



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA:

**INVESTIGACIÓN DE LOS PROBLEMAS SUSCITADOS EN
TRES EDIFICIOS RELEVANTES DE LA CIUDAD DE BAHÍA DE
CARÁQUEZ, A RAÍZ DEL EVENTO SÍSMICO PRODUCIDO EL
16 DE ABRIL DEL 2016. CAUSAS Y SOLUCIONES PARA
EVITAR ESTE TIPO DE PROBLEMAS EN EL PROCESO
CONSTRUCTIVO.**

AUTOR:

VÁZQUEZ PONCE, DAVID MOISÉS

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

SUAREZ RODRÍGUEZ, MARCO VINICIO ILDAURO

Guayaquil, Ecuador

2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Vázquez Ponce, David Moisés**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

Ing. Suarez Rodríguez, Marco Vinicio Ildaura

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Vázquez Ponce, David Moisés**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Investigación de los problemas suscitados en tres edificios relevantes de la ciudad de Bahía de Caráquez, a raíz del evento sísmico producido el 16 de abril del 2016. Causas y Soluciones para evitar este tipo de problemas en el proceso Constructivo** previo a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

Vázquez Ponce, David Moisés



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Vázquez Ponce, David Moisés**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Investigación de los problemas suscitados en tres edificios relevantes de la ciudad de Bahía de Caráquez, a raíz del evento sísmico producido el 16 de abril del 2016. Causas y Soluciones para evitar este tipo de problemas en el proceso Constructivo**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR:

Vázquez Ponce, David Moisés

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme de muchas bendiciones, mucha salud, y mucho entendimiento para poder culminar una etapa más de mi recorrido profesional.

Agradezco a mi madre por sus enseñanzas, sus valores, y sus consejos que me han servido para ser una persona de bien.

A mi querido padre Fernando, él ha sido mi ejemplo a seguir, me ha motivado a culminar mi carrera con sus ejemplos de vida. Por su confianza incondicional, y por su fe. Él me ha demostrado que todo se logra, si tienes perseverancia y si crees en ti mismo. Gracias por darme tu amor, y tu apoyo incondicional.

A mis queridos hermanos Fernando, Pamela y Diana, siempre motivándome a salir adelante, de la mejor manera.

Agradezco a mi esposa, ya que ha sido un gran apoyo en este recorrido, y a pesar de las dificultades de la vida, siempre ha estado presente en cada paso que doy. Le agradezco por su gran amor, y su eterna paciencia. Y por sobre todo le agradezco por darme el regalo más grande de este mundo.

Una hermosa hija, un angelito, mi hermosa princesa.

A mi tutor el Ing. Marco Suárez Rodríguez, por ayudarme a finalizar este proyecto de investigación, gracias por su constante apoyo, por su enorme paciencia, sus grandes consejos, sus ideas y su gran calidez para transmitir sus enseñanzas como docente.

Al Municipio del Cantón Sucre – Bahía de Caráquez, por brindarme toda la información necesaria para realizar mi trabajo de grado, por su amabilidad y la gran cordialidad de su gente.

A todos mis compañeros, que han compartido conmigo en todo el transcurso de la vida universitaria, les agradezco por su amistad, por su gran apoyo.

David Moisés Vázquez Ponce

DEDICATORIA

A mi querido Dios, por regalarme una gran paciencia para afrontar mis retos en el recorrido universitario.

A mi madre, por brindarme su apoyo, su amor, su comprensión.

A mi padre, por ser el ejemplo a seguir, el incentivo de mis logros, ya que gracias a él y a sus enormes experiencias lograron encaminarme hacia la vocación de la Ingeniería Civil.

A mis queridos hermanos Fernando, Diana y Pamela, por su constante apoyo.

A mi querida esposa Diana, por ser la joya de mi hogar, por su amor y paciencia.

A mi hermosa hija Dianita, ella ha sido el motivo para salir adelante, para ser alguien en la vida y pueda ofrecerle todo. Sin que nada le falte.

David Moisés Vázquez Ponce



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

Ing. Marco Suarez Rodríguez

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, MSc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Alex Villacres Sánchez, MSc.

OPONENTE

Ing. Nancy Varela Terreros, MSc.

DOCENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CALIFICACION**

Ing. Marco Suarez Rodríguez
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, MSc.
DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Alex Villacres Sánchez, MSc.
OPONENTE

Ing. Nancy Varela Terreros, MSc.
DOCENTE

INDICE GENERAL

Capítulo 1	18
Introducción	18
1.1 Antecedentes.....	18
1.2 Planteamiento del problema	19
1.3 Justificación de la Investigación	20
1.4 Objetivo General.....	20
1.5 Objetivos Específicos	20
1.6 Alcance.....	21
1.7 Metodología.....	21
Capítulo 2	23
Marco teórico	23
2.1 Generalidades de las Construcciones Sismo Resistentes.....	23
2.1.1 Pórticos de Hormigón Armado Resistente a Momento.....	34
2.1.2 Normas Vigentes.....	35
2.1.3 Materiales.....	36
2.2 Proceso Constructivo en Edificaciones Sismo Resistentes.....	43
2.2.1 Muro de Contención	44
2.2.2 Cimentación	51
2.2.3 Columnas	59
2.2.4 Vigas y Losa.....	65
2.2.5 Paredes y Elementos de Amarre.....	77
2.2.6 Escaleras.....	88
2.3 Problemas suscitados en los Sismos.....	91
2.3.1 Patologías en las edificaciones por daños	91
Capítulo 3	112
Descripción y Evaluación de los proyectos Investigados.....	112
3.1 Edificio Jalil (Por Demoler).....	112
3.1.1 Descripción del estado general de la Edificación Jalil	112
3.2 Edificio de la Muy Ilustre Municipalidad del Cantón Sucre y el Mercado Municipal de la ciudad de Bahía de Caráquez (Por Reparar).....	117
3.2.1 Descripción del estado general de la Edificación de la Muy Ilustre Municipalidad del Cantón Sucre.....	122
3.2.2 Descripción del estado general del Mercado Municipal.....	132

Capítulo 4	141
Estudio de las Causas y Soluciones de los Daños Estructurales y No Estructurales del Sismo en los Edificios Investigados	141
4.1 Causas de fallas Edificio Jalil (por Demoler)	141
4.2 Causas de fallas Edificio Municipal del Cantón Sucre (por Reparar)	153
4.3 Causas de fallas Estructura del Mercado Municipal (por Reparar)...	161
4.4 Soluciones a las fallas de los Edificios Investigados	166
Capítulo 5	172
Conclusiones y Recomendaciones	172
Bibliografía	177
ANEXOS	178
Pruebas de extracción de núcleos Edificio Jalil	179
Tabla de derivas elásticas Edificio Municipal.....	181
Presupuestos Referenciales por Reforzamiento y Reparaciones Edificio Municipal	182
Presupuestos Referenciales por Reparaciones Mercado Municipal.....	185
Recolección de fotos de Bahía de Caráquez a raíz del sismo del 16 de abril del 2016.....	186

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Formas Irregularidades en Planta.....	28
Tabla 2 Formas Irregularidades en Elevación	29
Tabla 3 Valores de derivas máximas	31
Tabla 4 Sondeos Mínimos por categoría de construcción	52
Tabla 5 Profundidad Mínima de los sondeos por tipo de Cimentación	53
Tabla 6 Doblado de Gancho Estándar.....	72
Tabla 7 Variables Estructurales a evaluar según el sistema.....	117
Tabla 8 Altura de entresijos Edificio Municipal.....	126
Tabla 9 Área de entresijos Edificio Municipal	127
Tabla 10 Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación – Edificio Municipal	128
Tabla 11 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Baja.....	128
Tabla 12 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Baja.....	129
Tabla 13 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Alta 1.....	129
Tabla 14 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Alta 1	129
Tabla 15 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Alta 2.....	130
Tabla 16 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Alta 2.....	130
Tabla 17 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Alta 3.....	131
Tabla 18 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Alta 3.....	131
Tabla 19 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Piso 4.....	131
Tabla 20 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Piso 4	131
Tabla 21 Altura de entresijos Mercado Municipal	136
Tabla 22 Área de entresijos Mercado Municipal.....	136
Tabla 23 Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación – Mercado Municipal.....	138
Tabla 24 Nivel de Daño – Mercado Municipal – Planta Baja	138
Tabla 25 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Mercado Municipal – Planta Baja.....	138
Tabla 26 Nivel de Daño – Mercado Municipal – Planta Alta 1	139
Tabla 27 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Mercado Municipal – Planta Alta 1.....	139
Tabla 28 Nivel de Daño – Mercado Municipal – Planta Alta 2	139
Tabla 29 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Mercado Municipal – Planta Alta 2.....	140

INDICE DE GRAFICOS

Capítulo 1 - 2

Figura 1 Mapa de Peligro Sísmico del Ecuador	23
Figura 2 Comparación de Frecuencia, magnitud y Energía liberada	24
Figura 3 Comportamiento edificaciones sismo resistentes	25
Figura 4 Corrección en planta por irregularidades.	28
Figura 5 Losas alivianadas con Poliestireno Expandido	30
Figura 6 Paredes Portantes Aislaform	30
Figura 7 Ubicación inadecuada de construcciones	33
Figura 8 Edificaciones con sistemas Aporticado	34
Figura 9 Normas Vigentes 2016 en el Ecuador	36
Figura 10 Componentes del Hormigón	37
Figura 11 Almacenamiento del Cemento	38
Figura 12 Relación de agua con el hormigón	40
Figura 13 Correcto vertido del Hormigón	42
Figura 14 Posición Correcta del Vibrador	42
Figura 15 Curado del Hormigón	43
Figura 16 Tipos de muro de Contención más usuales	44
Figura 17 Barrera Protectora para Zanja de Muros de Contención.	45
Figura 18 Almacenamiento de las Varillas de Refuerzo de los Muros de Contención.....	46
Figura 19 Armadura del Muro de Contención	47
Figura 20 Fundición del Pie del Muro de Contención	48
Figura 21 Encofrado del Muro de Contención	49
Figura 22 Fundición del Muro de Contención	50
Figura 23 Relleno del Muro de Contención.....	50
Figura 24 Armadura de zapata y Pie de Columna	55
Figura 25 Fundición del Cimiento de la Riostra.	56
Figura 26 Armadura de la Riostra	57
Figura 27 Encofrado de Cadenas	58
Figura 28 Desencofrado de Cadenas	59
Figura 29 Detalle del Contrapiso.....	59
Figura 30 Armadura de Columna.....	60
Figura 31 Doblez de Gancho y Colocación Alternada de estribos	61
Figura 32 Separación de Estribos.....	62
Figura 33 Encofrado de Columnas	64
Figura 34 Encofrado de Columnas	65
Figura 35 Tipos de vigas.....	66
Figura 36 Detalle Losa Maciza y Losa Aligerada	66
Figura 37 Encofrado base de Viga.....	67
Figura 38 Encofrado Lateral de Viga	68
Figura 39 Encofrado de Losa Aligerada.....	68
Figura 40 Puntales sobre suelo nivelado y no nivelado	69
Figura 41 Encofrado de losa (tablas laterales)	69
Figura 42 Características de la sección de la Vigas	70
Figura 43 Traslape de varillas de Refuerzo Longitudinal	71

Figura 44 Separación de estribos	71
Figura 45 Armado de Vigas	73
Figura 46 Armado de Losa en 2 Direcciones.....	74
Figura 47 Armado de Losa en 1 Dirección.....	74
Figura 48 Refuerzo positivo y negativo en vigas o nervios de losa.....	75
Figura 49 Fundición y Vibración de Losa Alivianada	76
Figura 50 Medidas Comunes de Bloques Para Mampostería.....	77
Figura 51 Pared o Muro no estructural	78
Figura 52 Pared estructural de mampostería Reforzada	79
Figura 53 Pared de mampostería Confinada	80
Figura 54 Pared de mampostería Confinada, Tipo 1	80
Figura 55 Pared de mampostería Confinada, Tipo 2	81
Figura 56 Colocación de Bloques	82
Figura 57 Colocación de Bloques Maestros y Piola guía.....	83
Figura 58 Colocación de bloques y mortero vertical	84
Figura 59 Acabado y espesor de las juntas	84
Figura 60 Acabado de pared con la columna	85
Figura 61 Colocación de chicotes.....	85
Figura 62 Conexiones eléctricas en las paredes de mampostería Confinada	86
Figura 63 Ubicación de dinteles en puertas y ventanas.....	87
Figura 64 Ubicación de Pilaretes o Columnas de Confinamiento.	87
Figura 65 Elementos y dimensiones de la Escalera	88
Figura 66 Trazado de la Escalera.....	89
Figura 67 Encofrado de la Escalera.....	90
Figura 68 Armado de la Escalera.....	90
Figura 69 Patologías generadas por daños en un sismo	92
Figura 70 Importancia del Acero en el Comportamiento Estructural.....	93
Figura 71 Diferencia en el comportamiento ante la acción de fuerzas.....	94
Figura 72 Grietas por tensión diagonal Edificio La Fragata	94
Figura 73 Típica grieta originada en tabiquerías por eventos Sísmicos.....	95
Figura 74 Típicas fallas en columnas por fuerzas sísmicas.....	95
Figura 75 Colapso de Columna por Ausencia de Estribos.....	96
Figura 76 Fallas en Vigas por Tensión Diagonal	96
Figura 77 Fallas por insuficiencia de secciones transversales ante un Sismo	97
Figura 78 Daño Causado por falta de Rigidez lateral, Sismo de Cariaco, 1997.	98
Figura 79 Sismo de Cariaco, 1997. Fallas en Nudos.....	98
Figura 80 Ausencia de Estribos en Junta Viga-Columna.....	99
Figura 81 Importancia de las Uniones Junta Vigas-Columnas	99
Figura 82 Esquema del Muro de Cortante	100
Figura 83 Caída del Concreto y Grietas Horizontales en Muro de Corte ...	100
Figura 84 Falla en Forma de “X” en Muros de Cortante.	101
Figura 85 Colocación adecuada de Muros de Cortante.....	101
Figura 86 Características y Fallas del Muro de Cortante	102
Figura 87 Efectos Torsionales en edificios	102

Figura 88 Posibles Efectos Torsionales por Escaleras	103
Figura 89 Ejemplos de efectos Torsionales con Distribuciones Asimétricas de Rigideces.	103
Figura 90 Falla debido al Golpeteo de Edificios.....	104
Figura 91 Ejemplos de Fallas por Golpeteo de Edificios.....	105
Figura 92 Modelo de Edificaciones con Planta Baja Libre	105
Figura 93 Demandas Excesivas en Planta Baja Débil	105
Figura 94 Ejemplos de Piso Débil.....	106
Figura 95 Detalles correctos para Evitar Pisos Débiles	106
Figura 96 Esquema para Evitar Pisos Débiles.....	107
Figura 97 Colapso por Amplificación de Pisos Superiores	108
Figura 98 Esquema Columna Corta.....	109
Figura 99 Deformación Lateral Columna Corta.....	109
Figura 100 Fallas Típicas por Columna Corta.....	110
Figura 101 Separación de Columnas con los demás Elementos.....	111
Figura 102 Detalle de Mampostería para evitar Falla por Columna Corta .	111
Capítulo 3	
Figura 103 Edificio Jalil declarado inaccesible.....	113
Figura 104 Pruebas de Extracción de núcleo Edificio Jalil.....	114
Figura 105 Ubicación Google Maps – Edificio Municipal	122
Figura 106 Fachada sobre la Calle Ascazubi – Edificio Municipal	123
Figura 107 Fachada sobre la Avenida Simón Bolívar – Edificio Municipal	123
Figura 108 Planta Baja – Edificio Municipal.....	124
Figura 109 Planta Alta 1 – Edificio Municipal.....	124
Figura 110 Planta Alta 2 – Edificio Municipal.....	125
Figura 111 Planta Alta 3 – Edificio Municipal.....	125
Figura 112 Planta Alta 4 – Edificio Municipal.....	126
Figura 113 Ubicación Google Maps – Mercado Municipal.....	132
Figura 114 Fachada sobre principal del Mercado Municipal.....	133
Figura 115 Fachada Lateral del Mercado Municipal	133
Figura 116 Planta Baja Mercado Municipal	134
Figura 117 Planta Alta 1 Mercado Municipal	134
Figura 118 Planta Alta 2 Mercado Municipal	135
Figura 119 Planta de Cubierta Mercado Municipal	135
Capítulo 4	
Figura 120 Fallas del Edificio Jalil.....	141
Figura 121 Fallas Diagonales en Mampostería – Edificio Jalil	142
Figura 122 Recubrimientos Excesivos en Mampostería – Edificio Jalil	143
Figura 123 Mampostería mal Confinada – Edificio Jalil	144
Figura 124 Incorrecta instalación de Tuberías en la Mampostería – Edificio Jalil.....	145
Figura 125 Desprendimientos y Agrietamiento del Hormigón en Columnas Planta Baja – Edificio Jalil	146
Figura 126 Oxidación de varillas de Refuerzo Columnas Planta Baja – Edificio Jalil.....	147
Figura 127 Desprendimientos del recubrimiento en columnas desde Planta alta hasta el último piso – Edificio Jalil.....	148

Figura 128 Generación Rótulas Plásticas en vigas – Edificio Jalil	149
Figura 129 Desprendimientos del Enlucido en Vigas – Edificio Jalil	150
Figura 130 Exposición de varillas de refuerzo en vigas por falta de Recubrimiento – Edificio Jalil	151
Figura 131 Deflexiones Permanentes en losas y vigas – Edificio Jalil.....	151
Figura 132 Rotura bloque de escalera parte inferior – Edificio Jalil	152
Figura 133 Rotura bloque de escalera parte inferior – Edificio Jalil	153
Figura 134 Fallas del Edificio Municipal.....	154
Figura 135 Fallas en Mampostería fachada lateral derecha – Edificio Municipal	155
Figura 136 Falta de Confinamiento en Mamposterías – Edificio Municipal	155
Figura 137 Fallas en zonas de Ascensores – Edificio Municipal.....	156
Figura 138 Fallas por mala Instalación de Tuberías – Edificio Municipal...	157
Figura 139 Fallas en Mampostería Planta Baja, por Piso blando – Edificio Municipal.....	157
Figura 140 Pequeñas fallas al comienzo de Columna – Planta Baja – Edificio Municipal.....	158
Figura 141 Despostillamiento Columna de Lindero derecho – Tercer Piso Alto – Edificio Municipal	159
Figura 142 Desprendimiento de recubrimiento en Vigas – Edificio Municipal	159
Figura 143 Deflexión en losa del segundo piso – Edificio Municipal.....	160
Figura 144 Fallas en Estructura Mercado Municipal	161
Figura 145 Fallas en Mampostería Estructura del Mercado.....	162
Figura 146 Fallas de mampostería Fachada Principal – Mercado Municipal	163
Figura 147 Fallas en columnas – Mercado Municipal.....	164
Figura 148 Fallas en Escaleras – Mercado Municipal.....	165
Figura 149 Soportes para acero de refuerzo	170

RESUMEN

El presente trabajo, está orientado a la determinación de problemas en tres edificaciones en Bahía de Caráquez a raíz del sismo ocurrido el 16 de abril del 2016. Determinando cuales fueron las causas de fallas en elementos estructurales y no estructurales. A fin de obtener soluciones ante este tipo de problemas para que a futuro no se repitan.

Debido a que nuestro país, está en constante riesgo sísmico, las construcciones en nuestro medio deben ser hechas o construidas de acuerdo a criterios sismo resistentes respetando las normas vigentes. Por lo que un buen diseño estructural no es suficiente para obtener dichos criterios. Sino también la buena práctica constructiva, esto incluye el buen uso de materiales y una correcta fiscalización. Es por eso que como parte del trabajo se incluirá el correcto proceso constructivo. Evitando así posibles daños en eventos telúricos.

Los elementos que se detallarán en cuanto a su correcto proceso constructivo corresponden, desde la subestructura (cimentación) hasta la superestructura (columnas, vigas, losas, paredes y elementos de amarre).

También el fin de este trabajo, es que en base a la información procesado se puedan generar recomendaciones, en cuanto a la parte constructiva, configuraciones arquitectónicas, o diseños estructurales que sirvan para prevenir posibles daños a futuro.

Entre los edificios que se evaluarán, dos pertenecen al Municipio de Bahía de Caráquez, y el otro es de propiedad privada.

Palabras Claves: sismos, fallas, elementos estructurales, elementos no estructurales, construcciones sismo resistentes, proceso constructivo, subestructura, superestructura.

ABSTRACT

The present work will be oriented to the determination of problems in three buildings in Bahía de Caráquez following the earthquake that occurred on April 16, 2016. Determining what were the causes of failures in structural and non-structural elements. In order to obtain solutions to this type of problems so that in the future they will not be repeated.

Because our country is in constant seismic risk, the constructions in our environment must be made or constructed according to resistant earthquake criteria respecting the current norms. So, a good structural design is not enough to obtain such criteria. But also, the good constructive practice, this includes the good use of materials and a correct control. That is why as part of the work will include the correct construction process. Thus, avoiding possible damage to telluric events.

The elements that are detailed as to its correct construction process correspond, from the substructure (foundation) to the superstructure (columns, beams, slabs, walls and mooring elements).

Also, the purpose of this work is that based on the information processed can generate recommendations, as for the constructive part, architectural configurations, or structural designs that serve to prevent possible damages in the future.

Among the buildings to be evaluated, two belong to the municipality of Bahía de Caráquez, and the other is privately owned.

Keywords: Earthquakes, faults, structural elements, non-structural elements, earthquake resistant constructions, construction process, substructure, superstructure.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Antecedentes

El Ecuador se encuentra ubicado en una zona de alto peligro sísmico, debido a que posee eventos naturales como roce de placas tectónicas, vulcanismo, fallas geológicas entre otras, las cuales producen movimientos telúricos, por lo que las edificaciones, viviendas, y demás estructuras deben ser construidas con criterios sísmo resistentes.

Se encuentra en el Ecuador en los últimos 500 años destrucciones de ciudades enteras, provocando cerca de más de 50000 muertes de personas en el transcurso del tiempo, como el sismo ocurrido en Bahía de Caráquez (ciudad de análisis) el 4 de agosto de 1998, de una magnitud de 7.1, cuyo epicentro fue a 55 Km al norte de Portoviejo, a 220 Km al oeste de Quito y a 190 Km al Norte de Guayaquil, en la Zona costera central del Ecuador (profundidad focal 39 Km), ocasionando pérdidas de vidas (3 personas), muchos heridos, y aproximadamente 100 millones de dólares en pérdidas materiales. Este sismo fue generado por mecanismo inverso de bajo ángulo característico al contacto de interplacas en Zonas de Subducción.

También, el reciente terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016, de una magnitud de 7.8, cuyo hipocentro se ubicó entre las parroquias de Pedernales y Cojimíes del cantón Pedernales (Manabí), a 20 km de Profundidad, costa norte del Ecuador, se produjo como resultado del empuje de fallas poco profundas en el límite de las placas de Nazca y Sudamérica, ocasionando 673 muertes de personas, muchos heridos, y más de 3000 millones de dólares en pérdidas materiales.

Es por eso que nace la necesidad de emprender evaluaciones que permitan conocer los daños generados en las edificaciones, particularmente del último sismo para cambiar la mentalidad, las técnicas, y el proceso constructivo de las construcciones.

Se debe entender que los terremotos no generan muertes, sino las construcciones en mal estado, cálculos incoherentes a las normas vigentes, incorrecto control de calidad, falta de ensayos que indiquen que los elementos diseñados estén construidos de acuerdo a las especificaciones técnicas. El incorrecto control y ejecución de los

elementos no estructurales, en donde representan un porcentaje considerable en pérdidas humanas.

Debido a que las normas han sido mejoradas en el transcurso del tiempo, siendo una guía de requisitos mínimos, existen edificaciones en que se encuentran diseñadas con normas antiguas, las cuales no consideraban espectros de diseño y se basaban en porcentajes de carga referidas al peso total de la edificación. Esto lleva a la conclusión que se deben tomar medidas no solamente a las edificaciones afectadas por el sismo actual, sino las que pueden tener problemas a futuro.

Por lo que es importante, tomar medidas para reforzar estructuras ya construidas, y realizar una correcta prevención en las edificaciones que se construirán a futuro, respetando todas las disposiciones y normas actuales.

1.2 Planteamiento del problema

Las evaluaciones referentes a las edificaciones Jalil, Edificio Municipal, y Mercado Municipal se las efectuarán en la Ciudad de Bahía de Caráquez. ya que se encontró una alta afectación producto del ultimo sismo ocurrido el 16 de abril del 2016, y no solamente el ultimo sismo, sino todos los eventos telúricos que han pasado en esta ciudad como el sismo del 8 de agosto de 1998 siendo epicentro la misma ciudad de análisis.

Debido a que hay un indicador constante de fallas en los edificios, se procederá a evaluarlos de tal manera que se pueda obtener información valiosa, que permita encontrar soluciones a los problemas ingenieriles tanto desde el inicio, con sus respectivos diseños, hasta el proceso constructivo.

En ciertos edificios se generó el colapso, otros soportaron el evento sísmico, pero quedaron sentados estructuralmente dando como solución el derrocamiento. Esto corresponde al 25% de las edificaciones en Bahía de Caráquez.

Alrededor del 80% de las construcciones de Bahía de Caráquez han sido afectadas, en su mayoría en la parte no estructural como es el caso de la Mampostería, Enlucidos, Molduras Decorativas, Tabiquerías etc. Estos se ven afectados debido a que no existe la suficiente rigidez del edificio para disminuir los desplazamientos o

Drift de la edificación, generando esfuerzos adicionales. Es por eso que estos esfuerzos sobrepasan la resistencia de los elementos, dando como resultado fisuras, desprendimientos o fallas.

Todas las estructuras que se analizarán, son de hormigón armado resistente a Momentos, estas poseen una vida útil mayor a 40 años, por lo que muchas de las edificaciones que se encuentran en Bahía de Caráquez no cumplen con esta condición de uso o de servicio.

1.3 Justificación de la Investigación

En base a los resultados, análisis, y evaluaciones de las tres edificaciones en Bahía de Caráquez, se pretende mejorar la calidad de las construcciones, tomando de referencias, las causas que generaron estos problemas, todas las ayudas técnicas, normas vigentes, y el correcto proceso constructivo.

Dándonos como beneficio, una mejoría en el proceso constructivo, obteniendo edificaciones resistentes en su vida útil. Disminuyendo lo más importante que son las vidas humanas, en estos eventos de la naturaleza, que pueden ser catastróficos sino se tienen construcciones bien hechas.

1.4 Objetivo General

Evaluar los problemas a raíz del sismo de las edificaciones investigadas, con el propósito de obtener información útil, que permitan mejorar la calidad de las futuras construcciones.

1.5 Objetivos Específicos

- Determinar si las estructuras fueron diseñadas bajo el esquema sismo resistente.

- Analizar los posibles daños en las tres edificaciones, de los elementos estructurales y no estructurales.
- Obtener los ensayos elaborados e información técnica de las edificaciones en análisis, a raíz del evento sísmico ocurrido el 16 de abril del 2016.
- Plantear soluciones ante los daños generados en las edificaciones de análisis.

1.6 Alcance

El desarrollo de este trabajo va dirigido a todos los involucrados en un proyecto de ingeniería, ya sea el contratante, diseñadores, contratistas, fiscalizadores, técnicos de entidades públicas e incluso el promotor en caso de construcciones comerciales.

Se trata de lograr a través de un proceso investigativo informes que permiten conocer las posibles afectaciones de las edificaciones, en caso de no hacer un correcto control en las diferentes áreas que complementan el trabajo ingenieril, más que todo orientado a la parte del proceso constructivo, ya que puede existir un buen diseño, pero si no se cumple las especificaciones técnicas, ni correctas técnicas de construcción, las edificaciones pueden presentar daños ante un evento sísmico.

1.7 Metodología

Se aplicará la siguiente metodología:

- Se realizará una investigación en Bahía de Caráquez, determinando tres edificaciones críticas, las cuales sean de fácil acceso para obtención de información y no sean un riesgo para la integridad o seguridad personal.
- De las tres edificaciones, se realizará una evaluación orientada a la parte estructural y no estructural (Mampostería Confinada), determinando posibles fallas, y el motivo de las mismas.

- Para esto es importante realizar un diagnóstico, saber qué calidad de materiales han utilizado, que normas se han empleado para el diseño, y cuál ha sido el posible proceso constructivo.
- Entre la información que se auscultará a cada edificio serán los ensayos, que han hecho los laboratorios, indicando posibles irregularidades.
- También se determinará el uso de cada edificación, años de construcción, estudios del suelo, y posibles problemas geotécnicos del lugar.
- Toda la información será procesada, generando recomendaciones ante los problemas, fallas o daños que presentaron las edificaciones analizadas en el sismo del 16 de abril del 2016.
- Como existen fallas por proceso constructivo en la parte estructural y no estructural, se realizará un esquema, indicando como se debe construir, y que técnicas se deben utilizar, con el propósito de obtener una edificación sismo resistente.
- Se investigará también las posibles afectaciones suscitadas en el sismo del 4 de agosto de 1998, y si tuvieron o generaron algún daño remanente en las edificaciones investigadas, más que todo las que han sido catalogadas como inaccesibles o por demoler.

Se debe culminar, con las conclusiones y recomendaciones, de todo lo tratado en la investigación, y sirva como guía para los involucrados en los proyectos de ingeniería, con el fin de construir correctamente las futuras edificaciones.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Generalidades de las Construcciones Sismo Resistentes.

El Ecuador posee gran actividad sísmica, principalmente por mecanismos de fallas inversas como los procesos de subducción en la costa ecuatoriana, a este mecanismo natural se le atribuye terremotos de gran magnitud. También se pueden generar movimientos telúricos por el vulcanismo, por fallas geológicas como las fallas normales o directas, fallas de desgarre o fallas por cabalgamiento. Las normas vigentes se han referido a la **figura 1**, con un mapa ilustrado, indicando las zonas de mayor sismicidad, dando valores de aceleración “Z” entre 0.5 a 0.15 g, estos valores son usados para análisis estructural, por lo que las edificaciones cerca de la costa ecuatoriana son las más críticas, en cuanto al análisis sísmico.

Es por eso que existe la necesidad de construir edificaciones sismo resistentes acatando los criterios normalizados, y si las edificaciones ya construidas presentan deterioros, han cambiado su uso por el que fue diseñado, o existe algún daño remanente de sismos anteriores, estas edificaciones deben ser intervenidas, para evitar catástrofes en un futuro.

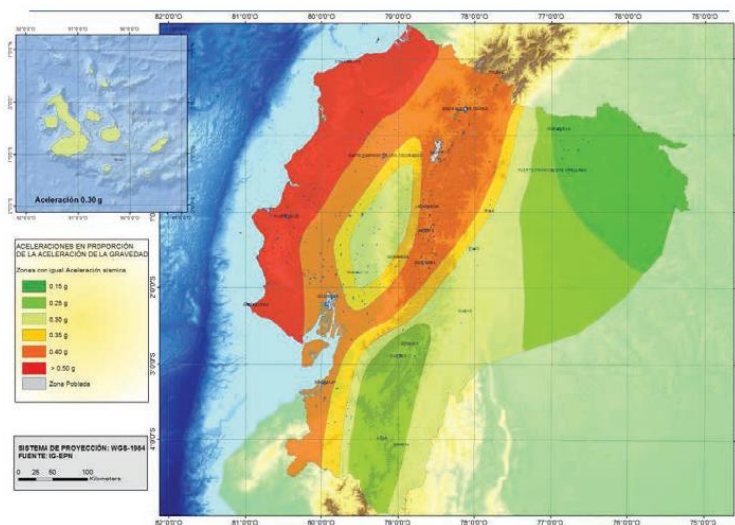


Figura 1 Mapa de Peligro Sísmico del Ecuador

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

El mapa de peligro sísmico que se muestra en la figura 1, proviene de un estudio de un periodo de retorno de 475 años, dándonos como valores máximos 0.5g valores de aceleración sísmica “Z” (aceleración máxima en roca), estos valores generalmente se utilizan para realizar los diseños o cálculos respectivos en las edificaciones (Espectros de diseño).

Para tener una visión amplia para catalogar una edificación sismo resistente es necesario conocer lo siguiente:

¿Qué es un terremoto?

“Son movimientos generados por la liberación de energía que se encuentra acumulada, en largos periodos de tiempo, esto es producto de las tensiones o presiones generadas por los bloques o placas en el interior de la tierra, pueden ser eventos catastróficos, siempre y cuando las edificaciones no hayan sido construidas respetando los criterios sismo resistentes”. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).

Por cada aumento de 1 unidad de magnitud, la energía sísmica asociada aumenta en un factor de 32 veces, por lo que el sismo del 16 de abril del 2016 con una magnitud de 7.8 (44000´000´000 Kg de explosivos), es mucho más fuerte que el sismo del 4 de agosto de 1998 en Bahía de Caráquez de una magnitud de 7.1. Es por ese motivo que hubo mayores daños en las ciudades colindantes.

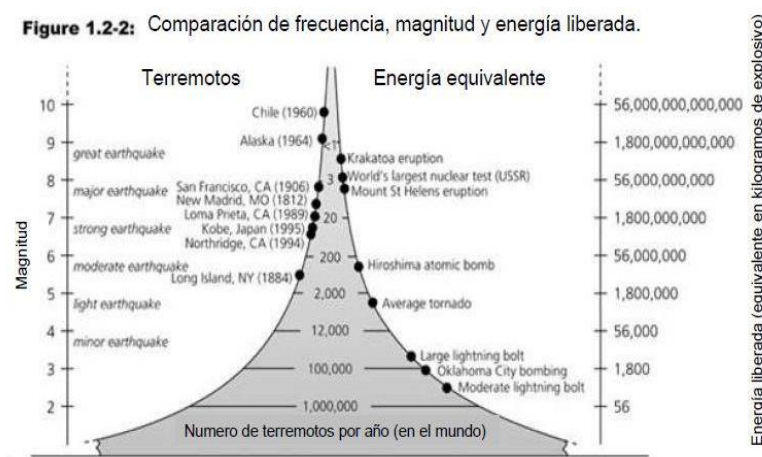


Figura 2 Comparación de Frecuencia, magnitud y Energía liberada

Fuente: Apuntes Materia Ingeniería Sísmica, UCSG

¿Qué es una edificación sismo resistente?

Se dice que una edificación es sismo resistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes. Aun cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismo resistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aún más fuerte que los que han sido previstos y que deben ser resistidos por la edificación sin que ocurran colapsos totales o parciales. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).



Figura 3 Comportamiento edificaciones sismo resistentes

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

Por esta razón, no existen edificios totalmente sismo resistentes. Sin embargo, la sismo resistencia es una propiedad o capacidad que se le provee a la edificación con el fin de proteger la vida y los bienes de las personas que la ocupan. Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismo resistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdidas de vidas, ni pérdidas totales de las propiedades. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

“Una edificación que no es sismo resistente, es totalmente vulnerable, afectándose en su mayoría la parte no estructural, generando muertes por caídas de estos elementos”. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

El sobre costo de estas edificaciones sismo resistentes, es un poco mayor, pero con un correcto manejo se lo puede incluir sin ningún problema en el presupuesto general, ya que el mantenimiento será menor en caso de que se presenten estos eventos sísmicos. Lo importante es salvaguardar a las personas y sus patrimonios.

¿Cómo se construye una vivienda sismo resistente?

Para esto se requieren cuatro cosas:

- **Planos estructurales:** Es de vital importancia tener planos acordes a las Normas vigentes, respetando las secciones de diseño sísmico de las Normas, ya sean Normas Internacionales, o Normas Nacionales cumpliendo con los requisitos mínimos y no menos a lo establecido.

Los planos deben contar con todas las dimensiones, y cuantías de acero de acuerdo al cálculo en elementos como la subestructura y la superestructura. También indicar la calidad de los materiales que se usarán en dichos elementos, cumpliendo con todos estos parámetros se podrá tener planos fiables, y construcciones seguras.

- **Buen personal:** debe existir personal preparado en hacer edificaciones, guiados por un Ingeniero civil.
- **Buenos materiales:** si se obtienen buenos materiales se puede llegar a las resistencias o valores especificadas para diseño, cumpliendo las especificaciones técnicas.
- **Hacer bien las cosas:** utilizar buenas prácticas de construcción.

Principios de Edificaciones Sismo Resistentes:

El criterio sismo resistente no solo tiene que ver con el buen diseño sísmico, con los materiales, sino también con una correcta configuración arquitectónica, y un equilibrio en sus componentes, a continuación, se nombrarán algunos principios para lograr que las edificaciones se comporten de manera favorable ante un sismo:

Forma Regular:

Es importante que las edificaciones presenten una configuración regular tanto en planta como en elevación. Las formas tipo L, T, U, I, es decir irregulares, pueden tener problemas de torsión, generando esfuerzos adicionales principalmente en las columnas esquineras, con posibilidades de fallas. Es por eso que se deben mantener plantas equilibradas.

Aunque el código ecuatoriano penaliza estas irregularidades, en el capítulo de peligro sísmico NEC-SE-DS, se debe mantener la integridad de la estructura mediante formas regulares, ya que puede ocurrir el caso de que los elementos sean diseñados para soportar esas torsiones, pero esto no asegura el buen comportamiento de los elementos no estructurales, generándose fallas en mampostería, moldes decorativos, marcos de puertas y ventanas etc.

Los coeficientes de penalización amplifican el coeficiente sísmico, obteniendo un mayor cortante de diseño (corte basal), con la intención de proveer de mayor resistencia a la edificación.

A continuación, se presentarán ciertas formas en planta en donde la Norma penaliza estas irregularidades:

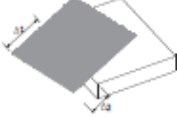
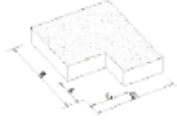

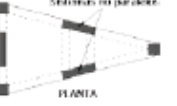
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{tr}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{tr}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{tr}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $(CxD + CxE) > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{tr}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 1 Formas Irregularidades en Planta

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

En el caso de tener formas irregulares se puede corregir el problema separando cada bloque, formando juntas constructivas, de tal forma que cada módulo trabaje independiente sin afectar la construcción global. Como se muestra en la figura 4.

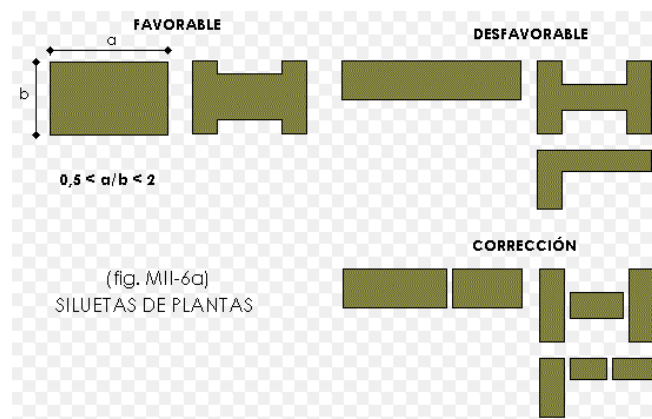


Figura 4 Corrección en planta por irregularidades.

Fuente: Lorenzo Servidor

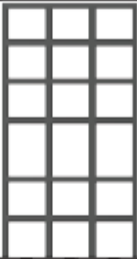
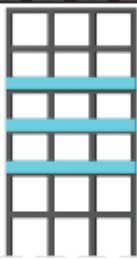

<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_T=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D Rigidez $< 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_T=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_T=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p><small>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</small></p>	

Tabla 2 Formas Irregularidades en Elevación

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

Bajo Peso:

Tiene que ver con la segunda ley de Newton, $F= m \cdot a$, la fuerza será igual a la masa por la aceleración, esta es una relación directamente proporcional, es decir, que, si la edificación posee mayor masa, la fuerza sísmica será mayor afectando a las edificaciones.

Es por eso que es preferible disminuir el peso de los edificios, para que el sismo no actúe con tanta severidad, y se pueda disipar. Si la cubierta de la edificación, posee cargas muy altas es probable que se comporte de manera inadecuada al momento de presentarse un sismo. Debido a la amplificación de los elementos en forma de péndulo. Para disminuir las masas de los edificios, se saben utilizar losas alivianadas con bloques de poliestireno expandido como se muestra en la **figura 5**, obteniendo casi una reducción del peso muerto de la losa aproximadamente en un 40% del peso total.



Figura 5 Losas alivianadas con Poliestireno Expandido

Fuente: Ecotec Panamá

Esta vendría a hacer una alternativa, inclusive más practica en el proceso constructivo, en vez de colocar los bloques alivianados. Otra alternativa para disminuir las masas es colocar paredes portantes huecas, tipo Aislaform, las cuales tienen solo pequeñas capas de mortero de 2.5 cm con una resistencia a la compresión de 140 kg/cm² y por dentro tienen poliestireno expandido, como se muestra en la **figura 6**. Con esto se obtiene un elemento rígido, ligero, de alta capacidad estructural y excelente resistencia térmica.



Figura 6 Paredes Portantes Aislaform

Fuente: Aislapol

Mayor Rigidez:

Los elementos deben poseer la suficiente rigidez, de tal forma que no permita excedentes de derivas. La Norma Ecuatoriana Capítulo Peligro Sísmico NEC-SD-DC específica, que, para edificios de hormigón armado, debe existir una deriva máxima por cada piso del 2% tabla 3, eso comprende las derivas elásticas e inelásticas, logrando de esta forma que los elementos no estructurales como las paredes de mampostería, acabados arquitectónicos e instalaciones no fallen ya que son elementos frágiles que no soportan mucha sollicitación de esfuerzo. Aunque el 2% sigue siendo límites altos, debido a que las paredes de mampostería se afectan a partir del 1%, pasando el esfuerzo admisible del bloque. Es por eso que hay que tomar otras medidas para reforzar las paredes, por medio de sujeciones o a su vez rigidizar más la edificación de tal manera que disminuyan las derivas por piso.

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 3 Valores de derivas máximas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

Estabilidad:

Todas las edificaciones deben estar equilibradas, de tal forma que las cargas laterales sísmicas no generen en la edificación procesos de volteo, es importante conseguir buena cimentación de tal forma que las cargas por peso propio contrarresten, las cargas por tracción generadas por el sismo. Esto también genera grandes desplazamientos produciendo golpeteo de edificios.

Suelo firme y buena cimentación

Es importante que la cimentación sea lo suficientemente resistente para soportar las sollicitaciones gravitacionales y sísmicas correspondientes al tipo de edificación, suelo y diversas características particulares del proyecto. Los suelos blandos o poco firmes generan una amplificación de ondas sísmicas debido a sus propiedades mecánicas,

acentuando diversos problemas en el comportamiento global de la edificación (Asentamientos).

Estructura apropiada.

Para que una edificación se comporte de manera apropiada debe de respetar todos los reglamentos sismo resistentes, estos incluyen buena configuración arquitectónica evitando posibles irregularidades, los elementos deben ser construidos de manera continua para generar uniformidad o equilibrio, evitar cambios bruscos en las dimensiones de los elementos, muchos volados generando posibles torsiones en vigas o columnas, entre otras. Todo lo indicado genera en la edificación esfuerzos más grandes de lo normal.

Materiales Competentes.

Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando se sacude. Materiales frágiles, poco resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Muros o paredes de tapia de tierra o adobe, de ladrillo o bloque sin refuerzo, sin vigas y columnas, son muy peligrosos. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

Calidad en la Construcción.

Se deben cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción. La falta de control de calidad en la construcción y la ausencia de supervisión técnica ha sido la causa de daños y colapsos de edificaciones que aparentemente no han cumplido con los criterios sismo resistentes. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001). Los sismos dan a conocer los errores hechos durante el proceso constructivo.

Fijación de acabados e Instalaciones.

Los elementos no estructurales, como paneles decorativos, paredes divisorias interiores y exteriores, e instalaciones deben estar lo mejor adheridos, de tal forma, que no ocurra desprendimientos por sismos de gran magnitud. Todos los elementos no estructurales que se encuentren cerca de los pórticos principales, deben de tener separaciones mínimas para evitar posibles daños.

Consideraciones de la Ubicación de la Edificación.

Es de vital importancia asegurar el terreno en donde se implantará la edificación, debido a que, si se encuentra en un suelo inestable, o presente problemas. Puede generar daños en los elementos estructurales, a continuación, se indicarán ciertos consejos para ubicar correctamente las edificaciones **figura 7**:

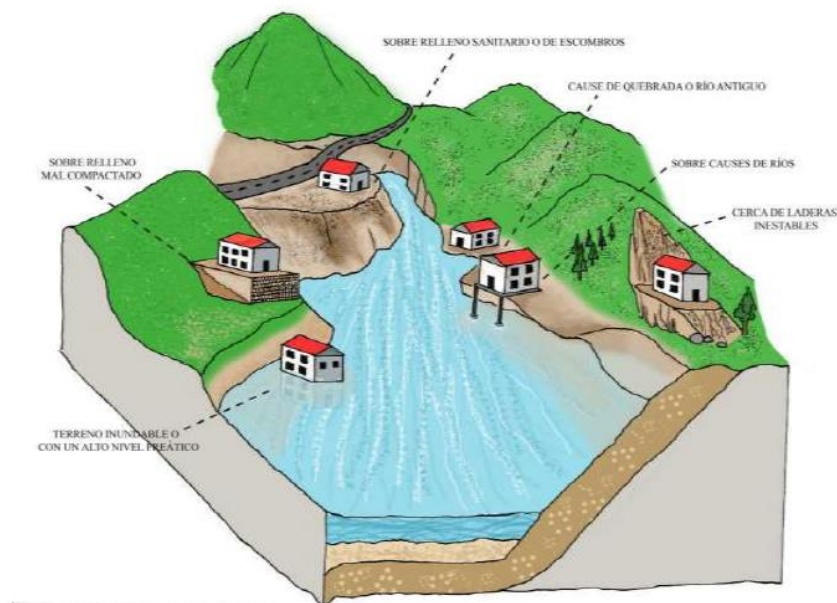


Figura 7 Ubicación inadecuada de construcciones

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

- Se debe evitar construir edificaciones en suelos mal compactado, o rellenos sanitarios, ya que la edificación tendera a asentarse con el paso del tiempo, generando fallas desde simple fisuras, hasta el colapso de la edificación.
- Se debe evitar las construcciones en laderas, o cercas de ellas, peor si son taludes inestables, debido a que se puede generar deslizamientos por los

sismos. Quedando en riesgo las edificaciones. Si los taludes presentan pendientes mayores al 30% es necesario la intervención de un ingeniero de suelos o de un ingeniero estructural.

- Se debe evitar las construcciones cerca de ríos, quebradas, lagos, esteros, depósitos de agua, ya que es probable que se generen inundaciones debidos a los cambios de niveles del agua, en el caso de apreciar una disminución del agua por motivo del sismo, hay la posibilidad de que se haya represado. Es por eso que se debe construir fuera de las zonas inundables, en zonas altas. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

2.1.1 Pórticos de Hormigón Armado Resistente a Momento

Este sistema está formado por vigas y columnas, conectados entre sí por medio de nodos rígidos, lo cual permite la transferencia de los momentos flectores y las cargas axiales hacia las columnas.



Figura 8 Edificaciones con sistemas Aporticado

Fuente: Scribs

La resistencia a las cargas laterales de los pórticos se logra principalmente por la acción de flexión de sus elementos.

El comportamiento de una estructura Aporticada dependerá exclusivamente de la rigidez dada por las columnas y vigas, con un correcto detallado del armado proporcionando la capacidad de soportar esfuerzos de cortante y momento flector en los nudos.

Ventajas:

- Gran libertad en la distribución de los espacios internos del edificio.
- Son estructuras muy flexibles que atraen pequeñas solicitaciones sísmicas.
- Disipan grandes cantidades de energía gracias a la ductilidad que poseen los elementos y la gran hiperestaticidad del sistema. (Cicloides, 2013)

Desventajas:

- El sistema en general presenta una baja resistencia y rigidez a las cargas laterales.
- Su gran flexibilidad permite grandes desplazamientos lo cual produce daños en los elementos no estructurales.
- Es difícil mantener las derivas bajo los requerimientos normativos
- Por su alta flexibilidad, el sistema da lugar a periodos fundamentales largos, lo cual no es recomendable en suelos blandos.
- El uso de este sistema estructural está limitado a estructuras bajas o medianas. Ya que a medida que el edificio es más alto, las columnas tienden a ser más grandes, por lo que pueden ocasionar que un proyecto no sea viable económicamente y arquitectónicamente. (Cicloides, 2013)

2.1.2 Normas Vigentes

Las siguientes normas son las que sirven para la evaluación de una edificación:

- NEC-SE-DS PELIGRO SISMICO DISEÑO SISMORESISTENTE
- NEC-SE-HM ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO
- NEC-SE-RE RIESGO SISMICO, EVALUACION, REHABILITACION DE ESTRUCTURAS.



Figura 9 Normas Vigentes 2016 en el Ecuador

Fuente: NEC

Es importante, tomar de referencias las normas vigentes, estas nos indican parámetros mínimos que se deben de seguir, para el diseño, y consideraciones constructivas. Pero no limitan el uso de consideraciones mayores a lo normalizado, en caso de no cumplir con lo establecido por norma como requisitos mínimos de seguridad, se debe demostrar por algún método los valores considerados. Ya sea de forma cualitativa o cuantitativa.

La NEC toma de referencia una serie de normativas ya elaboradas como el ACI 318-14 para el diseño de hormigón armado y consideraciones de sismo resistencia en el capítulo 21.

2.1.3 Materiales

Los materiales son los más importantes, ya que, en base a su características y propiedades, se logran formular resistencias de diseño, las cual son necesarias para encontrar dimensiones en los elementos estructurales sumados a otros criterios, es por eso que se nombrarán a continuación los materiales que conforman al hormigón armado, y sus diversos tratamientos para un correcto control de calidad.

“El hormigón (también llamado concreto) es el material de construcción más utilizado en el mundo, por ser resistente, económico, durable, que puede fabricarse fácilmente

en el sitio de la obra y sus materiales son fáciles de conseguir y usar”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). Pueden hacerse los elementos de distintas resistencias.

Los principales componentes del hormigón es el cemento, la arena, la piedra también conocida como ripio, el agua y aditivos que dependen de las características que se quieren conseguir con el hormigón (se pueden usar aditivos plastificantes, retardadores etc.), mejorando la calidad del hormigón.



Figura 10 Componentes del Hormigón

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

Características del Hormigón

El hormigón cuenta con las siguientes características:

- Posee Gran Resistencia a la Compresión.
- Es resistente al Fuego.
- Resistente a Condiciones Climáticas.

La buena calidad del hormigón no solo depende de contar con buenos materiales, sino que las mezclas de los componentes se realicen en cantidades correctas (Dosificaciones). Además, se debe controlar la colocación, la compactación, y el curado. Todos estos procesos influirán de manera directa en la resistencia del Hormigón. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Componentes del Hormigón:

Cemento: Material que sirve como ligante, con los demás componentes del hormigón, para no perder las características mecánicas del cemento, hay que almacenarlo de la manera correcta.

- Se debe evitar tener los sacos de cemento por tiempos prolongados en obra, ya que estos tienden a endurecerse, perdiendo su propósito.
- Se debe evitar apilar los sacos de cemento, sobrepasando de 8 a 10 sacos.
- Es recomendable apoyar los sacos de cemento, por encima del terreno natural, de tal forma que no aporte humedad el suelo, alterando su composición inicial.

Para tener un correcto almacenaje del cemento es importante proteger estos componentes del Intemperie por los que se debe proteger con lonas, o estar dentro de cabañas de almacenaje.

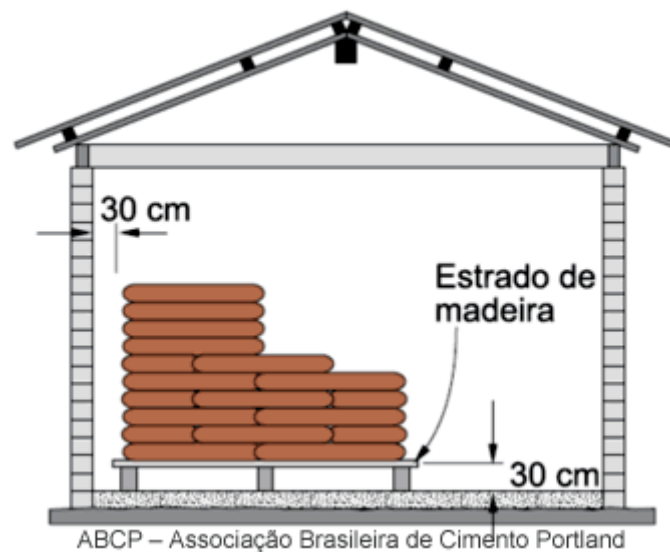


Figura 11 Almacenamiento del Cemento

Fuente: FAZFACIL

Arena: Llamada también agregado fino, el tamaño máximo de los granitos de arena no deben ser mayor a 5 milímetros. Es importante que esos granos estén limpios, libres de raíces, tallos, excrementos, etc. La arena se la debe almacenar en lugares limpios y preferiblemente tapado con plástico. No se debe utilizar arena de mar, pues tiene sales corrosivas para las varillas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Ripio: Llamado también agregado grueso, el tamaño máximo de los ripios dependerán del tipo de hormigón. Para el hormigón normal de losas y columnas. No debe usarse ripios más grandes que 3 o 4 centímetros, para facilitar la colocación y bombeo. Al igual que la arena, es importante que el ripio esté libre de raíces, tallos, excrementos, etc. Y se debe almacenar en lugares limpios y tapado con plástico. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Agua: El agua es uno de los materiales más importantes del cual dependerá mucho la calidad y resistencia del hormigón. El agua a usarse debe estar lo más limpia posible, sin olor, color, ni sabor. No debe presentar espuma al momento de agitarla. Nunca se debe utilizar el agua de mar, ya que la sal que contiene afectará a las varillas de refuerzo. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Dosificación y mezclas del Concreto:

Para obtener una mezcla homogénea, y con una resistencia de acuerdo a las características de cada proyecto, es necesario utilizar cantidades correctas de materiales (Arena, Piedra, Agua, Cemento).

Para lograr una buena dosificación se debe tener en cuenta la consistencia que se necesita y la resistencia que se indica en los planos estructurales. La consistencia es la forma, manejabilidad o trabajabilidad de la mezcla cuando está recién preparada, lo que permite llegar a todos los lugares del encofrado, evitando la formación de huecos o cangrejeras. La dosificación la realiza el ingeniero a cargo de la obra. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

La resistencia del hormigón dependerá en gran parte de la cantidad de agua y de cemento presente en la mezcla. Si se pone mucha agua, ésta se evapora y crea fisuras, huecos o cangrejeras en el hormigón, se separan los ripios del cemento, cayendo la resistencia, mientras que, si se pone poca agua, se crea una mezcla difícil de manejar, se complica la fundición y muy probablemente se generen huecos y cangrejeras. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 12 Relación de agua con el hormigón

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Las dosificaciones que más se utilizan en nuestro medio, para obtener resistencias de diseño de los elementos estructurales a los 28 días (Columnas, Vigas, Cimentaciones, Riostras, Muros de Contención) son los siguientes:

Cimentación $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$:

- 1 saco de cemento de 50 kg
- 28 litros de agua
- 2.5 parihuelas de arena al ras
- 3 parihuelas de ripio al ras (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Contrapiso $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$:

- 1 saco de cemento de 50 kg
- 35 litros de agua potable
- 3 parihuelas de arena al ras
- 3.5 parihuelas de ripio al ras (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Losas, Vigas y Columnas $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$:

- 1 saco de cemento de 50 kg
- 25 litros de agua potable
- 2 parihuelas de arena al ras
- 2.5 parihuelas de ripio al ras (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Las cajas pueden ser hechas de madera o metálicas con una dimensión de 25 a 35 cm por lado, con agarraderas. De tal forma, que sea de fácil colocación en el equipo mecánico (concretera).

Existen varias formas de mezclar el hormigón, la primera es de forma manual que incluye palas y recipientes de mezclado (lavacaros), la segunda por medio de concretera, y la tercera con mixels (Hormigón Premezclado). En obras pequeñas se debe preferir usar concretera para generar hormigones más homogéneos.

El procedimiento que se recomienda para realizar la mezcla en la concretera es el siguiente: en rotación la concretera, primero se agrega una cantidad pequeña de agua (unos 2 litros aproximadamente), seguidamente se agrega el ripio, luego se agrega todo el cemento, por último, se agrega la arena y paulatinamente el resto del agua. La mezcla se lo hace máximo en 3 minutos, pero no menos de un minuto y medio. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Colocación, compactación y curado del Hormigón:

La colocación del hormigón representa una condición sumamente importante, ya que, con este correcto proceso, se obtendrán elementos uniformes sin planos de fallas. Es de vital importancia respetar las dosificaciones y sobre todo la aportación del agua, es decir, no se deben agregar excesos, ni fundir en condiciones malas del clima.

Para evitar que la mezcla pierda su humedad, es necesario humedecer los encofrados donde se vaya a colocar el hormigón. La colocación debe realizarse desde la menor distancia posible a su punto final como muestra la figura a continuación. Si se deja caer el hormigón desde mucha altura (más de 1 metro o metro y medio) puede que la mezcla de cemento y arena se separe de los ripios (se desagregue), y no logremos un hormigón uniforme. Se debe utilizar una manguera de vertido o un tubo. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

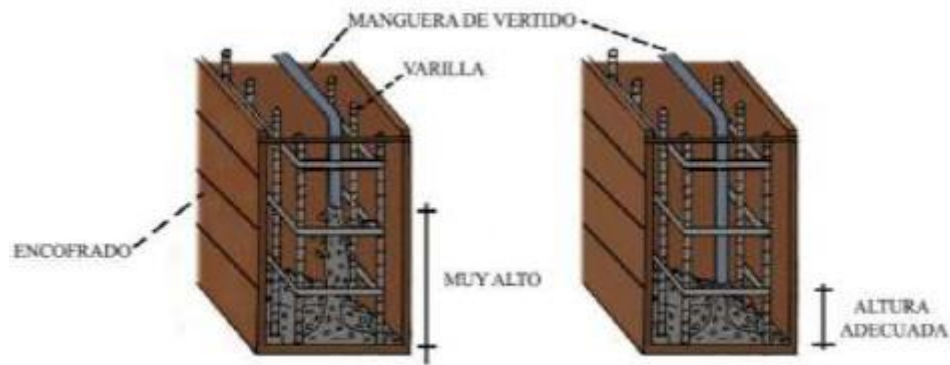


Figura 13 Correcto vertido del Hormigón

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

La compactación (vibrado) del hormigón es importante ya que evitará los posibles vacíos o cangrejas y se conseguirá un hormigón más uniforme. Esto se lo realiza, por ejemplo, con vibradores, sumergiéndolos verticalmente (no inclinados) entre 10 y 20 segundos. Se vibra cada medio metro de longitud, asegurando que el hormigón esté en contacto con todos los puntos del encofrado y no se formen huecos o cangrejas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

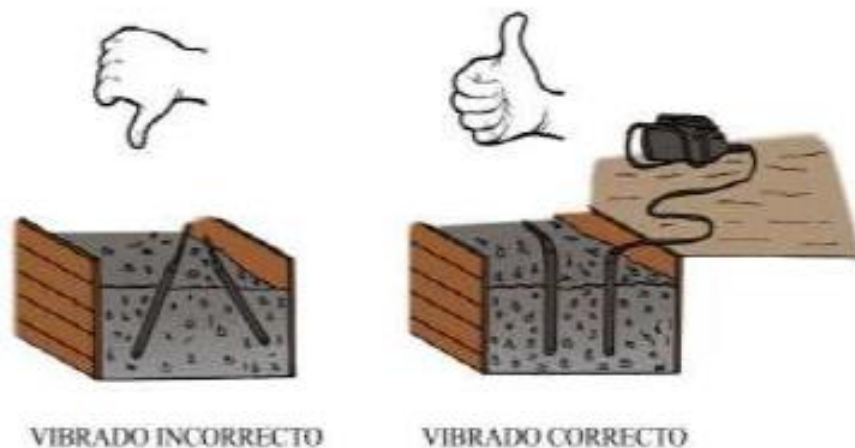


Figura 14 Posición Correcta del Vibrador

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Por último, el curado consiste en mantener húmedo un elemento de hormigón, luego de que éste se haya endurecido, es decir, después de 1 o 2 horas de ser colocado. Se realiza el curado regando agua a las paredes o la superficie del elemento estructural, o cubriendo el elemento estructural con algún material

impermeable que impida que se evapore el agua. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 15 Curado del Hormigón

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

El curado debe realizarse mínimo con 7 días, se pueden usar líquidos especiales para curar los elementos (Sika Curinsol), o el líquido universal que es el agua. Es preferible aumentar lo que más se pueda el curado debido a que aproximadamente a los 28 días se obtiene la resistencia de diseño.

2.2 Proceso Constructivo en Edificaciones Sismo Resistentes.

Un correcto proceso constructivo es el que define si la edificación se va a comportar sísmicamente Resistente, debido a que contribuye un porcentaje importante en el proyecto, también es donde se comenten muchos errores, debido a la mano de obra poco calificada, un incorrecto control de parte de los encargados, y muchas construcciones informales sin presencia de un ingeniero.

Para tener un correcto control, antes de iniciar cualquier construcción, se debe revisar todos los planos, para descartar cualquier error en la realización del mismo. Estos son planos arquitectónicos, planos estructurales, planos sanitarios, planos eléctricos, planos de instalaciones especiales. Etc.

A continuación, se mostrará el proceso constructivo de los diversos elementos estructurales y no estructurales que componen a la edificación:

2.2.1 Muro de Contención

“Los muros de contención son estructuras con el propósito de contener, retener o proporcionar aislamiento lateral para el suelo o para otro material suelto. Los muros de retención se usan en muchos casos donde existen cambios abruptos en la pendiente del terreno”. (McCormac & Brown, 2011, pág. 385)

Los muros de contención se clasifican generalmente: en muros tipo Gravedad (hormigón ciclópeo sin varillas de refuerzo), en muros tipo voladizo (hormigón armado), muros de gaviones, muros con mallas elastómeras entre otros. “El tipo de muro a construir, así como sus dimensiones, especificaciones, tamaño, dependerá del tipo de suelo del lugar y del detalle existente en el respectivo plano estructural”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

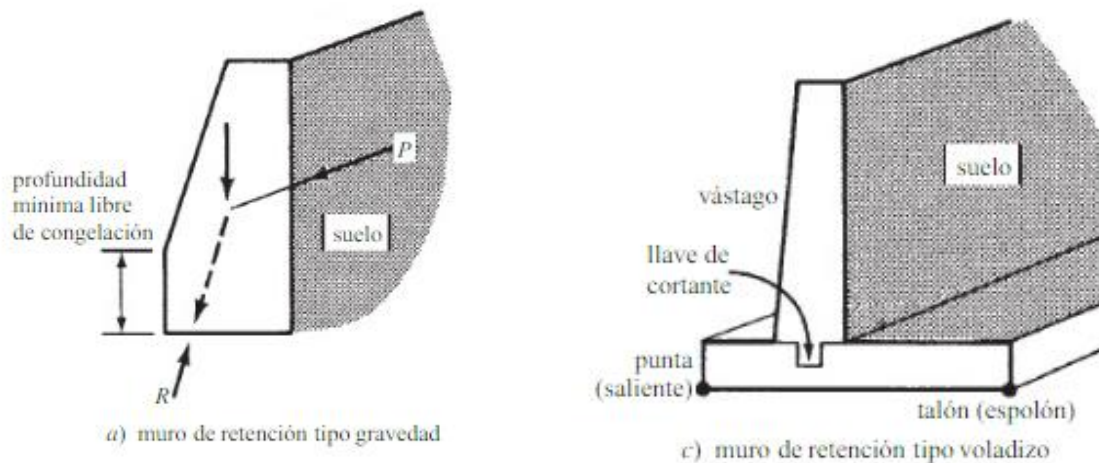


Figura 16 Tipos de muro de Contención más usuales

Fuente: (McCormac & Brown, 2011)

Excavación pie de Muro

Al realizar el replanteo y el trazado se debe ubicar los muros de contención a construirse. Si la rasante está en la parte inferior del talud de la ladera, es indispensable proteger a los trabajadores creando una barrera para posibles deslizamientos de tierra.

Esta barrera puede hacerse utilizando madera, enterrando puntales de al menos 7.5 cm de lado (o 3 pulgadas) y de 2.5 m de longitud, enterrándolos al menos medio metro y separándolos metro y medio entre sí. Entre los puntales se clavan tablas de monte de 2.5cm de espesor, cubriendo al menos 1 m de altura de los puntales. Esta barrera provisional cubrirá toda la zona a excavar y estará separada del lugar de excavación por lo menos 1 m. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

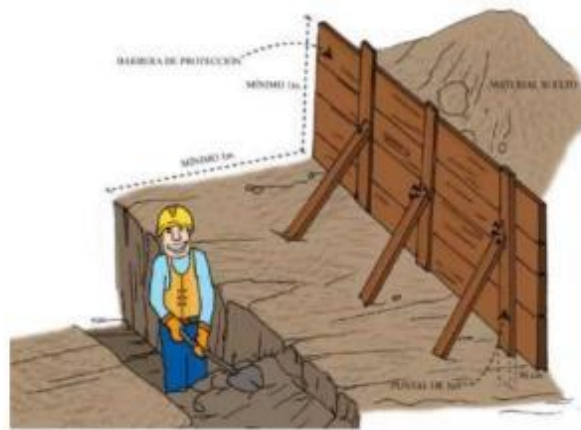


Figura 17 Barrera Protectora para Zanja de Muros de Contención.

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Al tener en perfecto control la zona de excavación, mostrada en la figura 17, se procederá a realizar la zanja de excavación, cumpliendo con lo especificado en los planos estructurales. Cumpliendo lo citado a continuación:

- Las paredes de la excavación del muro deben ser lo más rectas y verticales posibles respecto al fondo. El fondo de la zanja debe estar compactado y nivelado.
- Si es necesario se fundirá un replantillo de hormigón de 5 cm en la zanja.

- Sobre este replantillo se colocarán “galletas” de hormigón o separadores para apoyar la armadura del muro y que no esté en contacto con el suelo o con el replantillo.
- Finalmente, si la tierra excavada cumple con las condiciones para material de relleno, se la reutilizará mientras que lo sobrante se desalojará de la obra. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Armadura del muro de Contención

Toda la armadura correspondiente al muro de contención se las puede encontrar con mayor detalle en los planos estructurales, todos estos deben cumplir especificaciones mínimas dados por las normas, el armado del muro posee varillas longitudinales en dirección horizontal y vertical, con su respectivo alambre de amarre.

Todas las varillas de acero que se utilicen en el armado deben estar libres de óxido, grasas, pintura, aceites para que la varilla pueda adherirse de la mejor manera al hormigón. Si se van a almacenar, las varillas de acero no deben estar en contacto directo con el suelo y deben estar cubiertas con plástico para evitar que se oxide. Se debe tener en cuenta también que las varillas de refuerzo vienen de 12 m de longitud y que éstas no deben presentar fisuras y, aquellas varillas que ya se han doblado con anterioridad, no se las debe enderezar y volverlas a usar. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

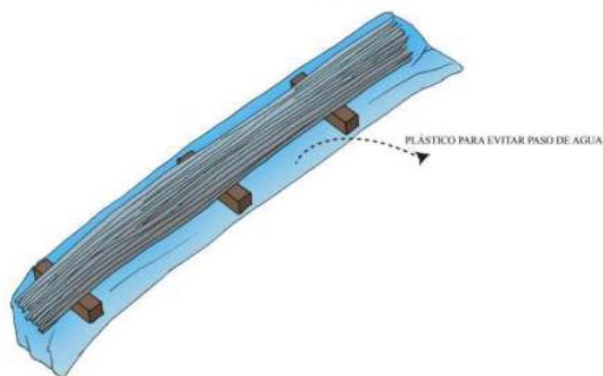


Figura 18 Almacenamiento de las Varillas de Refuerzo de los Muros de Contención

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Para colocar las varillas del muro de contención, se debe tener clara la información de los planos estructurales. En la planilla de hierros del plano se

indican los cortes que se deben hacer a las varillas. Seguidamente, se procede a realizar los doblados de éstas y se las coloca en su posición amarrándolas con alambre de acero. Se recomienda utilizar listones de madera de 2" x 2" (5 x 5 centímetros), así como templadores hechos de alambre que van a ambos lados y se anclan a estacas como se muestra en la figura 19, para evitar que las varillas verticales y horizontales se muevan al momento de colocar el hormigón del muro. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

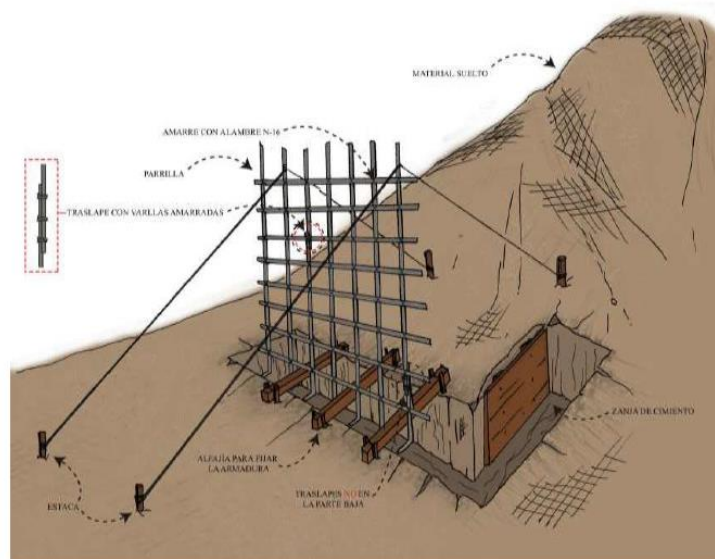


Figura 19 Armadura del Muro de Contención

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Todas las uniones o traslapes correspondientes al armado longitudinal, es preferible hacerlo lejos del contacto con el suelo, de esta forma se evita que el agua por procesos de capilaridad llegue al acero generando corrosión, afectando esas zonas importantes.

Fundición del pie del Muro de Contención

Al terminar el armado correspondiente al muro de contención, es necesario humedecer la zanja de tal forma que el hormigón no pierda, ni gane humedad afectando de esta forma las características del hormigón. Se vierte el hormigón llenando la zanja junto con un vibrador para obtener hormigones homogéneos sin huecos ni cangrejas.

Al momento de fundir, se debe controlar las varillas verticales y horizontales, verificando su posición para respetar los recubrimientos. Es recomendable fundir todo el bloque en una sola etapa.



Figura 20 Fundición del Pie del Muro de Contención

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

En la figura 20, se puede observar que es necesario realizar huecos, de tal forma que la superficie quede rugosa y se pueda adherir de la mejor forma con el hormigón de la pantalla.

Encofrado del muro de contención

Los tableros de la pantalla deben ser lo suficientemente resistentes, para soportar la presión generada por el hormigón al ser fundido, si la pantalla mide hasta 1.50 m de altura se puede usar la siguiente configuración:

Se utilizan tablas de 20 a 25 centímetros de ancho, las cuales llevarán refuerzos (barrotes) de madera verticales de 5 x 7.5 cm separados horizontalmente cada 1.5 m como máximo, como se puede observar en la figura 21. Los puntales inclinados, que refuerzan los barrotes, pueden ser también de 5 x 7.5 cm, sostenidos por estacas de 50 cm enterradas 30 cm, que son las que resistirán la presión del hormigón. También se usa espaciadores los cuales servirán de

guía para mantener constante el espesor del muro. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016, pág. 32)

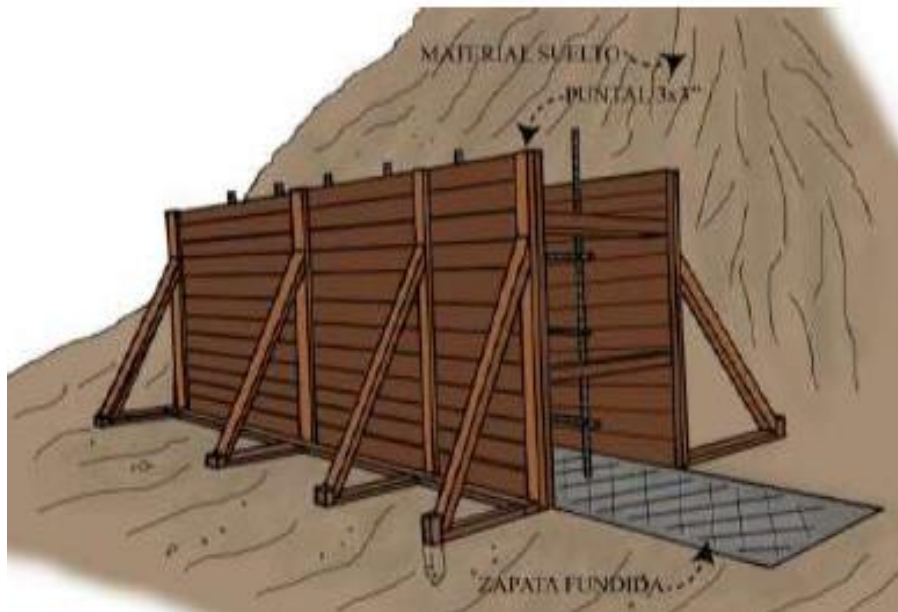


Figura 21 Encofrado del Muro de Contención

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Fundición del muro de contención

Para realizar la fundición es necesario tener como equipo de obra una concreteira, un vibrador, y un martillo de caucho, la concreteira servirá para generar hormigones más homogéneos, y que cumplan con la resistencia de diseño, para verter el hormigón la altura no debe sobrepasar 1.50 m por lo que se necesita una manguera con bomba en caso de muros altos. Al ir fundiendo es necesario vibrar el hormigón de forma vertical, para que todas las partículas de aire salgan a la superficie, y no tenga problemas de que el hormigón sea poroso, ya que esa característica genera pérdida de resistencia. El martillo servirá para golpear el encofrado evitando que se formen las famosas cangrejeras.



Figura 22 Fundición del Muro de Contención

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Una vez endurecido, se puede desencofrar a las 24 horas exactas a partir del momento que se terminó la fundición, para comenzar con el periodo del curado que dura aproximadamente de 7 – 15 días.

En caso de que el muro vaya a soportar relleno, que generalmente es en la mayoría de los casos, el suelo o relleno debe irse colocando en capas de 20 cm con agua hasta llegar a la compactación establecida por la prueba del proctor estándar, una vez que el hormigón haya completado por lo menos el 70% de la resistencia de diseño, que es aproximadamente los 7 días después de la fundición.

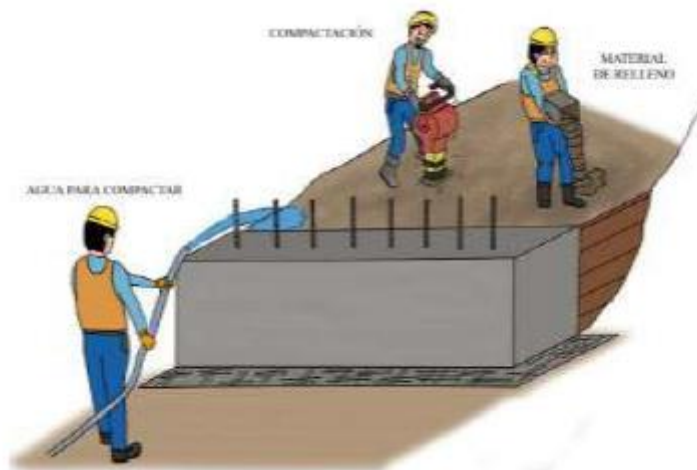


Figura 23 Relleno del Muro de Contención

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016) (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

Toda base o cimentación, debe estar apoyado en suelo firme, y no en el relleno. Solo se debe apoyar en los rellenos los contrapisos de espesores máximos de 7 cm.

2.2.2 Cimentación

La cimentación debe ser capaz de soportar todas las cargas transmitidas de la edificación (cargas gravitacionales y sísmicas), para fines de diseño y economía. Es recomendable que el suelo sea de muy buena capacidad portante (en caso de que se pueda escoger), caso contrario al tener suelos malos se deben hacer los estudios pertinentes.

“El sistema de cimentación debe conformar anillos cerrados, con el fin de que las cargas se distribuyan lo más uniformemente posible sobre el suelo y para lograr que la edificación se comporte de manera monolítica cuando un sismo actué sobre ella”. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001).

Existen varios tipos de cimentación tales como: Plintos aislados, zapatas corridas, losa de cimentación, vigas de cimentación y, dependiendo la calidad de suelo, se usan también pilotes enterrados. El tipo más común de cimentación para una edificación son las zapatas aisladas o combinadas, conectadas entre sí con cadenas o vigas de cimentación. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

Es necesario realizar pruebas de sondeo para tener una idea clara de la estratigrafía del suelo, hay que verificar el entorno, para ver si en edificaciones aledañas se ha generado asentamientos, para que en los diseños de la cimentación tomen en cuenta todas estas consideraciones. Para los sondeos se puede usar el método manual de exploración que son las calicatas y ensayos por perforaciones de Penetración estándar (SPT) que son los más usuales.

Según el NEC-SE-GC Encargado de los estudios Geotécnicos y de cimentación establece que:

Se puede observar el número mínimo de ensayos que se deben ejecutar en el proyecto. Ver tabla 4.

Tabla 2: Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción

CATEGORÍA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN			
Baja	Media	Alta	Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m.	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m.
Número mínimo de sondeos: 3	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 4	Número mínimo de sondeos: 5

Tabla 4 *Sondeos Mínimos por categoría de construcción*

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

La norma NEC-15 estipula lo siguiente respecto a los estudios geotécnicos: “profesionales que realicen estos estudios geotécnicos deben poseer una experiencia mayor de tres (3) años en diseño geotécnico de cimentaciones, bajo la dirección de un profesional facultado para tal fin, o acreditar estudios de postgrado en geotecnia”. Este deberá estar encargado de elegir las posiciones de los sondeos para el análisis geotécnico. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

A continuación, se mostrará la profundidad mínima de los sondeos de acuerdo al tipo de cimentación, el cual está especificado en la Norma vigente tabla 5.

Tipo de obra civil subterránea	Profundidad de los sondeos
Losa corrida	1.5 veces el ancho
Zapata	2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión
Pilotes	Longitud total del pilote más largo, más 4 veces el diámetro del pilote
Grupo de pilotes	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud total del pilote más largo, más 2 veces el ancho del grupo de pilotes • 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión
Excavaciones	Mínimo 1.5 veces la profundidad de excavación a menos que el criterio del ingeniero geotécnico señale una profundidad mayor según requerimiento del tipo de suelo
Caso particular: roca firme	<p>En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme, de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales; • Categoría Media: penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en éstos apoyados; • Categoría Alta y Especial: penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local

Tabla 5 Profundidad Mínima de los sondeos por tipo de Cimentación

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

Excavación para plintos y cadenas:

“Al obtener el trazado y replanteo de la edificación se conoce donde se ubicarán los plintos, zapatas corridas, losas de cimentación etc.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). Se pueden utilizar excavaciones manuales en caso de plintos pequeños, o maquinaria pesada como retroexcavadoras. La diferencia es que se obtendrán rendimientos más altos, y por ende el tiempo de excavación será menor. Para determinar qué sistema se usa, se debe hacer una comparación de costo y tiempo.

La zapata según la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC debe ser por lo menos de 1 m x 1 m, con un espesor mínimo de 15 cm. También especifica que se deben mantener formas preferiblemente cuadradas o rectangulares, para generar uniformidad en el diseño. Las columnas deben coincidir con el centro de la zapata,

para evitar posibles excentricidades, generando un comportamiento desfavorable ante un sismo.

Al terminar la excavación de los plintos, se debe proceder a realizar la zanja para las cadenas o riostras. Al completar el proceso de excavación es necesario compactar el suelo de apoyo mediante compactador tipo sapo o un pisón. En el nivel en donde se asentará la zapata se debe poner un replantillo de hormigón pobre con una resistencia aproximada de 100 a 140 kg/cm², y un espesor entre 5 a 7 cm.

Armado para plintos y cadenas:

Se procede a armar la “parrilla” de varillas de acero de cada una de las zapatas, formando una cuadrícula. Los tamaños, tipo y ubicación de las varillas constan en los planos estructurales. Las varillas se mantienen juntas mediante alambre de amarre de acero, que impiden su movimiento durante la fundición de la zapata. Para evitar el contacto directo entre las varillas y el replantillo, se colocan galletas (de 7.5x7.5x7.5cm) o separadores de varillas que aseguran la posición exacta de la parrilla dentro de la zapata. Estos 7.5 cm son requerimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Una vez colocada la armadura de las zapatas, se procede a armar el pie de la columna con sus respectivos estribos y se dejarán las varillas longitudinales de las columnas en toda su altura, mientras no se necesite realizar un traslape (ver la sección construcción de columnas), la cual irá sujeta a esta “parrilla”, por medio de apoyos (“patas”) formadas con las mismas varillas longitudinales de la columna, pero dobladas en “L” como se muestra en la figura 24, y amarradas con alambre de acero. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

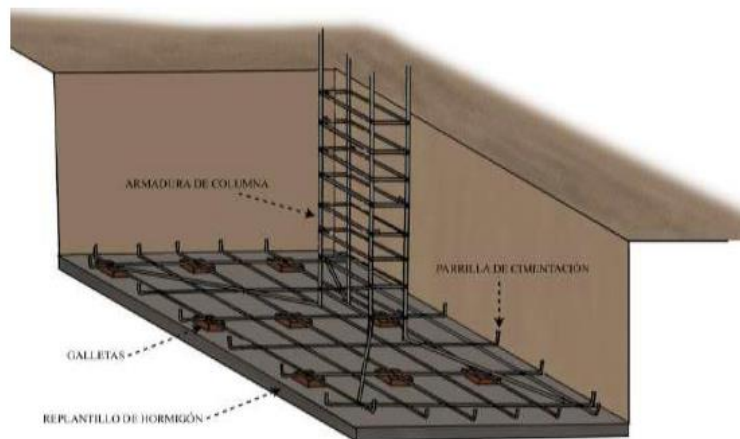


Figura 24 Armadura de zapata y Pie de Columna

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

La longitud mínima de estos apoyos en “L” dependerá del diámetro de la varilla longitudinal de la columna; típicamente es igual a **12 veces el diámetro de la varilla**. De igual manera se deberán colocar los estribos, en este pie de columna, como se muestre en el plano estructural. El armado que especifica la Norma Ecuatoriana de la Construcción para columnas se podrá encontrar en la sección de columnas, más adelante. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Fundición de zapatas, pie de columna y base para cadenas

Al tener ya armado las zapatas y el pie de columna, antes de fundir se debe humedecer las paredes, para evitar que el hormigón vertido pierda humedad, alterándose la resistencia de diseño. Todas las medidas se las puede encontrar en los planos estructurales, incluyendo los espesores de la cimentación.

El pie de columna debe estar hasta el nivel superior del cimiento de la cadena o riostra, para proceder con la fundición. Una vez completada la fundición del pie, se procede a fundir el cimiento de la cadena, que tiene como característica un hormigón simple sin refuerzo con agregados grueso o piedras del lugar, formando el hormigón ciclópeo, la base debe tener un replantillo de 5 a 7 cm con hormigón pobre, y un plástico para evitar la migración del agua hacia el interior de las paredes por el efecto de capilaridad.

Se debe de dejar puesta las tuberías de desagüe con sus respectivas pendientes, según el diseño sanitario, estas tuberías deben estar forradas y tapadas, para que, en el proceso de fundición del cimiento de la riostra, no se llenen de mezcla.



Figura 25 Fundición del Cimiento de la Riostra.

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Cadenas o Riostras

Las cadenas son pequeñas vigas que van encima del cimiento de hormigón ciclópeo. La función principal de estas es unir los pies de las columnas de la estructura para garantizar un trabajo conjunto. También se construyen cadenas inmediatamente debajo de las paredes divisorias de una vivienda, a manera de cimentación de pared. Por lo general, el ancho de esta cadena es de 20 centímetros, pero la altura y el ancho de esta cadena, se podrá encontrar en los planos estructurales. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

El nivel de terminado de la cadena dependerá del nivel terminado del contrapiso. La cadena debe quedar por lo menos 10 centímetros debajo del nivel del contrapiso terminado y 10cm por encima del nivel de rasante, con el fin de que las paredes que se construyan sobre ellas no presenten humedad. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Armadura de la Cadena

La armadura de la cadena por lo general consta de 4 varillas longitudinales con sus respectivos estribos sujetos a éstas mediante alambre de amarre. Los tamaños, tipo, ubicación y traslapes de las varillas se las podrá observar detalladamente en los planos estructurales. Las varillas longitudinales deben atravesar las columnas y deben mantenerse separadas del hormigón de la cimentación mediante galletas o separadores, a fin de proporcionarle el recubrimiento necesario y garantizar su correcta posición dentro de la cadena. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

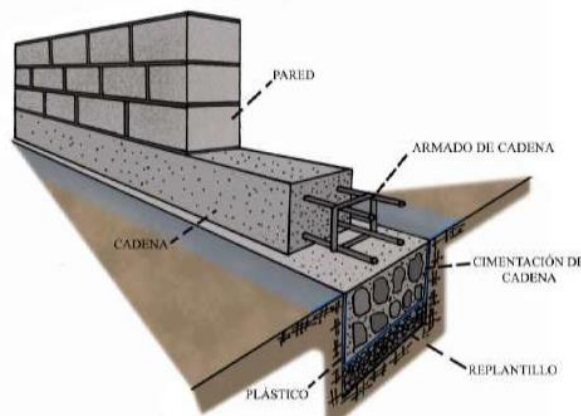


Figura 26 Armadura de la Riostra

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Encofrado de la cadena

Al colocar la armadura de lo que será la riostra, es necesario colocar su encofrado, por lo que el código establece el siguiente proceso como guía para realizar un correcto proceso constructivo:

Estos tableros pueden estar formados por tablas de 2.5 centímetros de espesor y ancho de 20 centímetros, unidas entre sí por medio de puntales verticales que pueden ser de 5 x 7.5 centímetros, separados cada 60 centímetros. Con el fin de evitar que los tableros cedan al momento de la fundición, se colocan puntales inclinados de 5 x 7.5 centímetros soportando los puntales verticales, los cuales estarán asegurados al piso con estacas clavadas en el suelo como

muestra la figura 27. También se usarán separadores cada 60 centímetros, para garantizar que al momento de fundir la cadena mantenga su dimensión. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

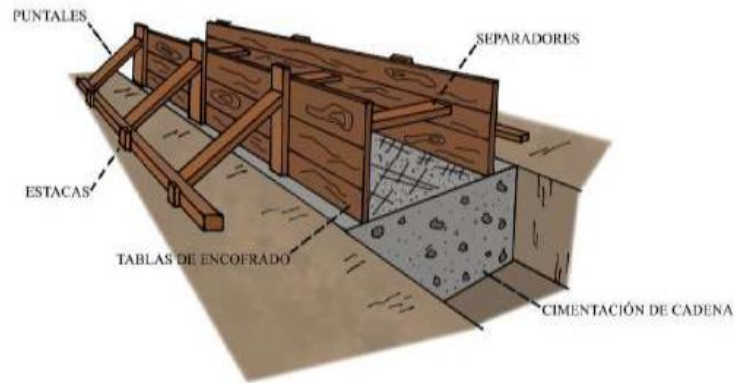


Figura 27 Encofrado de Cadenas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Fundición de la cadena

Se debe de seguir el mismo proceso constructivo de los otros elementos estructurales citados, y se resume en:

- Verificación del agua
- Verificación de la dosificación
- Ver si existe algún contaminante al rato de fundir
- Al momento de fundir usar el vibrador para evitar ratoneras.

Desencofrado y curado de las cadenas

El desencofrado de la cadena se lo realiza mínimo 24 horas después que el hormigón haya fraguado, con cuidado, evitando golpear la cadena. Cuando se termine de desencofrar, se debe comenzar a “curar” la cadena, al menos, durante los próximos 7-15 días. Es muy importante revisar que no existan huecos o cangrejas, evitando que el refuerzo quede a la intemperie. Si existiesen cangrejas pequeñas, se las debe arreglar inmediatamente con mortero de cemento. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

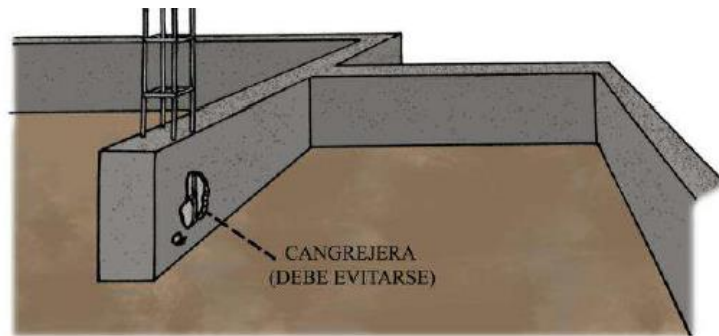


Figura 28 Desencofrado de Cadenas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Contrapiso

Al tener fundidas las cadenas, en caso de zapatas aisladas, quedara un hueco, con las riostras perimetrales, este hueco debe ser compactado y nivelado, para colocar piedras apisonadas, de tal forma que ayuden a retener la humedad que sale del suelo, para lograr la impermeabilización por encima de las piedras se coloca un plástico, para luego finalizar con la fundida del contrapiso de espesores entre 5 a 7.5 cm.

Este contrapiso tiene una malla denominada malla de retracción, el cual es indicado por los planos estructurales. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 29 Detalle del Contrapiso

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

2.2.3 Columnas

Son elementos verticales capaces de soportar cargas axiales, y momentos flexionantes de la edificación en análisis, es decir, el peso total de la edificación. Pueden ser de diferentes geometrías: cuadradas, rectangulares, circulares, o formas

compuestas. Están conformadas de hormigón y acero de refuerzo, las dimensiones y el área de acero dependerán del análisis estructural del diseñador, con sus respectivos armados. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Armatura de la Columna



Figura 30 Armadura de Columna

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Como se explicó en la sección cimentaciones, antes de fundir la zapata se deberá armar el pie de columna, el cual estará amarrado a la parrilla de la zapata, y se dejarán las varillas longitudinales de la columna en toda su altura, donde se procederá a colocar los estribos. Toda la armadura y detalles de columnas como son su tamaño, diámetros de varillas longitudinales, diámetro de estribos, espaciamiento de estribos, doblado de extremos de estribos, ubicación de varillas, etc. se encontrará en los planos estructurales. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

La Norma ecuatoriana de la construcción, plantea valores mínimos de dimensiones, en caso de no usar estos valores mínimos, se debe demostrar que las secciones consideradas pasan por todos los criterios de resistencia y servicialidad. En caso de ser una vivienda de un piso, con luces máximas de 4 m se pueden usar secciones de columnas de 20 x 20, al ser de dos pisos con luces similares, los valores mínimos de

columnas en planta baja deben ser de 25 x 25, y en el segundo piso de 20 x 20 con estribos de 8 mm espaciados a 10 cm en los tercios de los extremos, para edificaciones de más de dos pisos, el valor mínimo de columna es de 30 cm por lado, pero rara vez pasan estas medidas, por lo que las dimensiones serán en base al cálculo del diseñador, los diámetro mínimo de estribos será de 10 mm

Los estribos deben terminar en ganchos con patas de 10 cm medidas después del doblado y deben quedar inclinadas hacia adentro del estribo. Dichas patas se colocan de manera alternada en la altura de la columna, como se muestra en la figura 31. La misma figura 31 muestra los inconvenientes de no hacer ganchos o hacer ganchos mal doblados. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

Se puede definir la parte que va hacia dentro, como 6 veces el diámetro del estribo, o 7.5 cm. Los ganchos alternados sirven en caso de ocurra una falla, solo ciertos estribos se afectan, evitando fallas abruptas o frágiles por corte.

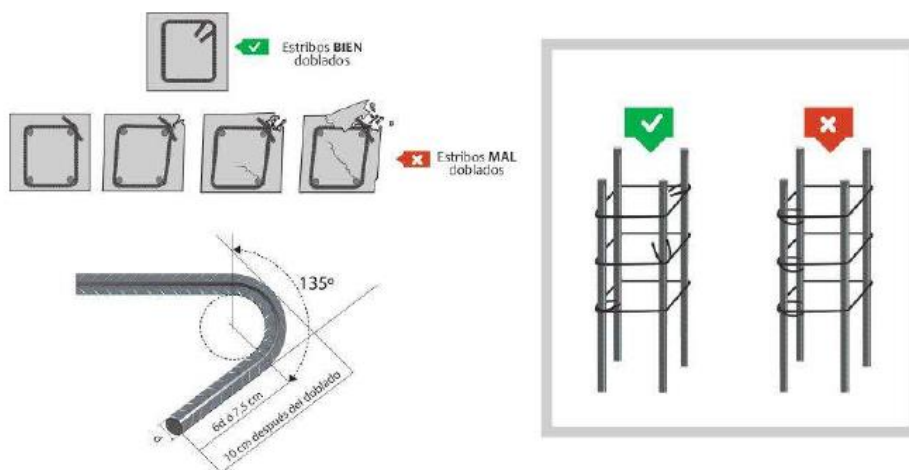


Figura 31 Doblez de Gancho y Colocación Alternada de estribos

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Se debe tomar de referencia lo citado en la figura 32. Con respecto a la separación de estribos y zonas de traslapes. Más que todo representan estribos por confinamiento.

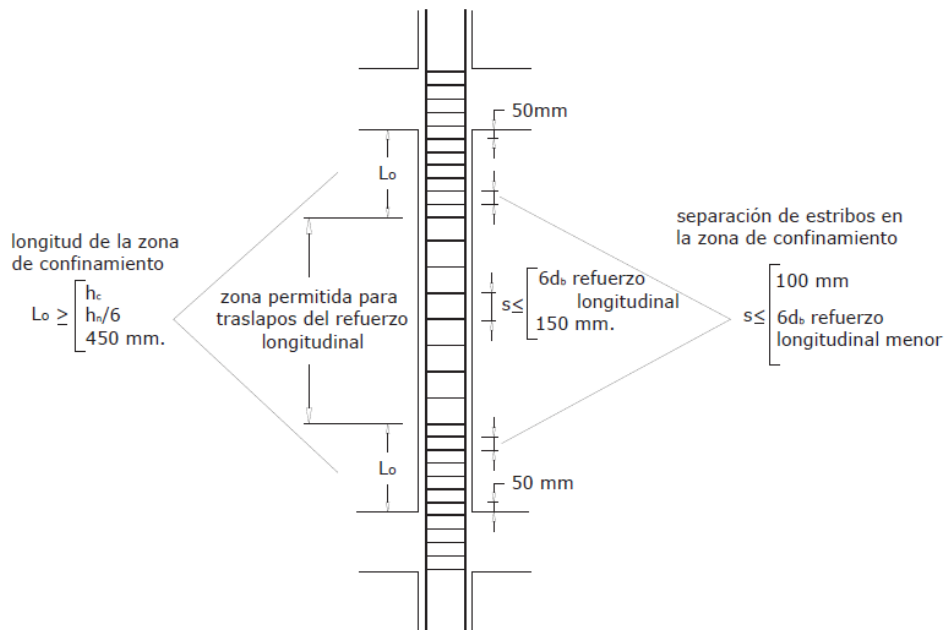


Figura 32 Separación de Estribos

Fuente: NEC-SE-HM

“Los planos estructurales, debidamente aprobados, cumplirán con todas las especificaciones que presenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción y sus diferentes capítulos, dependiendo de la estructura a construirse”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

En el armado, se debe de dejar chicotes, hacia las paredes aproximadamente de 50 cm, y 15 cm hacia adentro de las columnas, espaciados cada 60 cm. Esto servirá para amarrar las columnas con las paredes generando una sujeción, es preferible dejar de 2 a 2.5 cm de separación, entre ambos elementos. Ya que se ha demostrado, que por más que existan elementos de amarre o sujeción, ante un sismo, los elementos no estructurales tendrán afectaciones.

Esto es debido a que los pórticos, al estar sometidos a fuerzas sísmicas, tienen la libertad de desplazarse, generando cortes diagonales en las paredes debido al impedimento, perdiendo de esta forma su capacidad. Por lo que, si existe un buen diseño, los valores de desplazamiento en un pórtico no excederán los 2 cm.

En la separación, se pueden usar materiales capaces de soportar grandes deformaciones sin afectarse, como es el caso del poliuretano expandido. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Encofrado de Columna

Siempre que se encofra, se debe constatar mediante cinta o teodolito, la ubicación correcta de la columna, también considerar el aplome del elemento. Existen diferentes tipos de encofrado para columnas, y son: de madera semidura, planchas de plywood, o planchas metálicas. En caso de utilizar madera semidura el código propone lo siguiente:

Los tableros de madera estarán unidos por abrazaderas cada 50 centímetros como máximo. Para armar estos tableros se utilizarán listones 5 x 10, 7.5 x 7.5 o de 7.5 x 10 centímetros; el largo depende de la columna. Para sujetar los tableros se puede usar alambre de amarre. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Estos tableros de encofrado deben estar asegurados hacia el piso por medio de puntales que pueden ser de 7.5 x 7.5 centímetros, apoyados con soportes de tabla, estacas u otro material, fijados al piso u otro elemento resistente. Terminado el encofrado se debe verificar que esté completamente vertical por medio de una plomada. Si la columna es esquinera se la debe replantear con escuadra. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 33 Encofrado de Columnas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Fundición de Columna

Se recomienda fabricar el hormigón de las columnas utilizando una concreteira. La resistencia requerida del hormigón se podrá encontrar en los planos estructurales. Si la fundición se realiza con una concreteira se debe procurar que el transporte del hormigón hacia la columna sea lo más rápido posible para evitar que la mezcla se separe, ya que las piedras tienden ir hacia el fondo. Mientras se funde una columna es importante ir compactando el hormigón por capas, por medio de un vibrador, evitando así la formación de posibles vacíos que debilitarán la columna. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Se encuentra la mayor cantidad de vacíos al comienzo de la columna, donde se encuentra desagregado el material, por eso es preferible usar una manguera, lanzando el hormigón hasta una altura máxima sobre el suelo de 1.50 m, ya que las zonas de la base y al finalizar la columna son las más críticas, debido que en estas partes se forman las rotulas plásticas.

Desencofrado y curado de las columnas

Se podrá desencofrar las columnas 24 horas después de que se haya terminado de fundir. Se deberá verificar que no existan huecos o vacíos. Si los hay, se deben reparar inmediatamente con un mortero de reparación especial, según lo aconseje el profesional encargado de la obra. El encofrado retirado se podrá usar en las columnas de los pisos superiores si están en buenas condiciones. El proceso de curado de la columna durará por lo menos 7-15 días, rociándola con agua al menos dos o tres veces al día. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 34 Encofrado de Columnas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

2.2.4 Vigas y Losa

Las vigas son las que terminan de confinar un muro y son las encargadas de transmitir las cargas que soporta la losa hacia las columnas y muros. Existen 3 tipos de vigas:

- **Vigas de confinamiento de muros:** que se asientan sobre los muros y por lo general su ancho es el mismo del muro.
- **Vigas banda:** que tiene la misma altura de la losa, y no se las recomienda cuando las luces son mayores a 4 metros.
- **Vigas peraltadas:** en las cuales su altura es mayor a la de la losa, y trabajan de mejor manera con luces mayores a 4 metros. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

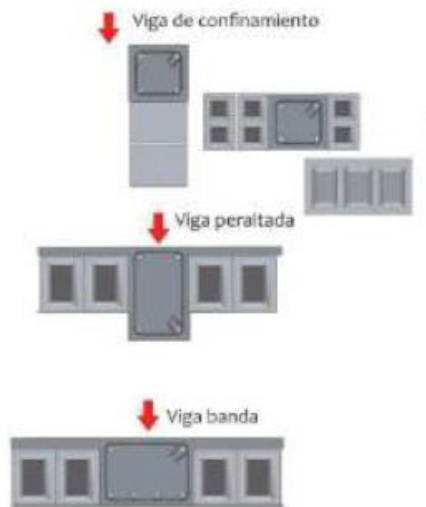


Figura 35 Tipos de vigas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

“De igual manera existen algunos tipos de losas, pero las más conocidas son: losas macizas, de hormigón armado, y losas aligeradas, con bloques alivianados, formando un sistema de viguetas de hormigón armado”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

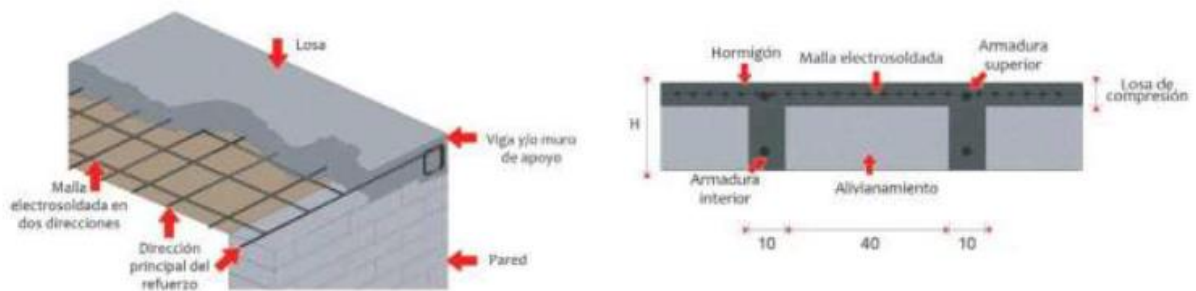


Figura 36 Detalle Losa Maciza y Losa Aligerada

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Encofrado de vigas

La base del encofrado está formada por tablas del ancho de la viga y espesor de 2.5 centímetros. Para elaborar los costados se puede emplear tablas de 2.5

cm de espesor de la altura adecuada de la viga, sostenidos con alfajías de 5 x 7.5 centímetros. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Para armar el encofrado se colocan los puntales o gatas que los sostendrán. Estas gatas se regulan a la altura que se necesite. Se debe tener en cuenta que deben estar asentadas sobre una superficie nivelada y compactada. La distancia entre las gatas deberá ser máximo de 90 centímetros. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

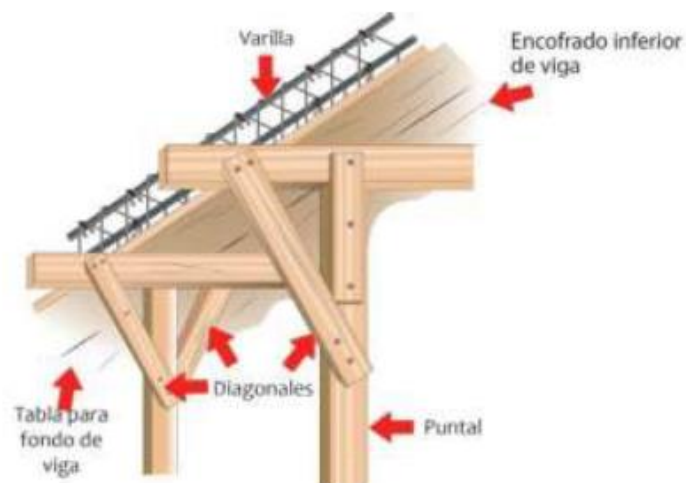


Figura 37 Encofrado base de Viga

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

El encofrado lateral se lo coloca únicamente después de haber completado el armado correspondiente a la viga (de acuerdo a los planos estructurales), se debe verificar las separaciones de los tablonces con respecto al armado, controlar que estén bien aplomados, contengan espaciadores y alambres sujetadores.

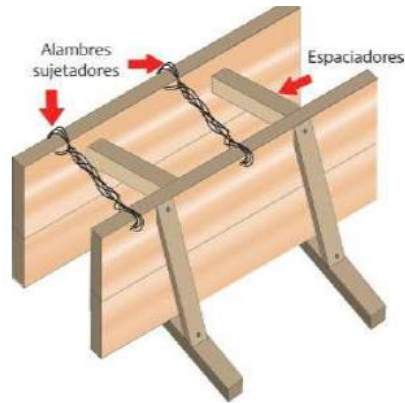


Figura 38 Encofrado Lateral de Viga

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Encofrado de losa

“El armado del encofrado de una losa consta de: gatas o puntales, viguetas, tablonos de base, que pueden ser de madera o metálicos y tablas laterales, las cuales estarán en los extremos de la losa”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

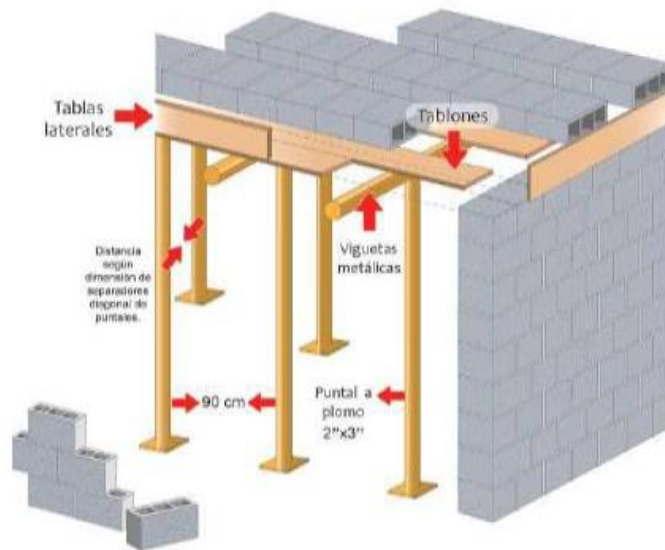


Figura 39 Encofrado de Losa Aligerada

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Se procede a colocar las gatas o puntales en toda el área donde se fundirá la losa, espaciados entre 80 y 90 centímetros como muestra la figura 39. Los puntales deben estar sobre suelo compactado y bien nivelado, si es que la losa

es la del primer piso, como en la figura 40. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

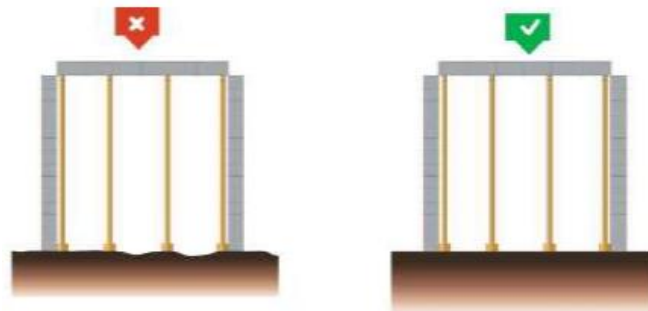


Figura 40 *Puntales sobre suelo nivelado y no nivelado*

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Seguidamente, se colocan sobre las gatas las vigas metálicas, las cuales soportarán a los tableros de madera o metálicos, que servirán para la colocación de los bloques alivianados, la armadura de la losa y el hormigón. Por último, se coloca las tablas laterales, las cuales tendrán un ancho del mismo espesor de la losa o superior, evitando que se derrame el hormigón. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

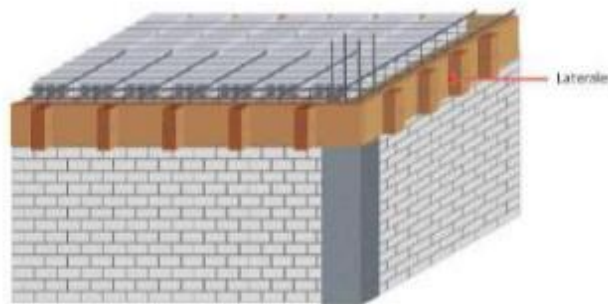


Figura 41 *Encofrado de losa (tablas laterales)*

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Armado de vigas

La Norma Ecuatoriana de la Construcción recomienda algunos tamaños y armados en vigas que pueden ser útiles: si la vivienda tiene 1 piso, con luces de hasta 4 metros de longitud y una altura máxima de entrepiso de 2.5 metros, las vigas podrán tener una sección 15 x 20 centímetros (viga banda), con estribos de diámetro de 8 milímetros, espaciados cada 5 centímetros en los extremos y cada 10 centímetros en el centro. Si la vivienda cumple esas condiciones, pero tiene 2 pisos, las vigas podrán tener una sección 20 x 20 centímetros, con estribos de diámetro de 8 milímetros, espaciados cada 5 centímetros en los extremos y cada 10 centímetros en el centro. Para estructuras que tengan más de dos pisos y/o luces mayores a 5 metros de longitud, la Norma especifica lo descrito en la figura 42. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

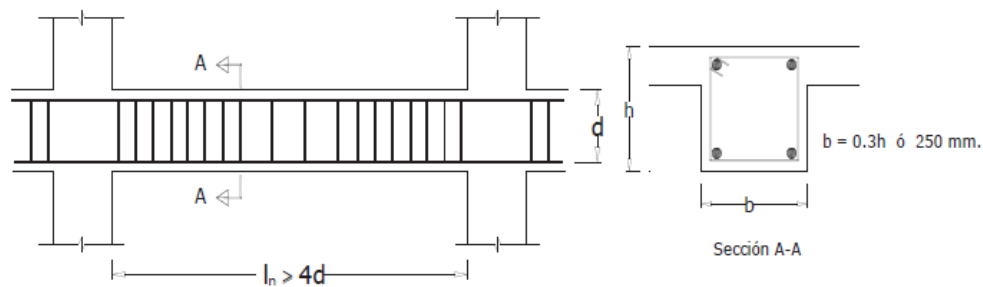


Figura 42 Características de la sección de la Vigas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

- El ancho mínimo de la viga será de 25 centímetros, o un tercio de la altura de la viga, el que sea mayor. La luz libre de la viga tiene que ser mayor de 4 veces la altura útil de la viga. El refuerzo longitudinal debe estar constituido por dos varillas continuas arriba y dos abajo, como mínimo (figura 42). (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

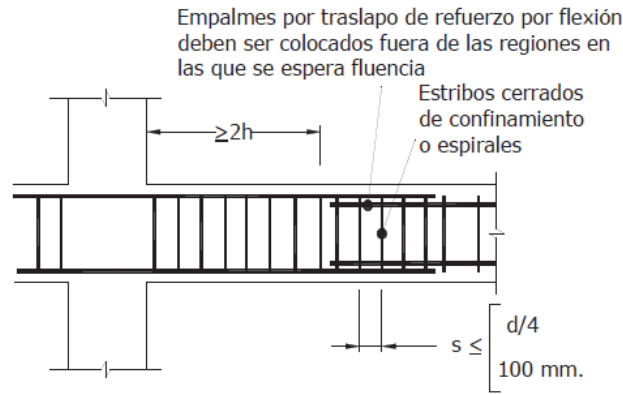


Figura 43 *Traslape de varillas de Refuerzo Longitudinal*

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

- Si existen traslapes, éstos no pueden hacerse ni dentro ni cerca de las columnas sino alejados al menos el doble de la altura de la viga, es decir, si se tiene una viga de 40 centímetros de altura, el traslape, de ser necesario, deberá empezar a 80 centímetros de la cara de la columna ($2 \times 40 = 80$ centímetros) (figura 43).
- La longitud de traslape será 60 veces el diámetro de la varilla. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

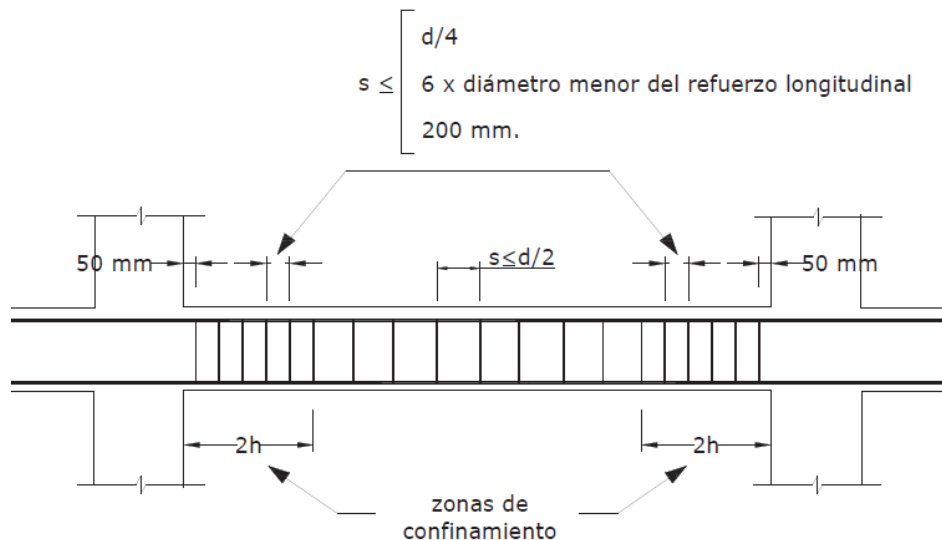


Figura 44 *Separación de estribos*

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

- El primer estribo se ubica a 5 centímetros de la columna.
- En los extremos (a 2 veces la altura de la viga), el espaciamiento no debe ser mayor a: la altura útil de la viga (medida desde la parte superior de la viga hasta el centro de la varilla de la parte inferior), dividida para 4, 6 veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal o 20cm (figura 44).
- En el centro de la viga la separación debe ser menor o igual que la altura útil de la viga (medida desde la parte superior de la viga hasta el centro de la varilla de la parte inferior), dividida para 2 (figura 44). (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

El tipo de gancho estándar dependerá del diámetro de la barra, y del tipo de gancho. Se puede observar la tabla 6.

Tipo de gancho estándar	Diámetros de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta, mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 16	4	Mayor de 6 y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	6	12	
Gancho de 135 grados	No. 10 a No. 16	4	Mayor de 6 y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	6		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 16	4	Mayor de 4 y 65 mm	
	No. 19 a No. 25	6		

Tabla 6 Doblado de Gancho Estándar

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

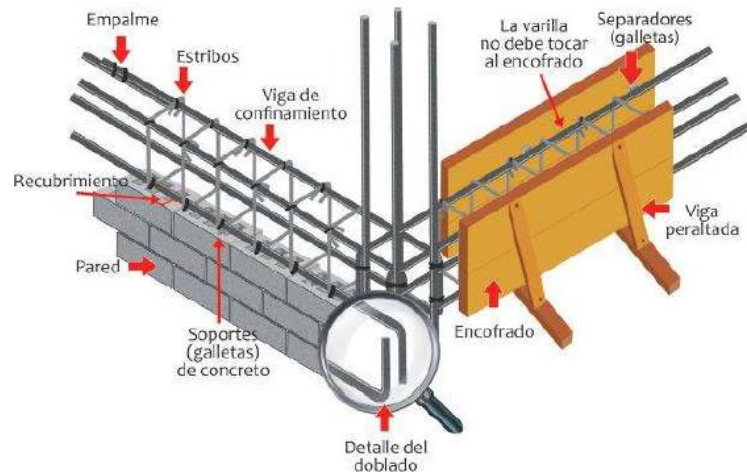


Figura 45 Armado de Vigas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Colocación de bloques en la losa.

En los planos estructurales se encontrará un esquema de la colocación de los bloques de aliviamiento. Se ubicarán dos bloques, unidos y alineados, formando cuadrados de 40 x 40 centímetros, dejando espacios (por lo general de 10 cm) para la conformación de viguetas (llamados nervios) en las dos direcciones de la losa. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). Figura 46

Generalmente las losas en dos direcciones, son usadas en las zonas de la sierra, también conocidas como losas tipo waffle, para las zonas de la costa se acostumbra a usar diseños con losas alivianadas en una dirección, en donde los espaciamientos dependerán del diseño, generalmente el ancho de los nervios es de 10 cm, y el espaciamiento entre nervios varía entre 40 a 60 cm. Se puede usar bloques alivianados o material más liviano como poliestireno expandido. En definitiva, es preferible usar elementos más livianos, debido a que la estructura se comportara de mejor manera ante un sismo, en caso de no poner ningún material, el peso de la losa solo con el hormigón se reduce casi entre un 30 al 40 %, pero esto se podrá siempre y cuando no interfiera en la parte arquitectónica, estos nervios se saben tapar con tumbados falsos tipo Gypsum muy usado en la actualidad. Figura 47

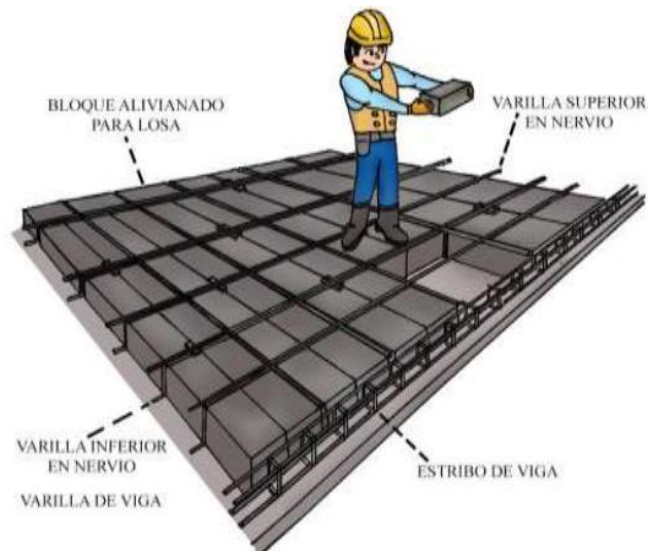


Figura 46 Armado de Losa en 2 Direcciones

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 47 Armado de Losa en 1 Dirección

Fuente: Autor

Instalaciones

“Antes de fundir la losa, se deberá tener en cuenta las instalaciones eléctricas y sanitarias que tendrá la edificación. El detalle de estas se encontrará en sus

respectivos planos. Estas tuberías se las deberá sujetar para evitar que se muevan al momento de fundir.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

Al momento de colocar, las tuberías se deben evitar pasar por los elementos estructurales, por lo que es conveniente en los planos arquitectónicos colocar los baños en los extremos de la edificación, de tal forma que se reduzca el paso de tuberías en un solo punto de recolección, afectando así a menos elementos estructurales.

En el caso de que no se pueda evitar el paso de las tuberías, por las vigas, se debe ubicar las tuberías justo en el centro de la viga, ya que esfuerzos en el centro son nulos. Para los elementos tipos vigas las solicitaciones de esfuerzos estarán dadas exclusivamente en la parte superior e inferior de las vigas, por lo que las tuberías en el centro, en teoría no afectarán tanto el comportamiento estructural de los elementos.

Armado de Losa

El armado de la losa dependerá del tipo de losa, para losas macizas a partir de 10 cm de espesor se debe colocar 2 capas de acero uno en la parte superior y otro en la inferior, para las losas alivianadas el acero se lo colocará en los nervios con una pequeña loseta a la compresión de 5 a 7 cm con su respectiva malla electro soldada. (para evitar fisuraciones).

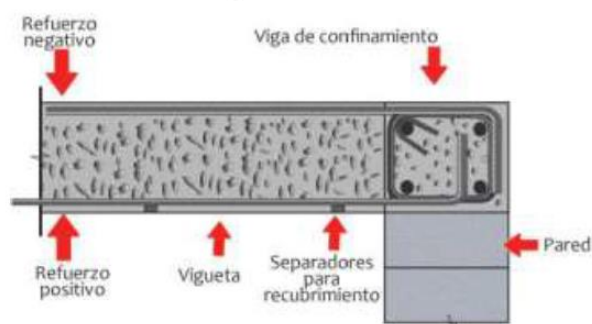


Figura 48 Refuerzo positivo y negativo en vigas o nervios de losa

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Fundición de Losa

Antes de realizar la fundición se debe verificar si el armado está correcto, si las instalaciones sanitarias y eléctricas se encuentran en la ubicación referentes a los

planos, si es que pasan estas instalaciones por medio de las vigas es preferible colocarlas por el centro de la viga cargadora. También se debe humedecer todos los elementos a fin de que al lanzar el hormigón no pierda sus características.

Para la fundición se puede usar equipo mecánico, hormigón premezclado o manual (lo cual no es preferible), el proceso de llenado de la losa nervada consiste en lanzar primero el hormigón en los nervios, para posterior a esto llenar la loseta a compresión. Se debe tener 2 vibradores para quitar los vacíos al hormigón. Uno de los vibradores es para uso de emergencia.



Figura 49 Fundición y Vibración de Losa Alivianada

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Al terminar la fundición es necesario dejar las pendientes, orientadas a sus respectivos bajantes siempre y cuando sea cubierta de losa. Una vez que la losa se endurezca, aproximadamente a las 3 horas, se debe comenzar el proceso de curado con agua o con cualquier líquido, también se puede generar una piscina colocando arena en el perímetro de la losa.

“Las gatas o puntales que sostienen los tableros de madera, que son la base del encofrado de la losa, se recomienda dejarlos, por lo menos, 7 días después de la fundición. El encofrado lateral de vigas se lo puede retirar 24 horas después de la fundición”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016) El procedimiento es el mismo para la fundición de losas macizas.

2.2.5 Paredes y Elementos de Amarre

Para que las paredes trabajen como muros, éstos deberán estar colocados en las dos direcciones de la casa y deberán tener continuidad en toda la altura de la vivienda o edificación, a fin de presentar un mejor comportamiento frente a un sismo. Si no cumplen esta condición, son simplemente paredes divisorias que no tienen funcionalidad estructural. Por lo general los muros y paredes se construyen de mampostería. “Mampostería” se denomina a las unidades de bloque de hormigón con la que se construyen estos muros y/o paredes; estos bloques tienen perforaciones verticales, las cuales coincidirán verticalmente en el muro. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). Las medidas que usualmente se usan son las siguientes:

- Bloque de 20x20x40: utilizado en su mayoría para paredes exteriores y también en interiores.
- Bloque de 15x20x40: utilizado para paredes interiores.
- Bloque de 10x20x40: utilizado algunas paredes interiores y para sostener mesones de cocina, lavabos, etc. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

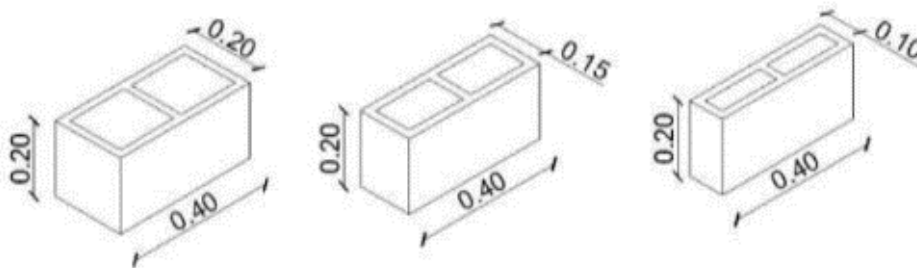


Figura 50 Medidas Comunes de Bloques Para Mampostería

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Los muros se dividen en:

Muros o Paredes no estructurales:

Estos elementos son construidos después de haber fundido los elementos estructurales, no poseen refuerzos debido a que son primordialmente usados para separaciones de ambientes.

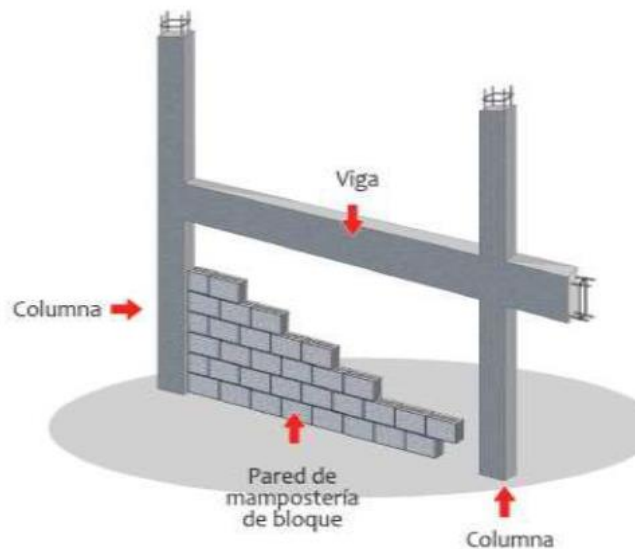


Figura 51 Pared o Muro no estructural

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Muros o Paredes estructurales:

Mampostería armada:

La Norma Ecuatoriana de la construcción define a la mampostería armada como un sistema estructural conformado por unidades de mampostería (bloques de hormigón) de perforación vertical, unidas por medio de mortero y reforzado internamente con varillas de acero horizontales y verticales, distribuidas a lo largo y alto del muro. Las celdas que contienen las varillas verticales se rellenan con hormigón. De esta manera se genera un muro de mampostería armada o reforzada con varillas de acero que puede recibir cargas y transmitir cargas estructuralmente. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

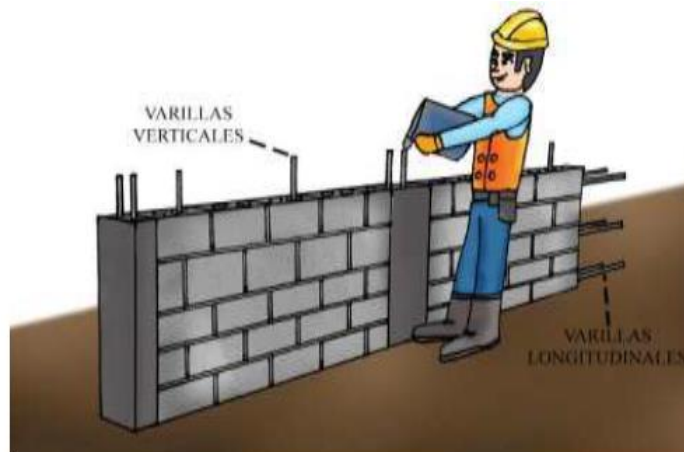


Figura 52 Pared estructural de mampostería Reforzada

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Muros estructurales de hormigón:

“Son muros hechos completamente de hormigón y tienen varillas de acero verticales y horizontales, tal como si fueran columnas alargadas. Estos sistemas de muros estructurales soportan cargas y eventualmente podrían reemplazar incluso a las columnas”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Muros de mampostería Confinada:

El sistema de mampostería es el más usado en nuestro medio Ecuador, generalmente se usa en viviendas y en edificios, en las construcciones tradicionales. Por motivo de los sismos es preferible también disminuir las cargas de las paredes que generalmente van entre 100 a 120 kg/m² usando las paredes portantes tipo Hormi2, Aislaform entre otras. Pero como existe una costumbre de los métodos tradicionales de construcción se usa la mampostería confinada.

Este sistema emplea unidades de bloques confinadas por los elementos estructurales, como son columnas y vigas, o si sobrepasan el límite de altura o luces, se usan los respectivos dinteles (viguetas), o pilaretes.

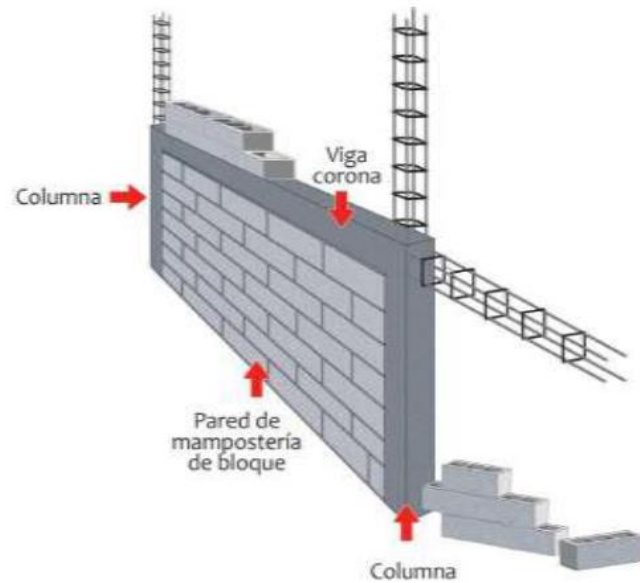


Figura 53 Pared de mampostería Confinada

Fuente: Guía 7 NEC

La NEC permite 2 formas de construir paredes confinadas:

1. “Se construye el muro de mampostería y luego se funden las columnas y vigas que lo confinarán. Esta es la manera más adecuada de lograr un muro de mampostería confinada”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 54 Pared de mampostería Confinada, Tipo 1

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

- Primero se funde las columnas de confinamiento y se dejan chicotes (que son pedazos de varillas de diámetro mínimo de 8 milímetros) que se colocan horizontalmente cada tres hiladas de bloques y/o cada 60 centímetros, con un gancho de empotramiento al hormigón de la columna de 15 centímetros y al menos 50 centímetros hacia la pared. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

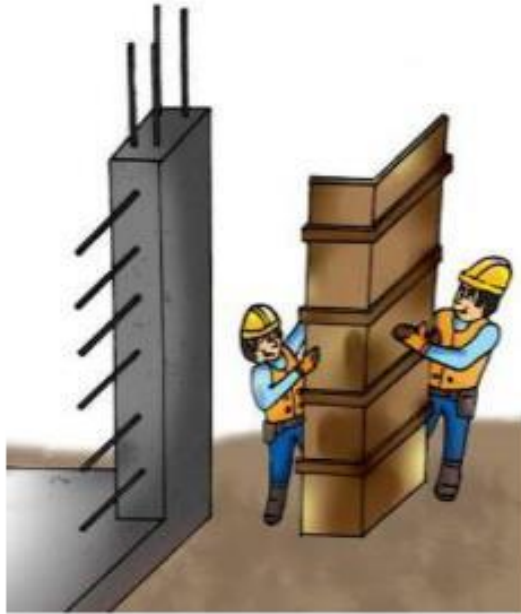


Figura 55 Pared de mampostería Confinada, Tipo 2

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

El sistema constructivo más efectivo de los dos expuestos, es el número 1, el cual garantiza la conexión satisfactoriamente entre muro de mampostería con bloques de hormigón y columnas de confinamiento. Es por esto que a continuación se detallará un proceso constructivo de este sistema y algunas recomendaciones que serán útiles. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Pared de mampostería Confinada, Tipo 1

Preparación de los materiales

Al iniciar la puesta de ladrillos, se debe humedecer los bloques, de esta forma no absorberá la mezcla agua afectando sus características.

Seguidamente se prepara el mortero, el cual es una mezcla de arena fina con cemento y agua. Se recomienda realizar la mezcla **con una parte de cemento y 3 de arena fina**, agregando agua hasta que el mortero esté trabajable. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Construcción del muro

Inicialmente, se replantea la cadena del cimiento donde irá la primera fila de bloques. Se revisa que esta superficie este completamente nivelada, limpia y sin fallas que dificulten la construcción del muro. Por medio de un timbrador, se señala por donde irá el muro a construir. Se sigue el mismo procedimiento si el muro que se construye es en la segunda planta y parte desde una viga o losa. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Seguidamente se coloca la primera hilada de bloques, sin mortero en la posición que ocuparán. Este ejercicio servirá para saber exactamente la posición de cada bloque y que no existan errores y los muros se construyan como lo especifica el plano arquitectónico. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

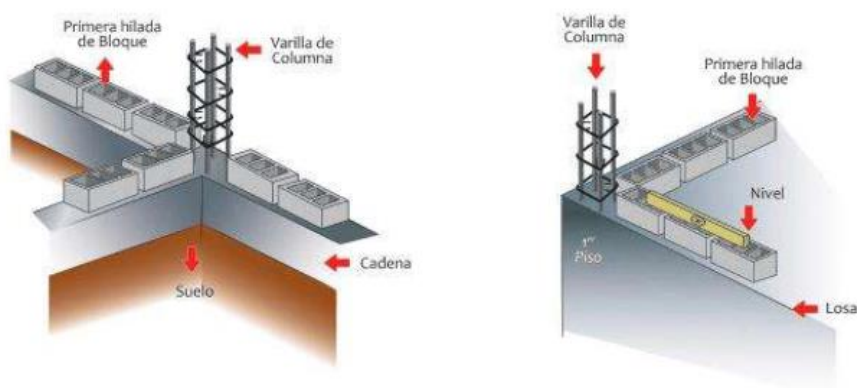


Figura 56 Colocación de Bloques

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Luego, se quita la fila colocada sin mortero y se procede a asentar los bloques maestros, los cuales van en los dos extremos del muro que se va a construir.

Para esto se humedece la base donde se asentarán (sea la cadena o losa) y se coloca el mortero de pega. Estos bloques maestros deben estar completamente nivelados y aplomados. Luego de ubicarlos, se los amarra con una piola en sus extremos para garantizar que los demás bloques de la fila mantengan la misma alineación y estén nivelados y aplomados. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

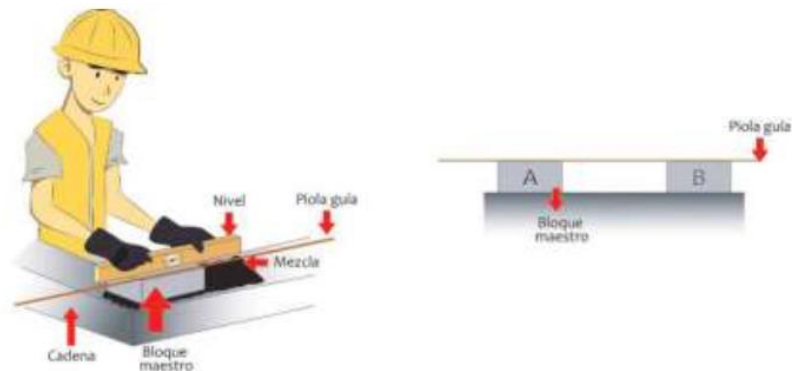


Figura 57 Colocación de Bloques Maestros y Piola guía

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Una vez colocados los bloques maestros, se procede a colocar los demás bloques de la fila. Para esto se coloca el mortero horizontalmente con la ayuda de un bailejo. La manera de colocar la segunda y las restantes filas es trabada, es decir, un bloque se asienta sobre la mitad de cada uno de 2 bloques de la hilada inferior, para mejorar su comportamiento global de la pared (ver figura 58). (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)



Figura 58 Colocación de bloques y mortero vertical

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Cada bloque se asienta con movimientos laterales y con golpes hacia abajo, hasta que coincida con la piola que sirve de guía. Es importante revisar niveles del muro constantemente mientras se lo construye.

Una vez que se termine de asentar los bloques de una fila del muro, se procede a colocar el mortero en las juntas verticales con la ayuda del bailejo. El sobrante de la mezcla se lo retira y se lo puede volver a usar. Finalizado esto, la fila está completamente terminada y se comienza la siguiente ubicando los bloques maestros y realizando el mismo proceso. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016).

El espesor de las juntas verticales y horizontales está entre 1 y 1.5 centímetros (más o menos el espesor de un dedo de la mano). El acabado de dichas juntas puede ser cualquiera de los recomendados en la figura 59. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

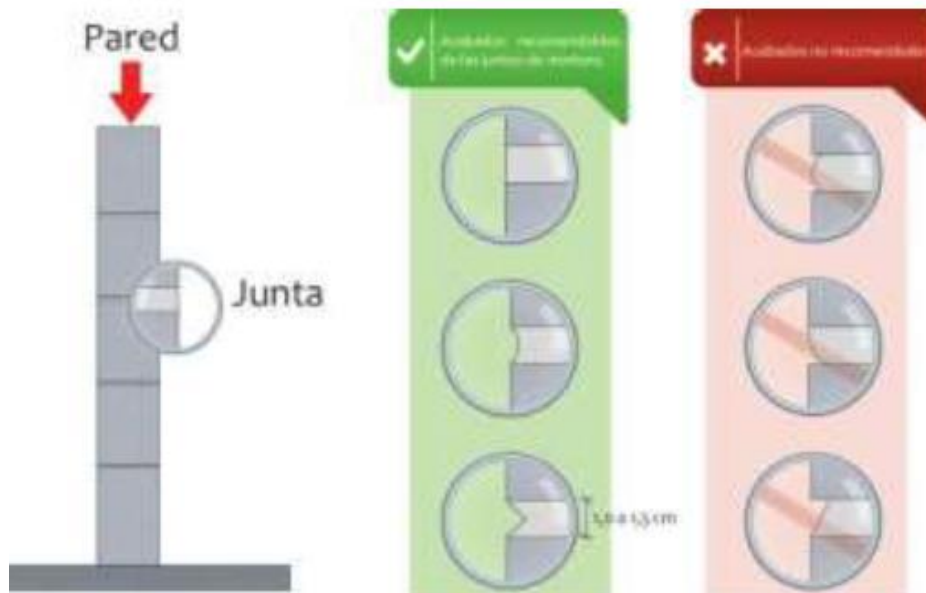


Figura 59 Acabado y espesor de las juntas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

“Los extremos de los muros que terminan contra una columna de confinamiento deben quedar “endentados” en 5 centímetros como máximo” (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016) como muestra la figura 60:

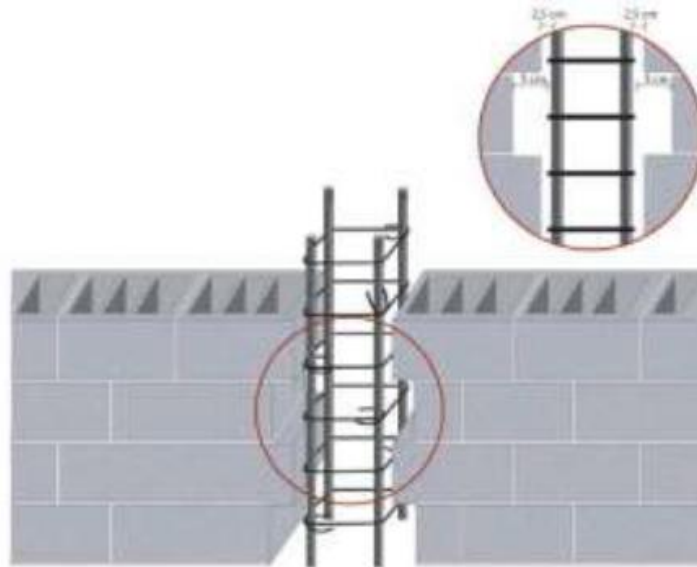


Figura 60 Acabado de pared con la columna

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

En caso de que el muro no termine en forma dentada contra una columna de confinamiento, se deberá colocar chicotes de al menos 8 milímetros de diámetro, que penetren la pared al menos 50 centímetros y con un gancho de empotramiento en la columna de al menos 15 centímetros, como lo especifica la Norma Ecuatoriana de la Construcción (figura 61). (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

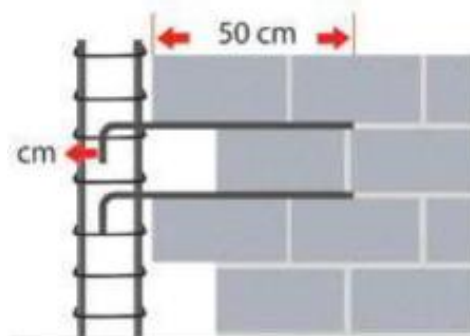


Figura 61 Colocación de chicotes

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

“Para la colocación de conexiones eléctricas o de agua, es importante no picar los muros puesto que lo debilitarán. En su lugar se recomienda realizar columnetas,

rellenándolas de hormigón” (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016) como se puede ver en la figura 62:

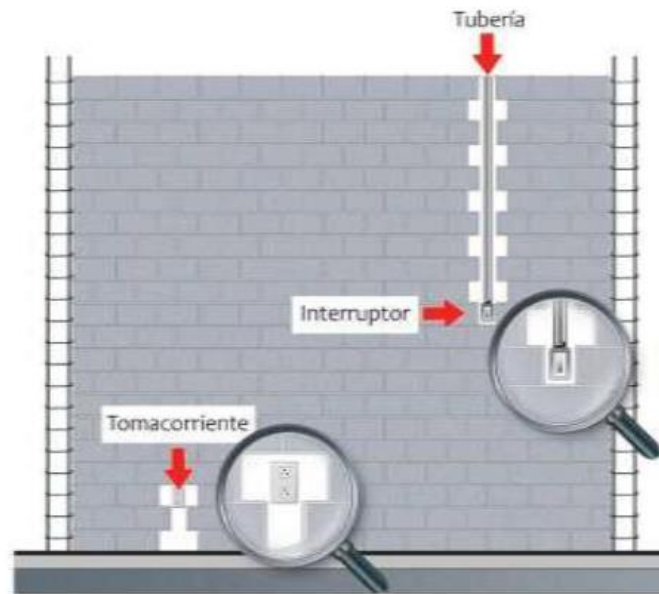


Figura 62 Conexiones eléctricas en las paredes de mampostería Confinada

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Dinteles

“Cuando los orificios de puertas y ventanas no están ubicados directamente debajo de las vigas de confinamiento (como es recomendable), se deben utilizar dinteles, siendo sus apoyos a los lados de las aberturas de un mínimo de 20 centímetros”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). como muestra la figura 63.

“Es necesario colocar las viguetas cuando se sobrepasan alturas de 3 m, amarradas a las columnas principales, generalmente el armado de estos elementos de fijación (viguetas y pilaretes), son 2 varillas con acero longitudinal de 10mm y estribos de 8mm cada 20 a 25 cm de espaciamiento”.(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). Esto ocurre en construcciones tipo bibliotecas, o áreas que necesitan grandes alturas.

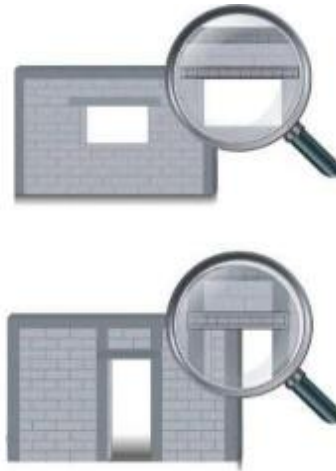


Figura 63 Ubicación de dinteles en puertas y ventanas

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Pilares o columnas de confinamiento

El NEC indica donde se deben de colocar correctamente las columnas de confinamiento, como se puede observar en la figura 64:

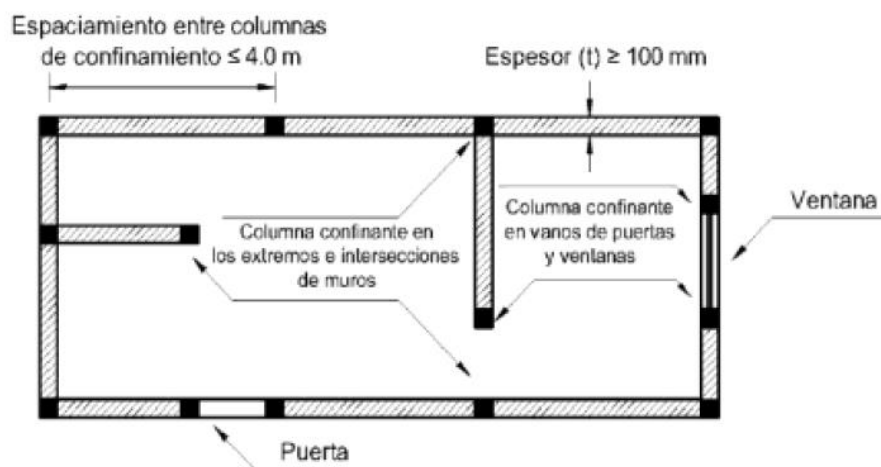


Figura 64 Ubicación de Pilares o Columnas de Confinamiento.

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Los elementos confinantes serán por lo menos del espesor del muro, existirá una columna confinante en los orificios de puertas y ventanas y en los extremos e intersecciones de muros. La distancia máxima de una columna confinante con otra es de 4 metros y el espesor de los muros es de mínimo 10 centímetros, de acuerdo con la NEC. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

2.2.6 Escaleras

“Las escaleras son necesarias para trasladarnos de manera segura de un nivel a otro. Una escalera está constituida por tramos, descansos y barandas. Los tramos están formados por gradas y las gradas por huellas y contra huellas”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016). como muestra la figura 65.

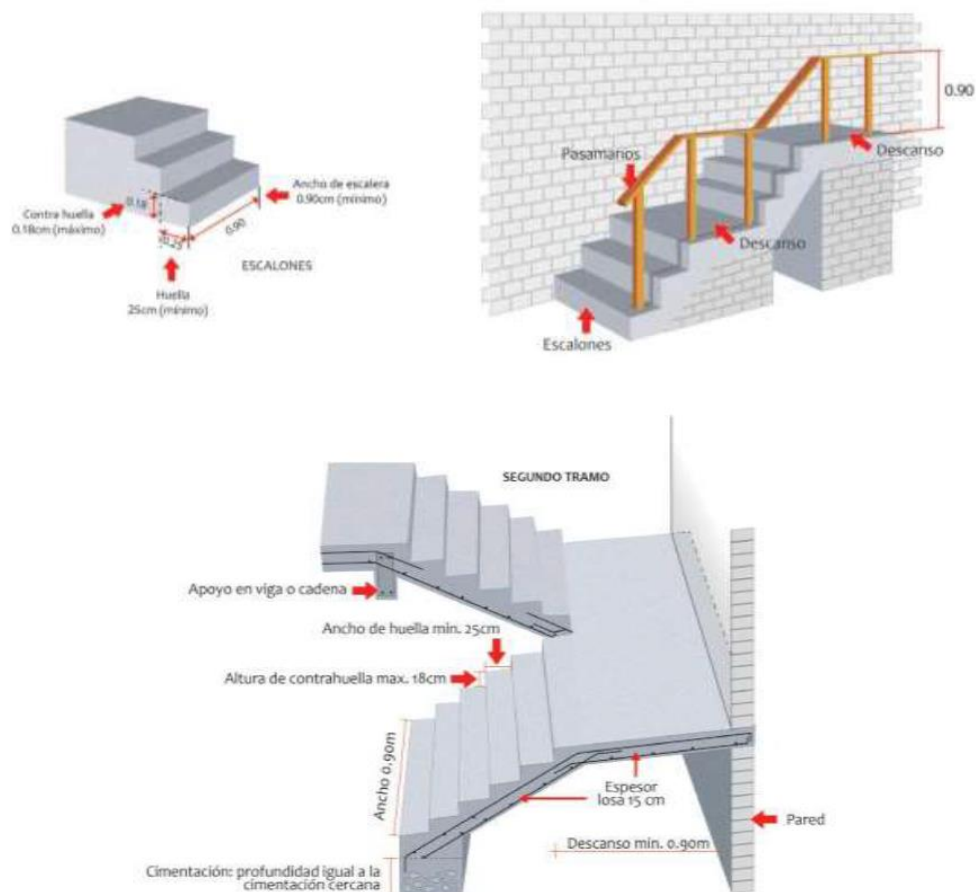


Figura 65 Elementos y dimensiones de la Escalera

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Para una edificación se debe cumplir lo siguiente:

- Las escaleras contarán con un máximo de 8 huellas entre un nivel y otro. Si se necesita más, se deberá realizar un descanso. El ancho mínimo de las gradas será de 90 centímetros, la huella tendrá un mínimo de 25 centímetros y la contra huella tendrá un máximo de 18 centímetros.

- El largo y ancho de los descansos tendrán 90 centímetros como mínimo.
- La altura mínima de pasamanos será de 90 centímetros.

La cimentación de una escalera deberá estar conformada por una base de hormigón ciclópeo y una cadena de hormigón armado con su respectiva zapata. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Para comenzar a construir la grada, se la traza en la superficie de la pared lateral. Se ubica el inicio (contrapiso) y el fin de la grada (losa superior). En la distancia horizontal de estos dos puntos, se traza el número de huellas que tendrá la escalera, y en la distancia vertical, se traza el número de contra huellas. Con estos puntos de referencia se procede a trazar la grada y el espesor de esta, tomando en cuenta que el espesor mínimo es de 15 centímetros, como se puede apreciar en la figura 66. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

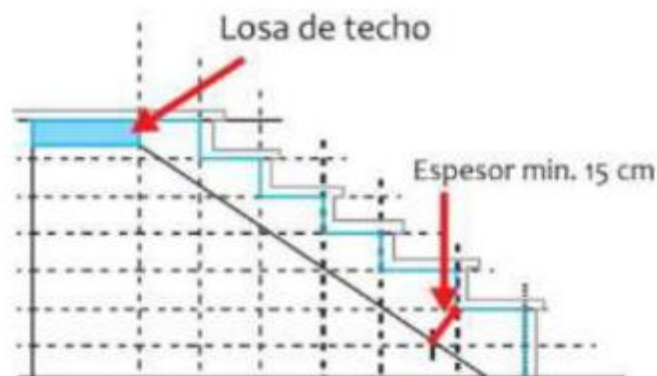


Figura 66 Trazado de la Escalera

Fuente: Guía 7 NEC

Seguidamente, se procede a encofrar la grada, teniendo en cuenta el fondo de la escalera, el cual será la base. Se encofra las contra huellas usando tablas de 1" (2.5 centímetros) de espesor y de ancho y largo que coincidan con las medidas de la escalera. Estas tablas se deben asegurar con tacos en los extremos y se deberá colocar un listón en el centro y a lo largo del encofrado de las gradas para evitar que estas tablas cedan al momento de la fundición. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

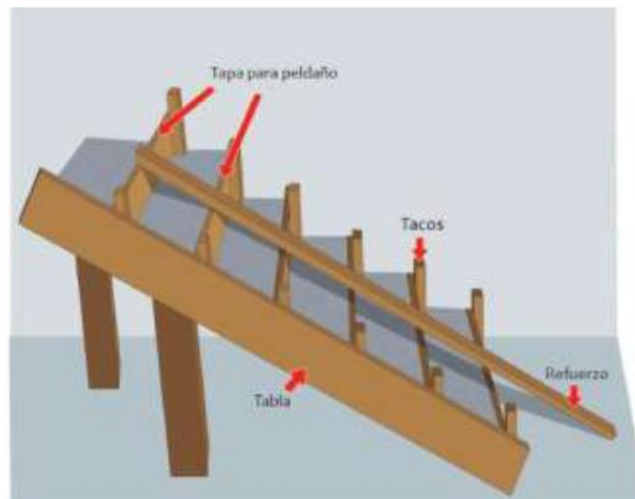


Figura 67 Encofrado de la Escalera

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Las dimensiones, tipo y ubicación de las varillas de la escalera se las podrá encontrar en el plano estructural. Las varillas longitudinal y transversal que van sobre el encofrado, deben colocarse sobre galletas de hormigón para garantizar el recubrimiento. Las varillas de refuerzo deberán estar ancladas a la cimentación y a la losa superior (figura 68). (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

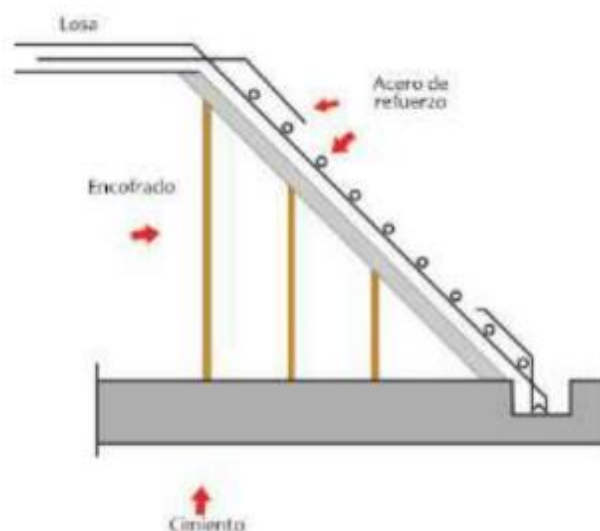


Figura 68 Armado de la Escalera

Fuente: Guía 7 NEC

Como se ha venido mencionando, antes de iniciar con la fundición de las escaleras se deberá verificar que el encofrado este correctamente asegura y nivelado. Además, se deberá humedecer el mismo para evitar que las tablas absorban agua de la mezcla del hormigón. La resistencia del hormigón se podrá observar en plano estructural. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Es importante fundir las escaleras desde la parte más baja y terminar en la parte más alta. Si se lo realiza de la manera contraria, el hormigón resbalará y el ripio de éste se separará, provocando que el hormigón disminuya en su resistencia y consistencia. Durante la fundición se utilizará un vibrador mecánico, compactando el hormigón y evitando vacíos o cangrejas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

2.3 Problemas suscitados en los Sismos.

2.3.1 Patologías en las edificaciones por daños

Los tipos de falla más importantes que se han registrado en estructuras de concreto armado, han surgido con la ocurrencia de eventos sísmicos en distintas localidades del mundo. Para entender el comportamiento sísmico de las estructuras, es necesario identificar las características que han conducido a las fallas y a los buenos comportamientos estructurales, así como también es importante el análisis de los distintos tipos de daños y de las causas que los han originado. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

“Por lo general las fallas presentadas en las edificaciones durante eventos sísmicos, se originan producto de los defectos en el diseño y configuración estructural, así como en los errores durante la construcción de la obra y el empleo de materiales inapropiados para la edificación”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009). Las fallas más importantes en sismos, se deben a:

- 1 Vigas y columnas con grandes esfuerzos de cortante y de tensión.
- 2 Entrepisos sin adecuada resistencia al corte
- 3 Conexiones viga-columna con fallas de adherencia
- 4 Muros de cortante con grandes esfuerzos.
- 5 Asimetrías que causan efectos torsionales.
- 6 Golpeteo entre edificios.
- 7 Variaciones bruscas de rigidez a lo largo de la altura de la edificación
- 8 Amplificación de los desplazamientos en pisos superiores.
- 9 Grandes esfuerzos causados por presencia de columnas cortas

Figura 69 Patologías generadas por daños en un sismo

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Vigas y Columnas con grandes Esfuerzos de Cortante y de Tensión

Las edificaciones deben contar con una capacidad de deformación suficiente para soportar las fuerzas sísmicas, sin que esto afecte su resistencia.

Cuando la edificación presenta una respuesta sísmica dúctil, es capaz de soportar elevadas deformaciones.

El acero proporciona ductilidad a la estructura. Se debe colocar el acero transversal (estribos) necesario y estrechamente separado, ya que los estribos sirven para mantener confinado al concreto, y cuando éstos son insuficientes el concreto se desconcha, se astilla, y el acero longitudinal se pandea, ocasionando la inestabilidad de la estructura. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 70 *Importancia del Acero en el Comportamiento Estructural*

Fuente: CIGIR

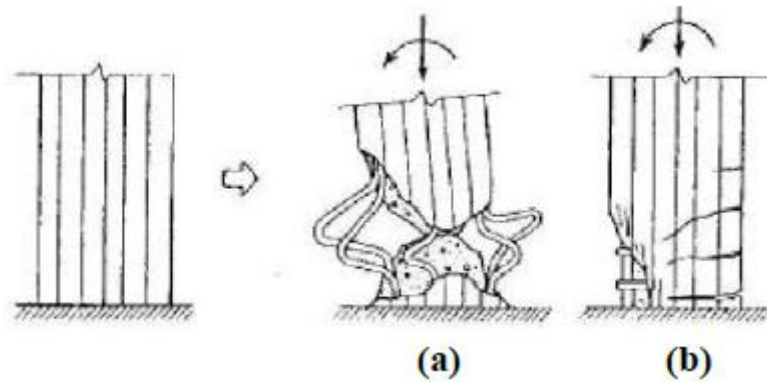


Figura 71 Diferencia en el comportamiento ante la acción de fuerzas.

Columnas sin estribos (a) y columnas con estribos (b)

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Este tipo de fallas ocurren por la gran concentración de esfuerzos originados por las distintas cargas y fuerzas que induce el sismo.

Las fuerzas cortantes impuestas por los sismos, originan fallas por tensión diagonal. La manifestación típica es la formación de grietas inclinadas, en ángulos de aproximadamente 45° . (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 72 Grietas por tensión diagonal Edificio La Fragata



Figura 73 Típica grieta originada en tabiquerías por eventos Sísmicos

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

“Cuando no hay suficiente acero transversal, o éste se encuentra muy separado, el concreto no tiene el confinamiento necesario y hay muy poca resistencia a la tensión diagonal”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 74 Típicas fallas en columnas por fuerzas sísmicas

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 75 Colapso de Columna por Ausencia de Estribos

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

El comportamiento de las vigas ante las solicitaciones sísmicas, pueden terminar en fallas originadas por la tensión diagonal.



Figura 76 Fallas en Vigas por Tensión Diagonal

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Falla Causada por entrepisos que no poseen adecuada Resistencia al corte.

“El colapso de los edificios se debe generalmente a la poca resistencia que tienen las columnas para resistir cargas laterales”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

“Las columnas deben tener un área transversal suficiente que les permitan resistir las fuerzas cortantes inducidas por los sismos”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 77 Fallas por insuficiencia de secciones transversales ante un Sismo

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 78 Daño Causado por falta de Rigidez lateral, Sismo de Cariaco, 1997.

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Conexiones viga-columna con falla de adherencia.

“En las conexiones entre los distintos elementos estructurales, se originan condiciones complejas y elevadas concentraciones de esfuerzos, que conducen a numerosos casos de falla. Las conexiones pueden fallar por la escasez de anclajes de refuerzo entre las columnas y las vigas”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 79 Sismo de Cariaco, 1997. Fallas en Nudos

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 80 Ausencia de Etribos en Junta Viga-Columna

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 81 Importancia de las Uniones Junta Vigas-Columnas

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Muros de Cortante con grandes Esfuerzos

La función principal del diseño de los muros, es la capacidad de soportar fuerzas laterales sísmicas, ayudando al comportamiento y estabilidad global de la estructura.



Figura 82 Esquema del Muro de Cortante

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

“Las fallas suelen presentarse en la unión entre el muro y el piso o viga de apoyo. Los principales tipos de falla se presentan por cortante horizontal, cortante vertical o por vuelco. Se han observado grietas horizontales y desconchamiento del concreto en muros que han fallado durante sismos anteriores”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

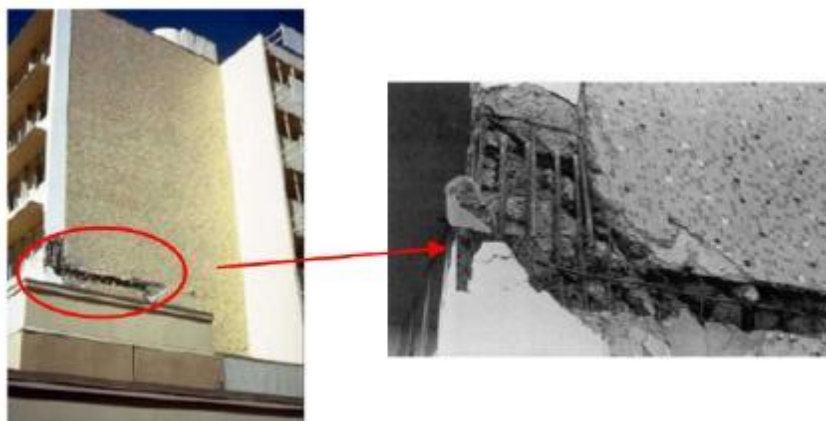


Figura 83 Caída del Concreto y Grietas Horizontales en Muro de Corte

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Se pueden presentar fallas en X por que la estructura durante el sismo se encuentra sujeto a grandes demandas de ductilidad de los elementos, y grandes fuerzas cortantes.



Figura 84 Falla en Forma de “X” en Muros de Cortante.

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Para evitar fallas por flexión o cortante, el diseño de los muros cortantes debe contemplar una ductilidad suficiente para las fuerzas generadas por un sismo intenso. Los muros cortantes deben colocarse de manera simétrica en la estructura para que tengan un comportamiento adecuado. Si se diseña una estructura con muros colocados asimétricamente, pueden originarse problemas de torsión por irregularidades en la rigidez. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

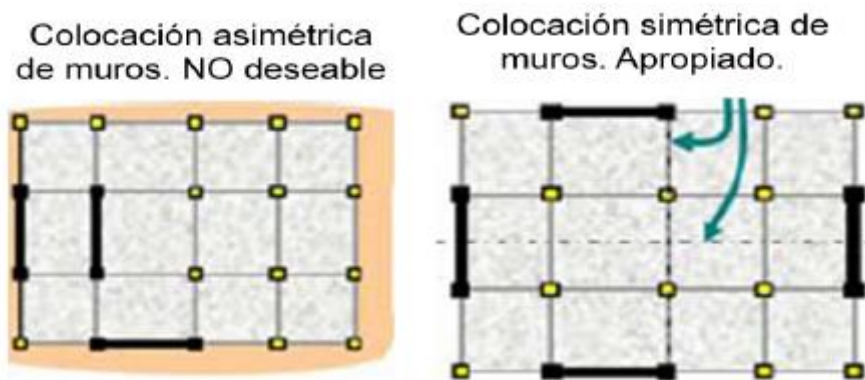


Figura 85 Colocación adecuada de Muros de Cortante

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 86 Características y Fallas del Muro de Cortante

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Asimetrías que causan efectos torsionales

Si el centro de masa de una estructura no coincide con el centro de rigidez, se originan efectos de torsión, en los que el edificio tiende a girar respecto a su centro de rigidez, causando incrementos excesivos en las fuerzas laterales.

Cuando los elementos estructurales están distribuidos asimétricamente en planta, se originan vibraciones torsionales ante las acciones sísmicas, generando fuerzas elevadas en los elementos de la periferia del edificio. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

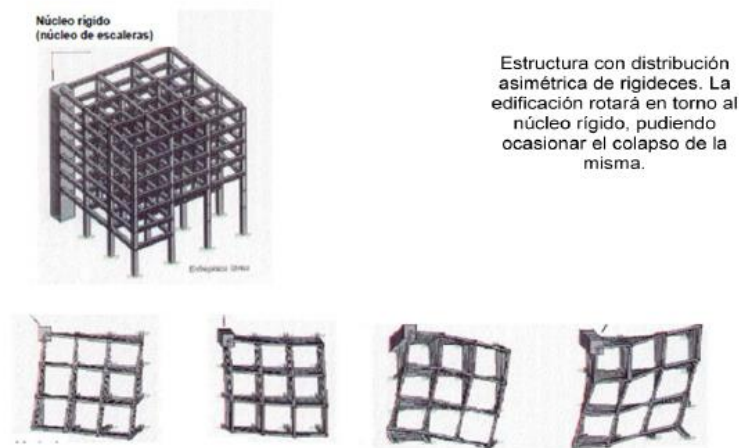


Figura 87 Efectos Torsionales en edificios

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 88 Posibles Efectos Torsionales por Escaleras

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

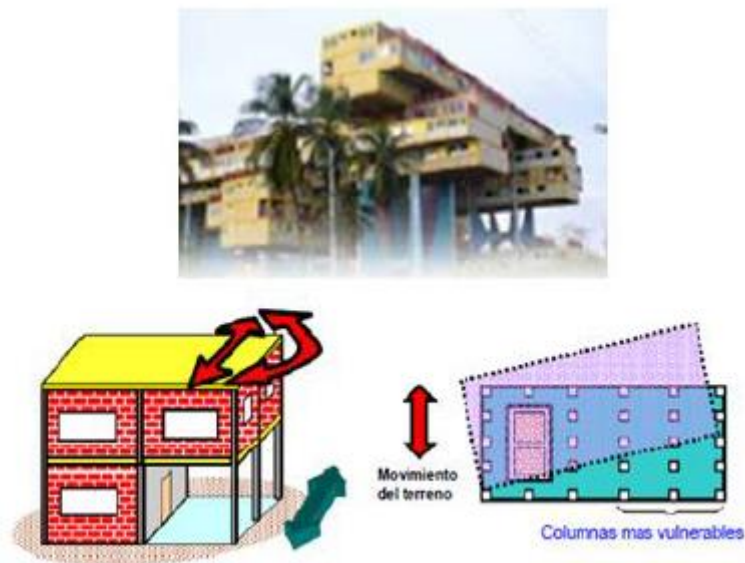


Figura 89 Ejemplos de efectos Torsionales con Distribuciones Asimétricas de Rigideces.

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

“La torsión es una de las principales causantes de daños por los sismos en las edificaciones y se deben generalmente, al desequilibrio en la distribución de rigideces en la edificación”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

Golpeteo entre Edificios.

“Todas las estructuras deben tener un espacio suficiente con respecto a las edificaciones adyacentes, ya que, en el momento de un sismo, cada una vibrará de manera distinta y esto puede conducir a que se golpeen entre ellas. El golpeteo es capaz de producir daños severos”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 90 Falla debido al Golpeteo de Edificios

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

“Cuando entre las estructuras que se golpetean no coinciden los niveles de los pisos, las fallas pueden ser más graves; ya que las losas de uno de los edificios pueden golpear las partes intermedias de las columnas del otro edificio”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 91 Ejemplos de Fallas por Golpeteo de Edificios

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Variaciones Bruscas de Rigidez a lo largo de la altura de la Edificación.

“Con frecuencia se construyen las plantas bajas de los edificios con el mayor espacio posible para permitir el paso o estacionamiento de vehículos, sin colocar paredes; mientras que en los pisos superiores las paredes proporcionan confinamiento y aportan mayor rigidez”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

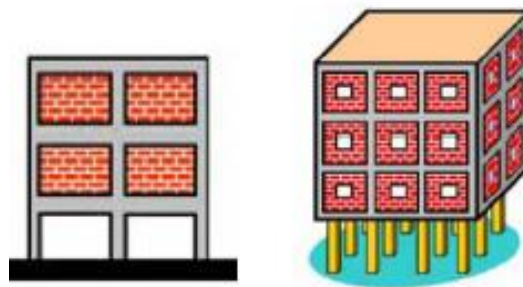


Figura 92 Modelo de Edificaciones con Planta Baja Libre

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

“Esto hace que la planta baja posea una rigidez mucho menor a la de los pisos superiores; lo que conduce a grandes desplazamientos y concentración de daños en las columnas de ese nivel. A esta situación se le conoce como “planta baja débil”, planta baja libre o planta baja blanda”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

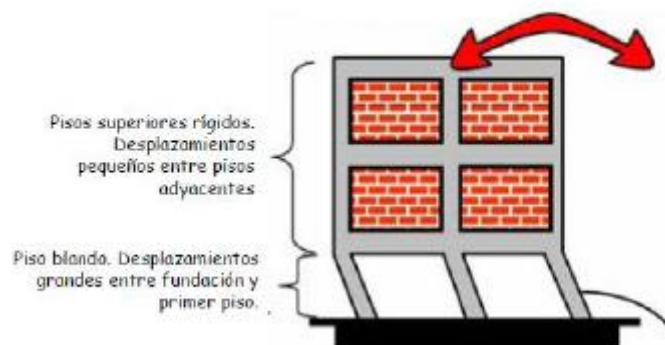


Figura 93 Demandas Excesivas en Planta Baja Débil

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Las edificaciones al tener planta débil, se atenúan las fuerzas, afectando en mayor porcentaje los pocos elementos suscitados en ese nivel.



El daño estructural provocado por la planta débil, conllevó a la inutilización del edificio.



Colapso total de la planta baja del edificio. Liceo Raimundo Martínez, Cariaco, 1997.

Figura 94 Ejemplos de Piso Débil

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Es importante mantener la continuidad hasta la planta baja (Paredes), sin generar cambios bruscos en las masas de la edificación.

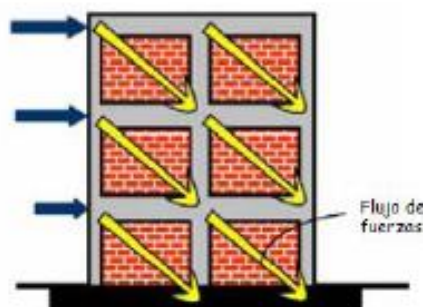


Figura 95 Detalles correctos para Evitar Pisos Débiles

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

La continuidad de las paredes hasta la planta baja, ayuda a que las columnas no sufran desplazamientos excesivos.

Una manera de ayudar a contrarrestar el problema de plantas débiles, es colocando elementos de acero en forma de cruz, que aportan cierta ductilidad y resistencia lateral (Se les llama “Cruz de San Andrés”). (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 96 Esquema para Evitar Pisos Débiles

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Amplificación de los desplazamientos en pisos superiores.

- Cuando se presenta un sismo, la vibración se amplifica a lo largo de la altura de las edificaciones.
- La amplificación es acentuada en niveles superiores, lo que conduce a elevadas concentraciones de fuerzas y esfuerzos, que conllevan al colapso de una parte del edificio a partir de cierta altura.

- El fenómeno se conoce como amplificación dinámica de fuerzas o resonancia local
- Algunos autores atribuyen este tipo de colapso a la unión de concretos vaciados en distintas ocasiones (uno más nuevo que el otro), por eso es recomendable no interrumpir el proceso de vaciado del concreto durante la ejecución de las obras. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 97 Colapso por Amplificación de Pisos Superiores

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

- “Los cambios bruscos en elevación hacen que ciertas partes del edificio se comporten como apéndices, con el riesgo de que se produzca el fenómeno de amplificación dinámica de fuerzas”. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

Grandes esfuerzos causados por presencia de columnas cortas.

- “Las columnas cortas se originan cuando algún elemento, comúnmente las paredes, se encuentran adosadas a las columnas, restringiéndolas hasta donde llega la altura de las paredes.” (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

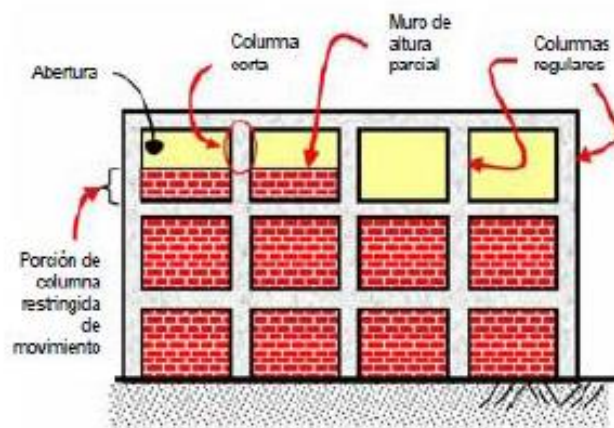


Figura 98 Esquema Columna Corta

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

- Se provocan concentraciones de fuerza cortante en los extremos libres de las columnas, que tienden a fallar frágilmente por cortante.
- Las columnas que se encuentran restringidas, adquieren mucha más rigidez en comparación con las demás columnas que no están confinadas ni restringidas en ninguno de sus lados. Por lo tanto, se generan elevados esfuerzos de corte en la columna corta, ocasionando consecuencias desastrosas. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

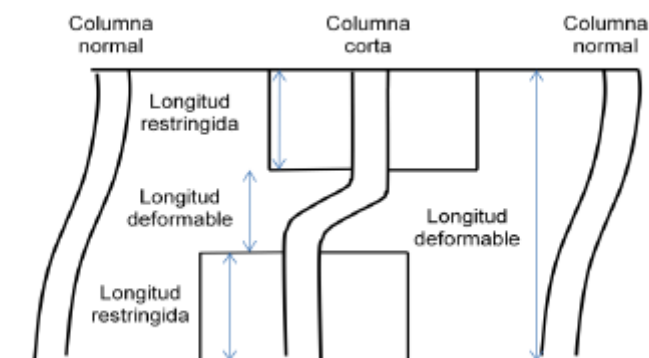


Figura 99 Deformación Lateral Columna Corta

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

- Ante la insuficiente ductilidad de la columna corta, la falla se genera por tensión diagonal producida por elevados esfuerzos cortantes.

- La columna corta es más frágil que las demás columnas no restringidas parcialmente, debido a que su longitud deformable es más limitada. (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Falla típica de columna corta (Ambas fotos son de instituciones educativas venezolanas)



Falla típica de columna corta.

Figura 100 Fallas Típicas por Columna Corta

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

- Es por lo tanto recomendable no adosar directamente las paredes a las columnas, sino dejar un espacio libre entre ellas, o colocando algún tipo de junta que le permita a la columna deformarse libremente, permitiéndole trabajar dúctilmente en el momento de algún movimiento sísmico. (Deben fijarse muy bien las paredes a la viga superior, inferior o a ambas). (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).



Figura 101 Separación de Columnas con los demás Elementos

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)



Figura 102 Detalle de Mampostería para evitar Falla por Columna Corta

Fuente: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

Capítulo 3

Descripción y Evaluación de los proyectos Investigados

La capacidad de una estructura de soportar daños significativos permaneciendo estable se puede atribuir por lo general a su resistencia, ductilidad y Redundancia. El daño severo o Colapso de muchas estructuras durante terremotos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente.

Tres factores se usarán para determinar el estado general de los Edificios investigados:

- Colapso total, parcial o no existente.
- Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso
- Falla o asentamiento de la cimentación

3.1 Edificio Jalil (Por Demoler).

3.1.1 Descripción del estado general de la Edificación Jalil

El Edificio Jalil está ubicado en la Av. Virgilio Ratti, en el malecón de Bahía de Caráquez y consta de siete pisos altos, construido con un sistema de losas planas con vigas bandas y columnas que disminuyen gradualmente su sección a medida que aumenta la altura. De acuerdo a la información recopilada por los administradores, el edificio fue construido hace aproximadamente 45 años y su estructura fue reforzada en 1998, luego del sismo ocurrido en ese entonces. Es probable que se haya usado la norma de construcción dada en 1952, la cual fue creada luego del terremoto originado en la ciudad de Ambato, este presentaba reglas de diseño sismo resistente que no eran acatadas, y presentaban menos seguridad con respecto a las normas actuales en cuanto a la parte sísmica.

Según la descripción, hubo hundimiento en la parte frontal del edificio, es decir en la zona de los balcones, debido al asentamiento de la cimentación. Las acciones

tomadas fueron: reforzar las columnas de edificio y añadir vigas en las zonas afectadas. Al parecer esta solución funcionó adecuadamente hasta que la estructura fue sujeta al sismo del 16 de abril del 2016.

La evaluación rápida realizada a los pocos días del evento sísmico del 16 de abril catalogó al edificio con el poster rojo, mismo que indica que la estructura es insegura y por lo tanto se prohíbe el ingreso. Curiosamente, este edificio fue evaluado por el mismo equipo de trabajo que lleva a cabo la actual consultoría.



Figura 103 Edificio Jalil declarado inaccesible

Fuente: Autor

Los daños que son evidentes, de acuerdo a la inspección en sitio, se concentran en elementos no estructurales: como mampostería exterior, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, panelería interior, ventanería, y recubrimientos de columnas. así mismo, en el interior de la edificación, se puede observar daños estructurales en gradas, así como se tiene la clara percepción de que el edificio ha perdido su verticalidad.

Ensayos:

El número de ensayos, se los determinó de acuerdo a lineamientos del código vigente NEC-SE-RE y ASCE 41-13.

Para esto se divide en dos condiciones:

La condición 1 se cumple cuando existen planos estructurales de construcción (As Built) y reportes de ensayos de materiales de todos los componentes críticos del edificio. Dada la edad del edificio, la recopilación de esta información resultó imposible. Para este caso no se requerirían pruebas.

El número de núcleos requeridos para la condición 2 es de seis y por lo menos uno de cada componente tipo del sistema resistente a carga sísmica. En el edificio se realizaron diez extraídas de núcleos y se ensayaron nueve de ellos, dejando uno como muestra del tipo de hormigón utilizado.

Determinación de la resistencia a la compresión del hormigón:

La extracción de los diez núcleos y diez esclerómetros fueron realizados por Labscotest Cia. Ltda. La determinación de la resistencia real a la compresión del hormigón se realizó a través de la extracción de núcleos (método destructivo) usando la norma ASTM C42 y cierta referencia con el ensayo de rebote esclerométrico (método no destructivo) usando la norma ASTM C805.



Figura 104 Pruebas de Extracción de núcleo Edificio Jalil

Fuente: Autor

En el anexo, se encuentra los informes de resistencia del hormigón. Se puede observar, que ninguna probeta ensayada supero los 144 kg/cm² de resistencia a la compresión. De hecho, el promedio de los nueve ensayos realizados es de 97 kg/cm², y el menor valor es de 33 kg/cm², mismos que son extremadamente bajos. Estas cifras están completamente alejadas de los valores de diseño comúnmente utilizadas en las estructuras de hormigón armado siendo como mínimo 210 kg/cm². Los resultados de estos ensayos se pueden deber a dos razones:

- La baja calidad de los materiales utilizados para la construcción de este edificio
- El micro-fisuramiento sufrido durante los eventos sísmicos que se han dado durante la vida útil del edificio. Independientemente de las razones, la baja resistencia del hormigón tiene una afectación directa en la capacidad de disipar la energía sísmica en un futuro evento.

Estudios de suelos.

La campaña de exploración en el sitio se la realizó en una sola fase. El estudio consistió en la realización de un pozo de perforación a percusión de penetración estándar SPT, de 10 metros de profundidad, según la recomendación de la norma ASTM D1586-97.

Luego de la realización del sondeo, se procedió a detectar la presencia de niveles freáticos en el pozo y a medir su profundidad. Se realizaron varias mediciones, hasta encontrar que las variaciones de profundidad sean mínimas y estables. La profundidad del nivel freático medida fue de 2.70 metros, desde la superficie del terreno. Sin embargo, este valor puede variar dependiendo de la época climática.

Con la muestra obtenida del pozo de perforación se realizaron ensayos de clasificación de suelos (SUCS). La estratigrafía de la corteza superficial examinada indica que existe un potente estrato de arenas limosas de color verdoso, de grano fino, de formas redondeadas, mal gradadas, húmedas y saturadas y con una estructura media a densa. Las arenas poseen porcentajes medios y bajos de limos plásticos, de igual coloración, saturados y con estructura media a dura. Contiene además pocas gravas de diámetros centimétricos, de formas subangulares a partir de los siete metros de profundidad. Se aprecian residuos de conchas y fósiles marinos, pulverizados y repartidos a lo largo del sondeo. La capacidad de carga se encuentra en alrededor de 20 ton/m².

El valor de velocidad de onda de corte medidas y correlacionadas promedio es de 40.3 m/seg, lo que equivale a un suelo tipo D especificado en la norma de peligro sísmico (NEC-SE-DS). Los factores de amplificación son: $F_a = 1.12$, $F_d = 1.11$, $F_s = 1.40$.

Efectos de sitio.

Como parte a la investigación de campo se tomaron los valores de velocidades de ondas de corte, calculadas a partir de los ensayos de microtrepidaciones y correlacionadas y calibradas, con el número de golpes del ensayo de penetración estándar.

Para el análisis se empleó el sitio cuya columna estratigráfica, se considera representativa del terreno del proyecto. Con los resultados de las mediciones se obtuvieron la frecuencia natural del terreno.

Los resultados fueron los siguientes:

- Frecuencia natural del suelo: 1.182 Hz
- Periodo fundamental del sitio: 0.864 seg
- Velocidad de onda de corte equivalente: 390 m/s
- Longitud de onda: 330 m

Los valores medidos del período indican que las amplificaciones del sismo del 16 de abril del 2016, fueron de gran magnitud, y correspondientemente las fuerzas laterales que se ejercieron también pudieron sobrepasar los valores, que se debieron estimar en el diseño de este edificio.

No se descarta la posibilidad de que se haya producido y de que se produzca en el futuro, un efecto de resonancia sísmica, debido a que los periodos de vibración del sitio y de la estructura del edificio Jalil son muy cercanos.

Aplome.

El edificio sufrió un desplazamiento horizontal en el piso superior de 94 mm en un sentido y 44 mm en el otro. Dado que la altura relativa entre el punto de referencia y el punto donde se tomaron los desplazamientos mencionados es de 11 m, se puede establecer que la deriva máxima es de 1%. Este valor es excesivamente grande para

una deriva residual y afecta tanto a la servicialidad del edificio, como a su vulnerabilidad estructural, en el caso de que existan otros sismos.

3.2 Edificio de la Muy Ilustre Municipalidad del Cantón Sucre y el Mercado Municipal de la ciudad de Bahía de Caráquez (Por Reparar).

Para la evaluación de los edificios Municipales se utilizó la Norma NEC-SE-RH, encargada de la evaluación y rehabilitación de las edificaciones, debido a que las dos edificaciones, no presentan estados graves al punto de derrocar las edificaciones, las evaluaciones son hechas de manera visual, cumpliendo ciertos criterios especificados en la misma.

Evaluación de los daños en elementos estructurales.

Los elementos estructurales que se evalúan dependen del sistema estructural con que cuente la edificación, ver tabla 7. Para cada uno de los elementos y en cada nivel de daño se asignará un porcentaje (equivalente a la cantidad o extensión) del daño dependiendo de lo observado por el evaluador. A partir de la información del daño (nivel y porcentaje) que se presenta en cada tipo de elemento y la de los demás elementos estructurales involucrados se obtiene la noción de la gravedad del daño.

En muchos casos la estructura esta oculta por los elementos o acabados arquitectónicos, y no es posible establecer claramente los daños.

SISTEMA ESTRUCTURAL	ELEMENTOS ESTRUCTURALES
PORTICO EN CONCRETO REFORZADO	VIGAS, COLUMNAS, NUDOS Y ENTREPISOS
PORTICO CON MUROS ESTRUCTURALES EN CONCRETO REFORZADO	VIGAS, COLUMNAS, NUDOS Y ENTREPISOS
ESTRUCTURAS METALICAS	VIGAS, COLUMNAS, CONEXIONES Y ENTREPISOS
ESTRUCTURAS DE MADERA	VIGAS, COLUMNAS, CONEXIONES Y ENTREPISOS
MAMPOSTERIA	MUROS PORTANTES (CON COLUMNETAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO EN EL CASO DE SER CONFINADA) Y ENTREPISO
TAPIA, ADOBE, BAHAREQUE	MUROS PORTANTES Y ENTREPISO

Tabla 7 Variables Estructurales a evaluar según el sistema

Vigas, columnas, entresijos (losas) y muros estructurales en concreto reforzado.

Cuando ocurren sismos muy fuertes es común que se produzcan daños estructurales en las columnas, tales como grietas diagonales y verticales, desprendimientos de recubrimientos, aplastamiento, pandeo en acero longitudinal por exceso de esfuerzos de flexo-compresión. En vigas se producen grietas diagonales y roturas de estribos por cortante o torsión excesiva, rotura del refuerzo longitudinal. Las conexiones entre elementos estructurales, son por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna(nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia. En las losas pueden producirse grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la losa de piso por excesiva demanda de flexión que puede imponer el sismo.

Los niveles de daños acorde al agrietamiento, los analizaremos con los criterios siguientes:

- **Ninguno/muy leve:** Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto.
- **Leve:** Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto
- **Moderado:** grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento.
- **Fuerte:** agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras del refuerzo longitudinal.
- **Severo:** degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo confinado y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas.

Evaluación de los daños en elementos arquitectónicos.

Generalmente, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre los muros de relleno o divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de las mismas, lo que se traduce en excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas por este tipo de componentes. Los daños estructurales más comunes son:

- El agrietamiento de elementos divisorios de mampostería

- El aplastamiento de las uniones entre estructuras y los elementos no estructurales
- El desprendimiento de acabados
- Rotura de vidrios
- Rotura de instalaciones de diferentes tipos.

La falla o desprendimientos de elemento no estructurales pueden representar un riesgo para la vida, pero no genera normalmente colapso en la edificación.

Muros de fachadas o antepechos.

Los daños en los elementos de fachada pueden variar dependiendo de los materiales y la forma como están anclados a la estructura.

Niveles de daño:

- **Ninguno/muy leve:** grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie del muro.
- **Leve:** Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del muro
- **Moderado:** grietas con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm en la superficie del muro.
- **Fuerte:** agrietamiento diagonal severo, con anchos de grietas mayores de 3.0 mm y dislocación de las piezas de mampostería.
- **Severo:** desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable del muro.

Esto se aplica también a muros divisorios y/o mampostería.

Escaleras.

Niveles de daños:

- **Ninguno/muy leve:** grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie de los peldaños.
- **Leve:** daños menores reflejados en grietas pequeñas (ancho menor a 1.0 mm) que no afecta la seguridad o uso.

- **Moderado:** daños como agrietamiento del concreto material de la escalera o de sus apoyos (grietas con anchos superiores de 1.0 mm), pero sin riesgo de inestabilidad ni caídas de elementos.
- **Fuerte:** agrietamiento severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm, escombros en los accesos e indicios de daños en los apoyos.
- **Severo:** daño significativo en los apoyos o desgarramiento de la escalera en sus apoyos, barras de refuerzo pandeadas, colapso parcial, asentamiento o inclinación con respecto a los pisos que vincula. Insegura para el ingreso.

Cubiertas.

Niveles de daños:

- **Ninguno/muy leve:** caída de muy pocas tejas o laminas por deslizamiento de las mismas.
- **Leve:** caída y falla de varias tejas o laminas que sufren deslizamiento entre el 15% y el 30%
- **Moderado:** deslizamiento, caída y falla de un numero notable de tejas entre el 30 y el 45%, sin presentar desnivel del techo
- **Fuerte:** problemas en los apoyos de correas o cerchas, deslizamiento entre el 45% al 60%
- **Severo:** falla total de la cubierta.

Evaluación de Problemas Geotécnicos:

Dentro de este grupo se encuentran dos variables que son: fallas en taludes y desprendimientos en rocas, asentamientos o licuación de suelos. Este grupo de Variables, afecta la condición global de la edificación, por lo tanto, aunque no se califica la severidad del fenómeno si es importante tener en cuenta la extensión y grado de compromiso en la estabilidad de la edificación a la hora de evaluar la seguridad.

Los sismos pueden convertirse en agentes disipadores de deslizamientos o desprendimientos en rocas. Es posible que en algunos casos la cercanía a un deslizamiento afecte la seguridad de la edificación o que debido a la proximidad de éste la estructura pueda verse comprometida con su estabilidad. El agrietamiento del

suelo en una ladera puede ser un indicio de que un deslizamiento está próximo a ocurrir.

En algunos suelos arenosos saturados y poco consolidados, el sismo puede causar el fenómeno de la licuación. Cuando este fenómeno se presenta el suelo pierde su capacidad de soporte, presentándose asentamientos en las edificaciones. Los asentamientos no solo ocurren como consecuencia del fenómeno de la licuación, esta es una de las causas más comunes.

La subsidencia es un desplazamiento hacia abajo que se presenta en el terreno que soporta una construcción. Entre las causas principales que conllevan a este fenómeno se encuentran: tuberías de desagüe perforadas, obras subterráneas tales como minas, o la vegetación.

3.2.1 Descripción del estado general de la Edificación de la Muy Ilustre Municipalidad del Cantón Sucre.

La Edificación de la Muy Ilustre Municipalidad del Cantón Sucre, se encuentra en la Avenida Simón Bolívar y calle Aspiazubi, esquina, de la ciudad de Bahía de Caráquez, del Cantón Sucre de la Provincia de Manabí. Las coordenadas son E 564083m, S 9933390.04, según Google Earth.



Figura 105 Ubicación Google Maps – Edificio Municipal

Fuente: Google Maps.

Esta edificación es de uso público, controlada por el Municipio antes mencionado. La estructura es de hormigón armado, cuenta con planta baja y cuatro pisos altos. Los entrepisos son de losas planas con vigas bandas también conocida como vigas chatas en ambos sentidos, y una cubierta de planchas de fibrocemento asentadas sobre cerchas metálicas en un sentido y correas tipo G en el otro sentido.

Esta estructura tiene dos zonas bien definidas, que son: la Zona de Ascensor y escaleras, y la zona, que contiene todas las oficinas correspondientes al uso de la edificación. Este edificio tiene aproximadamente 40 años de haber sido construido.

Las fachadas principales son las siguientes:



Figura 106 Fachada sobre la Calle Ascazubi – Edificio Municipal

Fuente: Autor



Figura 107 Fachada sobre la Avenida Simón Bolívar – Edificio Municipal

Fuente: Autor

La distribución en planta corresponde a la siguiente:

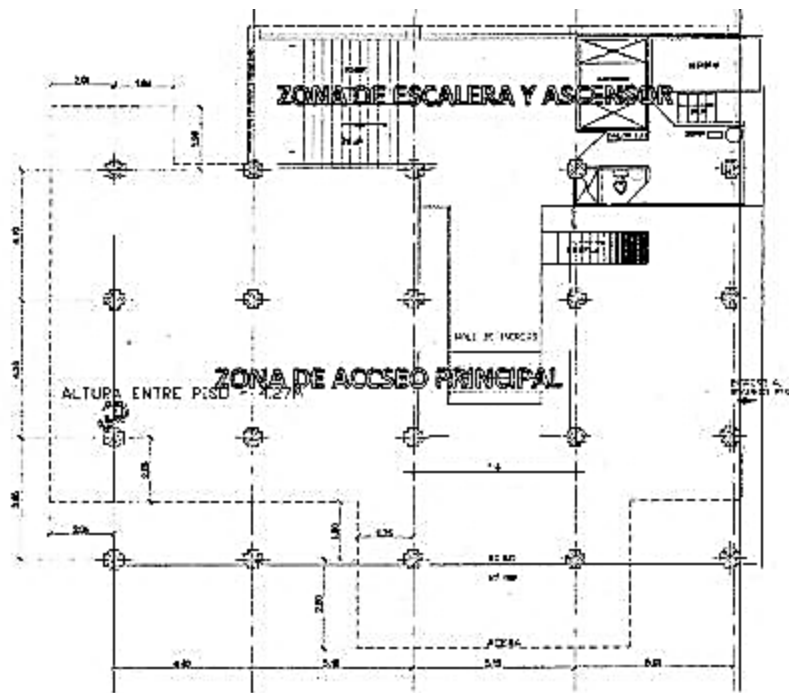


Figura 108 Planta Baja – Edificio Municipal

Fuente: Autor

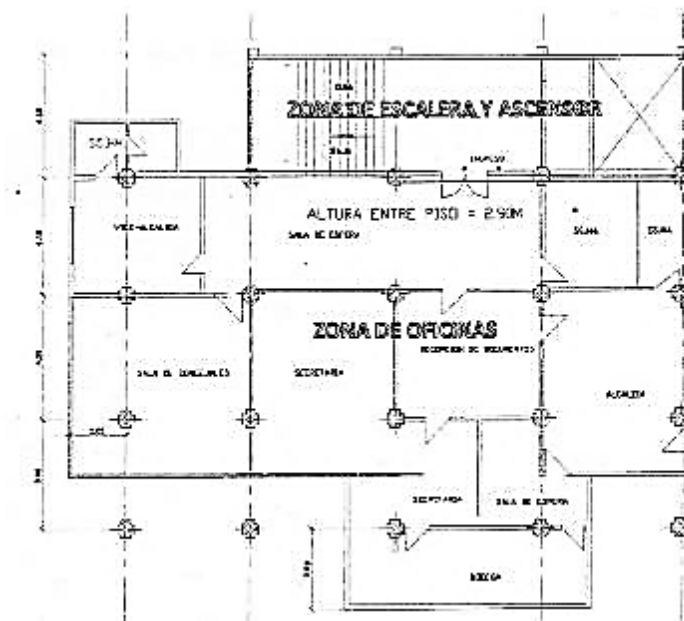


Figura 109 Planta Alta 1 – Edificio Municipal

Fuente: Autor

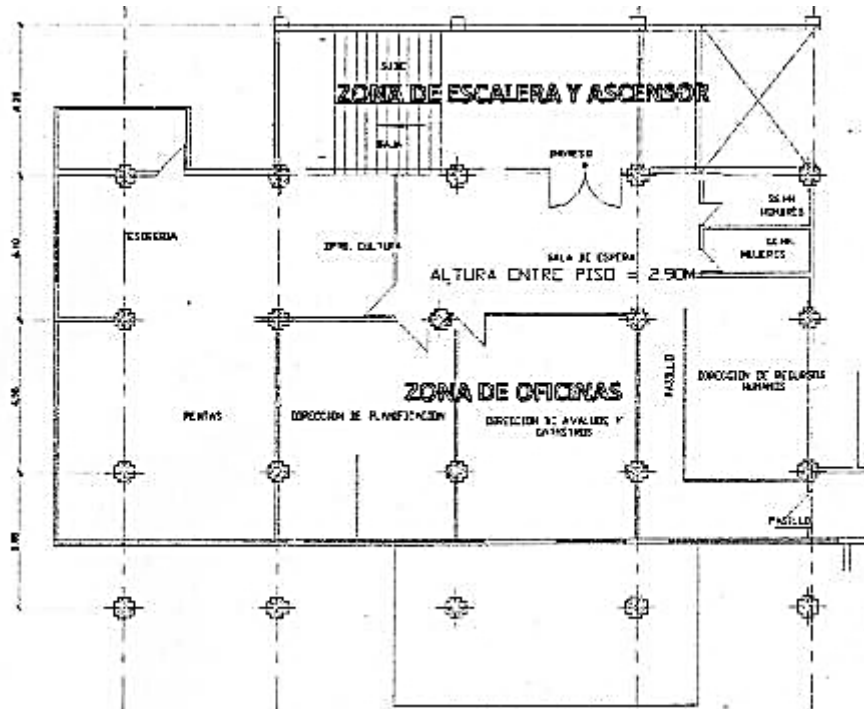


Figura 110 Planta Alta 2 – Edificio Municipal

Fuente: Autor

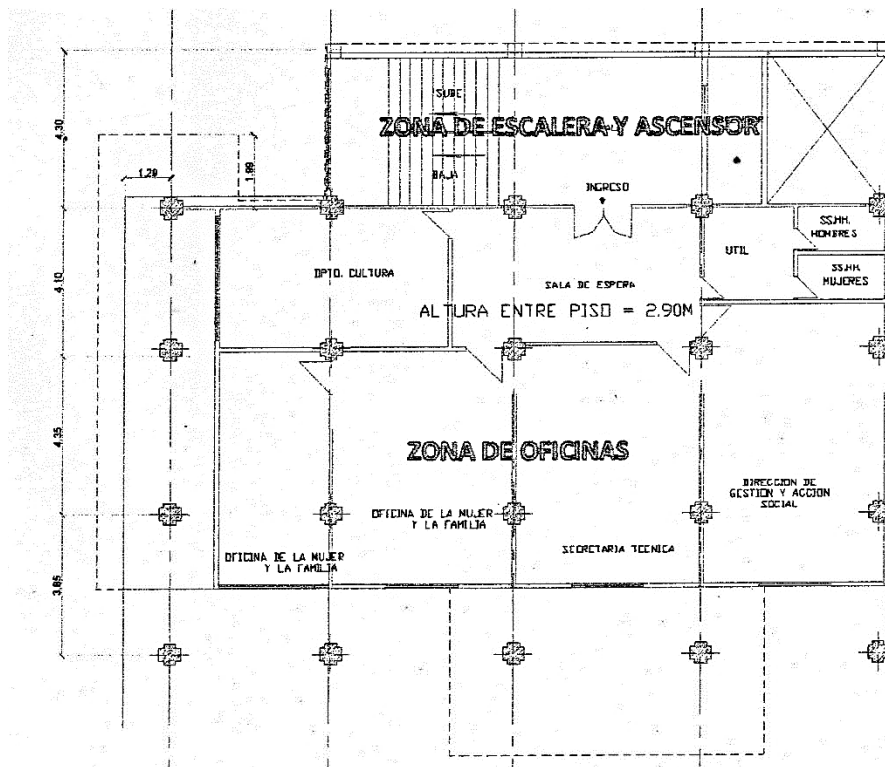


Figura 111 Planta Alta 3 – Edificio Municipal

Fuente: Autor

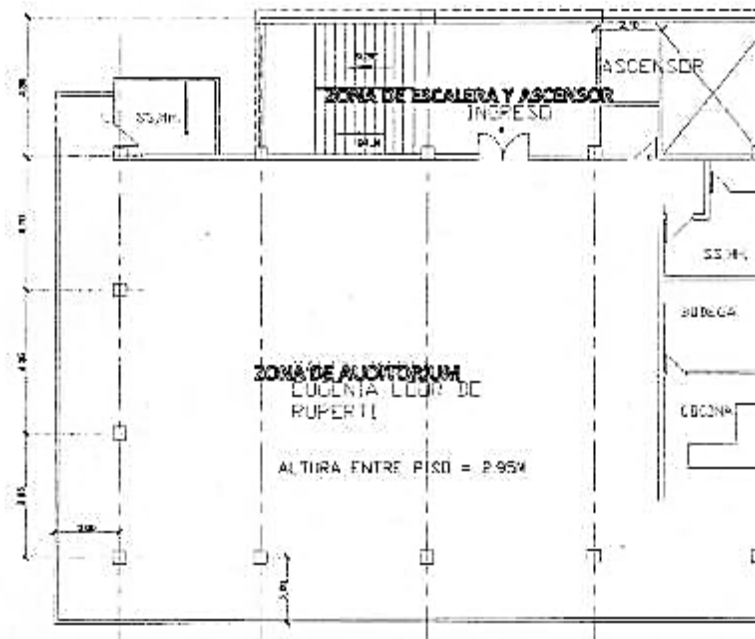


Figura 112 Planta Alta 4 – Edificio Municipal

Fuente: Autor

PLANTA	USO	ALTURA (m)
CUBIERTA Y LOSA DE ASCENSOR	ASCENSOR	2,00
ENTREPISO 4	AUDITORIUM	2,95
ENTREPISO 3	OFICINAS	2,90
ENTREPISO 2	OFICINAS	2,90
ENTREPISO 1	OFICINAS	2,90
P. BAJA	INGRESO Y OFICINAS	4,27

Tabla 8 Altura de entrepisos Edificio Municipal

PLANTA	ALTURA (m)	AREA (m2)
CUBIERTA Y LOSA DE ASCENSOR	2,00	26,75
ENTREPISO 4	2,95	394,95
ENTREPISO 3	2,90	302,45
ENTREPISO 2	2,90	348,9
ENTREPISO 1	2,90	348,9

P. BAJA	4,27	345,2
---------	------	-------

Tabla 9 Área de entrepisos Edificio Municipal

Estructuración.

El sistema estructural portante está constituido, de acuerdo a la definición de la NEC-SE-DS-15, son **PORTICOS ESPECIALES SISMO RESISTENTES DE HORMIGON ARMADO CON VIGAS BANDAS.**

La altura proyectada de los sectores es +4.27 sobre la vía pública, en planta baja, del primer piso al cuarto piso, con un nivel de +26.00m sobre la vía pública.

El sistema estructural existente, consiste en un sistema aporticado de columnas y vigas bandas, en ambas direcciones de la edificación. Las secciones de columnas son rectangulares de 40x40, y secciones tipo cruz de 60x60, en toda la altura de la edificación.

La losa es aligerada en dos sentidos, con un peralte de 25 cm desde el primero al cuarto piso, especificado en los planos. Y en la zona del ascensor se contempla losa maciza aproximadamente de 15 cm.

Años de construcción y códigos utilizados en el diseño.

Aunque es difícil determinar con exactitud la edad de una construcción, es importante tratar de averiguar la fecha aproximada, tomando de muestra personas u ocupantes en cercanía de la construcción debido a que no se tienen registros exactos.

Por lo que la edificación al tener aproximadamente cuarenta años de haber sido construida, es probable que se haya usado el código de construcción de 1971 en base del ACI-318-71, el cual contenía 21 capítulos con recomendaciones de ingeniería y un anexo sobre las construcciones sismo resistentes.

Ensayos:

Debido a que el edificio no se ha declarado inaccesible o por demoler, solo se realizaron inspecciones visuales, y mediciones de fisuras, de acuerdo a lo especificado en el NEC-SE-RE, correspondiente a Evaluación y Rehabilitación de las estructuras.

Inspección y Evaluación del estado General de la Edificación.

De la inspección visual realizada al edificio de la MUY I. MUNICIPALIDAD DEL CANTON SUCRE, se pudo determinar que existe colapso parcial, que no posee ninguna desviación o inclinación de ningún elemento que constituye y es parte de la estructura. Tampoco se observó que existe falla en la cimentación por posibles asentamientos. Las fachadas principales no poseen daños excesivos.

Análisis de la Planta Baja y Entrepisos:

Referido a la información obtenida de la evaluación que se realizó al Edificio Municipal por el mismo Municipio del lugar, se obtuvo los siguientes resultados (se usó el código de Evaluación y Rehabilitación de edificios):

CLASIFICACION GLOBAL DEL DAÑO	CLASIFICACION DE HABITABILIDAD (COLOR)
1.- NINGUNO	HABITABLE
2.- LEVE	HABITABLE
3.- MODERADO	USO RESTRINGIDO
4.- FUERTE	NO HABITABLE
5.- SEVERO	PELIGRO DE COLAPSO

Tabla 10 Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación – Edificio Municipal

Planta Baja:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS			X		
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

Tabla 11 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Baja

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%		LEVE
10-30%	20%	MODERADO
30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 12 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Baja

Clasificación de Daño: 2

Clasificación de Habitabilidad: **HABITABLE**

Planta Alta 1:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERAD O	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS			X		
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

Tabla 13 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Alta 1

	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%		LEVE
10-30%	20%	MODERADO
30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 14 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Alta 1

Clasificación de Daño: 2

Clasificación de Habitabilidad: **HABITABLE**

Planta Alta 2:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERAD O	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS			X		
VIGAS		X			
NUDOS			X		
ENTREPISOS	X				

Tabla 15 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Alta 2

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%		LEVE
10-30%	20%	MODERADO
30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 16 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Alta 2

Clasificación de Daño: 3

Clasificación de Habitabilidad: **USO RESTRINGIDO**

Planta Alta 3:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERAD O	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS				X	
VIGAS			X		
NUDOS			X		
ENTREPISOS		X			

Tabla 17 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Planta Alta 3

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%		LEVE
10-30%		MODERADO
30-60%	35%	FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 18 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Planta Alta 3

Clasificación de Daño: 4

Clasificación de Habitabilidad: **NO HABITABLE**

Piso 4:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUN O	LEVE	MODER ADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS	X				
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

Tabla 19 Nivel de Daño – Edificio Municipal – Piso 4

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%	5%	LEVE
10-30%		MODERADO
30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 20 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Edificio Municipal – Piso 4

Clasificación de Daño: 2

Clasificación de Habitabilidad: **HABITABLE**

Acorde a lo analizado, el Edificio Municipal presenta un daño en general de **NIVEL MODERADO A FUERTE**, con una afectación que está en el orden del 35%.

3.2.2 Descripción del estado general del Mercado Municipal.

La Edificación MERCADO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ, se encuentra ubicada en la Av. Virgilio Ratti una cuadra antes del edificio Municipal.



Figura 113 Ubicación Google Maps – Mercado Municipal

Fuente: Google Maps.

La estructura del Mercado está conformada por elementos de Hormigón armado resistentes a Momentos, cuenta con planta baja y dos plantas altas, las columnas poseen secciones de 35 x 35, entresijos de losa plana con vigas bandas en ambos sentidos, cubierta de loseta trapezoidal de hormigón armado. Esta construcción tiene aproximadamente 40 años de haber sido construida, y hace 3 años fue remodelada íntegramente.

Las fachadas principales son las siguientes:



Figura 114 Fachada sobre principal del Mercado Municipal

Fuente: Autor

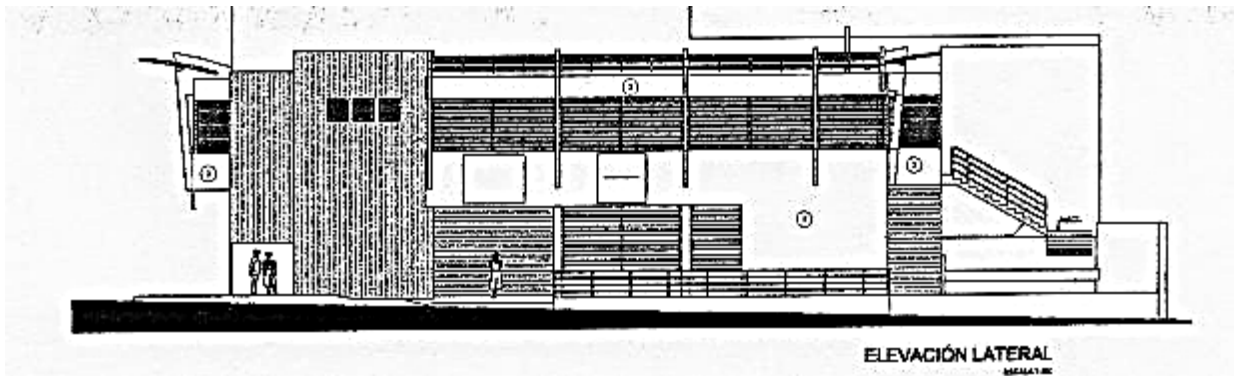


Figura 115 Fachada Lateral del Mercado Municipal

Fuente: Autor

La distribución en planta corresponde a la siguiente:

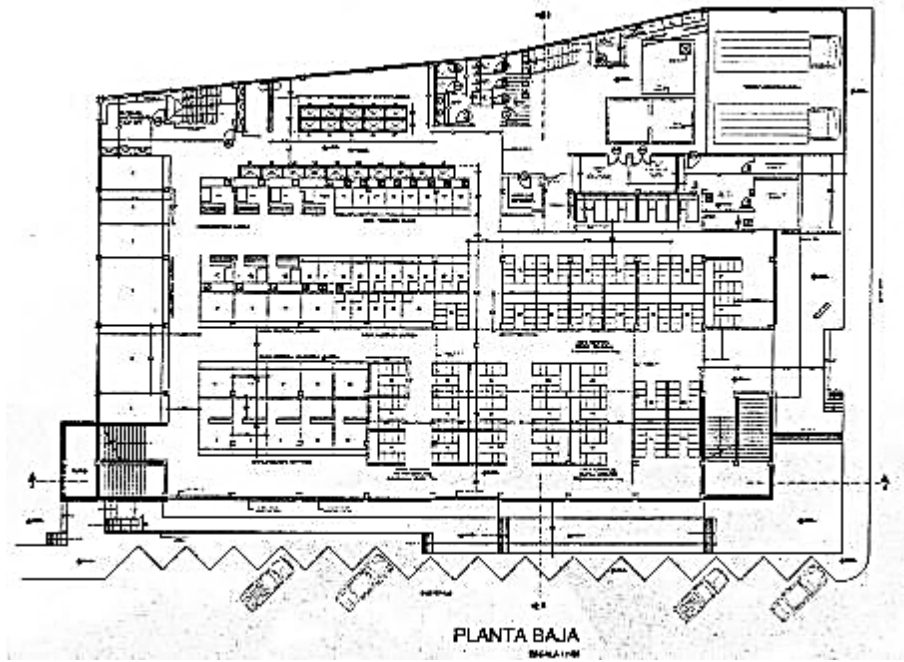


Figura 116 Planta Baja Mercado Municipal

Fuente: Autor

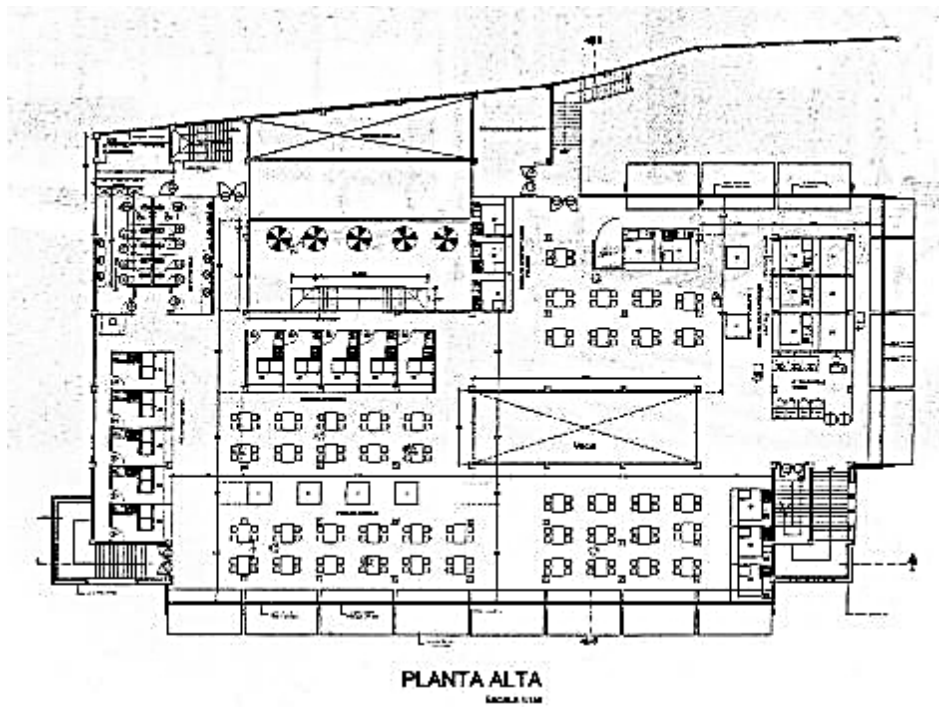


Figura 117 Planta Alta 1 Mercado Municipal

Fuente: Autor

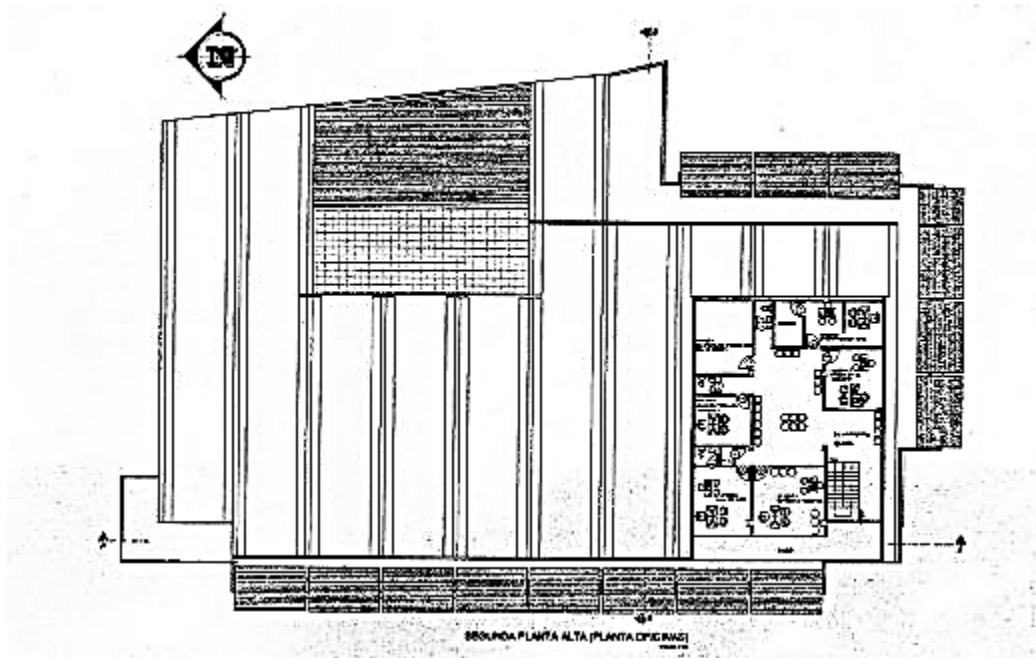


Figura 118 Planta Alta 2 Mercado Municipal

Fuente: Autor

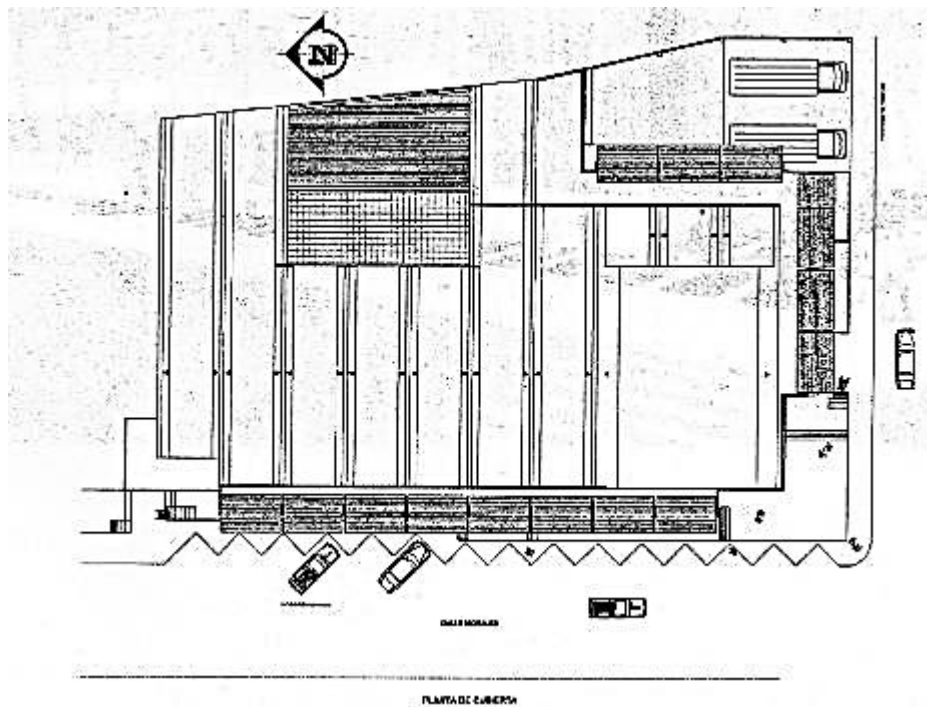


Figura 119 Planta de Cubierta Mercado Municipal

Fuente: Autor

PLANTA	USO	ALTURA (m)
CUBIERTA		
ENTREPISO 2	OFICINAS	3,50
ENTREPISO 1	PATIO DE COMIDAS	4,00
P. BAJA	INGRESO Y PUESTOS DE VENTAS	4,60

Tabla 21 Altura de entrepisos Mercado Municipal

PLANTA	ALTURA (m)	AREA (m2)
CUBIERTA		1595,97
ENTREPISO 2	3,50	233,08
ENTREPISO 1	4,00	1602,12
P. BAJA	4,60	2035,96

Tabla 22 Área de entrepisos Mercado Municipal

Estructuración.

El sistema estructural portante está constituido, de acuerdo a la definición del NEC-SE-DS, como **PORTICOS ESPACIALES SISMO RESISTENTES DE HORMIGON ARMADO CON VIGAS BANDAS**.

El mercado posee una altura de planta baja de 4.60 m guiándose del nivel de la vía pública, en los pisos subsiguientes se cuenta con alturas de entrepiso de 4.00 y 3.50 m, respectivamente.

El sistema estructural existente, consiste en un sistema Aporticado de columnas y vigas bandas o chatas, en ambas direcciones de la edificación. Con secciones de los elementos verticales (columnas) de 35x35 en toda la altura de la edificación, y con respecto a los elementos horizontales (vigas) con dimensiones de 40 x 20.

La losa es aligerada en ambas direcciones, por lo que en teoría las vigas cargan en ambas direcciones, contiene bloques alivianados, malla electro soldada para la loseta de compresión de 5 cm de espesor. El espesor total de la losa es de 20 cm en el

primer piso. En el segundo y tercer (cubierta) piso, la losa es maciza de un espesor de 15 cm.

Años de construcción y códigos utilizados en el diseño.

El Mercado tiene aproximadamente 40 años de ser construida, siendo remodelada en el 2013, por lo que es probable que se halla usado el código del ACI-318-71 para los diseños, este contenía 21 capítulos con recomendaciones de ingeniería y un anexo de las construcciones sismo resistentes. No se pueden comparar los códigos antiguos con los actuales, debido a que hay un conocimiento más profundo solo el tema sísmico, teniendo valores aproximados del comportamiento de la estructura.

Ensayos:

Debido a que el edificio no se ha declarado inaccesible o por demoler, solo se realizaron inspecciones visuales, y mediciones de fisuras, de acuerdo a lo especificado en el NEC-SE-RE, correspondiente a Evaluación y Rehabilitación de las estructuras.

Inspección y Evaluación del estado General de la Edificación.

De la inspección visual realizada a la estructura del MERCADO MUNICIPAL, se pudo determinar que existe colapso parcial, que no posee ninguna desviación o inclinación de ningún elemento que constituye y es parte de la estructura. Tampoco se observó que existe falla en la cimentación por posibles asentamientos. Las fachadas principales no poseen daños excesivos.

Análisis de la Planta Baja y Entrepisos:

Referido a la información obtenida de la evaluación que se realizó a la estructura del MERCADO por el mismo municipio del lugar, se obtuvo los siguientes resultados en (se usó el código de Evaluación y Rehabilitación de edificios):

CLASIFICACION GLOBAL DEL DAÑO	CLASIFICACION DE HABITABILIDAD (COLOR)
1.- NINGUNO	HABITABLE
2.- LEVE	HABITABLE
3.- MODERADO	USO RESTRINGIDO
4.- FUERTE	NO HABITABLE

Tabla 23 Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación – Mercado Municipal

Planta Baja:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS			X		
VIGAS		X			
NUDOS			X		
ENTREPISOS		X			

Tabla 24 Nivel de Daño – Mercado Municipal – Planta Baja

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%	8%	LEVE
10-30%		MODERADO
30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 25 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Mercado Municipal – Planta Baja

Clasificación de Daño: 3

Clasificación de Habitabilidad: **USO RESTRINGIDO**

Planta Alta 1:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS		X			

VIGAS		X			
NUDOS		X			
ENTREPISOS		X			

Tabla 26 Nivel de Daño – Mercado Municipal – Planta Alta 1

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%		NINGUNO
0-10%	8%	LEVE
10-30%		MODERADO
30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 27 % de área afectada con respecto al área total de la construcción – Mercado Municipal – Planta Alta 1

Clasificación de Daño: 2

Clasificación de Habitabilidad: **HABITABLE**

Planta Alta 2:

En este piso la evaluación es la siguiente, acorde a la inspección visual:

ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS	X				
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

Tabla 28 Nivel de Daño – Mercado Municipal – Planta Alta 2

RANGO	PORCENTAJE	CLASIFICACION DEL DAÑO GLOBAL
0%	0%	NINGUNO
0-10%		LEVE
10-30%		MODERADO

30-60%		FUERTE
60-100%		SEVERO
100%		COLAPSO TOTAL

Tabla 29 % de área afectada con respecto al área total de la construcción –
Mercado Municipal – Planta Alta 2

Clasificación de Daño: 1

Clasificación de Habitabilidad: **HABITABLE**

Acorde a lo analizado, el Mercado Municipal presenta un daño en general de **NIVEL MODERADO**, con una afectación que está en el orden del 30%.

(Municipio del Canton Sucre, 2016)

Capítulo 4

Estudio de las Causas y Soluciones de los Daños Estructurales y No Estructurales del Sismo en los Edificios Investigados

4.1 Causas de fallas Edificio Jalil (por Demoler)

El Edificio Jalil posee antecedentes rescatados del sismo del 4 de agosto de 1998 en Bahía de Caráquez, y para ese entonces ya presentaba fallas en elementos no estructurales en su mayoría. Fue catalogado según las evaluaciones estructurales en ese entonces como Grado de daño en escala 2, lo que significa la destrucción de la tabiquería, volcamiento, grandes roturas en las paredes divisorias y algunos daños estructurales, con un porcentaje de afectación del 63%.

Los daños de mampostería se extendían desde la planta baja hasta el quinto nivel, obteniendo un colapso total en la marquesina del último piso.



Figura 120 Fallas del Edificio Jalil

Fuente: Autor

En el sismo último ocurrido el 16 de abril del 2016, el edificio fue catalogado “lugar inaccesible y por demoler”, debido a la alta afectación en su parte estructural, lo más probable, es que, en el transcurso del tiempo, al estar expuesto a sismos de diferentes magnitudes, se iban acumulando micro-fisuraciones, afectándose la resistencia del hormigón, de tal forma que las pruebas ensayados de extracción del núcleo dieron resultados por debajo del diseño mínimo. Sumándose los defectos por el proceso constructivo (buenos sistemas constructivos), control de calidad (fiscalización), aplome entre otras. A continuación, se nombrarán las posibles causas de fallas por el evento sísmico ocurrido el 16 de abril del 2016 cerca de Pedernales:

Mampostería:

Causas de fallas

Las **fallas** que se encontraron en el edificio Jalil referente a la **Mampostería**, son las fallas por cortante, debido a la tensión diagonal generada por los pórticos de hormigón armado, al desplazarse. Las fallas son aproximadamente a 45 grados en forma de “X”, se puede visualizar en la figura 1, que el corte es generado a partir del boquete de la ventana, así mismo en la figura 2, la falla se desplaza a partir del boquete de la puerta. Generando en ese sector el principio que se utiliza para describir las fallas por columnas cortas.



Figura 121 Fallas Diagonales en Mampostería – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Esto ocurre por la falta de rigidez de la edificación, pasando los límites permisibles, especificados en los códigos de diseño actuales, generando derivas por encima del 1%, afectando las paredes de mampostería. Otra causa de los agrietamientos en las paredes es debido al posible efecto torsional generado por las irregularidades en planta al ser de forma triangular, por lo que en las normas actuales se penaliza, sin la posibilidad de evitar el mal comportamiento de la estructura. En las normas antiguas no se consideraban estos efectos.

Se pudo determinar que los bloques usados, no cumplían con las normas, las cuales indican que la resistencia mínima debe estar por el orden de 35 kg/cm², sumado la falta de sujeciones (pilaretes y viguetas) sin lograr paredes confinadas.



Figura 122 Recubrimientos Excesivos en Mampostería – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Otra causa para que se fisuren las paredes, es la falta de verticalidad al rato de construir una pared de confinamiento (más susceptible ante los sismos), de manera que es evidente las malas prácticas constructivas, ya que para poder nivelar la pared colocaban excesos de enlucidos. Se encontró que los enlucidos en las paredes están en el orden de 4 cm, volviendo más pesado al elemento.

En la figura, se aprecia las paredes interiores, y se logra visualizar la falta de agarre de las paredes, no se ven columnas de confinamiento según los especificado en las normas. Por lo que cedieron fácilmente ante el evento sísmico, cabe recalcar, que, durante el evento del 16 de abril del 2016, no se encontraban personas dentro de este edificio, de modo que no hubo heridos. En la figura, se observa el exceso de elementos de mampostería alrededor de una columna principal, son los primeros elementos en afectarse.



Figura 123 Mampostería mal Confinada – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Las fallas en elementos no estructurales a nivel de mampostería, van desde la planta baja hasta el quinto piso, afectándose el 80% de la edificación.



Figura 124 Incorrecta instalación de Tuberías en la Mampostería – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Las fallas y desprendimientos en ciertos puntos, fue por las instalaciones sanitarias, se puede ver en la figura, el exceso de tuberías en un solo punto, sin tener alguna sinergia o unión con el elemento circundante. Es probable que, en el proceso constructivo, no se haya respetado las recomendaciones para instalar las tuberías en paredes confinadas, generándose planos de fallas y poca continuidad de las paredes.

Elementos verticales (Columnas):

Causas de fallas

En la planta baja se puede observar, la generación de rotulas plásticas al comienzo de la columna, estas son las que van a soportar la mayor demanda por cortante, representadas por fuerzas del sismo a lo largo de la altura del edificio.

Se puede visualizar en la figura, el desconchamiento del enlucido, y ciertas rajaduras dentro del núcleo confinante de la columna. La falla pudo ser por dos motivos la falta de estribos (espaciamiento/capacidad) o por el exceso de óxido en los estribos y varillas longitudinales, dificultando la adherencia del hormigón con el acero de refuerzo, aparte al estar oxidado el acero, se expande agrietando el hormigón que confina las varillas.



Figura 125 Desprendimientos y Agrietamiento del Hormigón en Columnas Planta Baja – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Según los ensayos elaborados de extracción de núcleo, las resistencias del hormigón fueron muy bajas, como consecuencia del sismo, pero cabe la posibilidad de que no se hayan cumplido con las resistencias en el proceso constructivo ya que es una constante en todos los edificios afectados y construidos en la costa ecuatoriana.

Una variable para indicar que no se cumplió con las resistencias de diseño es el exceso de oxidación de las varillas, por lo que queda la incertidumbre de que se haya usado arena de mar, o a su vez no se hayan respetado las condiciones mínimas de recubrimiento para ambientes salinos.



Figura 126 Oxidación de varillas de Refuerzo Columnas Planta Baja – Edificio Jalil

Fuente: Autor

A partir del cuarto piso hacia la terraza, las columnas centrales tienen esta conformación (figura), pudo haberse amplificado debido al gran peso en la terraza, por la cisterna de hormigón. Se puede apreciar solo desconchamiento del recubrimiento casi en la parte central de la columna, y fisuras en la zona de rótulas plásticas, generalmente ocurridas a una distancia de “d” (peralte) del apoyo.



Figura 127 Desprendimientos del recubrimiento en columnas desde Planta alta hasta el último piso – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Elementos Horizontales (vigas y Losa):

Causas de fallas

La viga mostrada en la figura representa la sección mas corta del Edificio Jalil, se puede visualizar en la foto, que existe una pequeña rotación de la viga al inicio, con un desconchamiento en las zonas plásticas de la viga, la falla es generada por una combinación de flexión y corte, dadas por el sismo, pero otra posibilidad de desgarre es el óxido de las varillas longitudinales perdiendo capacidad el elemento ante las sollicitaciones dadas.



Figura 128 Generación Rótulas Plásticas en vigas – Edificio Jalil

Fuente: Autor

En la figura , se observa solo fallas superficiales en el enlucido, estos elementos son muy susceptibles, y peor si el espesor es mayor a 1,5 cm, lo que indica que hay una cierta irregularidad en la viga. El espesor en estos elementos son de 3 cm (Mortero),

no hay la suficiente adherencia, ya que se aprecia que en la vigas no se a hecho las endiduras respectivas, lo que hace al elemento más frágil de lo normal.



Figura 129 Desprendimientos del Enlucido en Vigas – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Se puede apreciar en la figura , la falta de recubrimiento de las vigas, se ven estribos oxidados, indicando que este elemento puede fallar en cualquier rato. El mortero no es suficiente para proveer protección a las varillas, ya que en los cálculos el recubrimiento tiene la misma resistencia a la compresión que el núcleo confinado. De modo que en el proceso constructivo no se verificó los recubrimientos al rato de poner el armado de las vigas (falta de fiscalización).



Figura 130 Exposición de varillas de refuerzo en vigas por falta de Recubrimiento – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Las vigas y losas al estar sometidas a variaciones de cargas por el sismo, tienden a deformarse, como es el caso de la losa de primer piso alto, lo malo es que si bien se deforman por la ductilidad de los elementos, deben de regresar a su estado original por la linealidad del diseño, pero en el caso de la losa de Jalil esa Deformación quedó permanente. Esto generará esfuerzos adicionales, volviéndose un peligro para las personas que residen en el edificio.



Figura 131 Deflexiones Permanentes en losas y vigas – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Escaleras:

Causas de fallas

Representa la parte estructural más afectada, se puede apreciar desde desprendimientos de bloques hasta fisuras diagonales, de planta baja hasta el último piso. La causa de que hayan fallado estos elementos, es debido al mal diseño y mala construcción de estos elementos. En la fig. se logra apreciar la falta de varillas de refuerzo y la discontinuidad al fundir la losa con la escalera, formándose un plano de falla. También el daño se debe por la falta de adherencia del hormigón con las varillas de refuerzo dadas por el óxido, por falta de recubrimientos o por uso de materiales indebidos, con condiciones salinas.



Figura 132 Rotura bloque de escalera parte inferior – Edificio Jalil

Fuente: Autor

Debido a que son elementos diagonales, proporcionan a la estructura gran rigidez, por lo que las cargas sísmicas actuarán en mayor proporción en estos elementos. Deben ser muy bien contruidos para soportar las sollicitaciones de los sismos, al igual que muros estructurales.



Figura 133 Rotura bloque de escalera parte inferior – Edificio Jalil

Fuente: Autor

4.2 Causas de fallas Edificio Municipal del Cantón Sucre (por Reparar)

De acuerdo a la información recaudada, el Edificio Municipal no tuvo mayores inconvenientes ante el sismo del 4 de agosto de 1998 de una magnitud de 7.1, el único daño percibido en ese entonces fue en la tabiquería de la fachada de planta baja. Por lo que el grado de daño establecido fue cero, sin necesidad a una inspección del edificio.



Figura 134 Fallas del Edificio Municipal

Fuente: Autor

Es evidente que el sismo del 16 de abril fue más potente que el anterior, y a menor profundidad. Por lo que la edificación de acuerdo a las evaluaciones pertinentes se consideró de manera global “Daños Moderados”, pero con la posibilidad de ser reparado. Se puede encontrar un presupuesto estimado por reparaciones y reforzamientos de la edificación en los Anexos. Principalmente las fallas más críticas son encadenadas por el comportamiento de las construcciones que rodean el Edificio Municipal.

Mampostería:

Causas de fallas

Las principales fallas en la mampostería, se las encuentra en la parte lateral derecha de la edificación en donde hubo colapso total de las paredes de mampostería, esto fue producto del golpeteo ocasionado por el coliseo que se encontraba junto al Edificio Municipal. En las imágenes se logra ver que existían accesos desde el Edificio Municipal al Coliseo conectados por medio de losas de hormigón, por lo que sumado a las irregularidades en planta pudo generarse torsiones, amplificándose en esa cara del edificio. Las fallas en la mampostería son alrededor del 70 al 80% de las paredes de toda la edificación.



Figura 135 Fallas en Mampostería fachada lateral derecha – Edificio Municipal

Fuente: Autor

Estos elementos son muy frágiles, peor si no existe un buen confinamiento de las paredes, parte de la explicación del proceso de falla se lo encuentra, en las causas de fallas en mampostería del Edificio Jalil.



Figura 136 Falta de Confinamiento en Mamposterías – Edificio Municipal

Fuente: Autor

No se encontraron elementos de amarre (pilaretes y viguetas), los bloques no cumplen con la capacidad normada, y existen excesos de recubrimiento. Falta de columnas de confinamiento en las intersecciones de paredes.



Figura 137 Fallas en zonas de Ascensores – Edificio Municipal

Fuente: Autor

Fallas pequeñas fáciles de reparar, concentración de esfuerzos en zona de elevadores, debido a que son zonas rígidas. Ver explicación de Escaleras en Edificio Jalil referente a elementos Rígidos.

Los daños que se encuentran en la figura izquierda en el Edificio Municipal, son por la mal instalación de las tuberías eléctricas y sanitarias. Ver referencia de las causas de fallas sobre instalaciones en Edificio Jalil.



Figura 138 Fallas por mala Instalación de Tuberías – Edificio Municipal

Fuente: Autor

Típica falla por corte (figura derecha), zona ubicada al ingreso del Edificio Municipal. Estas fallas son muy superficiales, sin desprendimientos de enlucidos, fáciles de reparar. Seguir recomendaciones posteriores para aislar las paredes de los pórticos principales.



Figura 139 Fallas en Mampostería Planta Baja, por Piso blando – Edificio Municipal

Fuente: Autor

Daño con mayor severidad, ubicado en la planta baja del edificio, existe concentración de esfuerzos, debido a que posee piso blando (falta de masa), amplificando las fallas en las pocas paredes que se encuentran en Planta Baja.

Elementos Verticales (Columnas)

Causas de fallas

No hubo mayor inconveniente en las columnas desde la planta baja hasta el segundo piso alto, excepto en el tercer piso, donde hubo daño total en una columna ubicada en el lindero del edificio en análisis junto al coliseo. Generando despostillamiento total del hormigón tanto del núcleo confinado, como del recubrimiento. Esto fue generado por el golpeteo del edificio al poseer la losa de conexión, generando una fuerza de corte en la losa del edificio Municipal, sumado a las fuerzas sísmicas laterales por el sismo aproximadamente 140 toneladas (piso 4 - según análisis estructural). Produciéndose de esta forma las rótulas plásticas al comienzo de la columna, ver figura.



Figura 140 Pequeñas fallas al comienzo de Columna – Planta Baja – Edificio Municipal.

Fuente: Autor



Figura 141 Despostillamiento Columna de Lindero derecho – Tercer Piso Alto – Edificio Municipal

Fuente: Autor

Elementos Horizontales (vigas y Losa):

Causas de fallas

Al igual que el Edificio Jalil, nombrado anteriormente, las vigas en el Edificio Municipal tienen poco recubrimiento, lo que indica un posible proceso de corrosión. Otro problema relacionado al recubrimiento es que las varillas perderán protección ante cualquier evento inesperado como es el caso de los incendios. Esto es debido a un mal proceso constructivo, y la falta de elementos de separación que aseguren el recubrimiento (Galletas de hormigón simple).



Figura 142 Desprendimiento de recubrimiento en Vigas – Edificio Municipal

Fuente: Autor

Los daños generados en la figura solo indican desprendimientos del hormigón que puede ser por la falta de adherencia en esa zona expuesta con la varilla de refuerzo, debido al proceso de oxidación. Hay que recordar que el recubrimiento, en temas de diseño, aporta capacidad a flexión y corte de los elementos.



Fuente: Autor

No se registraron grietas en las losas, pero si deflexiones. Ver causas de deflexiones de losas en Edificio Jalil.



Figura 143 Deflexión en losa del segundo piso – Edificio Municipal

Fuente: Autor

A nivel global, el edificio posee daños que son reparables, pero de acuerdo a la información recaudada, los pórticos de hormigón armado poseen excesos de derivas

por encima del 2% especificado por los códigos (NEC-SE-DS, NEC-SE-HA), lo que indica que la edificación es muy flexible y no cumple con los criterios de servicio. Se determinaron los desplazamientos ingresando las secciones, a un programa de elementos finitos llamado ETABS v15, obteniéndose los valores máximos en derivas y desplazamiento dando como resultado derivas en el orden del 5% (según el análisis estructural), considerando el modo de diseño en la actualidad (Espectros de Diseño, Métodos de Coeficientes) para la determinación de las fuerzas sísmicas que actúan en el edificio. El edificio Municipal será reparado, incluyendo un reforzamiento en sus elementos, para proveerles mayor capacidad y mayor rigidez.

4.3 Causas de fallas Estructura del Mercado Municipal (por Reparar)

Esta estructura fue totalmente remodelada hace aproximadamente tres años (2013), solo mejoras arquitectónicas sin reforzamiento, no hay información relacionada al sismo de 1998, pero según moradores se afectó la mayoría de elementos no estructurales. A raíz del sismo del 16 de abril del 2016 tuvo afectaciones en toda la mampostería de la Planta Baja, aproximadamente un 80 al 90%. Estos elementos según la información rescatada, son de bloques de arcilla confeccionados artesanalmente.



Figura 144 Fallas en Estructura Mercado Municipal

Fuente: Autor

Si se revisa las plantas de la estructura, se encontrará cierta irregularidad en planta, muchas escaleras internas, y agujeros en losas, los cuales son penalizados por las normas actuales. Hay que recalcar, que esta estructura, tiene muchos años de funcionamiento, con diseños antiguos.

Mampostería:

Causas de fallas

Principalmente, las fallas ocurren en esta estructura por los mismos casos que se hablaron en los análisis anteriores (Edificio Jalil y Edificio Municipal), falta de rigidez en la estructura, generando desplazamientos máximos, por encima a la capacidad de los elementos no estructurales. Posibles efectos torsionales, y elementos mal confinados, con procesos constructivos y materiales pobres, en calidad y resistencia. Se puede revisar más profundo los análisis en las causas de fallas de la mampostería en el Edificio Jalil.



Figura 145 Fallas en Mampostería Estructura del Mercado

Fuente: Autor

Solo se hace referencia a la Planta Baja de la estructura, por su mayor grado de afectaciones. En las plantas subsiguientes, no se encontraron daños considerados, solo simples rajaduras de espesor mínimos, los cuales fueron catalogados como daños leves. Esto es debido a que la losa de la planta alta absorbe mayor demanda sísmica reflejada como cargas laterales, que va relacionado a la masa del elemento. Es por ese motivo que los pórticos de planta baja estarán más expuestos a daños, principalmente en la mampostería.



Figura 146 Fallas de mampostería Fachada Principal – Mercado Municipal

Fuente: Autor

En la figura, se puede observar el exceso de mampostería si estar conectados a elementos de agarre (paredes falsas), lado esquinero del Mercado Municipal, por consiguiente, son los primeros en afectarse.



Fuente: Autor

En la figura, existen excesos de enlucidos en el orden de 5cm, aparte existen paredes por fuera de los elementos principales, sin ningún amarre a ellos. Puede que no haya

existido algún daño estructural, previamente, pero estos elementos son muy peligrosos, generando posibles muertes por caídas.

Elementos verticales (Columnas):

Causas de fallas

No hubo, daños críticos, solo desprendimiento del recubrimiento en la zona de contacto entre la columna y la losa, existió daños en los recubrimientos de las columnas, justo en la zona de graderías de frutas. Generándose una especie de trabe. Ver con mayor detalle posibles daños de columnas, en las causas de fallas de elementos verticales del Edificio Jalil.



Figura 147 Fallas en columnas – Mercado Municipal

Fuente: Autor

En una de las columnas en la zona de acceso posterior, justo al comienzo se observó desprendimientos del recubrimiento, encontrándose varillas oxidadas.

Elementos Horizontales (vigas y Losa):

Causas de fallas

No se encontraron daños visuales en los elementos horizontales, por lo que se asume que se encuentran en perfectas condiciones en planta baja, en una de las vigas de la planta alta se logró observar un leve despostillamiento del hormigón al inicio, quedando algo expuesto el acero, también el acero se encontraba óxido.

Escaleras:

Causas de fallas

Los tramos de escaleras con mayor afectación, fueron en la zona de descarga, generándose roturas de bloques, y desprendimiento del recubrimiento. Se puede tomar de referencia las causas que generaron estos daños en el Edificio Jalil.



Figura 148 Fallas en Escaleras – Mercado Municipal

Fuente: Autor

Debido a que existe oxidación en los diversos elementos principales, se recomienda realizar pruebas en los elementos, ya que existe indicios de que, al ser edificaciones con muchos años, es probable que se halla usado arena de mar para las mezclas de

hormigón. Las pruebas pueden ser esclerométricas, extracción de núcleo para observar la carbonatación y resistencia del hormigón, la prueba del scanner para verificar que las varillas se encuentren en perfecto estado sin roturas.

Entre las fallas que se encontraron, fueron roturas de las cerámicas del entrepiso en planta baja, observándose grandes grietas y ondulaciones, por lo que se hace imprescindible, realizar pruebas de geotecnia y mecánica de suelos con el fin de verificar las condiciones existentes en el suelo de cimentación de la estructura.

4.4 Soluciones a las fallas de los Edificios Investigados

Entre las soluciones a las fallas producidas por el evento sísmico del 16 de abril del 2016 se tienen las siguientes recomendaciones generales:

Mamposterías:

Para evitar las fallas por tensión diagonal o corte en las paredes de mampostería, se debe cumplir lo especificado en el código de peligro sísmico NEC-SE-DS, este indica el uso adecuado de conformaciones de plantas y elevaciones **tabla 1 y 2**, de tal forma que sean equilibradas, para de esta forma disminuir el riesgo de posibles rotaciones generando torsiones más grandes que las accidentales. Este posible efecto se debe al cambio de rigideces con respecto al centro de masa, generando un momento, el cual es transmitido a las columnas y por ende a los elementos amarrados a ellas.

Otra solución para evitar las fallas por cortante en los elementos no estructurales, es rigidizar la estructura (fase de diseño), proporcionando suficientes secciones (columnas y vigas) como también muros de corte, que sirvan para disminuir las derivas de los pisos al punto de sean menores al 1%, límite establecido por el código para evitar el daño de la mampostería. Si bien es cierto esta solución es más costosa, debido a que tiende a aumentarse la cantidad de material por m³.

La solución más económica sería disminuir el peso (paredes y tipo de losa), al punto que las sollicitaciones sísmicas no afecten al comportamiento del edificio, ya que se cumple el principio de Fuerza sísmica = masa * aceleración, si se tiene menos masa la fuerza tendera a cero. Pero como en nuestro medio se construye de forma tradicional usando las paredes de mampostería, se debe cumplir lo siguiente:

- Las paredes deben tener suficientes sujeciones (pilaretes y viguetas).
- Las paredes interiores deben contar con columnas de confinamiento, de acuerdo a lo especificado en las normas, estas indican que las columnas deben ir cada 4 metro, alrededor de puertas, ventanas, en los extremos e intersecciones de las paredes. **Ver figura 64.**
- Los dinteles se deben colocar por encima y debajo de las ventanas, por encima de las puertas, entre las columnas de confinamiento. **Ver figura 63.**
- Para armar las columnas de confinamiento, es necesario implementar chicotes que ingresan hacia el bloque 50 cm cada 60 cm a lo largo de la altura de la columna de confinamiento, el bloque debe quedar alternado de tal forma que al fundir se genere una perfecta adherencia entre el hormigón y las paredes de mampostería. **Ver capítulo 2 - elementos de amarre.**
- Se deben usar buenos materiales, piedra, arena, cemento, agua, bloques con una resistencia igual o mayor a lo especificado en la norma (35 kg/cm²), sumado a que, si se tiene un buen enlucido en ambas caras, la capacidad por área de la pared aumenta aproximadamente a 60 kg/cm², el enlucido en las paredes debe ser como máximo 1.5 a 2 cm, si no se respeta estos espesores, el enlucido estará al límite ya que se incrementará la carga del enlucido por área, volviéndolo un elemento muy susceptible ante sismos. Si ya se pasa ciertos espesores es preferible poner una malla electro soldada.
- Se debe evitar construir elementos que ante los sismos se dañen fácilmente, como excesos de mamposterías alrededor de los pórticos principales, adornos arquitectónicos, adornos en cielos rasos entre otros. Ya que estos elementos pueden ser perjudiciales para las personas que transitan dentro de la edificación, generando muerte o heridos. Como el caso del mall Village Plaza (La Puntilla), donde falleció una mujer por la caída de objetos arquitectónicos.
- Todas las instalaciones eléctricas y sanitarias, deben ser fundidas con el mismo procedimiento que las columnas de confinamiento, a fin de evitar posibles planos de falla al momento de que se presenten sismos de gran magnitud. **Ver figura 62.**
- Debido a que se desconoce el comportamiento real que tendrá la estructura ante un evento sísmico, es posible que difieran un poco los cálculos, por lo que pueden afectarse de igual manera las paredes de mampostería confinada, por

lo que es necesario implementar nuevos sistemas constructivos, como bandas o poliuretano expandido entre las uniones de las paredes con los pórticos de hormigón armado, se pueden dejar separaciones entre 1 a 2 cm. El poliuretano es un material con una gran capacidad de absorber deformaciones, y poseen resistencias muy altas antes de fallar.

Columnas:

Se debe construir de mejor forma las columnas, debido a que las fallas visualizadas en los tres edificios se encuentran al comienzo y al final, están son las zonas más críticas de las columnas por la generación de rotulas plásticas dada por las solicitaciones de cargas laterales sísmica. Según los diseños actuales, estos elementos deben ser los últimos en colapsar ante un evento totalmente catastrófico, por lo que existen criterios denominados columnas fuerte – viga débil, los cuales aseguran que las columnas serán un 20% más resistente que los elementos horizontales (vigas y losas) que se intersectan con el elemento o nudo. Es por eso que es de vital importancia diseñar y construir estos elementos de la mejor forma posible.

Generalmente esto no ocurre, a continuación, se darán ciertas recomendaciones para evitar las fallas encontradas en los edificios evaluados:

- Es de vital importancia revisar los planos estructurales, guiándose con los criterios mínimos establecidos por las normas, obviamente resulta difícil para alguien ajeno a los diseños poder revisar cálculos o armados referentes a las edificaciones, pero si pueden revisar referencias mínimas como las distancias del refuerzo transversal para el cortante a una distancia $h/3$ referida a la altura total de la columna, o los estribos mínimos establecidos por norma, entre otras. Revisar con mayor detalle **Capítulo 2 – Columnas.**
- En obra se debe procurar construir con mezclas de buena calidad, uno de los problemas típicos, es que las columnas las funden con concretera, y la losa con hormigón premezclado usando mixels (mejor control de calidad en planta). Por lo que los hormigones serán de mayor resistencia en las losas, entonces de forma directa no se está cumpliendo con el criterio de que las columnas deben ser más fuertes que los elementos horizontales, intersectados en la misma. Se debe procurar tener un mismo hormigón para todos los elementos estructurales.

- Parte de las fallas generadas en las columnas a una distancia $1.2d$ o d ($d =$ peralte), es debido a la mal fundición en esas zonas. En nuestro medio por ahorro no se utilizan mangueras de vertido, por lo que lanzan el hormigón a una altura mayor que 1.5 m, generando una disgregación del material. Produciendo posibles oquedades u hormigones muy porosos, que con el tiempo pueden ser atacados por sales, afectando a las varillas de refuerzo. La otra zona que no se funde correctamente es al final de la columna, vertiendo hormigón pobre para completar las fundiciones. Es claro, que estos puntos son los que mejor fundidos deben estar, para que puedan absorber correctamente junto al acero de refuerzo las solicitaciones sísmicas.
- Otra de las fallas en estos elementos, es debido al poco recubrimiento generando filtraciones y oxidación de las varillas de refuerzo. Se debe respetar los recubrimientos mínimos normados, por medio de elementos de separación puestos durante el proceso constructivo. En caso de columnas, hay que revisar las separaciones laterales a lo largo del elemento.
- Una de las columnas particularmente del Edificio Jalil, tuvo daño severo por el golpeteo generado por el coliseo. Se debe evitar unir edificios por alguna conexión, debido a que se van a generar torsiones, e incremento de demanda en los elementos principales, se debe revisar las separaciones mínimas de los edificios de acuerdo al NEC-SE-DS (Peligro sísmico), o las posibles juntas constructivas si las edificaciones son mayores a 30 m por lado.
- Es sumamente importante la colocación de los estribos, de acuerdo a lo especificado en norma, estos refuerzos transversales son los que evitarán que falle drásticamente el elemento, se pandeen las varillas longitudinales, generándose una falla abrupta por cortante.
- En caso de existir columnas cortas, elemento interrumpido por paredes, al ser elementos muy susceptibles el código indica que se debe colocar confinamiento especial en toda la altura libre de la columna, no deben ser los espaciamientos mayores a 100 mm, menor que $4db$ ($db =$ diámetro de la barra), o lo que indique el cálculo, pero como constructor se pueden guiar con los valores establecidos por norma, con el fin de fiscalizar el correcto proceso constructivo.

Vigas y Losas:

Entre los edificios analizados se encontró, fallas en las esquinas de los elementos (vigas) cumpliéndose los mismos criterios especificados en las recomendaciones de columnas (rotulas plásticas), por lo que se deben de seguir los mismos parámetros, para tener un elemento adecuado y resistente.

Los elementos de separación que se utilizan generalmente en vigas para cumplir los recubrimientos son los siguientes:

Se pueden usar bloques de hormigón, soportes metálicos o de plástico, barras espaciadoras, alambres y otros accesorios que eviten el desplazamiento del refuerzo durante la construcción. Es totalmente prohibido usar bloques, piedras o parte de las mezclas de concreto ya endurecidas, tablas o cualquier otro material no especificado en norma. Ver figura

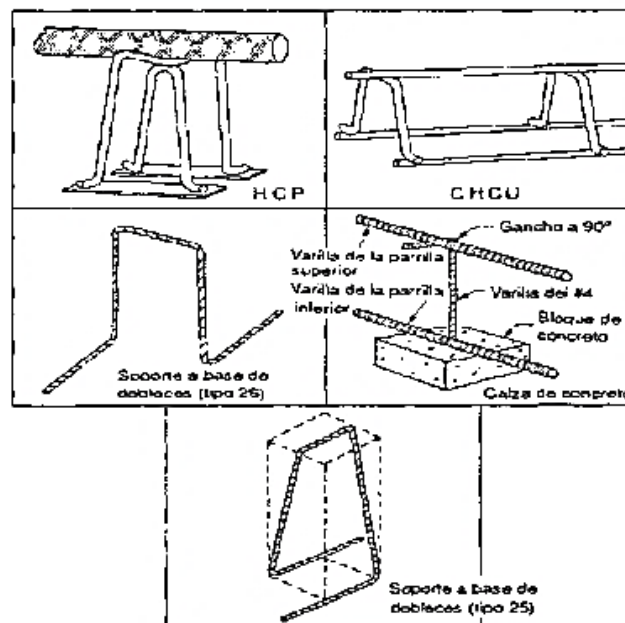


Figura 149 Soportes para acero de refuerzo

Fuente: NEC-SE-HA (Hormigón Armado)

Se debe verificar en el proceso constructivo la colocación de estos soportes, de igual forma cerciorarse que exista la cantidad adecuada, se pueden poner estos soportes cada 1.5 a 1.8 m. El constructor debe dar charlas sobre la importancia de estos elementos a los maestros de obra.

En las losas no hubo mayor daño en los tres edificios investigados, solo deflexiones producto del movimiento generado por los pórticos, es preferible construir con vigas peraltadas o colgadas, debido a su mejor comportamiento aportando rigidez en los elementos, disminuyendo los desplazamientos de la edificación, el cual ha sido el principal causante de la mayoría de daños, la falta de rigidez. Fuera del hecho que al estar construida con vigas chatas o bandas, estas necesitarán mayor refuerzo por lo que se encarecerá la obra.

Escaleras:

Las fallas en escaleras que más resaltan son las del Edificio Jalil, y la escalera del Mercado Municipal. Para evitar este tipo de problemas se deben de seguir las siguientes soluciones:

- En las escaleras del Edificio Jalil y el Mercado Municipal, faltó el recubrimiento por lo que se generó oxidación de las varillas perdiendo capacidad de agarre, es por eso que se deben usar los elementos de separación indicados en las soluciones de fallas en vigas. Se pudo observar planos de fallas debido a que no se controló el proceso de fundición de estos elementos, en los que se deben de tratar de fundir de manera monolítica, y peor en las zonas críticas de las escaleras, solo se puede descontinuar las fundiciones en las zonas con menor demanda. Ver detalles de procesos constructivo de escalera, capítulo 2 y ciertos detalles.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

Tomando de referencia la información recaudada en Bahía de Caráquez aproximadamente el 80% de las edificaciones han sido afectadas y cerca del 25 % de ese global fueron catalogadas “por demoler”, siendo afectados desde la parte estructural hasta los elementos no estructurales (Mamposterías, Tabiquerías, arreglos arquitectónicos, enlucidos, instalaciones eléctricas y sanitarias).

De las tres edificaciones investigadas, se llega a las siguientes conclusiones:

- Las tres edificaciones al tener muchos años de haber sido construidos, es probable que no se hayan usado teorías de diseño sismo resistentes actuales, en donde se tienen métodos para medir la aceleración del sismo de manera más aproximada viéndose reflejado en los diseños respectivos. Uno de los problemas más inquietantes es la falta de rigidez de todas las edificaciones analizadas y los efectos torsionales por las irregularidades en planta, generando grandes destrozos principalmente a los elementos no estructurales como es la Mampostería. Cabe indicar que, aunque se tengan métodos más exactos de cálculo, en la vida practica es difícil saber cómo se va a comportar las edificaciones, por lo que se deben tener márgenes de seguridad como el buen proceso constructivo.
- Debido a que uno de los edificios será demolido (Edificio Jalil) por presentar baja resistencia de sus elementos, y la inclinación más allá del 1%, será difícil entrar en un proceso de reparación, por lo que las recomendaciones serán para los otros dos Edificios Municipales (Parlamento Municipal y Mercado).
- Otras de las fallas preocupante es que todos tienen índices de aceros en proceso de oxidación, y falta de recubrimientos en los elementos estructurales, lo que indica que no se tuvo un correcto proceso constructivo en el momento de fundir estos elementos. Como son ambientes salinos, el código especifica casos particulares de espesores en los recubrimientos. Queda la duda de que probablemente se usó arena de mar, acelerando el proceso de descamación del acero

- En cuanto a los daños registrados en cada edificio se pueden concluir lo siguiente:

- **Edificio Jalil**

En la parte no estructural se evidencia daño total en todos los pisos excepto en la terraza, aproximadamente el 85 % de las paredes. Con respecto a los elementos estructurales, a nivel de la resistencia todos están por debajo de $f'c$ mínimo especificado por códigos = 210kg/cm².

- **Edificio de la Muy Ilustre Municipalidad del Cantón Sucre**

PLANTA BAJA					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO		MODERADO	FUERTE	SEVERO
	NINGUNO	LEVE			
COLUMNAS			X		
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

PLANTA ALTA 1					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO		MODERADO	FUERTE	SEVERO
	NINGUNO	LEVE			
COLUMNAS			X		
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

PLANTA ALTA 2					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO		MODERADO	FUERTE	SEVERO
	NINGUNO	LEVE			
COLUMNAS			X		
VIGAS		X			
NUDOS			X		
ENTREPISOS	X				

PLANTA ALTA 3					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO		MODERADO	FUERTE	SEVERO
	NINGUNO	LEVE			
COLUMNAS				X	
VIGAS			X		
NUDOS			X		
ENTREPISOS		X			

PLANTA ALTA 4					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO		MODERADO	FUERTE	SEVERO
	NINGUNO	LEVE			
COLUMNAS	X				
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

De acuerdo a la evaluación visual, los elementos estructurales fueron afectados en mayor escala en el tercer piso, dando como resultados daños fuertes, por lo que este edificio será remodelado y reforzado en la parte estructural, en cuanto a los elementos no estructurales la afectación fue muy grande a nivel de planta baja y fachada lateral derecha con lindero al antiguo coliseo. Este edificio fue categorizado como grado 2 – NIVEL DE DAÑO MODERADO.

- **Estructura del Mercado Municipal**

PLANTA BAJA					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO		MODERADO	FUERTE	SEVERO
	NINGUNO	LEVE			
COLUMNAS			X		
VIGAS		X			
NUDOS			X		
ENTREPISOS		X			

PLANTA ALTA 1					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS		X			
VIGAS		X			
NUDOS		X			
ENTREPISOS		X			

PLANTA ALTA 2					
ELEMENTO	NIVEL DE DAÑO				
	NINGUNO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO
COLUMNAS	X				
VIGAS	X				
NUDOS	X				
ENTREPISOS	X				

Se puede evidenciar que los daños estructurales, de manera visual en el Mercado Municipal son leves lo que indica que los pisos pueden ser habitables, pero no sucedió lo mismo en la parte no estructural, afectándose todas las paredes en planta baja. Esta estructura fue categorizada como grado 1 – NIVEL DE DAÑO MODERADO

- Con respecto a los ensayos realizados solo se puede tener información sobre el Edificio Jalil, donde se obtuvo pruebas de extracción de núcleo, ensayo SPT, y otras pruebas para medir el periodo del suelo. Ver capítulo 3. Dándonos valores de baja capacidad, y suelos con periodos largos.
- Para evitar posibles desplazamientos es necesario rigidizar y reforzar los elementos estructurales, generar nuevas formas de construcción de la mampostería confinada, con elementos de mayor calidad, y respetando los criterios constructivos, preferiblemente separar por juntas los elementos estructurales de los no estructurales, para que se comporten de mejor manera, y de esta forma puedan disipar las fuerzas sísmicas, sin tener daños severos.
- Como recomendación, es necesario la evaluación de todos los elementos con el fin de reforzarlos, se deben utilizar productos como inhibidores de la

corrosión, buenos materiales como la arena sin sales, piedras sin ningún ente contaminante, y agua sin sabor, olor, ni color, para las futuras construcciones.

- Es recomendable tener personal calificado que cumpla correctamente todo proceso constructivo, conociendo técnicas, normas, y diversos sistemas de construcción de tal forma que hagan un excelente trabajo. Se pueden generar charlas, ofreciéndoles toda la información posible.
- Ante cualquier fundición proveer de las dosificaciones adecuadas, de tal forma que se cumplan con las resistencias del diseño, siempre y cuando se usen mezclas mecánicas (concretera). De ser posible, se debería fundir todo elemento con hormigón premezclado en mixels, debido a su exhaustivo control de calidad, asegurando una edificación estable en el tiempo.
- Toda la información obtenida en este trabajo de titulación, ha servido para tomar conciencia del peligro sísmico y de las consecuencias de no hacer un correcto control, desde los diseños, proceso constructivo y mantenimiento de las edificaciones. De tal forma que sirva como aprendizaje para fomentar las buenas construcciones en el futuro y recordar que “LAS CONSTRUCCIONES NO SE COMPORTAN COMO SE DISEÑAN, SINO COMO SE CONSTRUYEN”.
- De cierta forma al construir de manera eficiente, se tapan errores de diseño mínimos, lo que da un plus a la seguridad y servicio de la misma.
- Hay que recordar que al haber equivocaciones, muchas personas pueden morir ante estos eventos de la naturaleza, por lo que debemos salvaguardar sus vidas cumpliendo los roles de un buen profesional en el campo de la INGENIERIA CIVIL.

Bibliografía

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2001). *Manual de construcción, Evaluación, y Rehabilitación sismo resistentes de Viviendas de Mampostería*. Obtenido de LA RED: http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrv/mamposteria_lared.pdf
- Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos. (2009). *Patologías en las Edificaciones*. Obtenido de Chacao: http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf
- Cicloides. (29 de 03 de 2013). *Sistema de Pórticos Resistente a Momento*. Obtenido de Criterios Estructurales: <https://es.scribd.com/document/133707955/sistema-estructural-porticos-resistente-a-momentos>
- McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado*. México: Alfaomega.
- Municipio del Canton Sucre. (2016). *Evaluaciones de Edificios a Raíz del Evento Sísmico del 16 de abril del 2016*. Bahía de Caráquez-Manabí.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Geotécnia y Cimentaciones*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Peligro Sísmico diseño sismo resistente*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (10 de 2016). *Guía 6 Estudios Geotecnicos y trabajos de Cimentación*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-6-GEOTECNICA.pdf>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (10 de 2016). *Guía 7 Practica de la Construcción para no Profesionales*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-7-trabajadores-no-profesionales1.pdf>

ANEXOS

Pruebas de extracción de núcleos Edificio Jalil



001 N° 0039071

TOPOGRAFIA, CALCULOS ESTRUCTURALES
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS,
ENSAYOS DE SUELOS Y CONCRETOS,
EXTRACCIONES DE NUCLEOS, TOMA DE
MUESTRAS, ENSAYOS ESCLEROMETRICOS
ADITIVOS PARA EL HORMIGON
AJUSTADO DE PISOS, IMPERMEABILIZACIONES

LABORATORIO DE CONCRETOS

SOLICITADO POR: ING. TELMO ANDRES SANCHEZ
OBRA: EDIFICIO JALIL
LABORATORISTA: T.LGO. WILDMIR AYERVE
REVISADO POR: ING. MARCELO GALLARDO
FECHA: 16 de octubre de 2016
LOCALIZACION: BAHIA DE CARAQUEZ
FISCALIZADOR:
HORMIGONERA: NO SE SABE
ORDEN DE TRABAJO: O.T. 10-009980-01



Exposición de la Hoja de Registro de Comprobación de Corazonamiento

El presente registro muestra que el resultado de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos y concretos, en el día 16 de octubre de 2016, en el edificio Jalil, en la Bahía de Caraquez, Ecuador, para la extracción de núcleos de concreto, en el piso 1, 2, 3, 4, 5 y 6, de acuerdo a la orden de trabajo O.T. 10-009980-01, es el siguiente:

ENSAYOS DE CORAZONES A LA COMPRESION
NORMA ASTM C-42

N°	DESCRIPCION ESTRUCTURA	F (cm)	H (cm)	AREA (cm²)	VOLUMEN (cm³)	MASA (kg)	F. UNIF. (kg/cm²)	Fecha				Carga (kg)	Despl. (mm)	MPa	FCOM.
								Realización	Extracción	Intala	Prub				
001	COLUMNA PLANTA BAJA	4,5	9,5	13,90	151	333,0	2,20	13-oct-16	16-oct-16		1977	124	39	39	
002	VIGA PLANTA BAJA	4,5	9,0	15,90	143	305,0	2,10	13-oct-16	16-oct-16		2320	83	40	40	
003	COLUMNA PISO 1	4,5	9,1	15,90	145	317,0	2,19	13-oct-16	16-oct-16		1957	123	39	39	
004	VIGA BANDA PISO 2	4,5	8,2	15,90	130	270,0	2,09	13-oct-16	16-oct-16		1456	48	42	42	
005	BIADA PISO 3	4,5	9,0	15,90	143	310,0	2,07	13-oct-16	16-oct-16		2263	144	44	46	
006	COLUMNA PISO 3	4,5	9,0	15,90	140	298,0	2,06	13-oct-16	16-oct-16		1320	83	40	40	
007	VIGA BANDA PISO 3	4,5	9,0	15,90	140	327,0	2,20	13-oct-16	16-oct-16		1661	104	50	50	
008	COLUMNA PISO 4	4,5	8,1	15,90	129	285,0	2,19	13-oct-16	16-oct-16		1394	48	42	42	
009	COLUMNA POSTERIOR PISO 4	4,5	9,0	15,90	143	324,0	2,20	13-oct-16	16-oct-16		520	35	14	14	

OBSERVACIONES: MUESTRAS EXTRAIDAS EN PRESENCIA DEL QUENTE

(Signature)
ING. MARCELO GALLARDO S.
17-17-5444

PRINCIPAL: Quito
Isla Gouvenou N4282 y Tumbas de Borlanga Telf: 0042-160

SUCURSAL 1: Neumobios
Av: 9 de Octubre 113 entre Av: Colombia

LABORATORIO DE CONCRETOS

SOLICITADO POR: ING. TELMO ANDRES SANCHEZ
 OBRA: EDIFICIO JALU
 LABORATORISTA: TIGO, WLADIAMR AYERVE
 REVISADO POR: ING. MARCELO GALLARDO
 FECHA: 14 de octubre de 2014
 LOCALIZACION: BAHIA DE CARAQUEZ
 FISCALIZADOR:
 HORMIGONERA: NO SE SABE
 ORDEN DE TRABAJO: O.T. 1D-00998D-01



Evaluación de la Resistencia a Compresión de Concretos

Se realizó el ensayo de resistencia a compresión de concretos en el laboratorio de pruebas de materiales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador, el día 13 de octubre de 2014, en presencia del Sr. Telmo Andrés Sánchez, Ingeniero Civil, quien es el responsable de la obra.

**ENSAYOS DE CORAZONES A LA COMPRESION
 NORMA ASTM C-42**

N°	DESCRIPCION MUESTRA	f	b	AREA	VOLUMEN	PESO	F. UNO	Fecha				Valor			
								ADQUISICION	EXTRACCION	NOTA	EDAD	CARGA	RES.	MPa	MPa
001	COLUMNA PLANTA BAJA	4.0	9.0	15.90	151	323.0	2.20		13-oct-14	16-oct-14		1977	124	59	59
002	VIGA PLANTA BAJA	4.5	9.0	15.90	143	305.0	2.13		13-oct-14	16-oct-14		1325	85	48	48
003	COLUMNA PISO 1	4.5	9.1	15.90	145	317.0	2.20		13-oct-14	16-oct-14		1967	128	59	59
004	VIGA BANDA PISO 2	4.5	8.1	13.90	130	270.0	2.07		13-oct-14	16-oct-14		1406	88	42	42
005	GRADA PISO 2	4.5	9.0	15.90	143	310.0	2.17		13-oct-14	16-oct-14		2083	144	66	66
006	COLUMNA PISO 3	4.5	9.0	15.90	143	298.0	2.03		13-oct-14	16-oct-14		1775	92	48	48
007	VIGA BANDA PISO 3	4.5	9.0	15.90	143	327.0	2.28		13-oct-14	16-oct-14		1651	104	50	50
008	COLUMNA PISO 4	4.5	9.1	15.90	129	287.0	2.00		13-oct-14	16-oct-14		1394	86	42	42
009	COLUMNA POSTERIOR PISO 4	4.0	9.0	15.90	143	324.0	2.20		13-oct-14	16-oct-14		533	33	14	14

OBSERVACIONES: MUESTRAS EXTRAIDAS EN PRESENCIA DEL CUENTE.

(Handwritten signature)
 ING. MARCELO GALLARDO S.
 LP: 17-5644

Tabla de derivas elásticas Edificio Municipal

Analysis Results

21/06/2016

Load Case/Com bo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m	X m	Y m	Z m
DCon17	0	-416.2838	846.5725	11178.7368	8249.3752	-4041.8155	0	0	0
DCon18	0	416.2838	846.5725	2074.2122	-8249.3752	4041.8155	0	0	0
DCon19 Max	169.032	111.171	1491.4527	12839.842	-12560.0974	1531.5104	0	0	0
DCon19 Min	-169.032	-111.171	1491.4527	10383.6438	-16427.8068	-1531.5104	0	0	0
DCon20 Max	356.5996	500.2807	1491.4527	17274.4962	-10435.3665	7838.0332	0	0	0
DCon20 Min	-356.5996	-500.2807	1491.4527	5928.7866	-18542.5357	-7838.0332	0	0	0
DCon21 Max	169.032	111.171	846.5725	7864.4736	8310.5205	1531.5104	0	0	0
DCon21 Min	-169.032	-111.171	846.5725	5386.4754	-10161.2269	-1531.5104	0	0	0
DCon22 Max	356.5996	500.2807	846.5725	12295.3208	-4195.7918	7838.0332	0	0	0
DCon22 Min	-356.5996	-500.2807	846.5725	953.8162	-12302.9588	-7638.0332	0	0	0

5.2 Story Results

Table 5.2 - Story Drifts

Story	Load Case/Com bo	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
LOSA-ASCENSOR	Dead	X	0.000131	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Dead	Y	6.3E-05	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Live	X	7E-06	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Live	Y	6E-06	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	CV2	X	7E-06	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	CV2	Y	6E-06	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	CV3	X	7E-06	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	CV3	Y	6E-06	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	CMP	X	1.4E-05	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	CMP	Y	1.2E-05	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	SX1	X	0.005403	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	SX2	X	0.005403	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	SY1	Y	0.00204	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	SY2	Y	0.00204	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	ESPECTX Max	X	0.002896	49	16.5	13.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	ESPECTX Max	Y	0.000395	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	ESPECTY Max	X	0.005216	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	ESPECTY Max	Y	0.003115	47	16.5	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb1	X	0.00526	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb2	X	0.005547	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb3	Y	0.001948	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb4	Y	0.002131	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb5 Max	X	0.002513	49	16.5	13.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb5 Max	Y	0.000303	23	14.7	16.6	17.87
LOSA-ASCENSOR	Comb5 Min	X	0.002797	49	16.5	13.6	17.87

Presupuestos Referenciales por Reforzamiento y Reparaciones Edificio Municipal

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRAS

Oferente:

Obra: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL Y REPARACIONES DEL EDIFICIO DEL PALACIO MUNICIPAL DEL CANTON SUCRE

Ubicación: CANTON SUCRE

HOJA 1 DE 1

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL PALACIO MUNICIPAL DEL CANTON SUCRE	U	1.00	174,483.61300	174,483.61300
2	RECONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DEL EDIFICIO DEL PALACIO MUNICIPAL DEL CANTON SUCRE	U	1.00	225,152.52180	225,152.52180
				TOTAL...	399,636.13480

NOTA: ESTO PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

Son: USD399636.1348 (TRESCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS TREINTA Y SEIS DÓLAR(ES) CON 13480/10000 CTVS.) SIN IVA

OFERENTE: _____

Bahía de Caráquez lunes, 20 de junio de 2016

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRAS

Oferente:

Obra: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL PALACIO MUNICIPAL DEL CANTON SUCRE

Ubicación: CANTON SUCRE

HOJA 1 DE 1

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
01	MUROS DE HORMIGON ARMADO -ASCENSOR-				0.00000
01.001	ROTURA DE CONTRAPISO	M3	145.50	65.53000	9,534.61500
01.002	EXCAVACION DE CIMIENTOS Y PLINTOS	M3	225.60	5.90000	1,331.04000
01.003	HORMIGON SIMPLE EN ZAPATAS, f'c= 240 kg/cm2	M3	18.00	254.52000	4,581.36000
01.004	HORM. ESTRU./CEM PORT.CL-B F'C=280KG/CM2 INC. INHIB. CORROSION - (MURO DE CORTE)	M3	52.80	260.35000	13,746.48000
01.005	ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm2	KG	12,819.20	2.13000	27,304.89600
01.006	RELLENO COMPACTAD CON MATERIAL TIPO LASTRE	M3	60.00	17.35000	1,041.00000
01.007	CONTRAPISO DE HORMIGON f'c=210 kg/cm2, E=10 cm	M2	150.00	18.77000	2,815.50000
01.008	RESINA EPOXICA PARA SELLAMIENTO Y ANCLAJES	KG	45.60	35.86000	1,635.21600
02	REFORZAMIENTO DE COLUMNAS				0.00000
02.001	PICADO DE SUPERFICIE	M2	135.00	15.15000	2,045.25000
02.002	ROTURA DE PAREDES DE LADRILLO	M2	600.50	17.92000	10,760.96000
02.003	ACERO ESTRUCTURAL -A-36 (PROVISION, FABRICACION Y MONTAJE)	KG	14,056.48	4.25000	59,740.04000
02.004	ENLUCIDO VERTICAL	M2	1,201.00	8.14000	9,776.14000
02.005	ENLUCIDO HORIZONTAL	M2	115.50	11.36000	1,312.08000
02.006	MAMPOSTERIA LADRILLO COMUN ECHADO (MORTERO 1:5)	M2	600.50	23.24000	13,955.62000
02.007	RESINA EPOXICA PARA SELLAMIENTO Y ANCLAJES	KG	415.60	35.86000	14,903.41600
03	COMPLEMENTARIOS				0.00000
				TOTAL...	174,483.61300

NOTA: ESTO PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

Son: USD174483.613 (ciento setenta y cuatro mil cuatrocientos ochenta y tres con 63/100 dólares)SIN IVA

OFERENTE: _____

Bahía de Caráquez lunes, 20 de junio de 2016

Presupuestos Referenciales por Reparaciones Mercado Municipal

Pag. 1 de 1

PRESUPUESTO DEL MERCADO CENTRAL

UBICACION: CALLE MORALES Y ASCAZUEBÍ SUCRE MANABÍ
 PROYECTO: ANÁLISIS DE LOS DAÑOS DEL SISMO DEL 16 DE ABRIL EN LAS EDIFICACIONES DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
 DECENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SUCRE, Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

FECHA: Jun-16

OFERENTE:
 ELABORADO: ARQ. FRANK MOLINA MOREIRA

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

No.	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
				SUBTOTAL	210,556.18
1.	PRELIMINARES				
1.1	Remoción de revestimiento, pisos de con desalaje	m2	988.00	6.80	6,718.40
1.2	Remoción de muros y escaleras de hormigón con desalaje	m3	8.00	85.00	680.00
1.3	Derrocamiento de paredes en baterías sanitarias modulos	m2	952.96	5.80	5,527.17
2	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO				
2.1	Excavación mecánica	m3	988.00	12.05	11,905.40
2.2	Excavación manual en materia sin clasificar	m3	30.00	8.16	244.80
2.5	Subrasante conformación y compactación con equipo liviano	m2	988.00	2.57	2,539.16
2.6	Suministro y colocación de Geotextil NT2000	m2	988.00	3.49	3,448.12
2.7	Relleno compactado con material de sub-base clase 2	m3	889.20	25.10	22,318.92
2.8	Hormigón estructural 280 kg/cm2 inc. INHIB. Corrosion muro de	m3	3.40	267.05	907.97
	corre (incluye encofrado)				
	Resina epoxica para sellamiento de anclajes	kg	85.00	35.86	3,048.10
2.10	Hormigón simple 210 kg/cm2 en escaleras (incluye encofrado)	m3	7.00	372.13	2,604.91
2.11	Acero estructural A-36 provision, fabricacion, montaje	kg	1,500.00	4.25	6,375.00
	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	1,870.00	2.13	3,957.10
3	CONTRAPISO				
3.1	Subrasante conformación y compactación con equipo liviano	m2	988.00	2.57	2,539.16
3.2	Malla electrosoldada R-196	m2	988.00	1.15	1,136.20
3.3	Losa e=10 cm con hormigón f=210 Kg/cm2 (incluye encofrado)	m2	988.00	37.04	36,595.52
3.4	Muros y bordillos de contención	m3		340.00	
4	OTROS				
4.1	DINTELES 10x20 CM (2010 + 100 C/20 cm)	M	280.00	14.77	4,135.60
4.2	COLUMNETAS Y DINTELES 15 X 20 CM	M	350.00	15.98	5,593.00
4.3	MESON DE HORMIGÓN ARMADO	M	71.52	30.33	2,169.20
5	MAMPOSTERA Y ENLUCIDOS				
5.1	MAMPOSTERIA DE BLOQUE 10 CM	m2	952.96	19.25	18,344.48
5.2	ENLUCIDO VERTICAL PALETADO	m2	1,905.92	7.76	14,789.94
6	PISOS				
6.1	PORCELANATO DE PISO ALTO TRAFICO	m2	1,020.00	29.43	30,018.60
6.3	CERAMICA DE PARED Y PISO	m2	124.00	29.78	3,692.72
6.4	CERAMICA DE PISO ALTO TRAFICO Y ANTIDESLIZANTE CLASE A 40X40	m2	18.42	29.50	543.39
6.5	PORCELANATO 60x60 PARA MESON	M	71.52	51.41	3,676.64
7	CARPINTERIA METALICA Y MADERA				
7.1	VENTANA CORREDIZA ALUMINIO Y VIDRIO 6mm	m2	28.00	82.18	2,301.04
7.2	REINSTALACION DE PASAMANOS METALICOS	M	42.00	24.00	1,008.00
8	RECUBRIMIENTOS				
8.1	PINTURA DE CAUCHO LATEX VINIL ACRILICO	m2	1,905.92	4.72	8,995.94
12	OBRAS VARIAS				
8.1	CUBIERTA DE POLICARBONATO DE 6 mm INCL. ESTRUCTURA METALICA	M2	130.00	39.55	5,141.50
				TOTAL:	210,556.18
				I.V.A. 12%	25,266.74
				TOTAL	235,822.93

SON : DOCIENTOS TREINTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS VEINTE Y DOS, 83/100 DÓLARES
 PLAZO TOTAL:

ARQ. FRANK MOLINA MOREIRA
 ELABORADO

PORTOVIJEJO, JUNIO DE 2016

RUC: 1309038687991

Recolección de fotos de Bahía de Caráquez a raíz del sismo del 16 de abril del 2016.



Viviendas al ingreso de Bahía de Caráquez



Puente las Caras conecta Bahía con San Vicente – Apoyos con Aisladores Sísmicos



Museo Arqueológico Bahía de Caráquez – Fachada Frontal



Museo Arqueológico Bahía de Caráquez – Fachada Posterior



Vivienda Mixta ubicada alado del Museo Arqueológico



Edificio el Nautilus



Edificio La Fragata





Edificio La Fragata



Construcción Mixta de Hormigón con estructura Metálica – alado Edificio La Fragata



Vista desde Edificio El Faro



Edificio El Faro



Edificio El Faro



Edificio El Faro



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vázquez Ponce, David Moisés**, con C.C: **092212405-2** autor del trabajo de titulación: **Investigación de los problemas suscitados en tres edificios relevantes de la ciudad de Bahía de Caráquez, a raíz del evento sísmico producido el 16 de abril del 2016. Causas y Soluciones para evitar este tipo de problemas en el proceso Constructivo** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de marzo del 2017**

f. _____

Nombre: **Vázquez Ponce, David Moisés**

C.C: **092212405-2**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Investigación de los problemas suscitados en tres edificios relevantes de la ciudad de Bahía de Caráquez, a raíz del evento sísmico producido el 16 de abril del 2016. Causas y Soluciones para evitar este tipo de problemas en el proceso Constructivo		
AUTOR	David Moisés, Vázquez Ponce		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Marco Vinicio Ildauro Suárez Rodríguez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de marzo del 2017	No. DE PÁGINAS:	197
ÁREAS TEMÁTICAS:	Construcción de Edificios, Tecnología de la Construcción, Ingeniería Estructural.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sismos, Fallas, construcciones sismo resistentes, proceso constructivo, elementos estructurales, elementos no estructurales.		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

El presente trabajo, está orientado a la determinación de problemas en tres edificaciones en Bahía de Caráquez a raíz del sismo ocurrido el 16 de abril del 2016. Determinando cuales fueron las causas de fallas en elementos estructurales y no estructurales. A fin de obtener soluciones ante este tipo de problemas para que a futuro no se repitan.

Debido a que nuestro país, está en constante riesgo sísmico, las construcciones en nuestro medio deben ser hechas o construidas de acuerdo a criterios sismo resistentes respetando las normas vigentes. Por lo que un buen diseño estructural no es suficiente para obtener dichos criterios. Sino también la buena práctica constructiva, esto incluye el buen uso de materiales y una correcta

fiscalización. Es por eso que como parte del trabajo se incluirá el correcto proceso constructivo. Evitando así posibles daños en eventos telúricos.

Los elementos que se detallarán en cuanto a su correcto proceso constructivo corresponden, desde la subestructura (cimentación) hasta la superestructura (columnas, vigas, losas, paredes y elementos de amarre).

También el fin de este trabajo, es que en base a la información procesado se puedan generar recomendaciones, en cuanto a la parte constructiva, configuraciones arquitectónicas, o diseños estructurales que sirvan para prevenir posibles daños a futuro.

Entre los edificios que se evaluarán, dos pertenecen al Municipio de Bahía de Caráquez, y el otro es de propiedad privada.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-989708995 - 042268054	E-mail: david.vazquez92@hotmail.com dmds2006@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos	
	Teléfono: +593-4-2202763	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		