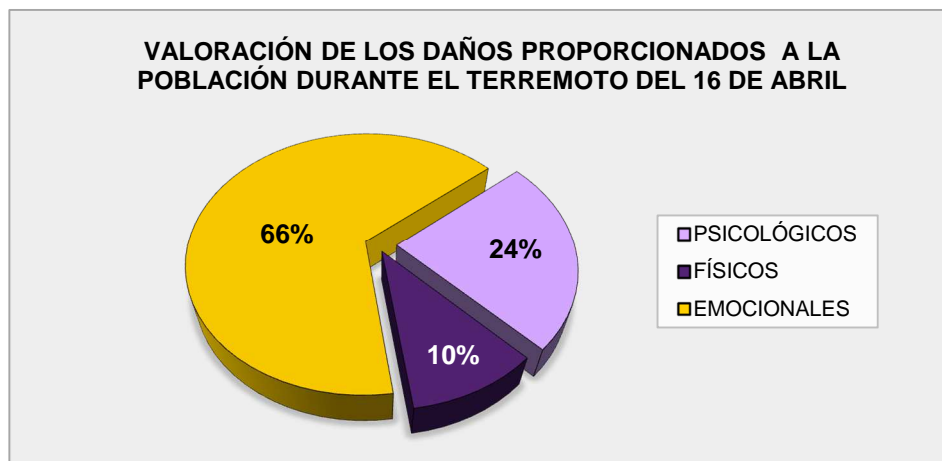


Gráfico #7: de tabla #2
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

Según los resultados del gráfico #7 el terremoto acaecido el 16 de abril provocó muchos daños a la integridad de los ciudadanos, sin embargo, la mayor parte de ellos manifestó específicamente haber sido afectados en la parte emocional; sobre todo ante el desconocimiento de saber a ciencia cierta la seguridad que le brinda su vivienda ante las constantes réplicas.

Ante esta situación, es importante recalcar, que no existen evidencias de planes o intervenciones para contrarrestar los efectos emocionales en la ciudadanía, proporcionados por el terrible suceso acaecido el 16 de abril del presente año.

3. ¿Cuál es el comportamiento que Ud. espera de su edificación, durante un movimiento sísmico?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
POSEA RESISTENCIA	212	67%
PERMITA EVACUACIÓN	88	28%
PERMITA REPARACIONES POSTERIORES	16	5%
TOTAL	316	100%

Tabla #4: Resultado de la pregunta #3
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

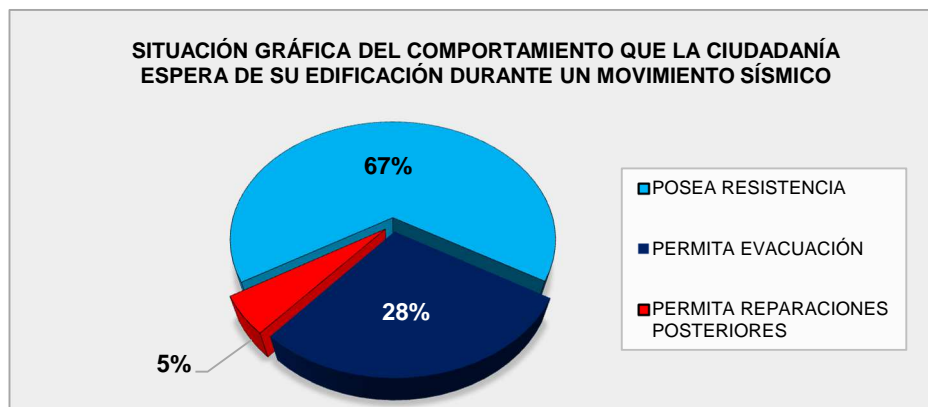


Gráfico #10: de tabla #3
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

Como lo manifiesta el gráfico #8, el mayor porcentaje de la población encuestada espera que su edificación tenga un comportamiento apropiado, con buena resistencia; sin embargo, parte de esta ciudadanía espera que al menos su edificación permita evacuar a tiempo a propios y extraños, para ponerse a buen recaudo durante un movimiento sísmico.

4. Si, tuviera la oportunidad de construir nuevamente su edificación, ¿Qué tipo de sistema constructivo aplicaría?

VALORACIÓN	Nº DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
TRADICIONAL	28	9%
CAÑA GUADUA	145	46%
MADERA	92	29%
MIXTO	51	16%
TOTAL	316	100%

Tabla #5: Resultado de la pregunta #4
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

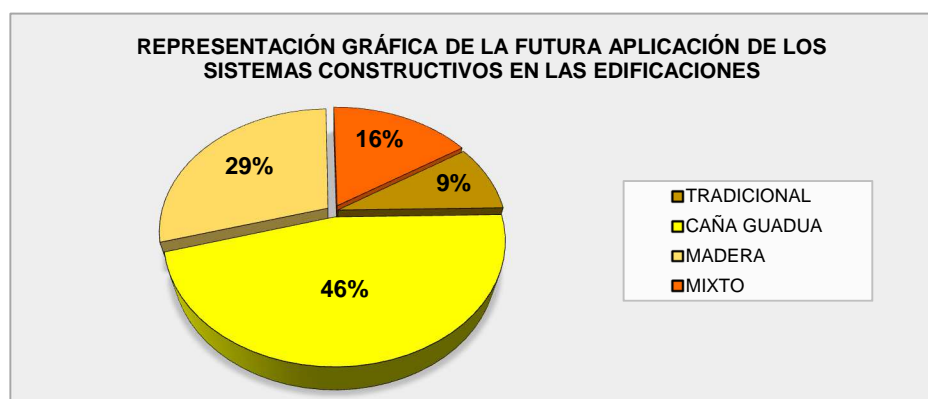


Gráfico #11: de tabla #4
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

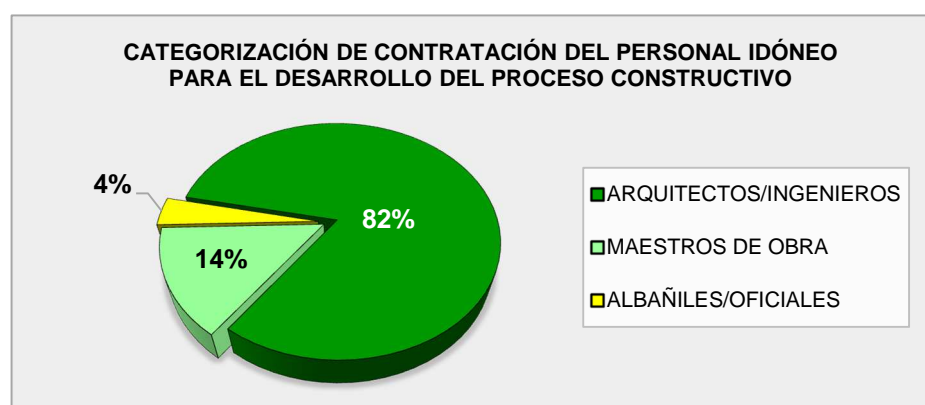
Según la experiencia vivida durante el sismo del 16 de abril, la población pone en manifiesto el gran interés por construir su edificación aplicando el sistema constructivo de caña guadua, resultado evidenciado en el gráfico #9, ya que según ellos, este sistema le puede garantizar mayor seguridad a su integridad y a la de los suyos. Cabe recalcar que la proyección de estas nuevas edificaciones según sus dueños sería solo de un piso, es decir, tipo “Villa”.

Sin embargo, es menester devolver la confianza al sistema constructivo tradicional, donde las autoridades de turno controlen de manera estricta el fiel cumplimiento de las normativas de seguridad y calidad en la construcción.

5. Al construir de nuevo su edificación ¿A qué tipo de personas contrataría para el desarrollo del respectivo proceso constructivo?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
ARQUITECTOS/INGENIEROS	258	82%
MAESTROS DE OBRA	46	15%
ALBAÑILES/OFICIALES	12	4%
TOTAL	316	100%

*Tabla #6: Resultado de la pregunta #5
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora*



*Gráfico #12: de tabla #5
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora*

El mayor porcentaje expuesto en el gráfico #10 nos indica que las personas que necesitan construir nuevamente sus edificaciones, lo llevarán a cabo bajo el mando de un profesional, ya sean estos arquitectos o ingenieros para poder garantizar el desarrollo idóneo del proceso constructivo, para lo cual, las

autoridades deberían ser más exigentes en cuanto a la responsabilidad de los profesionales de la construcción.

6. ¿Qué tan indispensable es la presencia de un profesional técnico en el control de una construcción?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
MUY INDISPENSABLE	254	80%
POCO INDISPENSABLE	59	19%
NO INDISPENSABLE	3	1%
TOTAL	316	100%

Tabla #7: Resultado de la pregunta #6

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

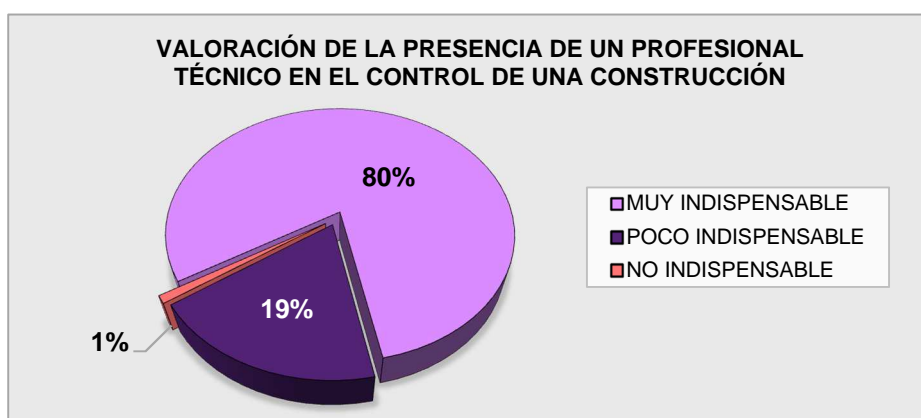


Gráfico #13: de tabla #6

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Con el gráfico #11 se puede demostrar que en la entrevista a varios constructores en su gran mayoría con un alto porcentaje manifestaron que es muy indispensable la presencia de un profesional capacitado que pueda ejercer el control de una construcción para llevar a cabo el desarrollo de cada proceso de manera eficaz.

Cabe mencionar, que las autoridades municipales juegan un papel muy importante con respecto al monitoreo del fiel cumplimiento de normativas y recomendaciones técnicas.

7. ¿Qué tipo de capacitación profesional ha recibido durante los últimos cinco años?

VALORACIÓN	Nº DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS	248	71%
REPARACIONES DE EDIFICACIONES	56	16%
REFUERZO DE ARMADO DE ESTRUCTURAS	33	10%
NORMAS DE SEGURIDAD EN OBRA	12	3%
TOTAL	316	100%

Tabla #8: Resultado de la pregunta #7

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

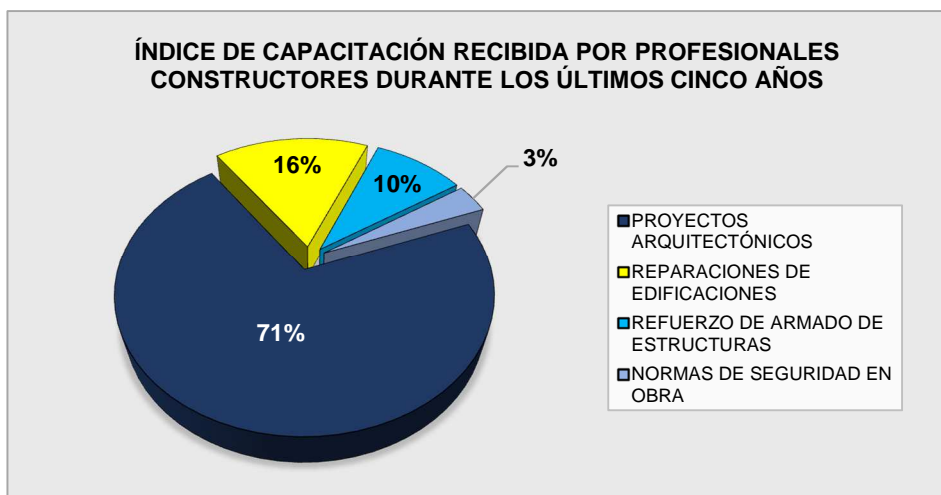


Gráfico #14: de tabla #7

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Los resultados evidenciados en el gráfico #12, muestran un alto porcentaje de interés en los profesionales constructores por capacitarse en proyectos arquitectónicos; a diferencia de las capacitaciones en reparaciones, refuerzos de estructuras y normas de seguridad en obra, no han tenido mayor acogida debido a que las consideraban innecesarias en sus líneas de trabajo antes de ocurrir el terremoto del 16 de abril, el cual conllevó a cambiar sus ideologías.

8. ¿En qué medida cree Ud. que afecta la mala calidad de los materiales en una construcción?

VALORACIÓN	Nº DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
MUCHO	263	83%
POCO	49	16%
NADA	4	1%
TOTAL	316	100%

Tabla #9: Resultado de la pregunta #8

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

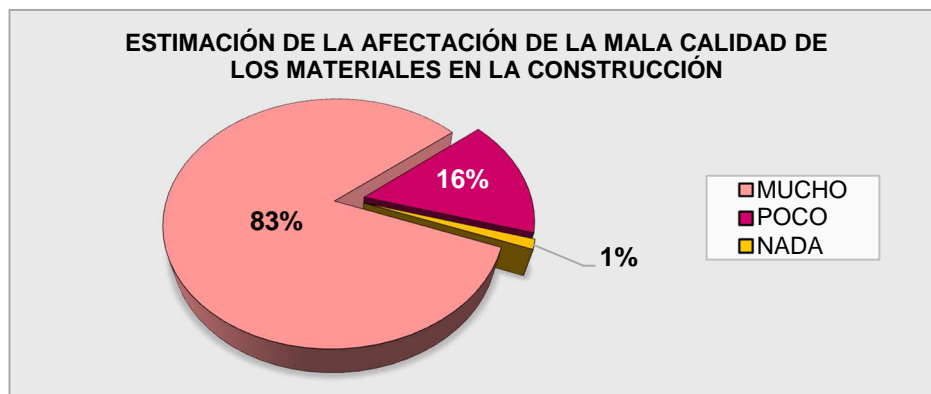


Gráfico #15: de tabla #8
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

En el gráfico #13, los Constructores expresan en un alto porcentaje que uno de los factores que afecta mucho en la construcción es la mala calidad de los materiales utilizados en obra, debido a que ciertos encargados no verifican la procedencia de los mismos, realizan dosificaciones erradas, se los manipula de forma inadecuada o simplemente optan por la economía de los materiales de baja calidad los cuales le atribuyen poca estabilidad a la edificación.

9. Según Ud., ¿Qué tanto ha influido la mano de obra en la seguridad de las edificaciones que colapsaron durante el movimiento sísmico?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
MUCHO	275	87%
POCO	35	11%
NADA	6	2%
TOTAL	316	100%

Tabla #10: Resultado de la pregunta #9
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

En el gráfico #14 la gran mayoría de los profesionales encuestados señalaron que otro de los factores que ha influido mucho en las edificaciones que

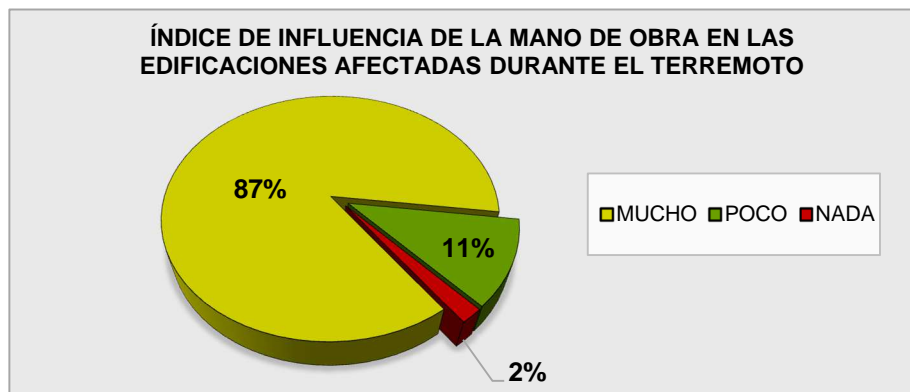


Gráfico #16: de tabla #9
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

colapsaron en el terremoto es la influencia de la mano de obra no calificada, puesto que en muchas ocasiones, el personal encargado de la obra no toma en consideración el control de evaluación y experiencia de sus operarios.

10. ¿Cuáles fueron los factores que más influyeron en el colapso de las edificaciones durante el terremoto?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
FALLAS EN TÉCNICAS DE MATERIALES	19	6%
MANO DE OBRA INADECUADA	27	9%
INCUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS	54	17%
ESCAZA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE SUELO	192	61%
INCONCIENCIA CIUDADANA	23	7%
TOTAL	315	100%

Tabla #11: Resultado de la pregunta #10
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

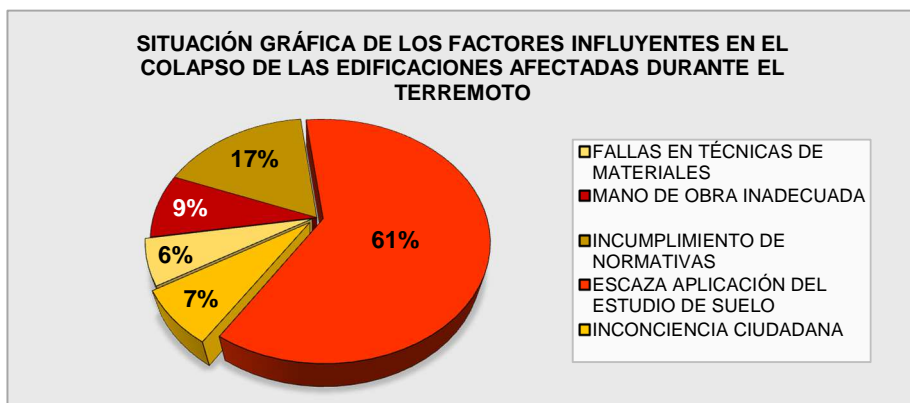


Gráfico #17: de tabla #10
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Investigadora

Según los porcentajes del gráfico #15, la mayor parte de los constructores encuestados, ponen en manifiesto según su criterio, que el factor que más ha influido en el colapso de las edificaciones ha sido la escasa y el poco interés en la aplicación de los estudios de suelo, donde se ha edificado sin el debido conocimiento de su comportamiento y resistencia, sin imaginar que este factor sería el motivo de muchas pérdidas humanas y materiales.

11. ¿Qué tipo de valoración le daría Ud. al comportamiento de los elementos estructurales de las edificaciones afectadas por el terremoto?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
MUY ADECUADO	2	1%
POCO ADECUADO	33	10%
INADECUADO	281	89%
TOTAL	316	100%

Tabla #12: Resultado de la pregunta #11

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

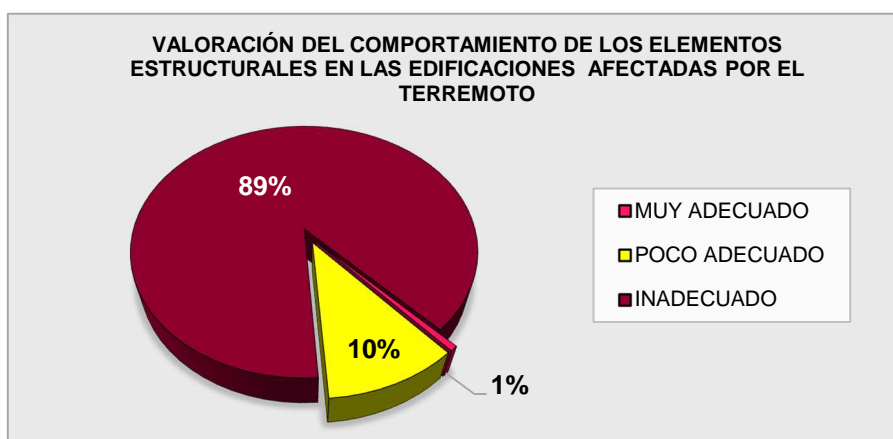


Gráfico #18: de tabla #11

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Con el gráfico #16 se logra evidenciar con un dominante porcentaje lo expresado por los profesionales con relación al comportamiento inadecuado que tuvieron los elementos estructurales en las edificaciones que fueron afectadas por el terremoto del 16 de abril, debido a la pérdida de resistencia del suelo, una de las fallas principales.

12. ¿De cuántos niveles usted recomienda que se construya una edificación en el área de estudio?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
UNA PLANTA	16	5%
DOS PLANTAS	156	49%
TRES PLANTAS EN ADELANTE	144	46%
TOTAL	316	100%

Tabla #13: Resultado de la pregunta #12

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

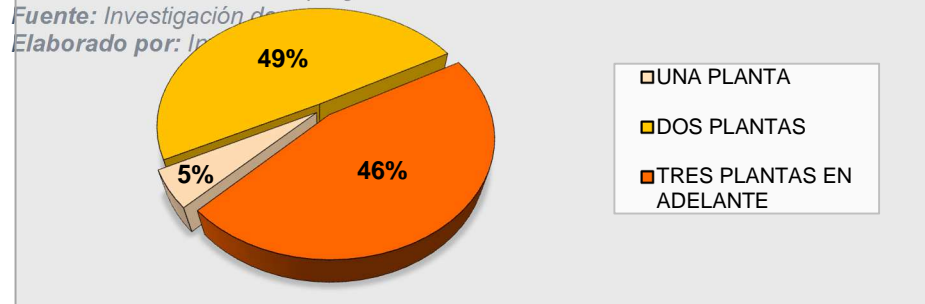


Gráfico #19: de tabla #12

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Los Profesionales ponen en manifiesto sus conocimientos y experiencias al construir una edificación según el número de pisos. En el gráfico #17 se muestra un mayor porcentaje donde ellos recomiendan la construcción de tres plantas en adelante, para poder densificar el suelo territorial; pero tomando en cuenta los requerimientos de calidad y seguridad recomendados para el caso.

13. Según Ud., ¿Qué tipo de estructuras son recomendables para soportar las fuerzas de un evento sísmico?

VALORACIÓN	N° DE ENCUESTADOS	PORCENTAJE %
METÁLICA	149	47%

HORMIGÓN ARMADO	71	23%
CAÑA GUADUA	67	21%
MIXTAS	29	9%
TOTAL	316	100%

Tabla #14: Resultado de la pregunta #13

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

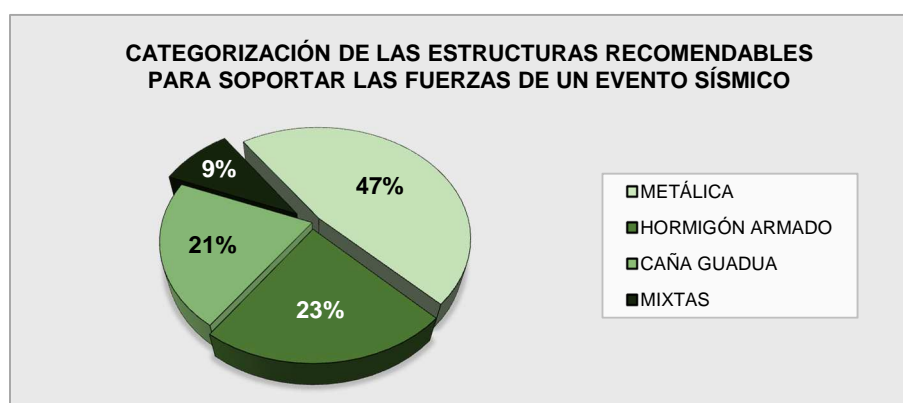


Gráfico #20: de tabla #13

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Los resultados expuestos en el gráfico #18 han sido emitidos por profesionales con experiencia en el tema, donde su gran mayoría indica que en una edificación las estructuras metálicas son las más recomendables para soportar las fuerzas de un evento sísmico. Sin embargo, recalcan que los demás sistemas constructivos también son apropiados, siempre y cuando se respeten y se hagan cumplir las normativas de seguridad y calidad exigidas por el contexto.

2.5. Interpretación de resultados

Con relación a los resultados del análisis que fueron adquiridos en la investigación de campo, junto con la información bibliográfica, así como las opiniones vertidas por la ciudadanía de la zona en estudio y los Profesionales Constructores; se determina lo siguiente:

La problemática estudiada tiene su origen en el comportamiento no idóneo que tuvieron las edificaciones afectadas en el área de estudio durante el terremoto del 16 de abril, como consecuencia del incumplimiento de las normativas de la construcción, donde cada uno de los factores manifestados

en la presente investigación, han influido de forma directa a dicha problemática.

Dentro de los factores ya enunciados, existe un valor estimado del 39%, que representa un nivel alto de la angustia vivida por la ciudadanía durante el terremoto con respecto a la seguridad que debía brindar sus edificaciones, ya que muchos de ellos desconocían el comportamiento que podía tener la estructura de la misma, llegando a pensar que podían morir aplastados al no haber evacuado a tiempo y ponerse a buen recaudo, poniendo en riesgo su vida y la de los suyos, en el caso de haber colapsado su edificación.

Debido a todas estas sensaciones vividas, se concluye que la ciudadanía no se encuentra preparada para sobrellevar una situación como ésta, debido a que las autoridades competentes no prepararon a tiempo a la mencionada población ante la presencia de un posible evento natural, ya sean con capacitaciones, charlas y simulacros para el efecto.

Esta situación, le proporcionó varios daños a la integridad de la ciudadanía, en donde el 66% que equivale a un nivel muy elevado, fue afectado emocionalmente, debido al desconocimiento de saber a ciencia cierta la seguridad que le brindaba su vivienda. Aún se siguen manifestando estos daños emocionales, ya que existen muchas viviendas con daños severos que no han sido reparadas y con las constantes réplicas registradas hasta la actualidad, generan preocupación ante el posible riesgo de caer sobre ellos.

Ante lo ya expuesto, es trascendental mencionar que no existen evidencias de planes, medidas, estrategias o intervenciones para contrarrestar los efectos emocionales en la ciudadanía, los cuales han sido proporcionados por el terrible suceso acaecido el 16 de abril del presente año.

Es menester indicar, que ante la situación palpada, producto de la fuerza de la naturaleza, el 67% equivalente al mayor porcentaje de la ciudadanía, indicaron que esperan que su edificación tenga un comportamiento apropiado, con buena resistencia, para garantizar la vida de propios y extraños durante una eventualidad sísmica, evitando así más pérdidas humanas y materiales.

Según la experiencia vivida durante el sismo del 16 de abril, la mayor parte de la población evidenciada en un 46% pone en manifiesto el gran interés por construir su edificación aplicando el sistema constructivo de caña guadua, ya que según ellos, este sistema le puede garantizar mayor seguridad a su integridad y a la de los suyos. Sin embargo, es menester devolver la confianza al sistema constructivo tradicional, donde las autoridades de turno controlen de manera estricta el fiel cumplimiento de las normativas de seguridad y calidad en la construcción.

Cabe recalcar que la proyección de estas nuevas edificaciones según sus dueños sería solo de un piso, es decir, tipo "Villa", debido al temor por lo ya sucedido de vivir en una edificación con mayor número de pisos y construidas con hormigón armado, ya que las losas pueden colapsar y desplomarse todo el inmueble sobre ellos.

Este acontecimiento, ha generado algo de conciencia en ciertos ciudadanos que necesitan construir nuevamente sus edificaciones, donde el 82% expresado en un elevado porcentaje, nos muestra que se dará prioridad a la contratación de profesionales ya sean Arquitectos o Ingenieros, para poder garantizar el desarrollo idóneo del proceso constructivo. Por tal situación, las autoridades deberían ser más exigentes en cuanto a la responsabilidad de los profesionales de la construcción.

Sin embargo, aún existe preocupación por los ciudadanos que optarían por contratar a personas no calificadas para la construcción de sus edificaciones, lo cual, no le garantiza recibir una obra de buena calidad, poniendo en riesgo la vida de sus ocupantes.

Con relación a las opiniones vertidas por Profesionales Constructores, el 80% equivalente a la gran mayoría de ellos, manifestaron que es muy indispensable la presencia de un profesional capacitado que pueda ejercer el control de una construcción para llevar a cabo el desarrollo de cada proceso de manera eficaz, ya que varias edificaciones en el área de estudio,

colapsaron por no haber tenido el control necesario de un técnico durante su proceso constructivo, dejándolo en manos de personas no capacitadas.

Cabe mencionar, que las autoridades municipales juegan un papel muy importante con respecto al monitoreo del fiel cumplimiento de normativas y recomendaciones técnicas.

Durante los últimos cinco años, la mayor parte de estos Profesionales Constructores expresado en un 71%, sólo han recibido capacitación en proyectos arquitectónicos, a diferencia de las capacitaciones en reparaciones, refuerzos de estructuras y normas de seguridad en obra, no han tenido mayor acogida debido a que las consideraban innecesarias en sus líneas de trabajo antes de ocurrir el terremoto del 16 de abril, el cual conllevó a cambiar sus ideologías y proyectar la realimentación de sus conocimientos hacia estas temáticas de gran importancia, que harán posible la reconstrucción de varias ciudades.

Ante el índice alto de afectación que tuvieron las edificaciones en el área de estudio, varios Profesionales Constructores expresan en un elevado porcentaje, manifestado en el 83%, que uno de los factores que ha influido mucho en la construcción es la mala calidad de los materiales utilizados en la obra, debido a que en diversas situaciones, ciertos encargados no verifican la procedencia de los mismos, realizan dosificaciones erradas, se los manipula de forma inadecuada o simplemente optan por la economía de los materiales de baja calidad, los cuales le atribuyen poca estabilidad a la edificación.

Otro de los factores que ha influido considerablemente en las edificaciones que colapsaron en el terremoto del 16 de abril, es la influencia de la mano de obra no calificada según, las versiones vertidas por la mayoría de estos Profesionales Constructores equivalente al 87% de ellos, donde indican que en muchas ocasiones, el personal encargado de la obra no toma en consideración el control necesario de evaluación y experiencia de sus operarios, lo cual no garantiza una buena calidad en el resultado final de la construcción.

El 61% correspondiente a la mayoría de estos profesionales de la construcción, ponen en manifiesto según su criterio, que uno de los factores que más ha influido en el colapso de las edificaciones, ha sido la escasa y el poco interés en la aplicación de los estudios de suelo en cada inmueble, donde se ha edificado sin el debido conocimiento de su comportamiento y resistencia, sin imaginar que este factor sería el motivo de muchas pérdidas humanas y materiales.

Se logra evidenciar con un dominante porcentaje del 89%, lo expresado por los Constructores con relación al comportamiento inadecuado que tuvieron los elementos estructurales y no estructurales en las edificaciones que fueron afectadas por el terremoto del 16 de abril, debido a los diversos factores que han originado un sin número de fallas en los mencionados inmuebles del sector en estudio.

Para la construcción de una nueva edificación en la zona analizada, los profesionales ponen en manifiesto sus conocimientos y experiencias para determinar y recomendar el número de pisos según factores como el peso, resistencia del suelo, entre otros; enunciando la mayoría de ellos en un 49% la recomendación de la construcción de tres plantas en adelante, para poder densificar el suelo territorial; pero tomando en cuenta los requerimientos de calidad y seguridad recomendados para el caso.

De acuerdo al tipo de estructuras que debe recomendarse para soportar las fuerzas de un evento sísmico, la mayoría de los Constructores Profesionales expresado en un 47% con experiencia en el tema, han emitido su criterio, estableciendo que en una edificación, las estructuras metálicas son las más recomendables, atribuyéndole a la construcción ventajas como mayor resistencia, menos peso, esbeltez, ligereza, entre otros.

Sin embargo, recalcan que los demás sistemas constructivos también son apropiados, siempre y cuando se respeten y se hagan cumplir las normativas de seguridad y calidad exigidas por el contexto.

Es importante tener presente el ya mencionado comportamiento del suelo, puesto que, según los análisis realizados por profesionales peritos en estos requerimientos, antes del sismo del 16 de Abril del 2016, el suelo en la parroquia Tarqui tenía una capacidad portante de 8 y 10 toneladas/m², actualmente presenta de 4 a 6 toneladas/m²; donde se concluye, que ha perdido alrededor del 50% de resistencia como consecuencia del evento sísmico. Al expandirse las capas superiores de estos suelos, se produce la pérdida de resistencia.

2.6. Pronóstico

Ante la situación evidenciada, es importante mencionar que hay un grado de complicación con respecto a la realidad que vive en la actualidad la población del sector en estudio, con respecto a la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales en edificaciones que colapsaron totalmente, donde ellos aspiran volver a reconstruir sus inmuebles pero lastimosamente aún no reciben la ayuda necesaria, atribuyéndole una preocupación constante a estos ciudadanos ante el temor de no recuperar lo que perdieron la noche del 16 de abril del 2016.

Vale indicar que si se sigue construyendo como se lo ha venido realizando, sin considerar el estudio del suelo que determine las características del mismo; contratando personal no calificado, atribuyéndole a la obra una mala calidad de materiales constructivos, las edificaciones van a seguir colapsando y la seguridad de la población en general, cada vez va a disminuir más, en consideración a la calidad de las construcciones.

Cabe recalcar que, si el Gobierno Municipal no toma las medidas correctivas pertinentes para exigir y hacer cumplir las normativas técnicas de construcción, pero sobre todo, haciendo énfasis en que si no existe el personal capacitado que controle minuciosamente los procesos constructivos, las edificaciones van a presentar defectos que pueden terminar en daños irreparables y sin la garantía correspondiente de permanencia en el transcurso del tiempo.

Si la ciudadanía no entra en conciencia, de que se está jugando la integridad física y emocional de ellos, la de sus familiares y de la colectividad en general, entonces, por cada eventualidad sísmica que se presente en el territorio, ocurrirán más pérdidas humanas y pérdidas materiales; y es entonces, donde no debería existir la posibilidad de lamentarse.

2.7. Comprobación de Idea a Defender

VARIABLE	PREGUNTAS	RESULTADOS	BRECHA
INCUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN	¿Qué tipo de sensación referente a la seguridad de su edificación, tuvo durante los 50 segundos que duró el movimiento telúrico?	El 28% de la población, tuvo varias sensaciones con respecto a la seguridad de su edificación, como desesperación, preocupación e impotencia debido a la situación experimentada.	El 72% equivalente a la mayor parte de la población, enfatiza haber sentido mucha angustia y miedo; concluyendo, que ninguno de ellos se encuentra preparado para soportar este tipo de eventos.
	Según Ud. ¿Cuál fue el mayor daño que le proporcionó el evento sísmico a su integridad?	El 10% de la población, manifestó que el sismo le proporcionó daños físicos como golpes, heridas y fracturas; debido al colapso de los inmuebles donde se situaban aquella noche.	El mayor porcentaje corresponde al 90% de los afectados en la parte psicológica - emocional, debido al miedo ante el desconocimiento de la seguridad que le brindaba su vivienda.
	¿Cuál es el comportamiento que Ud. espera de su edificación, durante un movimiento sísmico?	Sólo el 5% de los ciudadanos encuestados, al menos espera que su edificación permita ser reparada posteriormente.	El 95% de la población espera que su inmueble posea un comportamiento adecuado con mayor resistencia y que permita evacuar durante un sismo, para poner a buen recaudo a sus ocupantes.
	Si, tuviera la oportunidad de construir nuevamente su edificación, ¿Qué tipo de sistema constructivo aplicaría?	El 25% de los habitantes, indicaron que les gustaría construir su inmueble con el sistema tradicional y mixto, debido a que, si se lo construye de forma correcta, le proporciona muchas ventajas.	Según la experiencia vivida de la población en el sismo, el 75% muestra su interés por construir su inmueble con caña guadua y madera; donde ésta, sea de un solo piso por temor a un nuevo sismo.
	Al construir de nuevo su edificación, ¿A qué tipo de personas contrataría para el desarrollo del respectivo proceso constructivo?	El 18% de la ciudadanía encuestada, mencionó que para la construcción de su inmueble contrataría a los conocidos maestros y albañiles, ya que tienen mucha confianza en sus trabajos.	El 82% de la población manifiesta que al construir de nuevo sus edificaciones, la realizarán bajo el mando de un profesional, para garantizar el desarrollo idóneo del proceso constructivo.

Tabla #15: Variable Independiente

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

VARIABLE	PREGUNTAS	RESULTADOS	BRECHA
FALLAS ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES	¿Qué tan indispensable es la presencia de un profesional técnico en el control de una construcción?	El 20% de los Profesionales opinó que no es muy indispensable la presencia del técnico para controlar una construcción siempre y cuando exista mucha confianza entre el jefe y sus trabajadores.	El 80% restante manifestó que es muy indispensable la presencia de un profesional capacitado que pueda ejercer el control de una obra, garantizando el desarrollo del proceso.
	¿Qué tipo de capacitación profesional ha recibido durante los últimos cinco años?	Sólo el 29% de los Constructores indicó que se han capacitado en temas de reconstrucción y normas de seguridad debido a que han sido obligatorias por cuestiones de trabajo.	El 71% restante enfatizó haberse capacitado en proyectos arquitectónicos, ya que la reconstrucción y normas de seguridad, antes del terrible suceso no tenían mucho éxito.
	¿En qué medida cree Ud. que afecta la mala calidad de los materiales en una construcción?	El 17% de los Profesionales señaló que la calidad de materiales no afecta en gran medida a la construcción, ya que existen otros factores que si afectan terriblemente como el suelo.	Mientras el 83% aseguró que la mala calidad de los materiales si afecta mucho en la construcción ya que no garantiza su seguridad, calidad y durabilidad al 100%.
	Según Ud., ¿Qué tanto ha influido la mano de obra en las edificaciones que colapsaron durante el movimiento sísmico?	Sólo el 13% de los Constructores encuestados mencionan que la mano de obra no ha influido mucho en las edificaciones que colapsaron ya que la problemática ha sido al tipo de suelo.	El 87% indica que la mano de obra no calificada ha influido mucho en el colapso de los inmuebles, ya que no se ha tomado en cuenta el nivel de experiencia de sus operarios.
	¿Cuáles fueron los factores que más influyeron en el colapso de las edificaciones durante el terremoto?	Según el 39% de los Constructores, alude que el incumplimiento de normativas, mano de obra inadecuada y la inconciencia ciudadana, han influido en el colapso de varios inmuebles.	El 61% de los encuestados expresó que el factor más influyente en el colapso de los inmuebles ha sido la escasa y el poco interés en la aplicación de los estudios de suelo.
	¿Qué tipo de valoración le daría Ud. al comportamiento de los elementos estructurales de las edificaciones afectadas por el terremoto?	El 11% señaló que el comportamiento de los elementos estructurales de los inmuebles afectados ha sido algo adecuado, ya que al menos, a ciertas personas les permitió evacuar durante el sismo.	El 89% de los Constructores indicó que el comportamiento de los elementos estructurales de las edificaciones afectadas ha sido inadecuada, ya que la mayoría de ellas colapsó.
	¿De cuántos niveles usted recomienda que se construya una edificación en el área de estudio?	Según el 5% de los Profesionales recomendó construir en el área de estudio inmuebles de un nivel, y así evitar que otro sismo provoque colapsos donde ocasione pérdidas humanas y materiales.	El 95% de los Profesionales recomendó construir en el área de estudio edificaciones con pisos superiores a 2 niveles, para poder densificar el suelo territorial.
	Según Ud., ¿Qué tipo de estructuras son recomendables para soportar las fuerzas de un evento sísmico?	El 30% de los Constructores encuestados recomendó la aplicación de estructuras de caña guadúa y mixtas para soportar las fuerzas sísmicas, siempre y cuando, estén bien concebidas.	Mientras el otro 70% de los Constructores, recomendó la utilización de las estructuras metálicas y de hormigón armado para soportar las fuerzas sísmicas, por su rigidez y estabilidad.

Tabla #16: Variable Dependiente

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigadora

Tal como se lo expresó con antelación existe un alto nivel de complicación con respecto a las fallas estructurales de las edificaciones afectadas en el área de estudio y sus factores que influyen de manera negativa, como consecuencia del incumplimiento de las normativas de construcción, el mismo que ha llevado a la búsqueda de varios componentes que han sido el origen de esta situación problemática, estableciendo el nivel de afectación que provocan sobre la integridad, la seguridad y la condiciones de vida de propios y extraños.

Ante los resultados derivados de las encuestas realizadas a la población y a los Profesionales Constructores por medio de la investigación de campo, se pudo establecer en las anteriores tablas y gráficos, varios de los factores negativos entre ellos la pérdida de resistencia del suelo, que han influido en las fallas estructurales de las edificaciones afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016, debido al incumplimiento total o parcial de las normativas de construcción.

Ante tal razón, la idea que orientó y delimitó esta investigación, cuyo enunciado manifiesta “La inobservancia total y parcial de las normativas técnicas constructivas en las edificaciones asentadas en el barrio Jocay de la ciudad de Manta llevaron al colapso de las mismas en el terremoto del 16 de Abril del 2016 ocasionando lamentables pérdidas humanas y daños materiales de gran magnitud.” ha sido comprobada en su totalidad.

Ante la realidad presentada, es importante establecer la aplicación de planes, estrategias, medidas, que ayuden a prevenir y mitigar el riesgo en las zonas sísmicas y a la erradicación de más pérdidas humanas y materiales; sin dejar a un lado la importancia de la conciencia ciudadana, ya que aún, no le es posible aceptar que vivimos en un país altamente sísmico.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA

3.1. Lineamientos de acciones para la prevención y reducción del riesgo sísmico en las edificaciones.

Con el propósito de prevenir y reducir los riesgos que se han evidenciado en el diagnóstico de la investigación de campo, se exponen a continuación los lineamientos a tomar en consideración durante el proceso constructivo y en la reconstrucción de las edificaciones afectadas por el terremoto del 16 de abril, emplazadas en el área de estudio de la presente investigación.

A partir de lo determinado en la investigación analizada, es menester tomar en cuenta que luego de un acontecimiento como este, se debe realizar la debida reparación, donde las mismas deben ejecutarse en función de los conocimientos técnicos por parte de las personas capacitadas y autorizadas, cuyos lineamientos se exponen a continuación:

3.1.1. Reconstrucción de edificaciones.

Refuerzo en cimentaciones

En función de las fallas por asentamiento en la cimentación, se recomienda su reparación de la siguiente manera:

Se construyen vigas de cimentación en hormigón reforzado o en el reemplazo de las varillas de refuerzo que han sido afectadas. Para esto, se recomienda el uso de conexiones mecánicas. A continuación se expone su ejecución:

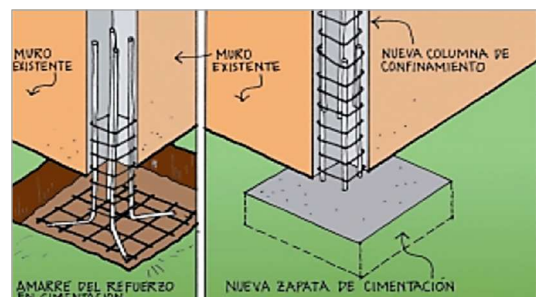


Imagen #39: Refuerzo en Cimentaciones

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

- Se debe excavar a lo largo del muro, a una distancia aproximada de 10cm en cada lado, con el objetivo de ubicar la viga de cimentación.
- El segmento del muro que se halla empotrado en el suelo, se debe picar para poder colocar el refuerzo necesario, donde traspase a la nueva viga de cimentación.
- Hay que tener mucha precaución en la colocación del refuerzo, para el cual, debe comprobarse la disposición del mismo.
- Al instante, se colocan las formaletas y se procede a la fundición del elemento teniendo la precaución de realizar un apropiado vibrado, para evitar que aparezcan hormigueros.
- El nuevo elemento debe curarse según las correspondientes indicaciones.

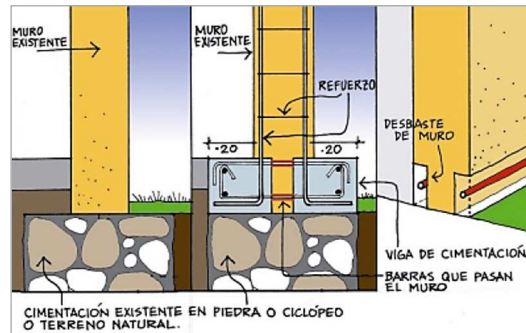


Imagen #40: Sección de Refuerzo en Cimentación
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Control de calidad: El hormigón y el acero deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad. Además deben seguirse las indicaciones referentes a la cimentación.

Refuerzos en estructuras

En el caso de presentarse debilitamiento en las columnas, se recomienda aplicar los siguientes métodos:

Encamisado de hormigón reforzado:

Cuando el refuerzo de un elemento estructural se efectúe por medio de su encamisado con concreto reforzado, es necesario preparar la superficie del elemento para poder garantizar una excelente adherencia entre el

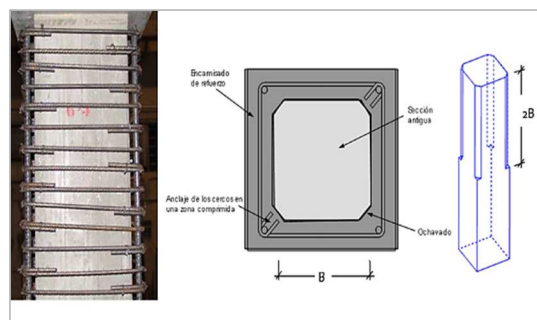


Imagen #41: Encamisado de hormigón reforzado
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

hormigón nuevo y el viejo, además de evitar roturas por contracciones volumétricas durante el proceso de fraguado.

Cuando el encamisado no sea completo, se deberá comprobar la necesidad de colocar elementos de conexión, para garantizar la transmisión de los esfuerzos cortantes entre la camisa y el elemento a reforzar. A continuación, se expone el proceso de ejecución:

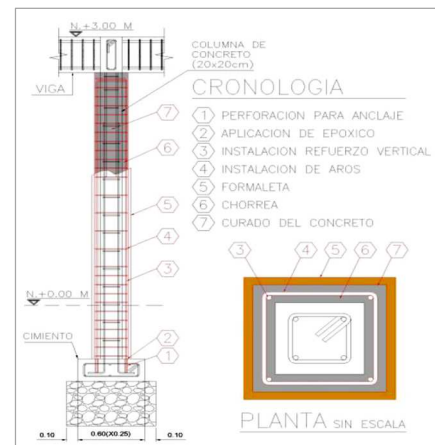


Imagen #42: Corte de Columna Encamisado de hormigón reforzado
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- Picar el suelo, los falsos techos y revestimientos en el área que ocupará el encamisado de hormigón.
- Eliminar las partes sueltas del hormigón.
- Se picarán las esquinas con un martillo a 45° aproximadamente.
- Se colocará la armadura marcada en la imagen #113. Cabe recalcar, que no es necesario enlazar la armadura longitudinal a los elementos superiores ni a los inferiores.
- Se realizará el encofrado de modo que la columna, quede recrecida de 5 a 10 cm en cada lado.

Encamisado metálico: Los refuerzos metálicos se aplican para reforzar columnas de hormigón. Antes de efectuar el refuerzo, es necesario examinar la entrada en carga del refuerzo y la resolución de los nudos del suelo. Se detalla a continuación el proceso constructivo de este sistema.

- Picar el suelo y los falsos techos y revestimientos en al área de apoyo de la estructura metálica en cabeza y pie para que haya un contacto directo con la estructura portante existente.
- Saneamiento de la columna afectada, eliminando las secciones sueltas y, en la parte superior, disposición de mortero tixotrópico con pendiente para poder facilitar la purificación del mortero de inyección posterior.

- Colocar una capa de mortero autonivelante en su base, para el apoyo de los perfiles angulares sobre los que descansa la estructura metálica.
- Disposición, aún incompleta del forro de chapa, con disposición tipo L o en U, en función de la geometría y accesibilidad de la columna.
- La soldadura será de perspíca completa, para aseverar la contribución de las chapas en sentido perpendicular.
- Se colocarán los angulares en la cabeza de la columna que constituyen el apoyo superior de la estructura de refuerzo. Éstos irán soldados a la camisa de chapa, colocadas anteriormente.
- Inyección del mortero a partir de una perforación situada en la parte inferior, con purificación en la parte superior, ubicada en el punto más alto del orificio superior.

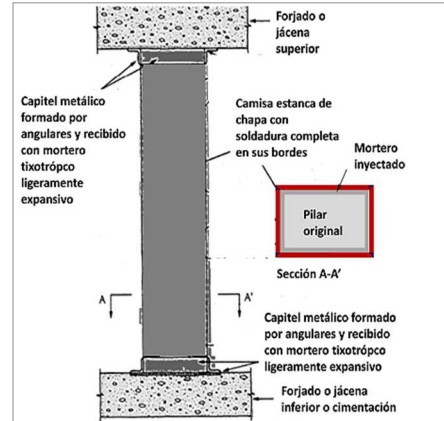


Imagen #43: Corte de Columna Encamisado Metálico
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Empresillado Metálico:

Son bandas de acero que se adhieren a la estructura mediante pernos. Los mismos que transmiten las fuerzas de corte de la viga a la losa en compresión, según el caso. Se emplean sistemas de anclajes con adhesivos. Es necesario que los pernos de anclaje posean una apropiada resistencia a la corrosión. Este sistema posee las siguientes ventajas, ya sea por su uso, precio e instalación:

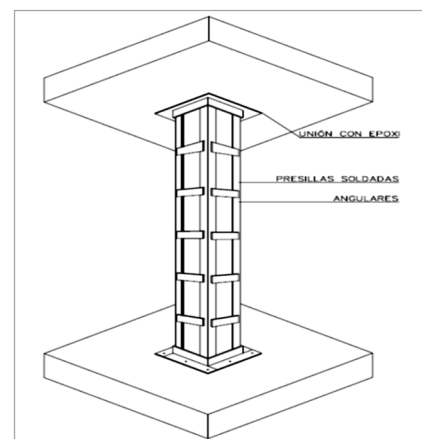


Imagen #44: Empresillado Metálico
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- Alta resistencia a la tensión.
- Poco espesor.

- La longitud de las platinas es limitada, y de difícil manejo. Requieren de traslapes y juntas.
- Su capacidad de carga es en cualquier dirección y el comportamiento a fatiga es apropiado.
- El costo del material es económico.

Preparación de la superficie: Saneado general de la superficie, para descartar posibles relieves.

En las columnas rectangulares, se procederá a desbastar la superficie de los bordes por medios mecánicos, para facilitar la instalación de los angulares.

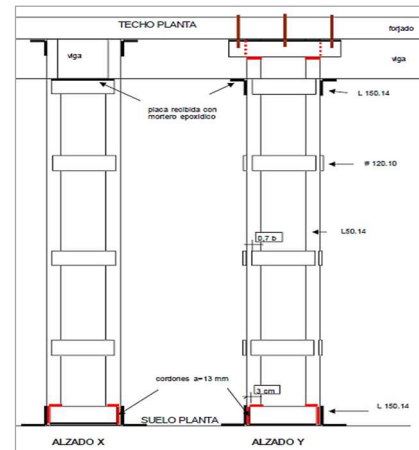


Imagen #45: Empesillado Metálico
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Colocación de collarines: Se lo coloca en base y cabeza; angulares metálicos en las columnas rectangulares y en las circulares placas metálicas, recibidos con mortero epóxico en la superficie.

Colocación de los perfiles: Columna rectangular: instalación de los angulares metálicos nivelados con los collarines y recibidos con mortero epoxídico en toda su superficie.

Columna circular: instalación de 2 perfiles semicirculares con mortero epoxídico en la superficie y soldados con 2 cordones verticales continuos.

Reparaciones de fisuras leves en estructuras

Columnas

- Picar el área afectada hasta obtener una figura geométrica regular, tratando de no comprometer la armadura de la columna, donde ésta debe quedar vista, y libre de mortero.

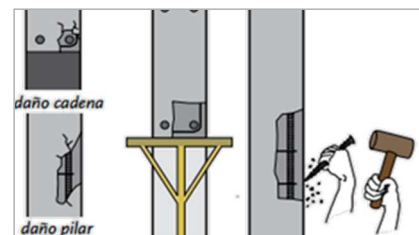


Imagen #46: Picado del área afectada
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- Es por ello, que se limpia la armadura con una escobilla de acero, y así retirar todo el material suelto y limpiar el polvo de la cavidad, de preferencia con un equipo de aire a presión. Dependiendo de la gravedad del daño, en algunos casos será necesario usar moldes, como en la imagen #119.

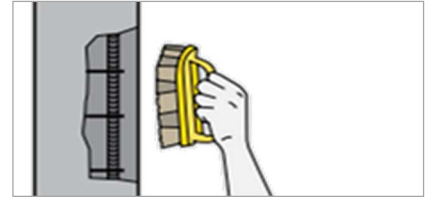


Imagen #47: Limpieza del área afectada
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- Colocar el molde, dejando libre una de sus caras.

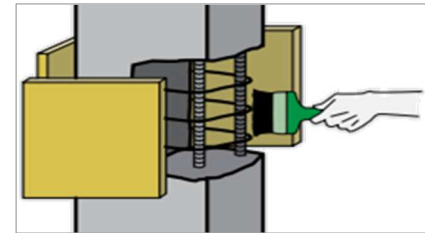


Imagen #48: Encofrado de Madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- Recubrir toda la superficie de hormigón, cuidando de no contaminar la armadura. Durante el lapso de endurecimiento de la resina, colocar la cara frontal del molde que debe tener arriba, una ranura tipo buzón que permita verter el hormigón, cuya resistencia debe ser mayor que la de la estructura afectada. Es importante compactar con una varilla de acero.

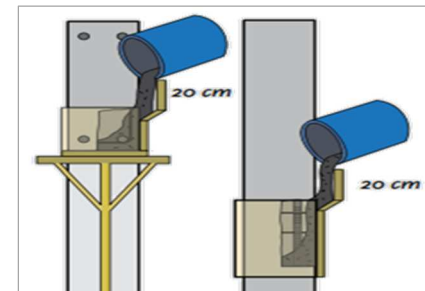


Imagen #49: Vaciado del hormigón
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

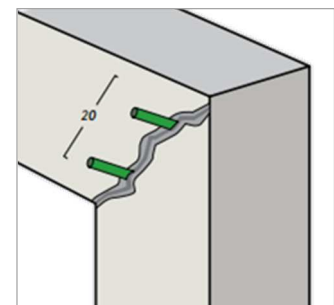
- Pasadas las 72 horas, se retira el molde y el hormigón sobrante. Humectar el hormigón dos veces al día durante 10 días. Luego de 14 días dar la culminación requerida.



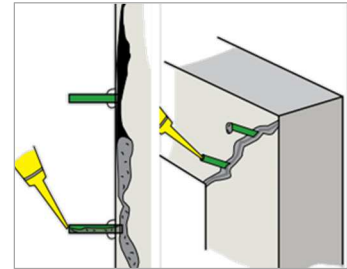
Imagen #50: Retiro de molde y sobrantes
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Vigas

- Cuando el elemento esté enlucido, desbastar el área afectada.
- Limpiar las fisuras por medio de aire a presión, con el fin de eliminar material suelto.
- Colocar las boquillas a una distancia de 20 cm entre una y otra, unidas con la masilla epóxica. El entorno de la fisura no debe estar húmedo



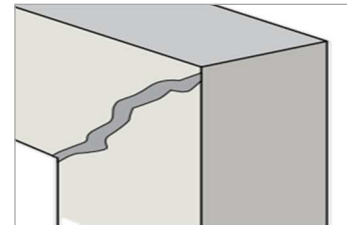
- Con masilla epóxica, sellar la fisura en todo su proceso y en todas las caras presentadas.
- Inyectar a presión la formulación epóxica por una de las aberturas, preferiblemente la que esté más abajo. Una vez que la resina sea expulsada por la boquilla, taponear la boquilla inicial y continuar la inyección por la siguiente boquilla, y así hasta completar el total de inyecciones.



*Imagen #51: Inyección en Vigas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

La preparación de las formulaciones epóxicas, debe regirse a la especificación del fabricante. Una dosificación incorrecta de resina y endurecedor afecta mucho a sus propiedades mecánicas.

- Después de 72 horas retirar las boquillas y dar la terminación superficial de acuerdo a los requerimientos arquitectónicos.

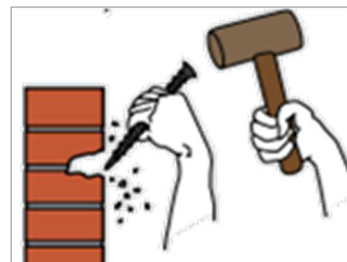


*Imagen #52: Reparación de Vigas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

Reparaciones de Mamposterías:

Reparación de fisuras en paredes

- Utilizando un cincel y martillo, se pica la grieta con un ancho de 5 a 7 cm por una de las caras del muro, con 5 cm de profundidad.
- Sacar el material suelto y limpiar el polvo, preferiblemente con un equipo de aire a presión. Si no se posee este equipo, usar una escobilla.
- Mezclar el mortero pre dosificado, con la cantidad de agua manifestada por el fabricante.



*Imagen #53: Reparación de fisuras
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

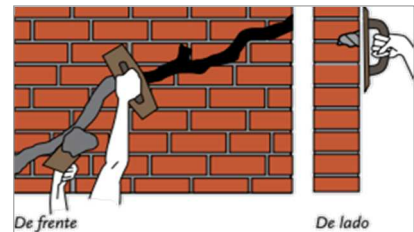
- Ante tal situación, se recomienda emplear el puente adherente con una brocha sobre la superficie a reparar. Si no se dispone de puente adherente, se puede humectar la superficie con un chorro de agua a presión.



*Imagen #54: Reparación de Vigas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

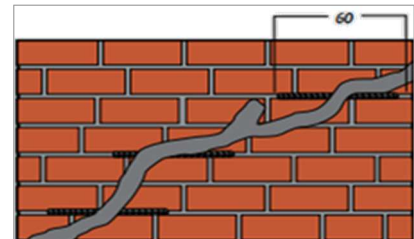
- Con una llana, colocar el mortero de reparación a lo largo de la fisura, presionando hacia el interior para garantizar una adecuada compactación y llenado.

- Luego de 72 horas repetir la operación por la otra cara del muro. Humectar la zona reparada al menos dos veces al día mediante riego. Después de 10 días, terminar la reparación empleando el revestimiento final, si procede.



*Imagen #55: Aplicación del mortero en fisuras
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

- Cuando sea necesario insertar armaduras, éstas se dispondrán al interior de las canterías horizontales cada dos o tres hiladas, en ambas caras, según lo mencione el técnico. La longitud de la barra será de 60 cm.



*Imagen #56: Pared Reparada
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

- Se debe clavar 4 cm hacia el interior de la cantería. Se puede cortar con un disco de corte. Colocar 0,1cm de mortero, ubicar la barra de 6 mm presionándola hacia el interior, de manera que quede embebida en el mortero.
- Después de 7 días repetir el proceso por la otra cara. Humectar el área reparada al menos 2 veces al día durante 1 semana. 10 días después de finalizado el curado, se puede dar la terminación final al muro.

Reparación de paredes: inyección de grietas con epóxicos

Consiste, en aplicar un agente de fijación estructural dentro de la grieta, con el objetivo de llenar y mejorar la adherencia entre los elementos de

mampostería. Varios materiales y métodos se pueden utilizar para la inyección de la fisura según los requerimientos.

- Antes de aplicar la inyección, debe removerse en su totalidad el material defectuoso a lo largo de la fisura. Estas pueden inyectarse por medio de puntos ubicados en la superficie del muro. Los puntos de inyección se sitúan a lo largo de la longitud de la

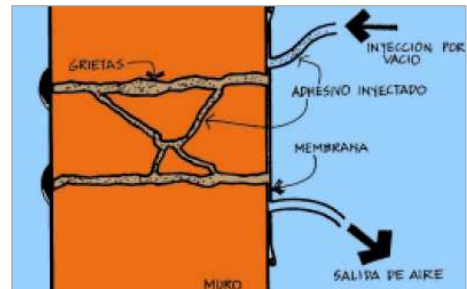


Imagen #57: Pared Reparada por inyección de grietas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- fisura y deben espaciarse a una distancia igual al espesor del muro, según la viscosidad del material de inyección y de las recomendaciones de su fabricante.

- Cuando se necesitan reparaciones que incluyan todo el espesor de la pared, se recomienda sellar ambas superficies a lo largo de la fisura.
- Antes de iniciar el proceso, debe haberse bombeado epóxico hasta que la mezcla sea uniforme. Las



Imagen #58: Inyección de grietas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- fisuras se inyectan empezando en la parte superior de las fisuras verticales y diagonales, cambiando al próximo punto de inyección una vez que el epóxico emerge en dicha ubicación.
- Se puede usar sistemas de inyección múltiple simultánea. Los puertos inyectados deben sellarse una vez terminado el proceso. Si es posible, se puede limpiar la superficie para remover y dispersar el sellante en exceso. La limpieza no se comienza hasta que el epóxico halla curado.

Reparación de daños por golpeteo

- Limpiar, hasta donde sea posible, la junta que aparta el edificio alto y las edificaciones de 2 plantas.

- Si una edificación alta se repara y se refuerza, será necesario que coloquen muros de corte de hormigón armado, para disminuir la deflexión lateral y el impacto directo sobre la edificación colindante.
- Es necesario acatar las Normas Ecuatorianas de la Construcción. Cada edificación debe retirarse del límite del terreno, según lo manifestado por las normas, y con relación a la altura que tendrá cada construcción.

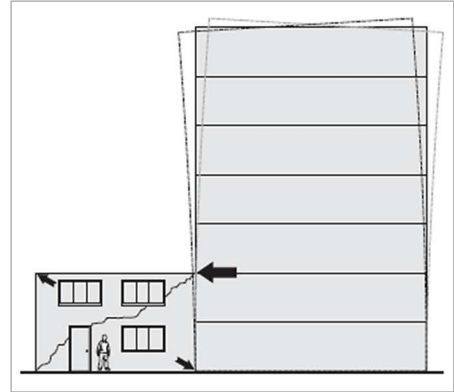


Imagen #59: Reparación por golpeo
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Reparaciones de paredes con Gypsum

Es un sistema que combina las placas de yeso con una estructura reticular liviana de acero galvanizado, en donde su proceso de fabricación y acabado, no necesitan de agua.

- Para la elaboración de la estructura, se utiliza acero galvanizado de calidad alta. Los canales son primordiales en la estructura, estas son piezas donde se apoyan y se atornillan los parantes, se instala verticalmente en la parte inferior para crear el marco de la estructura de

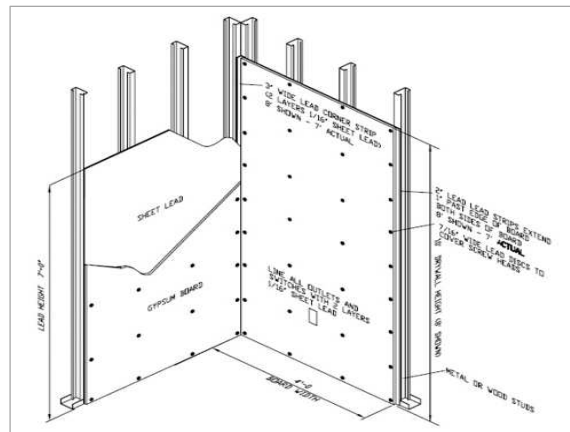


Imagen #60: Reparaciones con paredes de Gypsum
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- soporte de la pared, se sujetan al piso y en los cielos rasos.
- Los parantes, son perfiles alargados, galvanizados, dispuestos de forma vertical, sobre los cuales se colocan las placas de yeso.
- Una vez instaladas las placas de gypsum en las paredes, se deberán tapar las uniones con cinta de papel, tipo malla o pasta de gypsum.

- Para el acabado en las paredes se realizará el empaste, con alta calidad; para luego proceder a lijarlo hasta dejar la superficie fina, después, se le aplica pintura tipo látex o vinil acrílica del color deseado.

3.1.2. Proceso Constructivo de edificaciones.

a) Suelo

En función de la problemática analizada en el diagnóstico, con relación a la pérdida del 50% aproximadamente de la capacidad portante del suelo (resistencia) en el área de estudio; es importante, que antes de construir una determinada edificación, se realice un previo estudio de suelo, donde se desarrolle cada uno de sus procesos como las pruebas de campo, ensayos de laboratorio, donde se analizan las propiedades físicas y mecánicas del suelo, nivel freático, pruebas de compresión, capacidad portante, entre otros.

Con estos aspectos mencionados, se logra determinar el diseño de las cimentaciones si resulta ser apto para construir una edificación y de cuantos niveles se la puede efectuar, si se necesita de un cambio de suelo, o en el peor de los casos, que no se puedan construir edificaciones debido a la poca resistencia que ofrece el mismo, el cual, representa un índice alto de peligrosidad ante una posible eventualidad sísmica.

b) Cumplimiento de normativas

Ante la situación evidenciada durante el terremoto del 16 de abril, ciertas edificaciones del área de estudio sufrieron colapso debido al incumplimiento de las normativas de construcción; por ello, es necesario que las autoridades principales supervisen a diario cada uno de los procesos, donde se permita cumplir con las exigencias primordiales de calidad, seguridad y normas en todas las edificaciones como consecuencia de las particularidades del proyecto, la construcción, el uso y el mantenimiento; detallando parámetros, objetivos e instrucciones según los siguientes dictámenes:

- Determinar medidas mínimas de seguridad, salud y normas
- Perfeccionar los elementos de control y supervisión

- Puntualizar los principios del proyecto con niveles mínimos de calidad
- Disminuir el consumo, para mejorar la eficiencia energética
- Disputar por el cumplimiento de las normativas de construcción
- Establecer responsabilidades, obligaciones y derechos al personal implicado.

c) Control de obra

El poco interés y la ausencia del control en una obra de construcción por parte de sus autoridades encargadas, ha sido determinante en los daños presentados en las edificaciones del área de estudio. En función de la problemática analizada, se propone que las autoridades municipales realicen constantemente el respectivo monitoreo del fiel cumplimiento de normativas y recomendaciones técnicas en las construcciones, ya que juegan un papel muy trascendental dentro de ella.

Es importante considerar el control de tres parámetros fundamentales, como el costo, el tiempo y la calidad de los elementos que intervienen en la obra como los materiales, la mano de obra, la maquinaria y el dinero. Esta calidad se encuentra asociada con los planes y especificaciones técnicas.

Ante tal circunstancia, es necesario que durante el proceso constructivo, se efectúe la supervisión diaria del técnico contratado para verificar estos procedimientos según el cronograma planificado. Para que la obra se lleve a cabo con transparencia, calidad, claridad y eficiencia, es importante aplicar los principales controladores de obra como el libro de obra, la bitácora de obra, cronogramas, etc. Estos controles son fundamentales, para garantizar el correcto desarrollo de cada proceso.

d) Mano de obra

La mano de obra no calificada, es otro de los factores que ha influido en el colapso de algunas edificaciones de la zona analizada, por ende, es importante que dentro de las normativas de construcción, exista una cláusula donde se exija a las autoridades principales encargadas de la obra, que al

contratar a su personal de trabajo sea necesario evaluar sus conocimientos y a su vez, verificar la experiencia y el desempeño de los mismos; además del respectivo control y la supervisión diaria una vez contratados, para con ello, garantizar una buena calidad en el resultado final de una determinada construcción.

e) Calidad de Materiales

Sin lugar a dudas, la calidad de los materiales empleados en la construcción de algunas edificaciones afectadas durante el terremoto en la zona de estudio, ha sido otro de los factores que ha influido en el colapso de las mismas; ante tal situación, es de vital importancia tomar en cuenta los siguientes factores condicionantes para su elección:

- Verificar la procedencia de los materiales constructivos
- Su producción
- Su composición
- Cualidades estéticas apropiadas
- El factor económico
- La garantía
- Su respectiva manipulación, adecuada e idónea durante el traslado y en la obra
- Considerar el debido control de las dosificaciones a emplear, para garantizar que las mismas, sean las correctas
- La adecuada y correcta colocación o instalación

Todos estos factores mencionados, se deben tener presentes a la hora de elegir o seleccionar los materiales constructivos, para así en lo posterior obtener una edificación, que garantice una buena calidad.

f) Sistemas Constructivos Alternativos

Debido al nivel de afectación en las edificaciones durante el terremoto del pasado 16 de abril del presente año, es importante tener en consideración las bondades que ofrecen los sistemas constructivos alternativos que existen en

el mercado, y de qué manera se pueden aplicar en las nuevas construcciones. A continuación, se describen las respectivas características, ventajas y los procesos de estos sistemas constructivos alternativos:

CAÑA GUADUA

Es un material versátil, presenta cualidades apropiadas que lo distinguen de los demás materiales, ligereza, firmeza y solidez. Trabaja muy bien a la flexocompresión y a la tracción; es necesario que las estructuras se calculen como barras articuladas en los empates, ya que ninguno de éstos nudos se considera como una estructura aporticada.

La estructura pertenece a un material de alta tecnología: es estable, pero por sus cavidades son ligeros y flexibles, tiene características físicas que son mucho mejor que la madera, acero y concreto. Además, posee las siguientes ventajas³⁴:

- Su forma radial y su sección hueca lo hacen más liviano, es fácil de transportar, permite la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes.
- En cada nudo de la guadua, hay una pared transversal que a más de hacerlo rígido y elástico, evita su ruptura al curvarse; es por ello, que se lo denomina como material sismorresistente.
- La fisiología de las fibras de sus paredes, permite ser cortado de forma transversal o longitudinal en piezas de varias longitudes, empleando herramientas manuales como el machete.
- La superficie de la guadua es lisa, limpia, de color atractivo y no necesita pintura, ni raspase o pulirse.
- La guadúa puede utilizarse en combinación con cualquier material de construcción como elementos de refuerzo.

³⁴ Ventajas tomadas del libro: "Nuevas Técnicas de Construcción con bambú", de HIDALGO LÓPEZ, Oscar. Estudios técnicos colombianos Ltda. 1978.

Tipos de Cortes:

Los tres tipos de cortes más utilizados para las uniones entre guadua son: corte recto, corte boca de pescado y corte pico de flauta.

Corte pico de flauta: Este corte se lo aplica para unir guaduas con ángulos diferentes a 0° y 90° , se lo puede realizar como una boca de pescado inclinado o con dos cortes rectos.

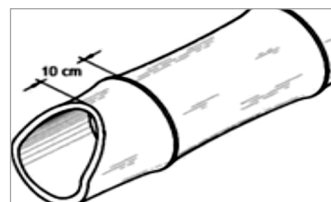


Imagen #61: Corte pico de flauta
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Corte boca de pescado: Corte cóncavo transversal al eje de la caña guadua, por lo general se lo aplica para unir dos elementos de guadua.

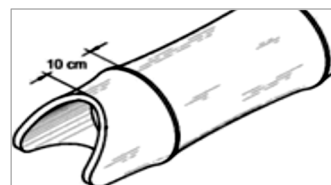


Imagen #62: Corte boca de pez
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Corte recto: Corte plano, perpendicular al eje de la caña guadua.



Imagen #63: Corte recto
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Tipos de Uniones:

Unión Amarrada

Este empalme es resistente, debido al corte de boca de pescado, esto se realiza para evitar el deslizamiento del amarre, además, para mantener firme y estable a las dos guaduas situadas en este punto. Se pueden usar otros materiales como: sogas, cueros, plásticos.

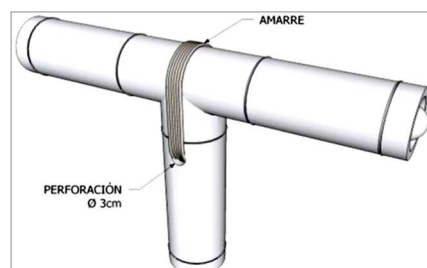


Imagen #64: Detalle de Unión Amarrada
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión pernada con abrazadera o zuncho

Este ensamble, sirve al unir elementos en paralelos. Las guaduas quedan firmes debido a que la varilla roscada pasa por el centro y las une, seguido de las abrazaderas que no permiten el deslizamiento entre los elementos conectados.

Las abrazaderas o zunchos pueden ser de correas plásticas, de sogas con amarre, de cuero o como las que muestra la imagen “metálicas”, donde estas, poseen un tornillo como sistema para regular la presión con la que se sujeta al asegurar el ensamble.

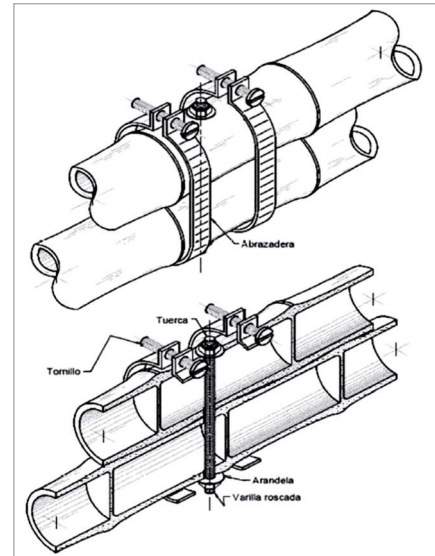


Imagen #65: Unión pernada con abrazadera o zuncho
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión longitudinal con pieza de madera

Se conectan dos piezas de guadua por medio de un segmento de madera donde, deben ensamblarse con dos pernos de 9 mm, perpendiculares entre sí, en cada una de ellas. Los pernos estarán situados como máximo a 30mm de los nudos de la guadua.

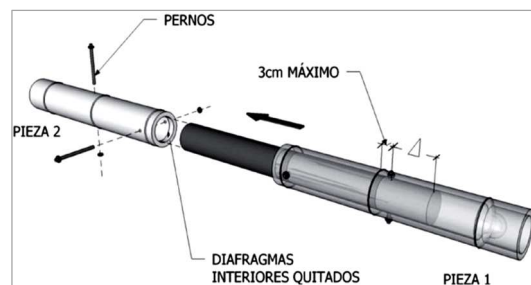


Imagen #66: Unión longitudinal con pieza de madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión longitudinal con dos piezas metálicas

Se conectan dos piezas de guadua entre sí, por medio de dos elementos metálicos fijados con pernos de 9mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión. Estos pernos estarán situados como máximo a 30mm de los nudos de la guadua.

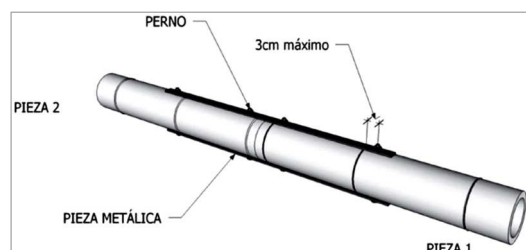


Imagen #67: Unión longitudinal con dos piezas metálicas.
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Cimentación

Para ensamblar la estructura de la guadua con la cimentación, se utiliza la unión de la varilla empotrada que sobresale 40cm a la superficie y al entrar a la guadua, se la asegura con un pasante para trabar la estructura, luego se realiza el relleno de los entrenudos con mortero, quedando las columnas listas para colocar las paredes.

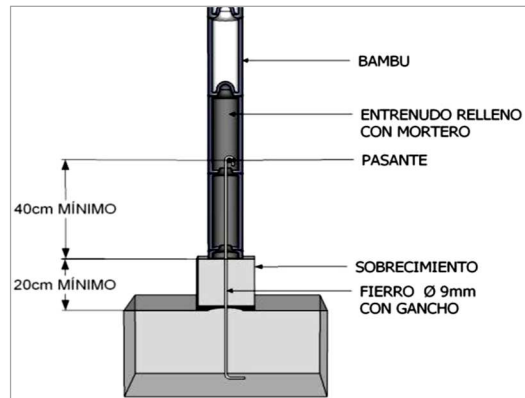


Imagen #68: Detalle de Cimentación
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión entre sobre-cimiento y muros

Esta conexión es indispensable para unir correctamente las paredes con el sobre-cimiento, la solera se fija a los cimientos con varillas de acero roscadas, sujetas con tuercas. Cada muro debe tener mínimo dos áreas de anclaje conectadas al sobre-cimiento por medio de conectores metálicos.

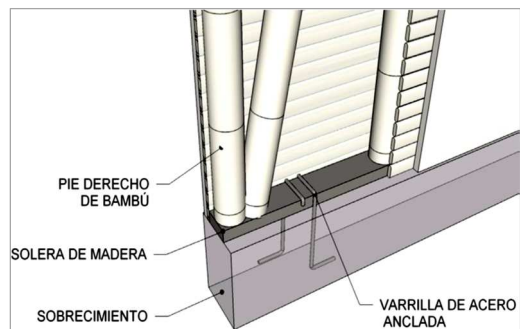


Imagen #69: Unión entre sobre-cimientos y muros
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión en muros con puertas y ventanas

Se realizan por medio de la una unión perpendicular con el perno; para que la unión sea estable se realiza el corte boca de pescado en los extremos de las guaduas. Se sitúa una varilla roscada con un gancho en el otro extremo, el mismo que entra en la guadua vertical. La varilla se fija con el perno que la atraviesa perpendicularmente quedando sujeta la unión entre ambas piezas.

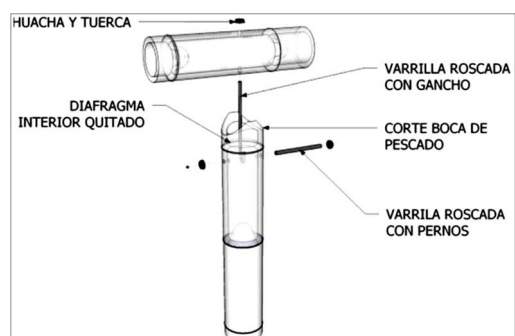


Imagen #70: Unión muros con puertas y ventanas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión entre muros

Esta unión se la lleva a cabo con pernos pasados. Cabe recalcar, que por donde pasan los pernos, se debe rellenar con mortero. En caso de ser un muro estructural se necesita de cemento, pero si sólo son paneles divisorios basta con la unión de pernos pasados. Debe tener mínimo tres conexiones por unión, instaladas a cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener, por lo menos 9 milímetros de diámetro.

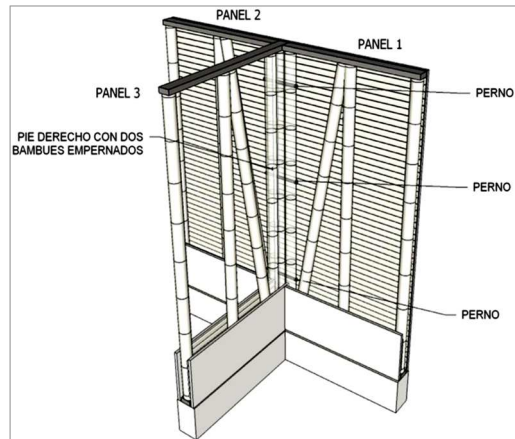


Imagen #71: Unión entre muros
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Vigas y entrepisos

Para ejecutar el entrepiso y formar las vigas se utiliza la unión pernada embebida con mortero, este proceso combina el perno pasado por las guaduas para unirla a las piezas, para luego rellenarlas con mortero para incrementarle mayor resistencia con respecto a los esfuerzos externos, como los elementos que se sitúan en la parte superior del entrepiso y el peso que ejercen los habitantes de la edificación.

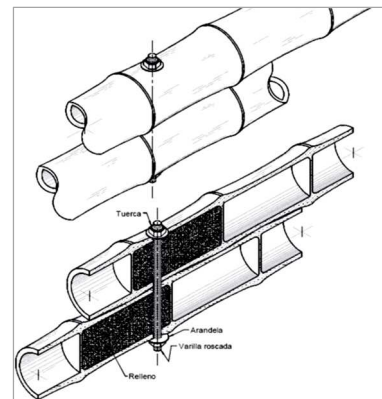


Imagen #72: Vigas y entrepisos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Losa de Hormigón

Se puede efectuar un entrepiso de losa de hormigón de 5cm de espesor. Para formar la losa de hormigón, es necesario colocar una malla electro soldada levantada 2cm de la guadua para simular los nervios de la losa, luego realizar la respectiva fundición en donde la malla

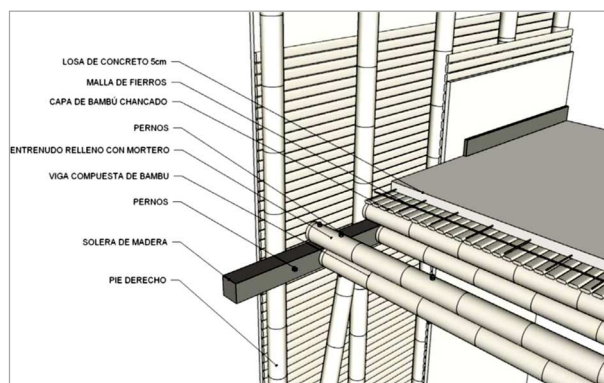


Imagen #73: Losa de Hormigón
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

quedará cubierta de cemento con 2cm lado inferior y 2cm lado superior. Para obtener un excelente acabado, es posible aplicar la técnica de cemento pulido.

Entrepiso de Madera

El recubrimiento del entrepiso de la edificación, debe estar constituido de materiales livianos, con un peso máximo de 120Kg/m² como el entramado de madera; se instalan las tiras de madera acerrada y se clavan en la estructura.

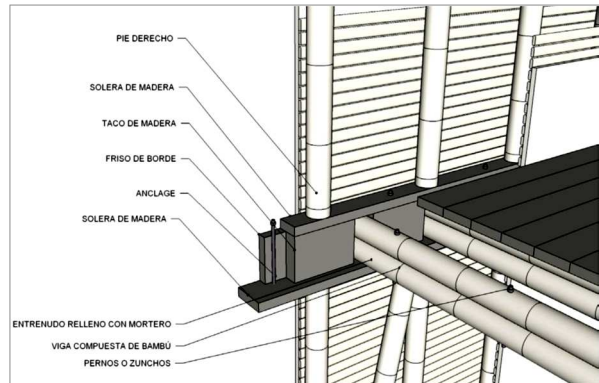


Imagen #74: Entrepiso de Madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión diagonal con Guadua de apoyo

Se coloca un segmento de guadua de manera diagonal, para estructuralmente crear un triángulo entre una carga horizontal (ya sea entrepiso o cubierta), la columna que lo sostiene y la diagonal que se utiliza de refuerzo y envía la fuerza hacia toda la estructura.

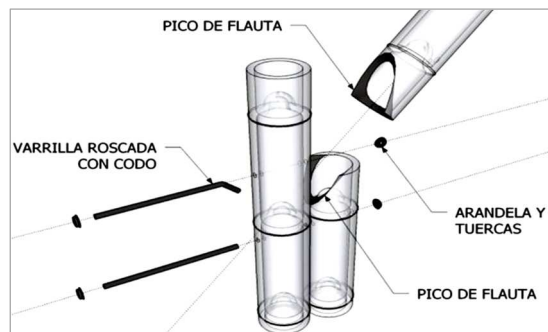


Imagen #75: Unión diagonal con guadua de apoyo
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Para que no pierda resistencia la columna por el apoyo del elemento diagonal, se debe colocar una guadua de apoyo que se una con la columna y al tener su apoyo, se forme un elemento que trabaje bien según la presión que soporta. La unión se constituye de varillas roscadas que atraviesan por el eje central de las guaduas, comprimiendo la unión con tuercas.

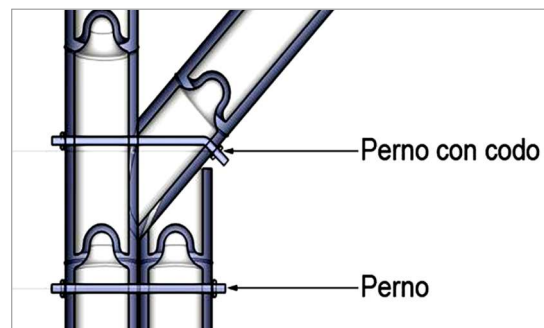


Imagen #76: Unión diagonal con guadua de apoyo
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión tipo “Simón Vélez”

Este tipo de ensamble se lo denomina así por el arquitecto que lo efectuó, (reconocido por sus proyectos en caña guadua). Plantea un ensamble a tensión, el cual consiste en trabajar la guadua a tensión atravesando una varilla de ½” por un canuto, éste se rellena en lo posterior con mortero. Su resistencia bordea los 3000Kg por cada canuto relleno de mortero en la unión del elemento a tensión.

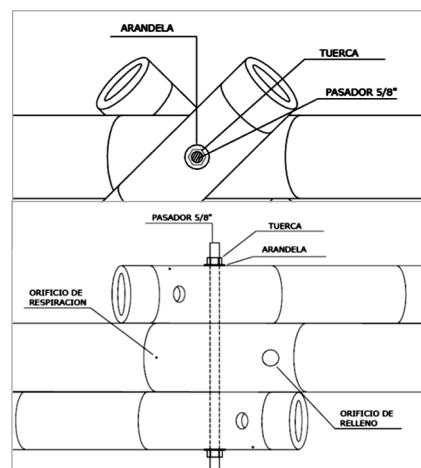


Imagen #77: Unión tipo “Simón Vélez”
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Recubrimiento de muros estructurales

Para efectuar el recubrimiento de las paredes, se utiliza como base la esterilla que es clavada a la estructura de guadua con clavos de ½”. Después, se ubica una malla metálica delgada expandida o malla de vena, que así mismo va clavada con la esterilla a la estructura de la guadua.

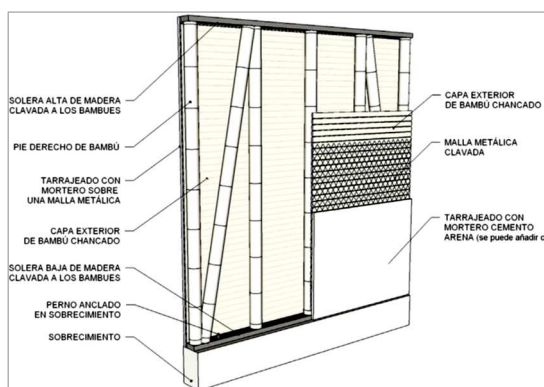


Imagen #78: Recubrimiento de muros estructurales
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Diseño de tabiquería modular en caña guadua.

Para el diseño y construcción de tabiques modulares, es necesario llevar un orden lógico, donde el primer punto es fundamental, ya que se trata de la aplicación de las normas de seguridad del País, dispuestas en el “CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN”, en donde hace alusión sobre los tabiques en unos de sus artículos, donde determina lo siguiente:

Tabiques: Estos pueden ser de madera reforzada o caña guadua, con diagonales y con todas las piezas fijadas por medio de anclajes metálicos. Se pueden revestir con caña guadua, malla metálica o placas sintéticas. Se

pueden utilizar materiales livianos con aislamiento térmico o acústico y se prohíbe utilizar materiales pesados para su relleno.

Revestimiento: Pueden ser los materiales expuestos a continuación:

- Madera con espesor mínimo de 1,5 mm
- Placas de yeso con malla metálica
- Madera contrachapada o laminada
- Caña guadua con revestimiento de mortero
- Malla metálica con revestimiento de mortero
- Entre otros materiales permitidos en las ordenanzas municipales locales.

Combinación de materiales naturales con industrializados

Si bien es cierto, es sustentable aplicar materiales naturales y renovables a corto plazo como la caña guadua; pero, no podemos dejar de lado la tecnología de los materiales industrializados, puesto que, las piezas fabricadas como: los acoples metálicos para tuberías de instalaciones, poseen características similares como el tamaño, tipo, resistencia, espesor y dimensiones normalizadas.

A continuación, se describen cada uno de los procesos aplicados al diseño de tabiquería en caña guadua:

Unión en ángulo de 90°: Para establecer la unión entre las cañas guaduas, se requiere de los acoples. Primero se enrosca los neplos en ambos extremos del codo de 90°. Este tipo de juntas servirá para tapar las esquinas de la estructura en un ángulo de 90°; logrando obtener una rígida y resistente estructura.

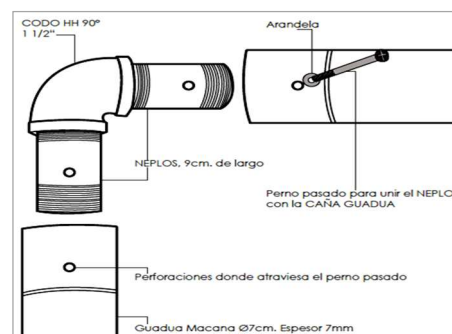


Imagen #79: Unión en ángulo de 90°

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Unión en "T": Para estos ensambles metálicos, lo principal es enroscar los neplós en una T. Este tipo de ensambles entre larguero y travesaños brinda la ventaja de ubicar y alargar la estructura para rellenar el espacio deseado.

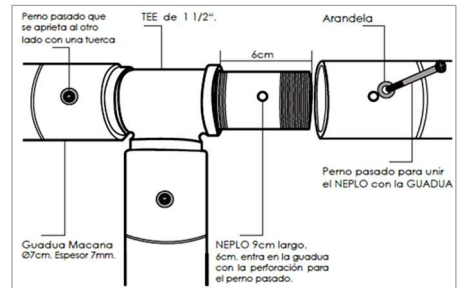


Imagen #80: Unión en "T"
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Proceso de armado de la estructura del tabique modular

El armado del bastidor del tabique, consiste en la unión por los acoples metálicos formando ángulos de 90° en las esquinas, y para extender la estructura en el centro se ensambla con el acople tipo T.

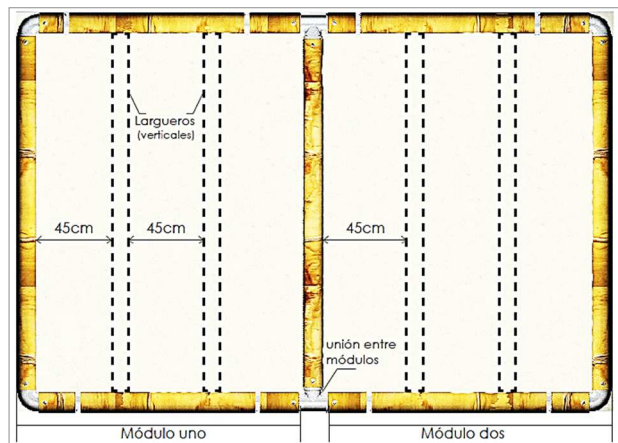


Imagen #81: Proceso de armado de la estructura del tabique modular
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Ahora es necesario, estabilizar la estructura base, para esto, se instalan largueros en medio de

los módulos, dividiendo el espacio entre cada larguero para que la estructura quede estable, a más de ello, para facilitar la instalación del revestimiento, debido a que estos largueros sirven como punto de apoyo.

Colocación de largueros con el corte boca de pescado

Una de las opciones más adecuadas, es la de emplear el corte boca de pescado en los extremos de las guaduas de apoyo, para que los elementos de guadua queden acoplados, esto facilita que la unión sea estable y no se deslice; el acabado de este corte, le da un realce a la sujeción.

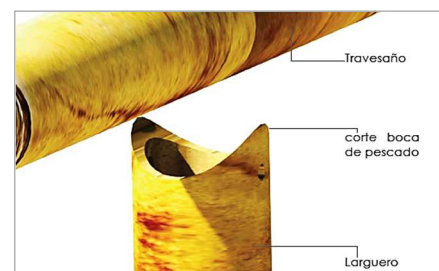


Imagen #82: Corte de boca de pescado
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Para perfeccionar el empalme, se aplica el mismo procedimiento utilizado en el corte recto con las platinas.

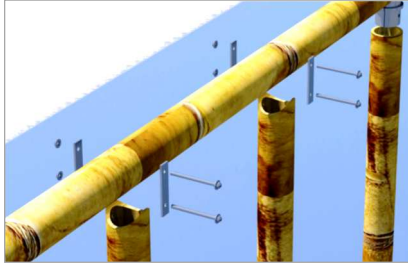


Imagen #83: Colocación de largueros
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora



Imagen #84: Tabique modular con corte de boca de pescado
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Unión para fijar la estructura al piso y a la losa superior

Una vez elaborada la estructura, se procede a instalarla en el lugar requerido. Para lo cual, es necesario la aplicación de un sistema de ensamble, que sujete la estructura al piso y también a la losa superior. (Ver imagen #59)

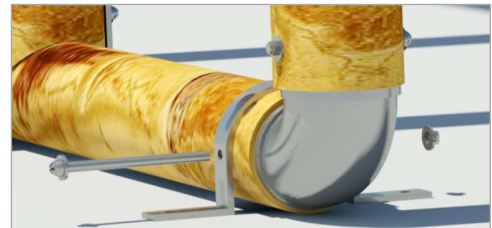


Imagen #85: Unión para fijar la estructura al piso
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

El sistema consiste, en utilizar la platina de metal, (utilizada en la anterior unión) curvarla en el diámetro de la caña guadua en forma de U, además, doblar en ambos lados hacia afuera, en donde se realiza perforaciones para colocar el perno auto-roscante y fijarlo al piso.



Imagen #86: Unión para fijar la estructura al piso
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

En la parte superior como inferior, la unión en “U” se coloca desde las esquinas, la primera se coloca en el perno pasado que fija al neplo y la caña guadua, para obtener la unión entre el neplo, la caña y la “U” metálica.

Para colocar la segunda unión tipo “U”, se la realizará cada 55cm de distancia, fijando de manera segura el tabique a la superficie.

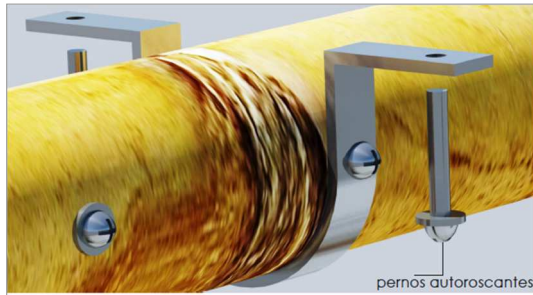


Imagen #87: Unión en "U"
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora



Imagen #88: Unión para fijar la estructura a la losa superior
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Encuentro perpendicular entre tabiques

En el caso de atravesarse dos tabiques y que en el punto de encuentro se forme una T, se deberá realizar una unión entre estos dos elementos mediante platinas metálicas, que sujetas a la estructura a través de pernos pasados se presionan al otro lado con una platina y la tuerca.



Imagen #89: Vista frontal de encuentro entre tabiques
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

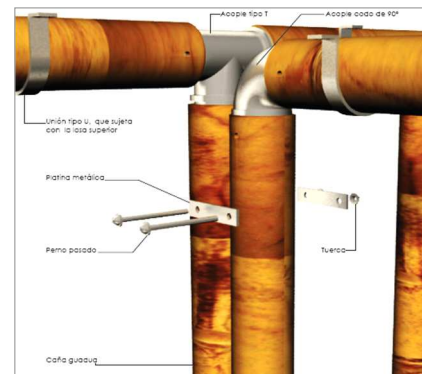


Imagen #90: Encuentro perpendicular entre tabiques
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

MADERA

Es un material poroso, de origen vegetal, biodegradable y absorbente. En el diseño, se deben considerar las especificidades del material, asegurando la durabilidad y seguridad de las edificaciones en madera. El criterio normativo radica en certificar su buen comportamiento.

Comportamiento general de la madera ante un sismo: Se enfatiza el buen comportamiento estructural de la madera durante los sismos, debido a las características que posee y que se exponen a continuación:

- Poco peso
- Flexibilidad
- Amortiguamiento

Requisitos básicos: Para que las edificaciones de madera ofrezcan la debida seguridad durante los sismos, es necesario que sus estructuras cumplan los requerimientos establecidos en la NEC-SE-DS.

- El diseño arquitectónico debe cumplir los siguientes requerimientos:
 - Todos los elementos constructivos deben estar unidos entre sí y la respectiva estructura debe estar anclada a la cimentación.
 - La longitud de los muros en planta en cada dirección, deben resistir los esfuerzos generados por el sismo.
 - La cubierta no debe ser pesada con relación a toda la estructura.
- Los elementos de las instalaciones deben sujetarse a la construcción con soportes, para evitar roturas durante un movimiento sísmico.
- Los inmuebles de dos o más volúmenes, deben comportarse de forma independiente en caso de sismo.

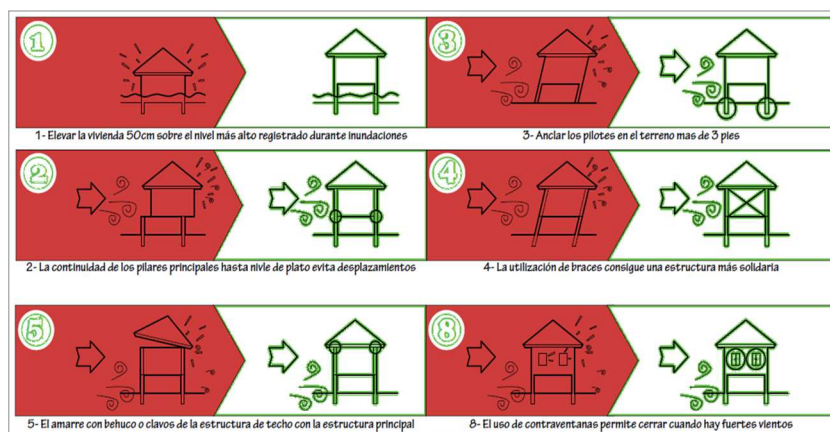


Imagen #91: Consideraciones básicas para la construcción resistente a desastres

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Ventajas

Resistencia. La madera es aún más resistente que el acero y el hormigón. Posee gran capacidad para absorber energía y resistir cargas de impacto, haciéndola muy apropiada para construir edificaciones en áreas sísmicas.

Facilidad de trabajo. Se la trabaja en varias formas y tamaños, empleando herramientas sencillas. En las edificaciones prefabricadas se puede unir y pegar con adhesivos adecuados, con clavos, tornillos, pernos y conectores especiales, donde se obtienen uniones resistentes y perdurables.

Buen aislante. Al estar constituidas de fibras huecas, éstas contienen aire que contribuyen muy buenas cualidades como aislante térmico y acústico.

Ecológica. La madera es un material constructivo reciclable, biodegradable, renovable y reutilizable.

Uniones

Las uniones entre los elementos de madera requieren de mucha atención, para ello, existen varios procedimientos. Se clasifican en:

- Uniones Clavadas
- Uniones Empernadas

Uniones Clavadas. Las instrucciones para uniones que están sometidas a esfuerzo cortante son:

- Puntualizar las cargas que actúan en la unión y en la orientación de los segmentos de madera.
- Elección del diámetro y longitud de los clavos.
- Determinar la carga para un clavo a simple esfuerzo cortante, entre ellos pueden ser: clavos lanceros y clavos a tope.

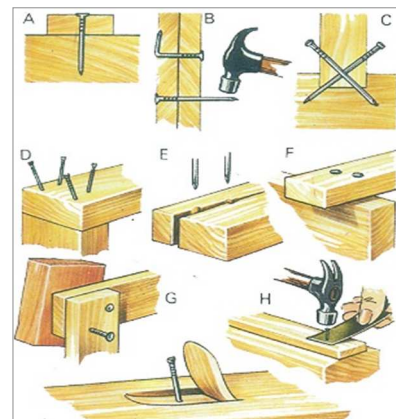


Imagen #92: Uniones Clavadas

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Las instrucciones para uniones que están sometidas a extracción:

- Especificar las cargas que actúan en la unión y en la orientación con relación a los segmentos de madera.
- Elección del diámetro y longitud de los clavos.

- Determinar la prolongación y calcular la carga admisible para un clavo perpendicular al grano.
- Establecer la cantidad de clavos y su ubicación
- Se utiliza al menos 2 clavos.

Los criterios manifestados, se aplican para clavos comunes de alambre de acero, de sección circular. Estos criterios son cautelosos para otros tipos de acabados, y en especial para clavos de alta resistencia. Se pronosticará un tratamiento anticorrosivo de los clavos, según el grado de humedad de la madera clavada.

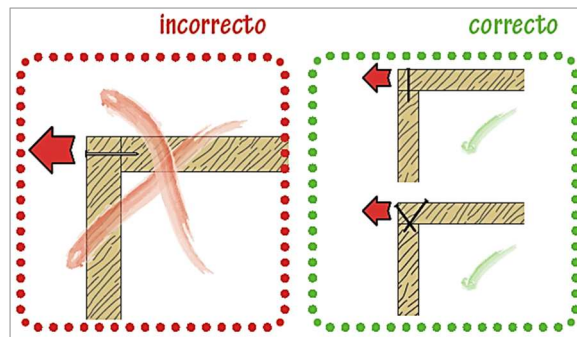


Imagen #93: Anclaje Correcto de Clavos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Uniones Empernadas._ Las instrucciones son:

- Puntualizar las cargas que actúan en la unión y en la orientación; la elección del diámetro de los pernos.
- Establecer la carga admisible por perno (expuestos a doble, simple o múltiples esfuerzos cortantes).
- Considerar la cantidad de pernos solicitados y su respectiva ubicación.
- Reducción de la carga por efecto de grupo.
- Comprobar la carga admisible en la unión; de ser necesario, aumentar la cantidad de pernos o el diámetro.

Como recomendación, se debe emplear uniones empernadas de dos o más elementos de madera. Los pernos y platinas metálicas deben ser de acero estructural. Se debe obviar en lo posible, los efectos de aplastamiento

colocando elementos entre pernos y madera. Se debe tener en consideración, el tratamiento anticorrosivo de las uniones.

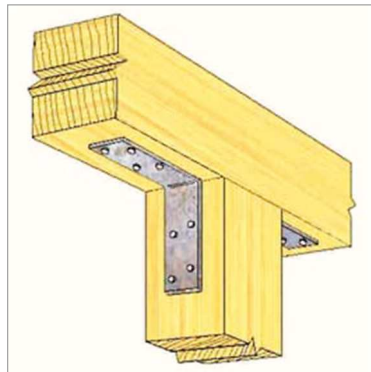


Imagen #96: Unión emperrada 90°
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

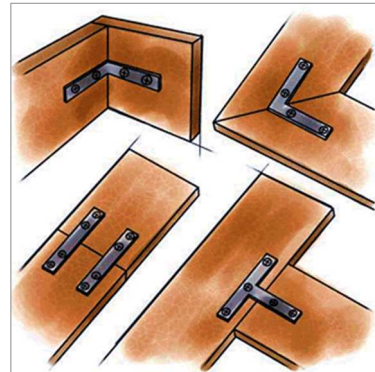


Imagen #97: Uniones Emperradas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Proceso Constructivo

1. Tratamiento de madera, debido al contacto con el agua.
2. Trazado de ejes
3. Cavar los hoyos
4. Rellenar la base con material seleccionado
5. Instalar en el hueco
6. Replantear y remedir
7. Rellenar con material seleccionado
8. Nivelación de la altura
9. Vigas

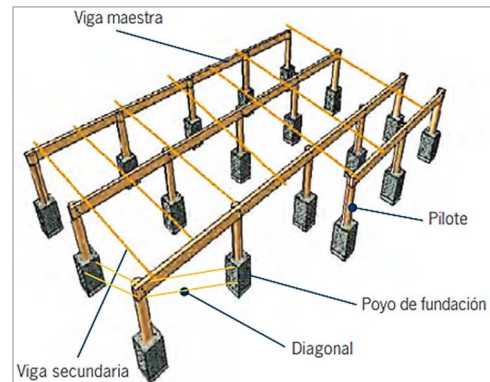


Imagen #98: Cimentación para edificación de madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

10. Carga piso

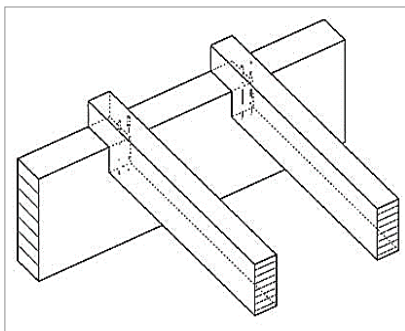


Imagen #99: Vigas de Madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

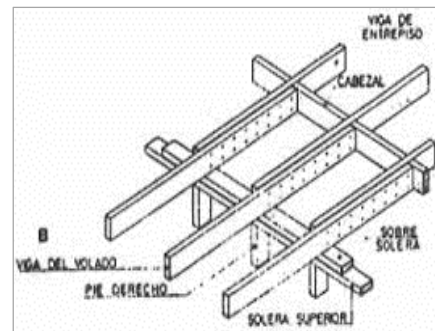


Imagen #100: Carga piso de Madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

11. Braces

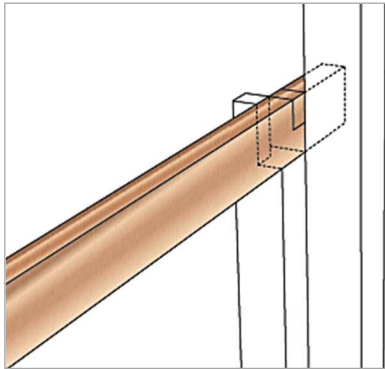


Imagen #102: Braces de Madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

12. Plato

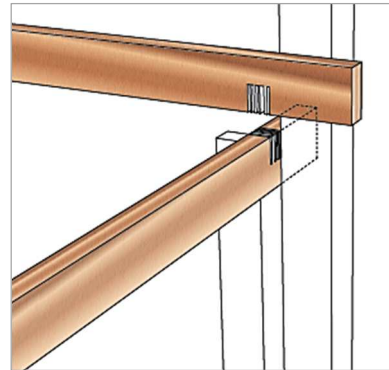


Imagen #101: Plato de Madera
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Encuentro en esquina

13. Apoyo de vigas

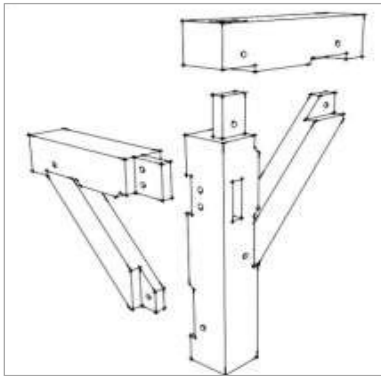


Imagen #103: Apoyos de Vigas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

14. Cortes con Sierra

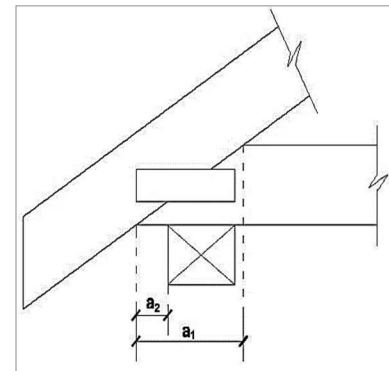


Imagen #104: Cortes con Sierra
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

15. Encaje de apoyos

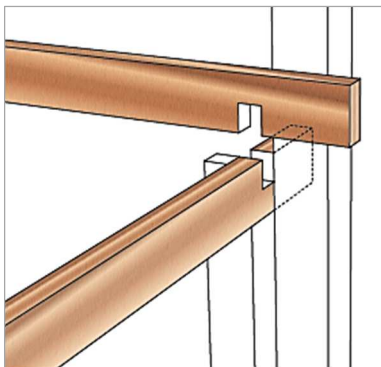


Imagen #106: Encaje de Apoyos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

16. Unión con clavos o pernos

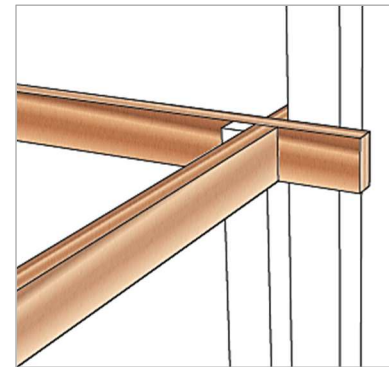


Imagen #105: Unión clavos o pernos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Colocación de Cargapisos

17. Apoyo de Vigas

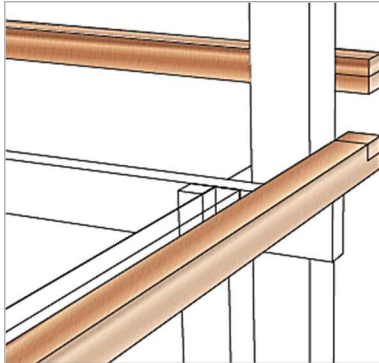


Imagen #108: Apoyos de Vigas
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

18. Cortes con Sierra

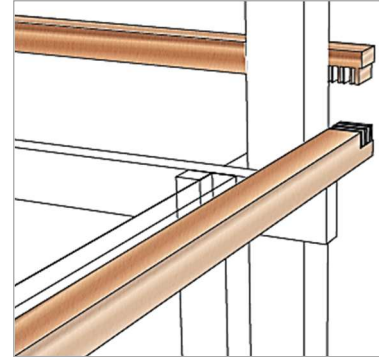


Imagen #107: Cortes con Sierra
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

19. Encaje de Apoyos

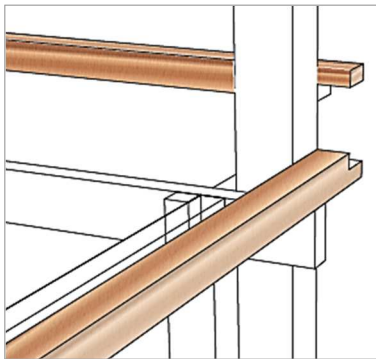


Imagen #109: Encaje de Apoyos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

20. Unión con clavos o pernos

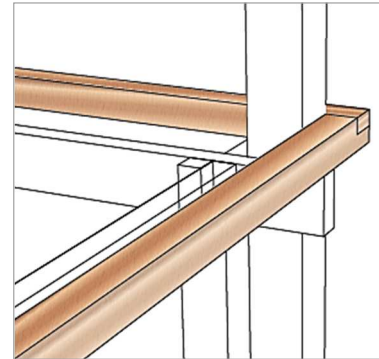
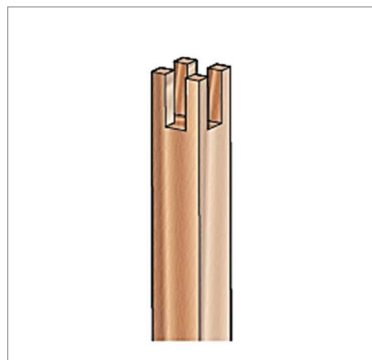


Imagen #110: Unión clavos o pernos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Colocación de vigas en cubiertas

13. Pilar Esquinero



14. Vigas a nivel de plato

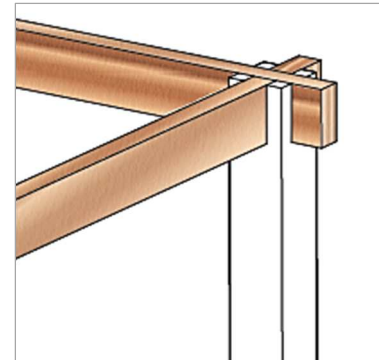


Imagen #111: Pilar Esquinero

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

15. Viga de Cubierta

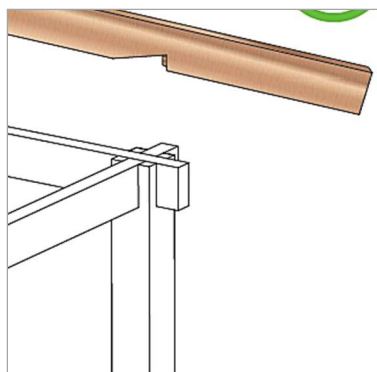


Imagen #113: Viga de Cubierta

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Imagen #112: Vigas a nivel de plato

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

16. Ensamble de Viga

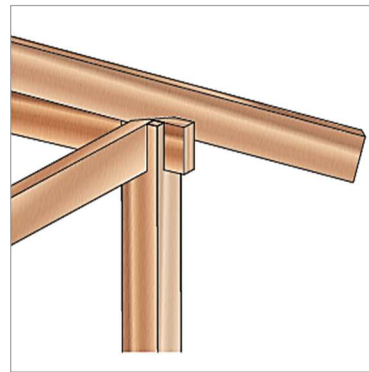


Imagen #114: Ensamble de Viga

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

CONTENEDORES

Son construcciones prefabricadas livianas, sus dimensiones varían, según el tipo de contenedor (longitud: 3, 4, 6, 8m; ancho: 2.40m; altura: 2.60m). Estos contenedores, se fabrican en acero o aluminio; se constituyen de una estructura metálica resistente tipo frame. Muchos de ellos, se refuerzan con fibra de vidrio o madera contrachapada, para evadir las humedades.

No todos los contenedores son aptos para la construcción de una edificación. A pesar que sus medidas cumplen un estándar, es necesario que cumplan ciertos parámetros dimensionales que los acrediten como módulos para una edificación. Según las normativas, la altura mínima es de 2,50m, es por ello, que los únicos contenedores autorizados para la construcción de edificaciones, son los denominados High Cube. Estos brindan una altura mínima de 2,70 m, para trabajar el piso y los cielos falsos en su interior.

Los contenedores, deben cumplir ciertas normas estructurales y de diseño, que les conceden ventajas como modelo habitable.

- Resistencia a esfuerzos, cumpliendo los requerimientos estructurales impuestos por las normativas de construcción
- Estructura independiente, para resistir fuerzas sísmicas sin deformarse
- Herméticos, certificando su impermeabilidad contra el agua.
- Modulares, para combinarlos según el diseño arquitectónico requerido
- Tamaño estándar, facilitando transporte y reduciendo costos y tiempos

Ventajas:

- Construcción rápida, abaratando tiempo y costos
- Fácil transportación y diversidad de contenedores
- Resistentes y seguros ante movimientos sísmicos
- Reducción de contaminación al reciclar contenedores
- Aplicación de últimas tecnologías en el mercado
- Reducción del consumo energético en la edificación
- Se ejecutan parámetros de confort, analizados con anticipación
- Apilables, hasta 5 contenedores sobrepuestos

Componentes estructurales de los contenedores

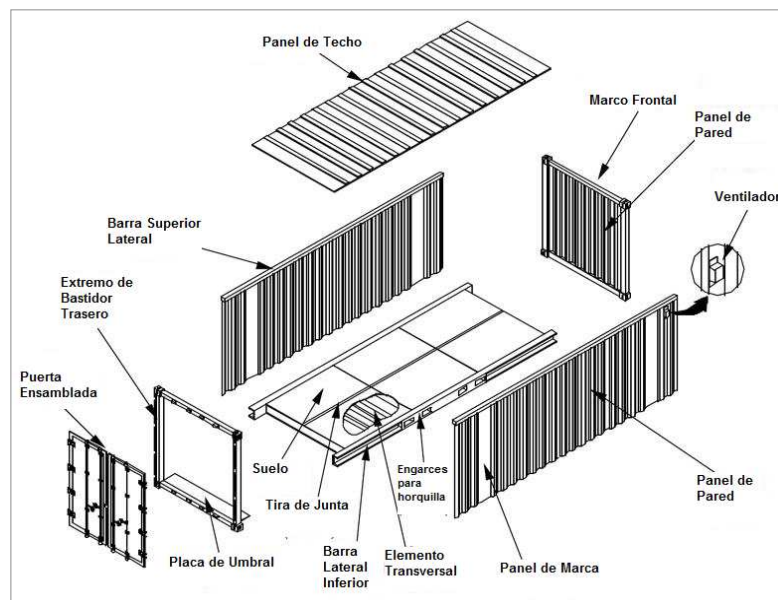


Imagen #115: Componentes estructurales de los contenedores

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Elementos de unión entre contenedores

Estos elementos, realizan la unión entre dos contenedores para que actúen de forma homogénea y las cargas generadas sean transmitidas uniformemente, causando poco daño a la estructura; obteniendo así, un mejor comportamiento durante situaciones imprevistas.

Está constituido por unas bridas de unión, donde se enroscan las barras a las que luego, se les atribuye una fuerza de tracción para comprimir los contenedores. Las bridas llevan en la parte posterior un tornillo con doble rosca, que al oprimirlo por medio de una tuerca central se cierra, formando la unión en las esquinas de los contenedores.

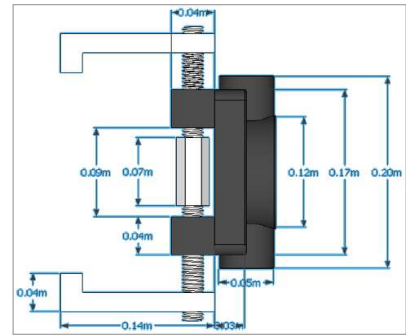


Imagen #118: Bridas de Unión

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

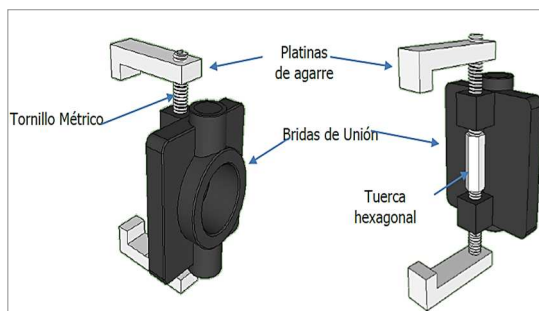


Imagen #116: Partes de las Bridas de Unión

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

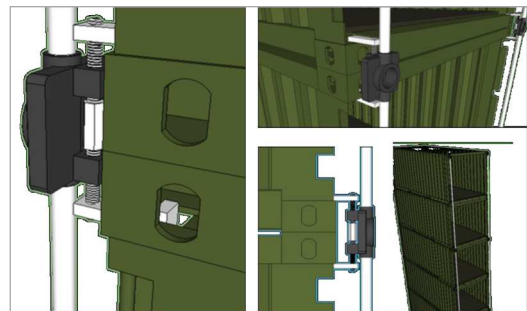


Imagen #117: Ensamblaje de Bridas a contenedores

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Proceso constructivo

Es primordial que los contenedores a ser utilizados en la construcción, presenten buen estado.

Cimentación

- La cimentación puede ser de varios tipos, la que más se aplica es la losa corrida.
- Es necesario, la preparación de la cimentación antes de llegar los contenedores.
- Se colocan estos contenedores sobre ella, para luego proceder con los aislantes, las instalaciones y los acabados.
- Es importante tener en cuenta, que al colocar los contenedores sobre la cimentación, se lo realice con mucha precisión.
- Se debe dejar 0,60cm de separación entre la base del terreno y el contenedor.

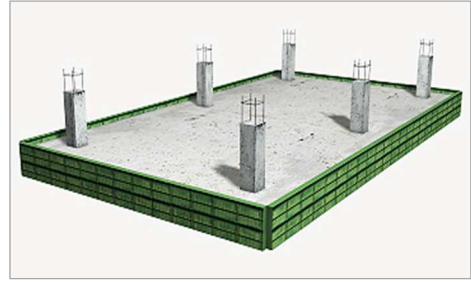


Imagen #119: Losa corrida para Contenedor
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

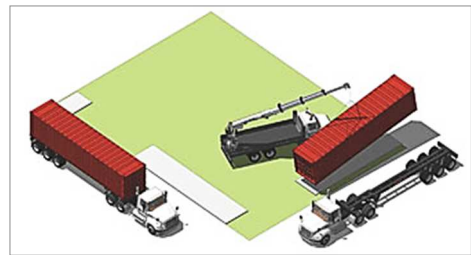


Imagen #120: Disposición de contenedores sobre la cimentación
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Instalaciones sanitarias: Si no se va a construir un sótano para garaje, se recomienda realizar un forjado sanitario; lo cual, garantiza un mayor aislamiento con relación al terreno, y de esta manera evadir la humedad.

Transformación de los módulos: Al querer acondicionar los contenedores para construir edificaciones, hay que tener en consideración, una serie de medidas al realizar perforaciones por medio del corte de la chapa metálica, que no se vea afectada la capacidad portante de ellos.

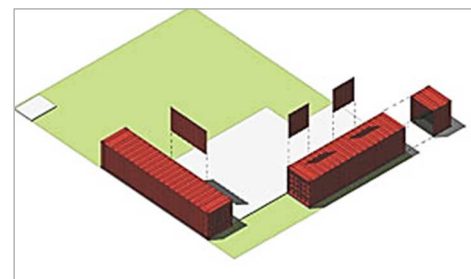


Imagen #121: Transformación de los módulos
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

- No se recomienda hacer perforaciones de gran dimensión. Y si se los hace, jugar con la distribución para colocar apoyos de refuerzo.
- Dejar 10 cm. de chapa en la parte superior a manera de dintel.

- Reforzar el perímetro de los huecos con rectangulares metálicos soldados. Esto, a más de reforzar la estructura, facilitará en lo sucesivo la instalación de las puertas y ventanas exteriores.

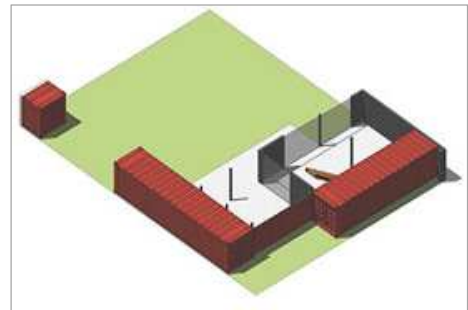
Sistemas envolventes.

Cubiertas y Fachadas: Para efectuar las cubiertas, hay que tener en consideración tres factores esenciales: la impermeabilización, el aislamiento acústico y térmico.

Cabe recalcar, que los contenedores son impermeables y por ende, no es necesario realizar alguna intervención en la cubierta para garantizar que no entre agua al interior.

Sin embargo, es necesaria su intervención por cuestiones térmicas y acústicas. Hay que tomar en consideración, la ubicación de los contenedores donde según el contexto, las cubiertas planas no son apropiadas y ante tal situación, es necesario instalar una sobrecubierta inclinada.

Con relación a las fachadas, al igual que las cubiertas, se debe garantizar el aislamiento térmico y acústico. Esto se puede lograr, otorgándole a los módulos de los contenedores una piel exterior, a través del uso de fachadas ventiladas, aunque también resulta posible la utilización del corcho.



*Imagen #122: Sistema envolvente
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora*

Con la utilización de fachadas ventiladas se le atribuye a la edificación un sin número de acabados, fachadas de madera, fachadas de piedra natural, etc.

Aislamiento térmico: Se debe realizar por el interior y por el exterior, que aparte de aislar evita las condensaciones de la chapa.

En contextos soleados, es necesario instalar un entramado metálico que filtre la luz, el cual debe separarse unos 50 cm del techo y de esta manera, permitir la circulación del aire entre el entramado y el contenedor, para evitar la incidencia directa de los rayos solares.

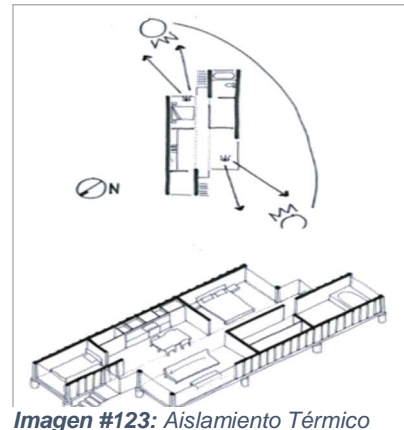


Imagen #123: Aislamiento Térmico
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Ventilación: En climas calurosos, es importante la ventilación interna, la cual se efectúa a través de ventanas cruzadas, permitiendo el paso del aire de una ventana a otra; así mismo, se coloca una ventana en el techo para evitar que se estanque el aire caliente. Esto permite abaratar costos en energía eléctrica.

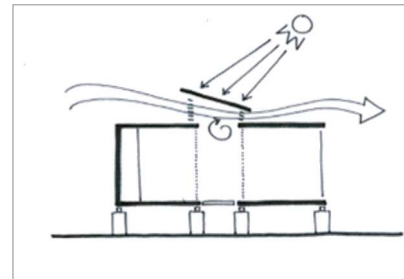


Imagen #124: Ventilación Natural
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Instalaciones eléctricas y especiales: Estas instalaciones se colocan entre la chapa y el revestimiento interior.

Acabados: Es necesario, que los materiales de acabados sean flexibles, aunque no todos estos materiales combinan con el acero.



Imagen #125: Ventilación Natural
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

STEEL FRAME

Este sistema, consiste en un conjunto de perfiles situados en ambos sentidos formando muros, forjado mediante la colocación a una distancia dada de perfiles de acero galvanizado hasta formar la estructura de la edificación. El Steel Frame permite usar cualquier tipo de revestimiento como culminación exterior e interior y a través de las capas que forman el muro, facilitan la colocación de instalaciones y aislamientos.

Estas estructuras tienen peso muy reducido, a comparación de la tradicional permitiendo ahorrar materiales, haciendo que el sistema se comporte de forma apropiada ante cargas horizontales. La estructura se calcula según las normas existentes, las cuales determinan los espesores de los perfiles y las fijaciones requeridas.

Ventajas

- Flexibilidad de diseño: Permite un sin número de acabados exteriores, incluyendo mampostería. No ostenta modulación fija.
- Confort y ahorro de energía: Permite colocar materiales aislantes: lana de vidrio, poliestireno expandido, etc., usando el espacio entre soportes; cumpliendo así, con los requerimientos de aislación térmica.
- Instalación sencilla y eficiente: No requiere de equipos ni maquinaria pesada. Reparación inmediata de problemas con cañerías de agua.
- Rapidez de construcción: Facilita el montaje y el panelizado, se puede ejecutar en obra. El tiempo de construcción se reduce.
- Menor costo: Mayor aprovechamiento de los materiales reduciendo desperdicios. La programación de obra es más precisa y sencilla.
- Más durabilidad: Este sistema utiliza materiales resistentes a la corrosión como el acero galvanizado, convirtiéndolo en un sistema muy durable.

Comportamiento sísmico

Según estudios, el uso de refuerzo con correas de acero de forma diagonal es factible en áreas sísmicas. En las pruebas ejecutadas, la conexión y la

colocación de estas correas incrementan su resistencia. Su disposición en ambas caras del panel, aumenta la resistencia de la pared.

La colocación de cuatro soportes, con perfiles tipo “C” en sus esquinas, contribuye a mejorar el rendimiento del sistema. Casi todo el soporte en los extremos de la pared, ofrece mayor continuidad para transmitir las cargas a la cimentación y mejor resistencia, reduciendo el desplazamiento.

Método de construcción

En este sistema, existen tres métodos de construcción:

- Fabricación in situ: Aumenta las actividades en obra, se lo realiza en lugares donde no es posible la prefabricación. Los perfiles se cortan en obra; las vigas, cubiertas, arriostramientos se montan en obra. No necesitan de transportación.
- Paneles prefabricados: Los paneles de los muros portantes o no portantes, los arriostramientos, entrepiso, cubierta, son prefabricados fuera de obra e instalados en obra. Por medio de tornillos auto perforantes, los paneles se conectan en obra.
- Módulos: Son unidades terminadas fuera de obra y se transportan directo a la obra, a manera de módulos tridimensionales. Incluyen los acabados interiores, instalaciones, aparatos sanitarios. Cuando llegan a obra, se ensambla y se concluye el revestimiento exterior.

Proceso Constructivo

Cimentación

La cimentación se la ejecuta de forma convencional. Es necesario que se lleve a cabo de manera correcta; de aquello depende la eficiencia estructural. La base debe estar bien nivelada, para facilitar el montaje de los elementos. La cimentación debe ser ininterrumpida y en ella debe apoyarse toda la superficie de estos paneles, debido a que la estructura distribuye la carga de manera uniforme a lo largo de los paneles estructurales.

En el sistema, se permite cualquier tipo de cimentación, siempre y cuando cumpla con las normativas de cargas y soporte. Se recomienda para este sistema la losa hormigón armado.

Losa de hormigón armado: Actúa como una losa, la cual envía las cargas al terreno. Es de hormigón armado, con vigas en todo el perímetro, bajo los muros portantes y en donde el especialista considere que es indispensable para lograr rigidez.

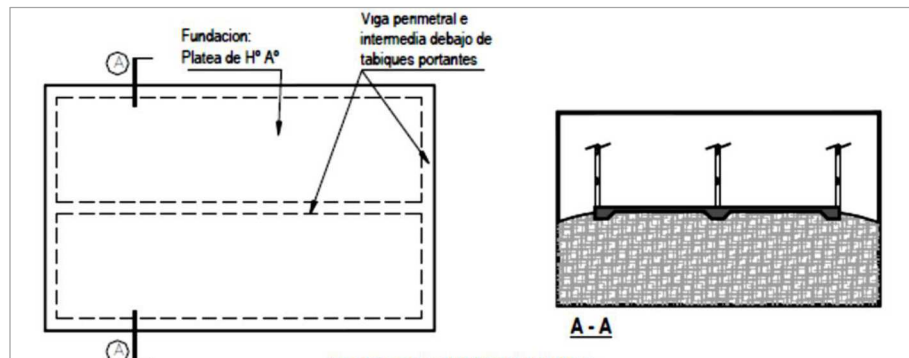


Imagen #126: Losa de hormigón armado
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Las dimensiones y armadura de la cimentación, dependen del cálculo estructural que realice el técnico profesional. Al ejecutar esta cimentación, es necesario tomar en consideración el aislamiento contra la humedad del suelo.

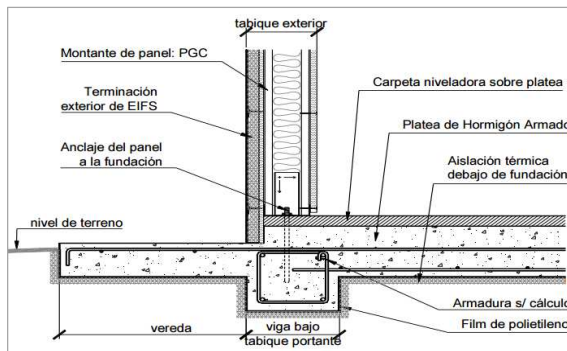


Imagen #127: Unión entre cimentación y muros
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

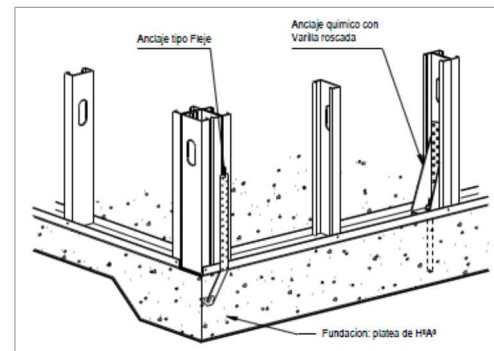


Imagen #128: Tipos de Anclajes
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Paneles de muros

La estructura de este sistema, se basa en elementos lineales y portantes quienes reciben todas las cargas del edificio. Los elementos lineales son los paneles con perfiles metálicos galvanizados tipo "C" denominados montantes,

y un perfil metálico galvanizado tipo “U”, denominado solera, que los une en los extremos superior e inferior.

La disposición seriada de los soportes en la parte inferior y superior por las soleras es lo que forma el panel. Para unir estos elementos entre sí, se utilizan varios tipos de fijaciones. El más empleado es el tornillo autoperforante.

Paneles portantes

Al igual que los muros portantes en el sistema convencional, se sujetan a cargas verticales por el propio peso y uso de la estructura de la edificación, las cuales se envían a la cimentación. Los paneles al estar conformados por perfiles metálicos, son más ligeros y, a su vez, vulnerables a las cargas horizontales.

La configuración de este panel lo hace resistente a cargas axiales, en la dirección del eje del perfil, transmitiendo las cargas verticalmente. Para que el panel pueda absorber las cargas producidas por la fuerza sísmica y del viento, es necesario atribuirle refuerzos a la estructura del panel, que sean idóneos para absorber las cargas laterales.

La separación entre cada soporte, es de 0,60 y 0,80 cm., esto dependen de las cargas que recibirán los perfiles. Mientras la distancia sea menor entre los soportes, menor es el peso que va a recibir cada perfil. Según los requerimientos a los que se encuentre sometida la estructura, varia la dimensión final de los soportes.

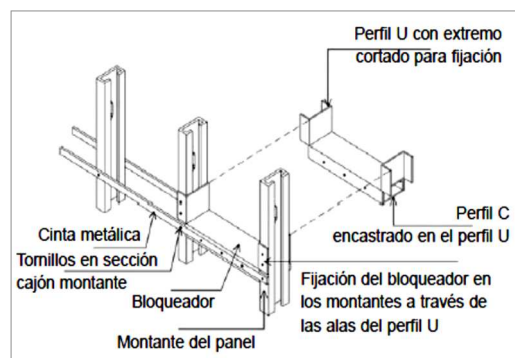


Imagen #129: Esquema de rigidez de paneles

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Uniones - Encuentro de paneles

Para ello, se utilizan perfiles simples, necesarios para solucionar los diversos tipos de uniones entre los paneles. Los principales tipos de encuentro de paneles son:

Unión de esquina “L”

En este tipo de unión se utilizan dos soportes tipo “C”, atornillados por el alma.

Para aumentar la rigidez, la solera superior del encuentro debe ser 75 mm más larga que la pared, para enlazarse a la solera del otro panel.

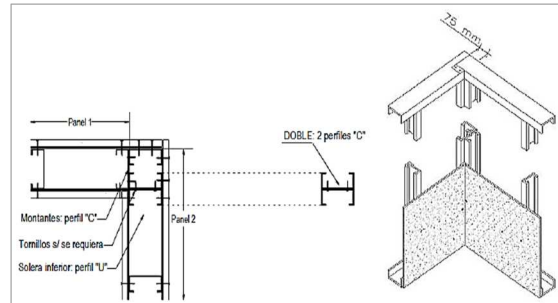


Imagen #130: Unión de esquina “L”

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Aberturas en los paneles

Los vanos para puertas y ventanas, así como en el sistema convencional, requieren un dintel para redireccionar las cargas a los soportes. Los dinteles, son piezas pre armadas constituidos por dos perfiles “C” conectados por un perfil “U” atornillado en cada uno de sus extremos, y por una solera anclada a la parte inferior de la viga.

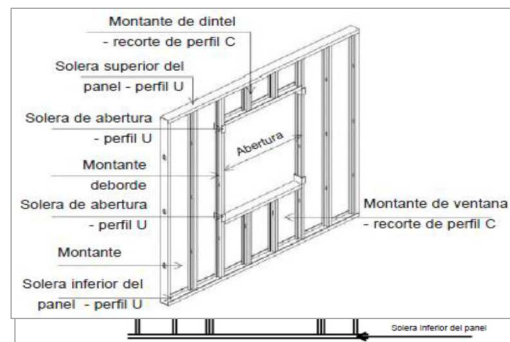


Imagen #131: Aberturas en los paneles

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Esta solera, así mismo va fijada a las jambas de la abertura para evitar la traslación del dintel.

Imagen #132: Aberturas en los paneles

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

La cantidad de perfiles necesarios para

apoyar el dintel, se establecerá con el cálculo estructural. Sin embargo, se puede determinar que la cantidad de perfiles en cada abertura será igual al número de soportes interrumpidos por los mismos dividido entre 2.

Cuando hay aberturas en los paneles, la cinta metálica suele tener un ángulo de inclinación mayor (ver figura a). Ante tal situación, se deberá establecer un aumento en la sección de la cinta, debido a que la tensión en el elemento sería mayor, u optar por otra posición de las cintas (ver figura b).

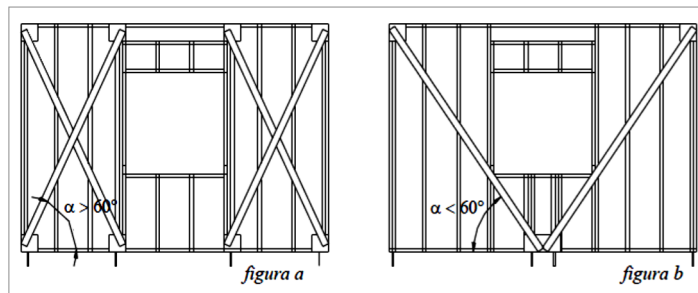


Imagen #133: Aberturas en los paneles (ventanas)

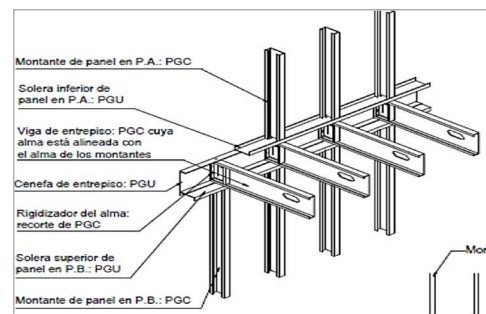
Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Otra manera para estabilizar los paneles, es la aplicación de diafragmas de rigidización. Estos son placas estructurales; tienen la capacidad de impregnar los esfuerzos horizontales como las fuerzas sísmicas y las del viento, enviándolas a la cimentación.

Forjados

En este Sistema, los forjados se lo realizan bajo la misma conceptualización de los paneles. Se divide la estructura, donde la cantidad de elementos (vigas) sean equidistantes. Para las vigas se utilizan perfiles “C” situados de manera horizontal.



La carga que se ha recibido en cada viga, se envía de forma directa al soporte que le sirve de apoyo; es por esta razón, que se considera una estructura alineada.

Imagen #134: Forjados

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

La separación entre vigas coincide con la separación entre soportes. Aunque la modulación dependerá de los requerimientos a los que se encuentra sometido cada perfil, en ciertos casos,

las vigas de forjado se modulan a la misma distancia que los soportes o de manera inversa.

Revestimiento exterior: Al exponerse a la intemperie y a la poca resistencia a la humedad, es necesario colocar un material impermeable en el exterior, que puede ser membrana de polietileno de alta densidad engrapada. De esta forma, se logra la estanqueidad de las paredes y el paso del vapor de agua hacia el exterior, para evitar condensaciones.

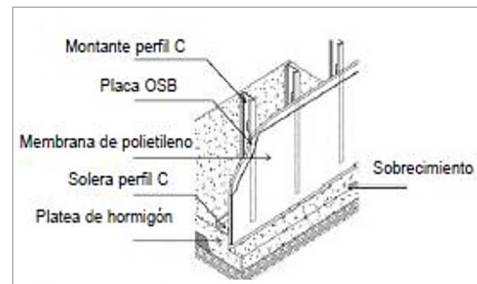


Imagen #135: Forjados
Fuente: Investigación
Elaborado por: Investigadora

Revestimiento interior: El panel de yeso es el material que más se ha aplicado como revestimiento interior, en paredes y cielorrasos, por sus características:

- Resistente al fuego
- Aislamiento térmico
- Aislamiento acústico
- Rápido y sencillo montaje

Las placas se atornillan a la estructura. Es necesario que la junta entre paneles, deba coincidir con el eje del soporte. Los tornillos se dispondrán cada 25 cm, con una separación de al menos 1 cm del borde de la placa.

Cubierta

La estructura de la cubierta es alineada, al igual que los forjados y los paneles de las paredes. La conceptualización estructural con relación a la rigidización, colocación y elementos es el mismo.

La instalación de la estructura de la cubierta, se debe disponer de forma alineada con los soportes del panel, para que permita enviar las cargas hacia la cimentación. Cuando no se realiza esta alineación por la ubicación de la cubierta, se colocará una viga dintel apropiada para enviar las cargas a los soportes no alineados.

Tipos de cubierta

a) Cubierta Plana

La cubierta plana se soluciona de manera similar a la de un forjado húmedo. En el caso de una cubierta inclinada, se logra la pendiente necesaria variando el espesor del contrapiso de hormigón. La rigidización se da por el sustrato aplicado, ya sea chapa o multilaminado fenólico.

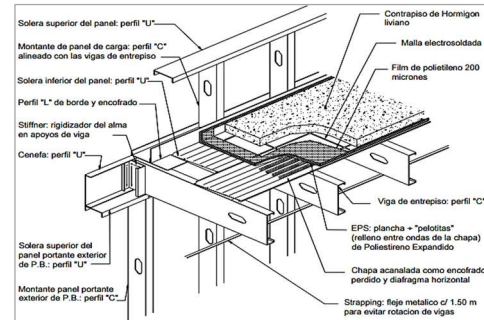


Imagen #136: Cubierta Plana

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

b) Cubierta Inclinada

La estructura de la cubierta inclinada, presenta similitud a la estructura tradicional de madera, pero con perfiles de acero galvanizado. En este sistema, una cubierta inclinada es posible realizarla por medio de una estructura de cabios.

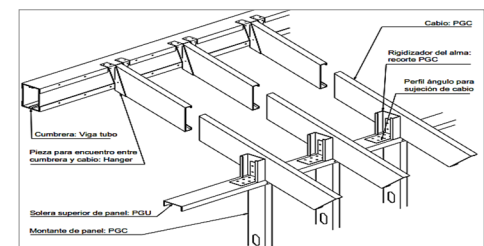


Imagen #137: Cubierta Inclinada

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

Estos cabios son vigas inclinadas, a partir de perfiles "C", los cuales deben apoyarse en todos sus extremos. Es posible aplicarse a grandes luces, si se dimensiona adecuadamente.

La estructura se constituye con la instalación de dos cabios en ambos sentidos, apoyados sobre el soporte de la pared de carga en los extremos, donde coincidirían los dos cabios; los cuales, se encuentran unidos por una viga “cumbreira”, la misma que se compone de perfiles tipo “C” y ”U”

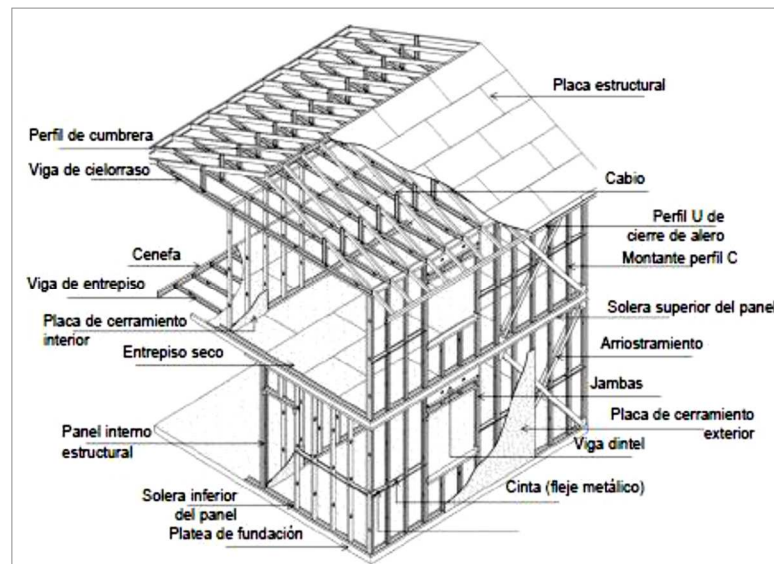


Imagen #138: Esquema de Vivienda con el sistema “Steel frame”

Fuente: Investigación

Elaborado por: Investigadora

4. CONCLUSIONES GENERALES

En función de la situación estudiada en la presente investigación, se manifiesta las siguientes conclusiones:

- A.** El no haber considerado los respectivos estudios de suelo durante el proceso constructivo de las edificaciones del área de estudio, sus estructuras se vieron afectadas por la presencia de asentamiento del suelo, debido a la pérdida de su capacidad portante.
- B.** Ante la ausencia del control y supervisión de los procesos constructivos en obra por parte de los profesionales ya sean de arquitectura o ingeniería, se han presentado varios daños en las edificaciones de la zona de estudio, durante el terremoto del pasado 16 de abril.
- C.** Muchas de las edificaciones afectadas en el área de estudio, no habían sido planificadas para soportar todas las cargas que presentaban, es por

ello, que durante el terremoto colapsaron totalmente debido a su sobrepeso.

- D.** La mala calidad de los materiales empleados en obra, ha influido mucho en el colapso de las edificaciones, debido a que no se verifica la procedencia de los mismos, se realizan dosificaciones erradas, se los manipula de forma inadecuada u optan por la economía de los materiales de baja calidad, los cuales le atribuyen poca estabilidad a la edificación.
- E.** Otro de los factores que influyó en las edificaciones que colapsaron, es la influencia de la mano de obra no calificada, debido a que en muchas ocasiones, el personal encargado de la obra, no toma en consideración el control necesario de evaluación y experiencia de sus operarios, lo cual, no garantiza una buena calidad en el resultado final de la construcción.
- F.** La cuestión estructural en las edificaciones del sitio en estudio, se ha visto muy comprometida durante el terremoto, por la ausencia del cumplimiento de normativas con relación a la geometría apropiada que una determinada edificación debe tener en zonas propensas a sismos.
- G.** En cada una de las edificaciones, se detectaron varias fallas constructivas; una de ellas como consecuencia del efecto de columna corta, al no estar presionada por paredes de relleno en toda su altura, ya que se han colocado ventanas altas en ella. Esta columna tiende a fallar de manera frágil, al exponerse a grandes esfuerzos cortantes originados por impedirse su distorsión hasta la altura de estas paredes.
- H.** El deficiente confinamiento en las columnas es otra de las fallas detectadas, las cuales se originan cerca de la unión con la viga, es por ello, que se pierde el recubrimiento empujado por el acero, pandeándose hacia afuera. Además, de la unión inapropiada entre los elementos estructurales; por ejemplo el colapso ocurrido por la inadecuada conexión entre la cimentación y las columnas, y, entre losas, vigas y columnas.

- I. Cabe recalcar, que la población afectada en la zona de estudio, ha manifestado que la futura construcción de su edificación será de un sólo piso, tipo “Villa”, debido al temor por vivir en una edificación con mayor número de pisos y construidas con hormigón armado, ya que las losas pueden colapsar y desplomarse todo el inmueble.

- J. Hasta la actualidad, no se han desarrollado programas de capacitaciones por parte de las autoridades correspondientes para la prevención y actuación ante desastres naturales. Por ende, al no tener conocimiento la ciudadanía de como poder actuar al momento de presentarse una eventualidad como esta, se origina nerviosismo y preocupaciones en ellos.

5. RECOMENDACIONES

En relación a lo expuesto en las conclusiones se determinan las siguientes recomendaciones:

- A. Las autoridades municipales deben cerciorarse que, en cada construcción exista un profesional en arquitectura o ingeniera que fiscalice cada proceso constructivo y a su vez, hacer cumplir las normativas correspondientes, para garantizar la buena calidad de la obra.

- B. Es importante, que el control y supervisión de los procesos constructivos en obra por parte de los profesionales, arquitectos o ingenieros se los realice diariamente y con la debida exigencia, para garantizar que la edificación sea sostenible en el tiempo.

- C. Es necesario, que a la hora de realizar el diseño de una edificación por parte del profesional, se la realice con proyección a futuro; se debe tomar en consideración varios factores como: si será destinado a varias tipologías y el número máximo de pisos, ya que esto puede evitar que se le atribuyan cargas no previstas en lo posterior.

- D.** Con relación a la calidad de los materiales empleados en obra, es muy importante e indispensable que las autoridades encargadas de la obra, verifiquen la procedencia de los mismos; fiscalizar minuciosamente la realización de las dosificaciones y la apropiada manipulación de los materiales, para garantizar que estas sean las correctas. Es menester, considerar el precio de estos materiales ya que muchas veces, los más económicos suelen llegar con defectos.
- E.** Se recomienda, que dentro de las normativas de construcción, exista una cláusula donde se exija a las autoridades principales encargadas de la obra, que al contratar a su personal de trabajo sea necesario evaluar sus conocimientos y a su vez, verificar la experiencia y el desempeño de los mismos; además del respectivo control y la supervisión diaria una vez contratados, para con ello, garantizar una buena calidad en el resultado final de una determinada construcción.
- F.** Se debe designar a alguna autoridad municipal, que verifique de manera estricta el cumplimiento de las normativas correspondientes a la geometría apropiada que una determinada edificación debe tener en zonas propensas a sismos en el proceso de diseño, de esta manera se puede autorizar o no la construcción del inmueble.
- G.** Se pone en manifiesto, que para evitar las fallas del efecto de columna corta, es recomendable que los elementos no estructurales no ostenten rigidez, que al momento de combinarse con las columnas establezcan una nueva rigidez. Entre la columna y la pared, se deben crear juntas de separación, para lograr que la columna se deforme libremente, y de ésta manera le permita trabajar de forma adecuada durante un movimiento sísmico.
- H.** Con relación al confinamiento en las columnas, es muy necesaria la supervisión del armado de cada elemento estructural con sus respectivos números de estribos y la debida distancia, ya que de esto depende que se cumplan las mencionadas normativas.

- I. Es menester devolver la confianza al sistema constructivo tradicional, donde las autoridades de turno controlen de manera estricta el fiel cumplimiento de las normativas de seguridad y calidad en la construcción.
- J. Es de vital importancia que se realicen simulacros en entidades administrativas, educativas, etc., a más de ejecutar varios programas de capacitaciones dirigidos a toda la ciudadanía por parte de las autoridades, para la prevención y actuación ante algún futuro evento natural.

6. REFLEXIÓN FINAL

“No es la belleza de un edificio lo que se debería mirar; es la construcción de los cimientos lo que aguantará la prueba del tiempo”. David Allan Coe.

La ciudadanía, debe estar consiente por el bienestar propio y el de su familia, que la cuestión estructural es la base principal para obtener una edificación segura, que garantice una buena calidad, y a su vez, que permita perdurar en el tiempo. Ambas situaciones son esenciales, sin embargo, si la cuestión estructural presenta excelentes condiciones, por ende la cuestión estética y de belleza garantizará una mejor concepción a la edificación; siendo ambos, un complemento del otro.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ AGUIAR R., CAIZA P., TORRES M., ROMO M., “*Sismo de Bahía de Caráquez*”, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, Quito – Ecuador (1998).
- ✓ AGUIAR Falconí Roberto, Dr. Ing. “*Análisis Sísmico de Edificios*”, primera edición, Quito – Ecuador, (Abril del 2008).
- ✓ Arquitectos, B. (2012). “*Viviendas con contenedores marítimos*”.
- ✓ Bazán Enrique, Meli Roberto; “*Diseño Sísmico de Edificios*”; Editorial LIMUSA. México, (1999).
- ✓ BENAVENT, A. “*Estructuras Sismorresistentes*”. Madrid. Maia. (2010).
- ✓ BOZZO M. Luis; BARBAT Alex H. “*Diseño sismorresistente de edificios: Técnicas convencionales y avanzadas*”. Publicado por Editorial Reverté, S.A. (2000).
- ✓ Centro Nacional de prevención de desastres. “*Guía Práctica de Simulacros de Evaluación en Inmuebles*”, tercera edición. México, D.F, Abril, (2010).
- ✓ “*Construcciones menores sismorresistentes*”. Manual técnico de Capacitación. AIS, SENA, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Emergencias.
- ✓ D. J. Dowrick. “*Diseño de estructuras resistentes a sismos*”, para Ingenieros y Arquitectos. (1990).

- ✓ ELGUERO Ana María. *“Patologías elementales”*. Publicado por Nobuko, (2004).
- ✓ F. Barbará Z. *“Materiales y procedimientos de construcción”*; Tomo 1 y 2 última edición, México DF, (2007).
- ✓ FLORENTÍN Saldaña Ma. Mercedes, GRANADA Rojas Rubén. *“Patologías Constructivas en los edificios; Prevención y Soluciones”*, (Junio 2009).
- ✓ FRATELLI María Graciela Arq. Ing. Civil. (2014) *“Reparación de daños estructurales”*.
- ✓ GAD MANTA. *“Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Manta”* (2014-2019).
- ✓ GONZÁLES Juan Camilo; MARTINEZ Carlos Alberto. *“Sistema Constructivo en Seco: Razones de Peso”*. En la Revista Construdata: Informe Especial. Ed. 144 (Mar, 2010).
- ✓ *“Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales”*; Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, Tercera Edición (2011).
- ✓ HELENE Paulo, PEREIRA Fernanda. *“Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón”*, Reparación, Refuerzo y Protección. Capítulo I. Enero, (2011).
- ✓ JÁUREGUI Esteban Arq. *“Introducción al sistema Steel Framing”*, Construyendo con perfiles de acero galvanizado liviano. Editorial Nobuko. Argentina, (2012).
- ✓ *“Manual del Comité de Gestión de Riesgos”*. Guayaquil, Ecuador, (Enero del año 2012).

- ✓ “*Manual para la Reparación de Viviendas Dañadas*”. Programa de reconstrucción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Chile, (año 2010).
- ✓ “*Manual para la Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería Confinada Dañadas por Sismos*”: Tipologías de daños. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Perú, (2009).
- ✓ NAVARRO CAMPOS Nelson, PINO Velásquez Ángel Julver; “*Patología, Diagnóstico y Rehabilitación de Edificaciones*”. Ecuador, (Septiembre 2011).
- ✓ NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.
- ✓ PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR – ECUADOR (2013-2017).
- ✓ Reglamento Nacional de Construcciones. “*Norma Técnica de Edificaciones*”. Diseño Sismo resistente, Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción. SENCICO, Quito – Ecuador (2003).
- ✓ Reitherman, R. y Arnold, C. “*Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*”. México: Editorial LIMUSA, México, D.F (1991).
- ✓ Rosenblueth, E. (1991). “*Diseño de estructuras resistentes a sismos*”. México: Editorial LIMUSA, México, D.F (1991).
- ✓ SÁNCHEZ De Guzmán Diego; “*Durabilidad y Patología del Concreto*”, primera edición. Colección especializada del concreto, Colombia; Asocreto, (2002).
- ✓ SECRETARÍA TÉCNICA DE GESTIÓN DE RIEGOS, Ecuador.
- ✓ “*Sistema Nacional de prevención y atención de desastres*”, Planificación, segunda edición. Bogotá, Colombia (1991).

- ✓ STEIGER Ludwing, HUGUES Theodor, WEBER Johann. *“Construcción con Madera”*. Editorial Gustavo Gili, España (2009).
- ✓ VILLEGAS Marcelo, libro *“Guadua: Arquitectura y diseño”* creado, desarrollado y editado en Colombia, en el mes de Julio del año 2013.

8. ANEXOS







