

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA:

**FALLAS USUALES EN GUAYAQUIL EN ESTRUCTURAS DE
HORMIGÓN, CAUSAS Y SOLUCIONES**

AUTOR:

MARTÍNEZ HERRERA, MIGUEL ALEJANDRO

Trabajo de Titulación

Previo a la obtención del Grado Académico:

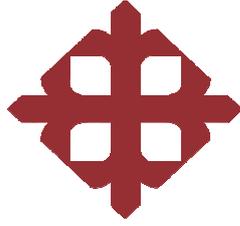
INGENIERO CIVIL

TUTOR:

SUAREZ RODRÍGUEZ, MARCO VINICIO

Guayaquil, Ecuador

2016



**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 **Martínez Herrera, Miguel Alejandro**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

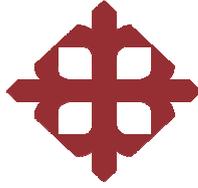
Ing. Suárez Rodríguez, Marco Vinicio

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany

Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Martínez Herrera, Miguel Alejandro**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Fallas usuales en Guayaquil en estructuras de hormigón, causas y soluciones**, 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.

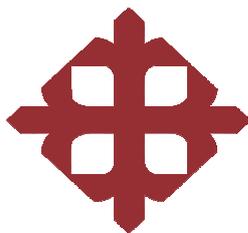
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

f. _____

Martínez Herrera, Miguel Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Martínez Herrera, Miguel Alejandro**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Fallas usuales en Guayaquil en estructuras de hormigón, causas y soluciones**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR:

f. _____

Martínez Herrera, Miguel Alejandro

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULACIÓN ALEJANDRO MARTINEZ.doc
(D21631507)
Submitted: 2016-09-06 16:58:00
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 9 %

Sources included in the report:

1419103223_781__NEC2011-CAP.1-CARGAS%252BY%252BMATERIALES-021412.pdf
(D12737759)
Tesis-Joaquin-Charvet.pdf (D21450665)
TRABAJO DE TITULACION NEC-SE 2016 AGOSTO.docx (D21434347)
<http://cecasayelen.blogspot.com/2009/03/losas-de-entrepisos.html>
<http://www.slideshare.net/josegrimanmorales/clase07-tema-31y-32>

Instances where selected sources appear:

23

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecirme con su sabiduría guiándome a estudiar esta carrera y por haber puesto en mi camino a buenos compañeros y a profesionales que no solo han sido profesores sino también grandes maestros.

A mis padres, Francisco y Nury, por su ayuda y apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, por sus valiosos consejos y ser un ejemplo de fidelidad y constancia. Gracias por formarme hasta llegar a ser el hombre que soy e inspirarme para llegar a ser cada día una mejor persona.

A mi hermana, Romina, por el cariño e interés mostrado desde su niñez y por su ayuda hasta en los momentos de apremio.

A mi amada esposa, Andrea Cristina, por ser parte fundamental de este logro siendo mi incansable compañera y amiga en el ámbito académico, laboral y personal. Por ayudar a superarme cada día e impulsarme a ser buen profesional. Por ponernos como meta no rendirnos jamás, y gracias a esto conseguimos compartir este logro como colegas.

A mi amado hijo, Ian Nicolás, la alegría más grande que he podido tener, por motivarme a ser un buen ejemplo para él como profesional y como padre.

A mi tutor, Marco Suarez, por su confianza y dedicación para discernir el camino de este trabajo y darle seguimiento hasta la consecución del mismo.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con mucho amor principalmente a Dios por las bendiciones que ha puesto en mi camino a lo largo de la carrera y a todas las personas que han aportado con su conocimiento, cariño o consideración de manera directa o indirecta para la culminación de esta etapa.

Mis padres, quienes hicieron hasta imposibles para apoyarme en este camino. Con mucho amor, este logro es de ustedes.

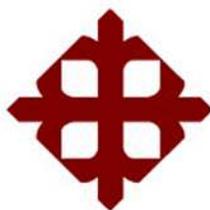
Mi hermana, quien comienza su camino universitario. Así como es parte de este logro, espero ser parte del suyo.

Mi esposa, quien me ha acompañado en este recorrido confiando en mí y haciéndome ver de lo que puedo ser capaz. De la mano supimos llegar a la meta, siempre juntos.

Mi hijo, quien junto a su madre son mi más grande fuente de motivación para llegar más y más lejos.

Teresa Arroba, mi segunda madre, quien al no estar presente conmigo, no dudo en acompañarme con sus oraciones y su pensamiento.

Mi tutor, Ing. Marco Suarez por darse el tiempo de dirigir este trabajo investigativo a pesar de sus muchas obligaciones y compromisos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

Ing. Suárez Rodríguez, Marco Vinicio
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Valarezo Pareja, Lilia
DECANA DE LA CARRERA

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany
OPONENTE

Ing. Varela Terreros, Nancy
DOCENTE DE LA CARRERA

CALIFICACIÓN

Ing. Suárez Rodríguez, Marco Vinicio
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Valarezo Pareja, Lilia
DECANA DE CARRERA

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany
OPONENTE

Ing. Varela Terreros, Nancy
DOCENTE DE LA CARRERA

ÍNDICE

1. Introducción	16
1.1 Antecedentes	16
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.3 Justificación del Estudio	16
1.4 Objetivo General.....	17
1.5 Objetivos específicos.....	17
1.6 Hipótesis.....	17
1.7 Alcance	17
1.8 Metodología.....	18
2. Marco teórico	19
2.1 Generalidades de materiales de construcción.	19
2.1.1 Tipo de materiales de construcción.....	19
2.2 Generalidades de estructuras de hormigón armado.....	23
2.2.1 Tipo de estructuras de hormigón armado.....	24
2.2.2 Procesos Constructivos de elementos estructurales.....	41
2.3 Generalidades de las fallas en estructuras de hormigón armado.	46
2.3.1 Tipos de falla.....	46
3. Análisis de fallas en estructuras de hormigón.....	48
3.1 Etapa de proyecto	48
3.2 Etapa de construcción.....	58
3.3 Etapa de servicio	69
4. Conclusiones	74
5. Recomendaciones y prevenciones	72
Etapa de Proyecto.....	75
Etapa de Construcción	75
Etapa de Servicio	77
6. Referencias.....	78
7. Anexos	79

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig. #1. Marco estructural viga-columna_____	24
Fig. #2. Tipos de armado de columnas_____	25
Fig. #3. Tipos de armado de vigas_____	26
Fig. #4. Armado de viga rectangular_____	27
Fig. #5. Armado de viga trapezoidal_____	27
Fig. #6. Armado de viga "T"_____	27
Fig. #7. Armado de viga "T" invertida_____	27
Fig. #8. Armado de viga "I"_____	28
Fig. #9. Viga doble "T"_____	28
Fig. #10. Armado de viga "L"_____	28
Fig. #11. Viga simplemente apoyada_____	29
Fig. #12. Viga en voladizo_____	29
Fig. #13. Viga en voladizo_____	29
Fig. #14. Viga en voladizo_____	30
Fig. #15. Viga en voladizo_____	30
Fig. #16. Viga de amarre_____	30
Fig. #17. Estructura de una losa nervada_____	31
Fig. #18. Ubicación de vigas corona_____	31
Fig. #19. Ubicación de dintel_____	32
Fig. #20. Fallas típicas en vigas de hormigón armado_____	32
Fig. #21. Falla de viga sub-reforzada_____	32
Fig. #22. Falla de viga sobre-reforzada_____	33

Fig. #23. Fallas típicas en vigas de hormigón armado_____	33
Fig. #24. Viga sometida a tensiones diagonales_____	34
Fig. #25. Viga sometida a esfuerzos de corte_____	34
Fig. #26. Viga con fallas de adherencia por cortante_____	34
Fig. #27. Estructuración y fundición de losas y columnas_____	35
Fig. #28. Losa en dos direcciones_____	36
Fig. #29. Losa en una dirección_____	37
Fig. #30. Losa maciza_____	37
Fig. #31. Estructuración de una losa alivianada_____	38
Fig. #32. Losa con malla de acero sobre lámina METALDECK_____	39
Fig. #33. Estructuración de una losa de hormigón pretensado_____	39
Fig. #34. Losa pretensada_____	40
Fig. #35. Losa apoyada en madera_____	40
Fig. #36. Losa sobre lámina de acero_____	41
Fig. #37. Proceso constructivo de columnas de hormigón armado_____	42
Fig. #38. Detalle de viga de hormigón armado_____	44
Fig. #39. Detalle de losa de hormigón armado_____	45
Fig. #40. Estructura típica construida en una ladera escarpada_____	50
Fig. #41. Estructura dúctil ante la presencia fuerzas externas_____	50
Fig. #42. Tipos de simetrías en plantas_____	52
Fig. #43. Se puede observar en el nivel uno con el superior se concentran esfuerzos muy grandes en las columnas que rebasan la capacidad a cortante de las ellas_____	55
Fig. #44. El edificio a la izquierda es un edificio de mediana altura relativamente nuevo. El edificio a la derecha es un edificio de mediana altura en construcción. Ambos tienen la típica Planta_____	55

Fig. #45. Típica Planta Baja con un primer piso alto y con las columnas que varían significativamente en altura_____	56
Fig. #46. Delineamiento vertical de columnas_____	59
Fig. #47. Falta de recubrimiento en losa (Diez, 2012)_____	59
Fig. #48. Falta de recubrimiento en viga (Diez, 2012)_____	60
Fig. #49. Falta de recubrimiento en columna (Diez, 2012)_____	60
Fig. #50. Conexión Viga-Columna_____	61
Fig. #51. Colapso de columnas por falta de estribo_____	61
Fig. #52. El deficiente dimensionamiento, falta de estribos y la mala calidad del concreto hicieron que la columna falle_____	62
Fig. #53. Estructura con sección insuficiente, inadecuada distribución de estribos y conformación de los mismos_____	62
Fig. #54. Consecuencias de la falta de vibrado al momento de fundir el elemento estructural_____	63
Fig. #55. Dosificación del Hormigón_____	64
Fig. #56. Forma de Mezclado_____	64
Fig. #57. Fisuras de losa por mal curado de la misma_____	65
Fig. #58. Columna corta causada por albañilería_____	66
Fig. #59. Efectos de columna corta, falla por aplastamiento_____	67
Fig. #60. Dintel en boquete de puerta_____	67
Fig. #61. Consecuencias de la ausencia de dinteles_____	68
Fig. #62. Falla por cortante en columna_____	69
Fig. #63. Falla de conexión Columna – Losa provocado por sobrecarga__	71

INDICE DE FOTOS

Fotografía #1.- Edificio con mayor longitud horizontal ubicada en calle Tulcán_____	49
Fotografía #2.- Edificio con mayor longitud horizontal_____	49
Fotografía #3.- Edificio con redundancias en planta alta en Vélez y Tulcán_	51
Fotografía #4.- Edificio con asimetrías en planta baja en Ayacucho y Tulcán_	53

Fotografía #5.- Edificio con asimetrías en planta baja en Ayacucho y García Moreno_____	53
Fotografía #6.- Colapso de edificio con asimetrías en planta baja en Ayacucho y García Moreno durante sismo ocurrido el 16 de Abril de 2016__	54

Fotografía #7.- Edificio con columnas de planta baja con longitudes excesivas ubicada en Cuenca y Babahoyo_____	56
Fotografía #8.- Edificio con tanque elevado en José Mascote y Pedro Pablo Gómez_____	57
Fotografía #9.- Filtración en losa por falla de pendientes_____	66

INDICE DE ANEXOS

Anexo #1: Columnas cuadradas de hormigón armado_____	79
Anexo #2: Estructuración de acero de vigas de hormigón armado_____	80
Anexo #3: Viga de amarre_____	81
Anexo #4: Estructuración de viguetas de losa nervada_____	82
Anexo #5: Vigas corona_____	83
Anexo #6: Construcción de dintel de hormigón sobre marco de puerta_____	84
Anexo #7: Construcción de losa aligerada, Preparación de losas antes de fundición, Fundición nocturna de Losa de hormigón armado_____	85-87
Anexo #8: Armado de columna de hormigón fijado a cimentación, Configuración de armadura mediante la colocación de refuerzos longitudinales y transversales_____	88-89
Anexo #9: Armadura longitudinal y transversal agarrando a la parrilla_____	90
Anexo #10: Colocación de separadores de hormigón según la necesidad del recubrimiento_____	91
Anexo #11: Encofrado de columnas de planta baja_____	92
Anexo #12: Proceso de vaciado y vibración en columnas de hormigón armado_____	93-94
Anexo #13: Desencofrado de elementos anteriormente fundidos y preparación de vigas y columnas de siguiente nivel_____	95
Anexo #14: Esquema de encofrado de vigas_____	96
Anexo #15: Separadores de hormigón, donde reposará el acero de refuerzo de la viga_____	97
Anexo #16: Detalle de armado de vigas de hormigón armado_____	98-99
Anexo #17: Apuntalamiento de losa de hormigón armado con puntales metálicos o de caña_____	100-101
Anexo #18: Estructuración de una losa de hormigón armado_____	102
Anexo #19: Proceso de vaciado y compactación en una losa de hormigón armado_____	103-104

RESUMEN

En el presente trabajo investigativo, se realiza un análisis profundo de los tipos de falla que con frecuencia se presentan en la construcción de estructuras de hormigón armado, principalmente en edificaciones de Guayaquil, las estructuras en las que se enfocará este trabajo son: losas, vigas y columnas. Debido a la diversidad de fallas que pueden ocurrir, se analizarán de acuerdo a las etapas por las que atraviesa una edificación, las cuales son: Etapa de Proyecto, Etapa de construcción y Etapa de servicio. Una vez identificadas y clasificadas las fallas, se analizará la causa por la cual fue cometida, su efecto y se buscará un método preventivo para evitar que se repitan estos errores en la ejecución de un proyecto de ingeniería, con el fin de aportar una guía de análisis de problemas similares dirigida a los constructores, promotores y todos los que estén involucrados en un proyecto de construcción en general para obtener soluciones constructivas durables.

ABSTRACT

In this work , a thorough analysis of the types of failure that often occur in the construction of reinforced concrete structures, mainly in buildings of Guayaquil, the structures in which this work will focus are: slabs, beams and columns. Because of the diversity of faults that may occur, they will be analyzed according to the stages through which passes a building, which are: Stage of Project, Construction and Service. Once identified and classified faults, the cause for which it was committed will analyze its effect and a preventive approach will seek to avoid these errors from recurring in the execution of an engineering project in order to provide a guide analysis addressed similar problems to builders, developers and all who are involved in a construction project in general for durable construction solutions.

Palabras Claves: Losas, vigas, columnas, proyecto, construcción, servicio, causa, efectos, soluciones.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La ciudad de Santiago de Guayaquil, cantón de la provincia del Guayas, fue fundada oficialmente el 25 de julio de 1538 por Francisco de Orellana. Se asentó en las faldas del cerro Santa Ana, antiguamente conocido como Cerrito Verde. Con el paso del tiempo la ciudad ha ido expandiéndose llegando a ser el más grande y poblado del Ecuador, con un área de aproximadamente 344.5 km² y su población es de 2'350.915 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) con el censo realizado el 28 de noviembre de 2010.

A lo largo del tiempo, el crecimiento de la ciudad ha ido de la mano con el avance de la construcción de edificaciones, industrias, desarrollo vial, sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas potabilizadoras, entre otro tipo de obras.

El método constructivo empleado en Guayaquil, al igual que en otras ciudades de Ecuador, se ha ido modificando, siendo afectado por factores técnicos, tecnológicos, económicos, sociales y ambientales.

1.2 Planteamiento del problema

La construcción en nuestro medio suele presentar diferentes tipos de falla debido a negligencias técnicas o por falta de recursos económicos y esto se traduce, en el peor de los casos, en fallas estructurales. Estas fallas pueden ir desde representar inseguridad e incomodidad en los habitantes de la edificación afectada hasta llegar al extremo del colapso de la misma.

Es por eso la importancia de recolectar información sobre el tipo de fallas estructurales y que es lo que las causa.

1.3 Justificación del Estudio

El desarrollo del presente trabajo busca exponer las fallas que usualmente se presentan en el proceso constructivo realizado en nuestro medio y servirá para aplicar métodos preventivos evitando que las estructuras de un

proyecto de ingeniería se vean comprometidas con el paso del tiempo o al entrar en uso.

1.4 Objetivo General

Describir las fallas usuales de consideración en las estructuras de hormigón armado que suelen suceder en edificaciones, y al mismo tiempo establecer medidas preventivas para evitar las fallas citadas.

1.5 Objetivos específicos

- Investigar y describir las fallas más usuales en las estructuras de hormigón armado al momento que son ejecutadas
- Clasificar las fallas que ocurren en una edificación analizadas de acuerdo a su etapa de ejecución.
- Brindar soluciones a las fallas descritas basándose en las fallas según su etapa, crear un detalle preventivo a través de una debida investigación y un adecuado conocimiento, para evitar las mismas.

1.6 Hipótesis

La hipótesis planteada para el presente Trabajo de Grado es que a partir de la recopilación de información de los distintos tipos de fallas en elementos estructurales como columnas, vigas y losas, se clasificarán según su origen para poder prevenir y corregir el método constructivo.

1.7 Alcance

El desarrollo del trabajo es laborioso, pero necesario, ya que solo así se puede tener un análisis veraz y efectivo, en la prevención de las fallas estructurales de los diferentes Proyectos de Ingeniería. Este trabajo investigativo tiene un alcance directo para las empresas o personas naturales que se dedican a la actividad de la construcción civil, ya que no se contempla fallas de diseño estructural, sino la idea es establecer procedimientos en obra a través de una adecuada metodología de trabajo y una adecuada dirección de obra.

1.8 Metodología

Investigar en el medio, que comprenda nuestro sector y lograr obtener información veraz y precisa de las diferentes fallas estructurales que han ocurrido en los diferentes proyectos, es decir agrupar de manera presencial las mismas por tipo o uso. Para ello es necesario contar con las opiniones de constructores e incluso diseñadores que han vivido lo indicado a través de experiencias personales o ajenas.

Luego de ello, y de manera adecuada y ordenada plantear una solución, que esté al alcance de constructores, fiscalizadores y promotores.

En este trabajo investigativo, se debe realizar una extensión a las soluciones planteadas en el aspecto preventivo, acudiendo a las propias experiencias de los profesionales aludidos, así como a los diferentes manuales, guías o códigos en materia de construcción, y además por las diferentes empresas que distribuyen materiales de la construcción, los mismos que tendrán relación a la naturaleza de cada una de las fallas.

Se debe terminar este trabajo investigativo, con una conclusión y con las debidas recomendaciones que guíen a los Ingenieros involucrados en los Proyectos de Ingeniería.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de materiales de construcción.

En todo proyecto ingenieril desde el más sencillo, como un cerramiento, hasta el más complejo, como una edificación de gran altitud, se necesitan de materiales de construcción. En este capítulo se definirán los elementos que son parte o interactúan con estructuras de hormigón armado.

2.1.1 Tipo de materiales de construcción.

Cemento

El cemento portland o también conocido como cemento hidráulico producido por pulverización de clinker, consiste esencialmente en silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos que usualmente contienen uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso (NEVI, 2012).

El cemento Portland se clasifica en 8 Tipos, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes:

- TIPO I Para usarse cuando no se requiere las propiedades específicas por cualquier otro tipo (NEVI, 2012).
- TIPO I-A Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del tipo I, donde se desea incorporación de aire (NEVI, 2012).
- TIPO II Para uso general, especialmente cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación (NEVI, 2012).
- TIPO II-A Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del tipo II, donde se desea incorporación de aire (NEVI, 2012).
- TIPO III Para usarse cuando se desea alta resistencia inicial o temprana (NEVI, 2012).
- TIPO III-A Cemento con incorporador de aire para el mismo uso del tipo III, donde se desea incorporación de aire (NEVI, 2012).

- TIPO IV Para usarse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- TIPO V Para usarse cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos (NEVI, 2012).

Manual NEVI-12 Volumen 3, Capítulo 800 Materiales, Sección
802 Cemento Hidráulico.

Áridos

El material granular constituye el mayor volumen en la mezcla para la preparación de un hormigón. Sus propiedades físicas y mecánicas juegan un papel muy importante en las del hormigón. Puede provenir de la trituración de mantos de roca natural o de cantos rodados, de la selección de fragmentos naturales de roca, prismáticos o redondeados; o de materiales artificialmente fabricados. Debe estar constituido de partículas sanas, limpias, resistentes, libres de defectos ocultos, de adherencias como limo, arcilla, grasas, aceites y libre de materia orgánica (NEC, 2015).

El material granular debe estar compuesto, como mínimo, de dos porciones de tamaños diferentes; el árido grueso, cuyas partículas son, por lo general, más grandes que 4.75 mm de diámetro nominal y el árido fino, cuyo tamaño de partículas está entre 75 μm y 4.75 mm. Estos a su vez, se pueden separar en dos o tres tamaños diferentes (NEC, 2015).

El tamaño nominal de las partículas más grandes del árido grueso no debe ser mayor que:

- 1/5 de la menor dimensión de la sección transversal del elemento a construir.
- 1/3 del espesor de la losa.
- 3/4 del espaciamiento libre entre varillas o paquetes de varillas de acero de refuerzo, cables de pretensado o ductos embebidos.
- El recubrimiento de las varillas de acero de refuerzo (NEC, 2015).

NEC – SE- HM 2015 Capítulo 9 Apéndice Normativo, Control de calidad de Obras de Hormigón, 9.2 Evaluación y aceptación de los materiales, 9.2.2 Áridos

Agua

El agua desempeña uno de los papeles vitales en el hormigón. Es el componente que se combina químicamente con el cemento para producir la pasta que aglutina las partículas del árido, las mantiene unidas y colabora en gran medida con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón (NEC, 2015).

El agua empleada en la mezcla debe estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser nocivas al hormigón o al acero de refuerzo (NEC, 2015).

El agua potable y casi cualquier agua natural que se pueda beber y que no tenga sabor u olor marcado, se pueden utilizar en la elaboración del hormigón (NEC, 2015).

El agua empleada en el mezclado de hormigón, debe cumplir con las disposiciones de la norma ASTM C 1602 (NEC, 2015).

No serán utilizadas en la preparación de un hormigón, aguas servidas, aguas de desechos industriales, aguas blandas o de deshielo de montañas, aguas con elevadas concentraciones de sólidos disueltos o en suspensión. No se debe utilizar agua salada o de mar (NEC, 2015).

Las sales u otras sustancias nocivas que provengan de los áridos o de los aditivos, serán contabilizadas en la cantidad que pueda contener el agua de mezclado. Las impurezas excesivas en el agua de mezclado, pueden afectar no solo el tiempo de fraguado, la resistencia del hormigón y la estabilidad volumétrica (variación dimensional), sino que pueden provocar corrosión del acero de refuerzo y eflorescencias (NEC, 2015).

El agua utilizada para la mezcla, incluso el agua libre de los áridos, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruros (NEC, 2015).

El agua utilizada para el curado del hormigón, estará libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que son nocivas para el hormigón durante el fraguado o después del mismo (NEC, 2015).

NEC – SE- HM 2015 Capitulo 9 Apéndice Normativo, Control de calidad de
Obras de Hormigón, 9.2 Evaluación y aceptación de los materiales, 9.2.3
Agua

Aditivos

Los Aditivos reductores de agua y aquellos que modifican el tiempo de fraguado deben cumplir con la norma ASTM C494M “Especificación para aditivos químicos utilizados en la elaboración de hormigón” (NEC, 2015).

Los aditivos plastificantes y plastificantes-retardadores de fraguado utilizados para elaborar hormigón fluido, deben cumplir con la norma ASTM C 1017/C1017M “Especificación para aditivos químicos utilizados en la elaboración de hormigón fluido (NEC, 2015).

Los aditivos para incorporar aire, deben cumplir con la norma ASTM C 260 “Especificación para aditivos para incorporar aire utilizados en la elaboración de hormigón” (NEC, 2015).

El cloruro de calcio o los aditivos que contengan cloruros que provengan de impurezas de los componentes del aditivo, no se utilizará en hormigones de elementos pretensados, que contengan piezas de aluminio en su masa o elaborados en formaletas de acero galvanizado (NEC, 2015).

NEC – SE- HM 2015 Capitulo 9 Apéndice Normativo, Control de calidad de
Obras de Hormigón, 9.2 Evaluación y aceptación de los materiales, 9.2.4
Aditivos.

Acero de refuerzo

Se define como acero de refuerzo al elemento que se coloca como complemento al hormigón para resistir los esfuerzos causados por cargas y cambios volumétricos por temperatura (NEC, 2015).

El acero de refuerzo debe ser corrugado, excepto en espirales o acero de pretensado, en los cuales se puede utilizar acero liso. Además, cuando esta norma así lo permita, se pueden utilizar conectores para resistir fuerzas de corte, perfiles de acero estructural o fibras dispersas (NEC, 2015).

Los diámetros de las barras están dadas por los ingenieros calculistas y dependerán del tipo de estructura que conformen y de la resistencia requerida en el diseño (NEC, 2015).

NEC – SE- HM 2015 Capitulo 9 Apéndice Normativo, Control de calidad de Obras de Hormigón, 9.2 Evaluación y aceptación de los materiales, 9.2.5 Aditivos

Armadura longitudinal

La armadura longitudinal está compuesta por n número de barras de diferentes características que actúan ante la tracción. Las fibras comprimidas, necesitan ayuda del acero ya que el hormigón solo no puede trabajar de manera eficiente.

Armadura Transversal

La armadura transversal está compuesta por cercos separados a una distancia obtenida por cálculo. Tiene la misión de reducir la esbeltez de la barra comprimida, logrando evitar el desprendimiento por pandeo del material que la recubre.

Función:

- ✓ Resistir esfuerzos de tracción derivados de los esfuerzos de compresión del hormigón.
- ✓ Limitar la longitud de pandeo cuando las barras longitudinales son sometidas a compresión.
- ✓ Confinar el hormigón.
- ✓ Al disminuir la separación de los estribos soportan mayor carga y aumenta su capacidad para evitar deformaciones.

2.2 Generalidades de estructuras de hormigón armado.

Partimos desde la idea que la estructura es el esqueleto que resiste todas las cargas a las que será impuesta la edificación a las cuales se suman los fenómenos naturales como sismos o fuertes lluvias que causen inundaciones.

Las estructuras de hormigón armado es uno de los métodos más usados en la construcción ya que brindan una relación de costos entre mano de obra y materiales muy razonable, ofreciendo una gran ventaja por su rigidez y óptimo comportamiento frente a agentes atmosféricos y al fuego.

En este capítulo se definirán las estructuras de hormigón armado que serán analizadas para el estudio de las fallas a las que están expuestas, partiendo desde la subestructura hasta la superestructura de un proyecto.

2.2.1 Tipo de estructuras de hormigón armado.

2.2.1.1 Columnas

Las columnas son elementos verticales de hormigón sometidos a esfuerzos de compresión, compuestos de concreto con acero de refuerzo, son de sección variable la cual puede ser poligonal o circular dependiendo así su configuración de armadura y encofrado. Estos elementos son fabricados en sitio formando parte de un sistema de marcos estructurales ya que se encuentran a base de poste (elemento vertical) y viga (elemento horizontal) definiendo así los ejes principales de una construcción. Las columnas resisten diferentes fuerzas como cargas verticales, movimientos de flexión y momentos flectores. **(Ver anexo #1)**



Fig. #1 Marco estructural viga-columna (LLOPIZ, 2014)

Las columnas tienen las siguientes funciones:

- ✓ Transmitir las cargas de las losas hacia los cimientos, la principal carga que reciben es la de compresión ya que sirven para apoyar las vigas cargadoras.
- ✓ Resistir esfuerzos flexionantes que definen el comportamiento de las columnas ante el pandeo.

- ✓ Resistir los esfuerzos de flexo compresión mediante el uso de acero de refuerzo longitudinal y transversal. El refuerzo transversal puede ser de dos tipos: con estribos o con zunchos, este último también conocido como espiral continuo otorga ligeramente más resistencia a la columna ya que tiene mejor confinamiento.

Tipos de columnas

- ✓ Columnas Simples: Presentan estribos separados por lo general de sección rectangular.
- ✓ Columnas Zunchadas: Tienen los estribos de forma espiral continuo de sección circular o poligonal de más de seis lados.

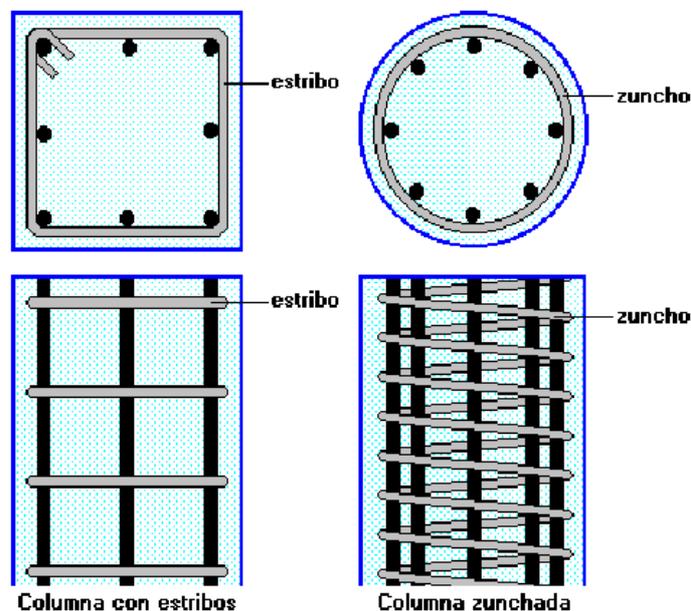


Fig. #2 Tipos de armado de columnas. (PROAÑO, 2010)

2.2.1.2 Vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales de hormigón armado, cuya sección transversal es recta y homogénea, su dimensión longitudinal puede llegar a ser varias veces mayor que las medidas en su sección transversal y descansan sobre apoyos que generalmente están en sus extremos o cerca de ellos.

Estos elementos estructurales soportan cargas concentradas o distribuidas que actúan de manera perpendicular a sus ejes longitudinales, momentos flectores y en ciertas ocasiones fuerzas axiales. Por lo tanto, las vigas están sujetas en su mayoría a esfuerzos de flexión y de corte. Para contrarrestar estos esfuerzos, se utiliza acero de refuerzo longitudinal y transversal. **(Ver anexo #2)**

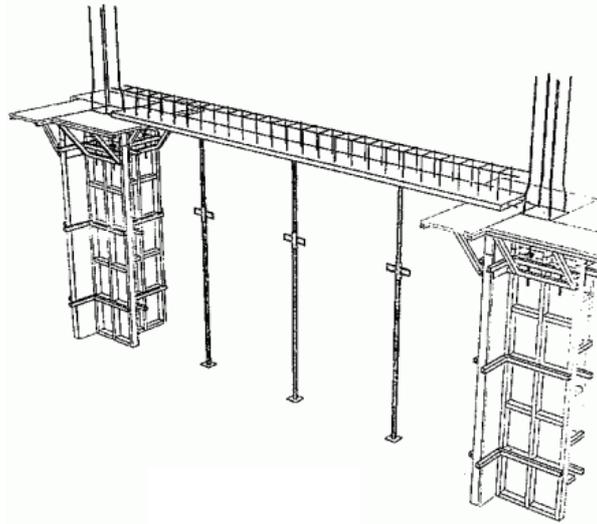


Fig. #3 Tipos de armado de vigas. (FELIX, 2013)

Funciones de las vigas:

- ✓ Sirven para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes, en una sola dirección.
- ✓ Resisten los esfuerzos de flexión y de corte.
- ✓ Actúan como elemento primario en marcos rígidos de vigas y columnas.
- ✓ Funcionan como puntos de apoyo para sostener losas macizas o nervadas.

Las vigas pueden clasificarse según su forma, sus apoyos o el tipo de carga que reciban.

- ✓ Según su forma pueden ser:
 - Viga Rectangular.

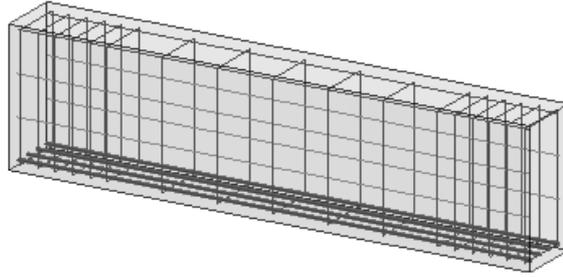


Fig. #4 Armado de viga rectangular (Tekla User Assistance, 2013)

➤ Viga Trapezoidal.

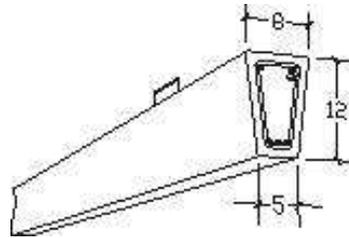


Fig. #5 Armado de viga trapezoidal (Tekla User Assistance, 2013)

➤ Viga T.

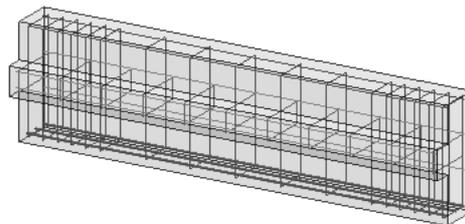
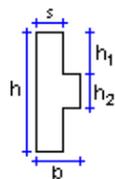


Fig. #6 Armado de viga "T" (Tekla User Assistance, 2013)

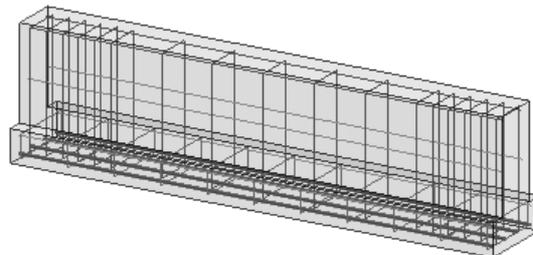
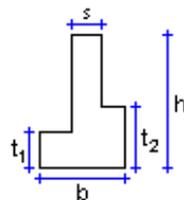


Fig. #7 Armado de viga "T invertida" (Tekla User Assistance, 2013)

➤ Viga I.

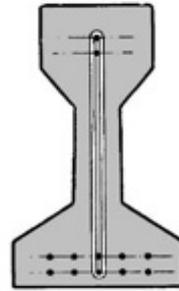


Fig. #8 Armado de viga "I" (Tekla User Assistance, 2013)

➤ Viga doble T.

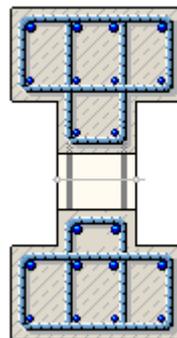


Fig. #9 Armado de viga "DOBLE T" (Tekla User Assistance, 2013)

➤ Viga en forma de "L"

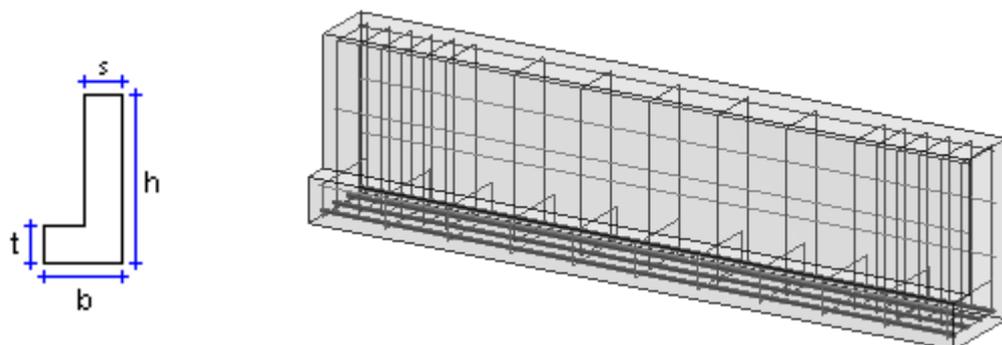


Fig. #10 Armado de viga "L" (Tekla User Assistance, 2013)

- ✓ Según la posición de sus apoyos:
 - Simplemente apoyada. Tiene dos apoyos libres, es utilizada con mayor frecuencia.

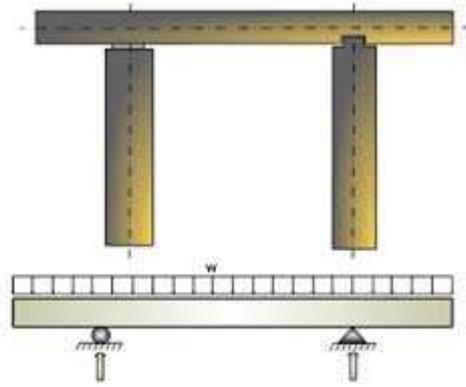


Fig. #11 Viga simplemente apoyada (CORNEJO, 2015)

- Viga en voladizo. Está apoyada solo en un extremo como un muro.

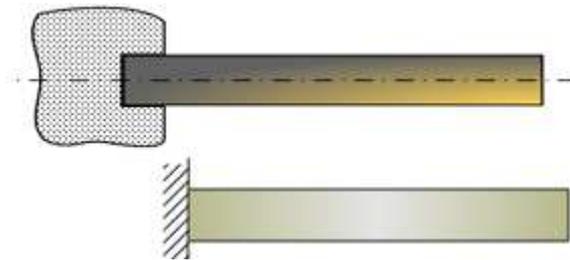


Fig. #12 Viga en voladizo (CORNEJO, 2015)

- Viga continua: Descansa sobre más de dos apoyos.

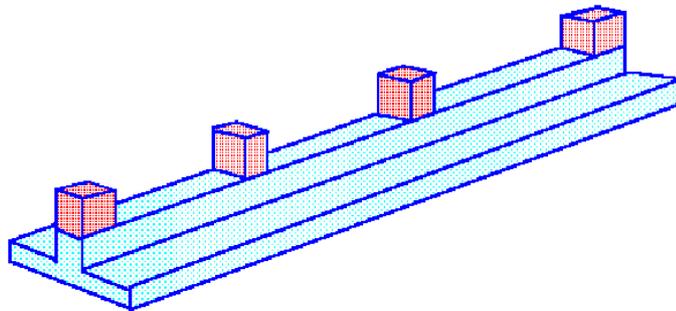


Fig. #13 Viga en voladizo (CORNEJO, 2015)

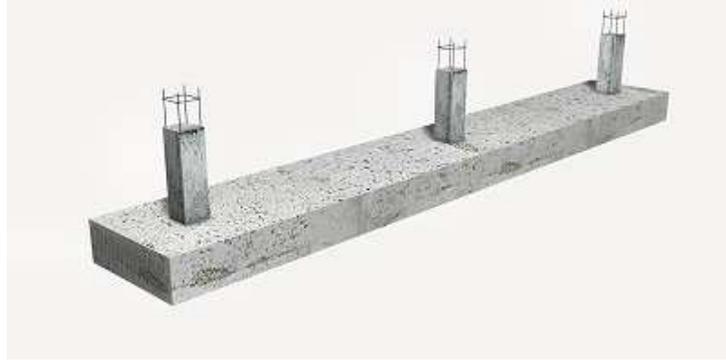


Fig. #14 Viga en voladizo (CORNEJO, 2015)

- Viga empotrada: Tiene restricciones en uno o ambos extremos.

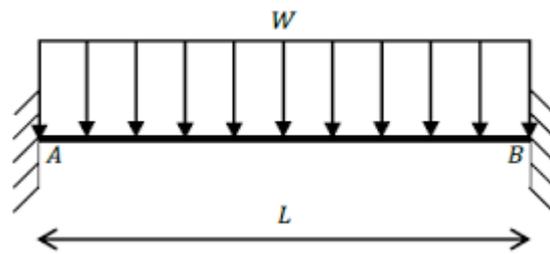


Fig. #15 Viga en voladizo (CORNEJO, 2015)

- ✓ Según el tipo de carga:
 - Vigas de amarre. Elemento estructural no menor de 15 cm de altura y ancho igual al muro. **(Ver anexo #3)**

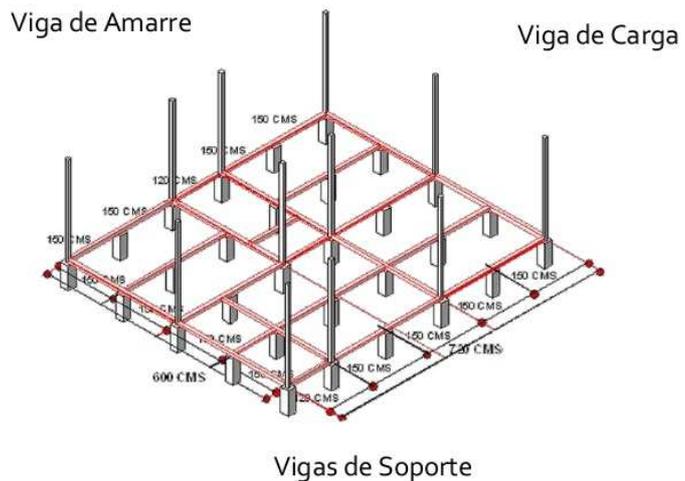


Fig. #16 Viga de amarre (DÍAZ, 2015)

- Vigueta. Elemento que forma parte de una losa nervada, el cual trabaja principalmente a flexión. **(Ver anexo #4)**

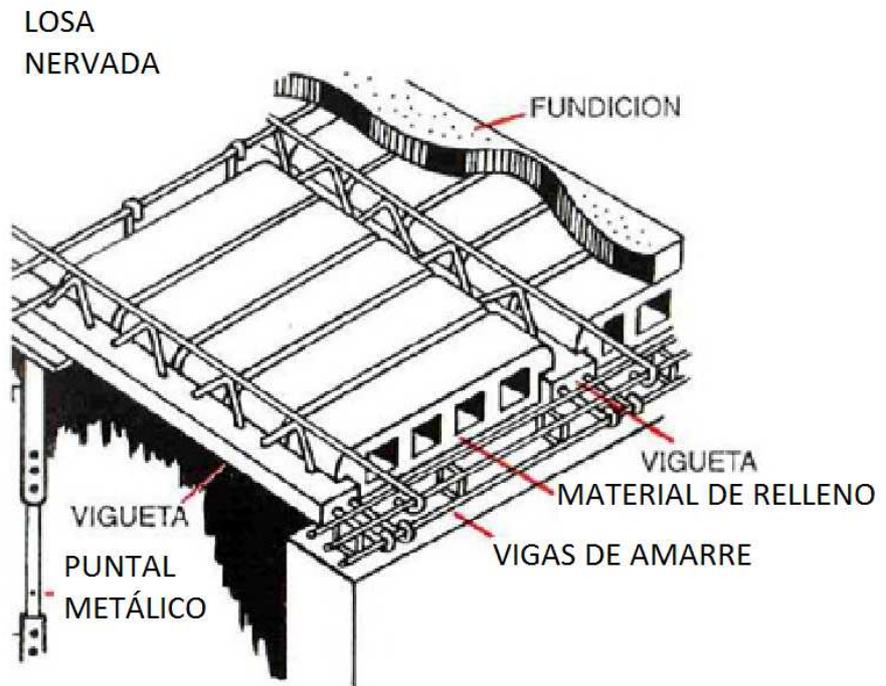


Fig. #17 Estructura de una losa nervada (IPRECO, 2010)

- Viga de Corona. Es una viga de amarre que por lo general se construye perimetralmente en la parte inferior o superior de las culatas de una edificación. **(Ver anexo #5)**

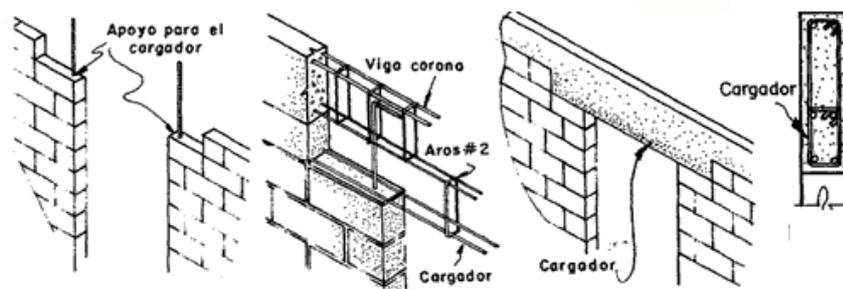


Fig. #18 Ubicación de vigas corona (IPRECO, 2010)

- Dinteles. Se sitúan por encima de los boquetes en una pared de mampostería, estos elementos sostienen el vacío que generan las puertas y las ventanas. Actúan de una manera complementaria, ya que soportan el peso que actúa sobre estas. **(Ver anexo #6)**

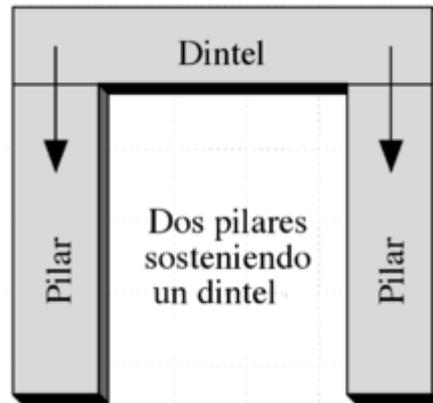
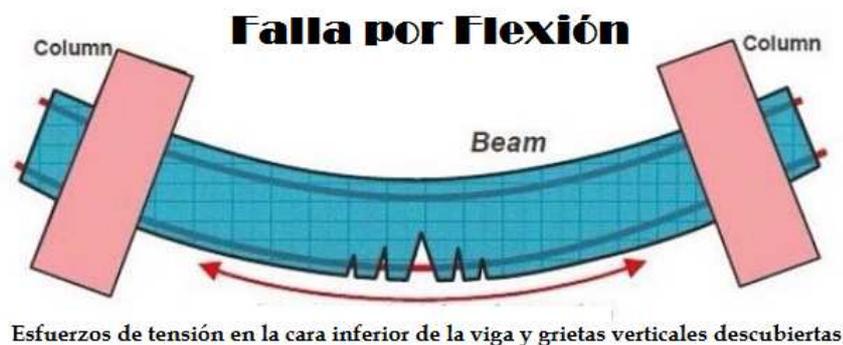


Fig. #19 Ubicación de dintel (IPRECO, 2010)

Las vigas están expuestas principalmente a esfuerzos de compresión y tracción. Por lo tanto, las fallas que pueden incidir en estos elementos estructurales son:

- ✓ Fallas por flexión. Este tipo de fallas se dan en tres casos:



Esfuerzos de tensión en la cara inferior de la viga y grietas verticales descubiertas

Fig. #20 Fallas típicas en vigas de hormigón armado (Jonzalez, 2011)

- Condición de falla sub-reforzada. Cuando el acero alcanza el esfuerzo de fluencia antes de que el hormigón alcance su máximo valor esfuerzo.

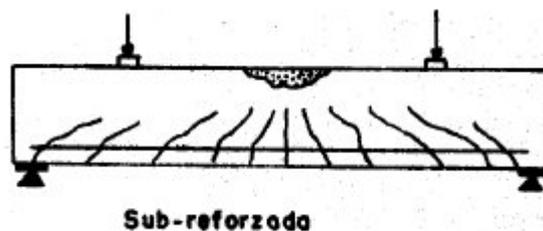


Fig. #21 Falla de viga sub-reforzada (Civilgeeks, 2011)

- Condición de falla balanceada. El acero alcanza su esfuerzo de fluencia al mismo tiempo que el hormigón alcanza su máximo valor esfuerzo y deformación.
- Condición de falla sobre-reforzada. El concreto alcanza su máximo valor esfuerzo y deformación antes que el acero alcance su esfuerzo de fluencia.



Fig. #22 Falla de viga sobre-reforzada (Civilgeeks, 2011)

- ✓ Falla por corte. El cortante se puede presentar en tres diferentes formas:

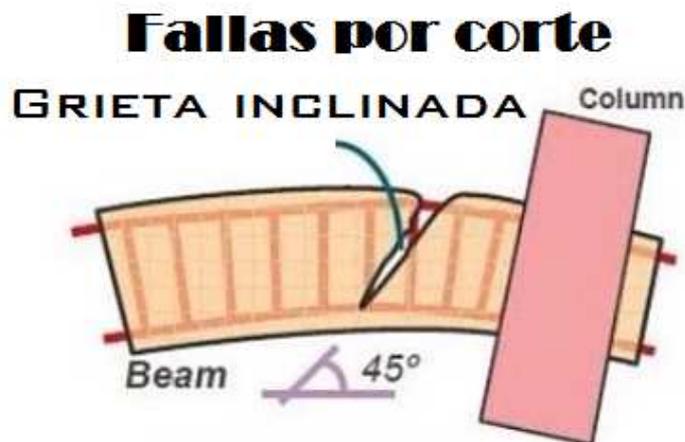


Fig. #23 Fallas típicas en vigas de hormigón armado (Jonzalez, 2011)

- Tensión diagonal. Ocurre en secciones con poco o sin refuerzo en el alma, cuando el concreto no es capaz de soportar el esfuerzo de tensión máximo se produce una grieta inclinada perpendicular a la trayectoria del esfuerzo a tensión.

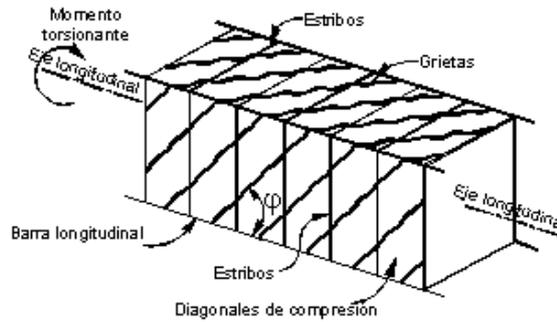


Fig. #24 Viga sometida a tensiones diagonales
(CORNEJO, 2015)

- Esfuerzo cortante. El agrietamiento inclinado puede avanzar poco a poco y el elemento falla por aplastamiento en la zona de compresión en el extremo de la grieta.

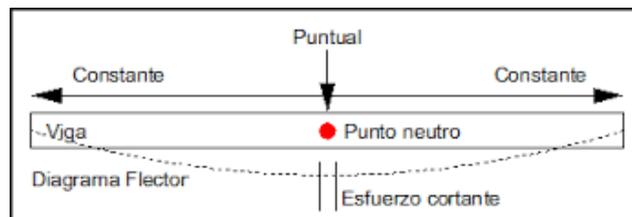


Fig. #25 Viga sometida a esfuerzos de corte (CORNEJO, 2015)

- Adherencia por cortante. Cuando se presentan extensos agrietamientos longitudinales al nivel del acero en tensión combinado con un ligero aplastamiento hará que la viga alcance su resistencia antes que se presente la fluencia del acero longitudinal.



Fig. #26 Viga con fallas de adherencia por cortante
(CORNEJO, 2015)

2.2.1.3 Losa

Las losas son elementos estructurales rígidos bidimensionales que sirven para separar ambientes de forma vertical. Se construyen apoyadas en un conjunto de vigas o muros cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes comparadas con su espesor, resisten cargas perpendiculares al plano principal por cual presenta un comportamiento a flexión. **(Ver anexo #7)**

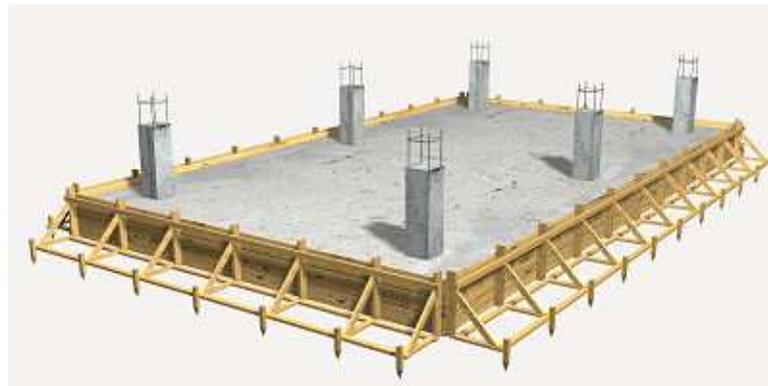


Fig. #27 Estructuración y fundición de losas y columnas (DÍAZ, 2015)

El comportamiento de las losas se clasifican en:

- Losas Unidireccionales son aquellas losas rectangulares que se apoyan en dos extremos opuestos y no cuentan con apoyo en los bordes.
- Losas Bidireccionales cuando las losas se soportan en dos direcciones ortogonales desarrollando así esfuerzos y deformaciones en ambas direcciones.

Las losas tienen las siguientes funciones:

- Arquitectónica: Separa espacios verticales formando diferentes pisos en una construcción garantizando solidez, el aislamiento acústico, el aislamiento térmico, resistencia al fuego, y la improbabilidad de visualizar de un nivel a otro.
- Función estructural: Son capaces de sostener las cargas de servicio como carga muerta y carga viva brindando una capacidad portante. Además forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto brindando resistencia a estos efectos.

Tipos de losas

✓ Por el tipo de apoyo

- Sustentadas sobre vigas o muros: Losas soportadas perimetralmente o internamente por vigas monolíticas de mayor peralte, de otros materiales independientes o integrados a la losa o sobre muros de hormigón, mampostería o de otro material.
- Sustentadas directamente sobre las columnas: este tipo de losas no son recomendadas en zonas en alto riesgo sísmico ya que no disponen de la capacidad resistente ingresando así dentro del rango inelástico delimitando así su comportamiento dúctil.

✓ Por la dirección de trabajo o carga

- Losas Bidireccionales son generalmente losas con una relación entre la dimensión mayor y la menor de 1.5 veces o menos, aquellas en las que la magnitud de los esfuerzos en dos direcciones ortogonales sean comparables es decir cuando se dispone de muros portantes en los cuatro costados de la placa.

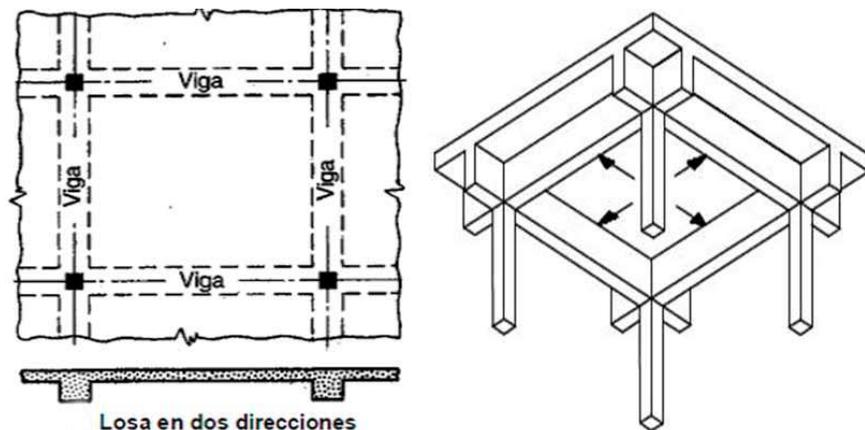


Fig. #28 Losa en dos direcciones (A fine WordPress.com site, 2013)

- Losas Unidireccionales son usualmente de forma rectangular en la que su relación geométrica es de al menos 1.5 a 1 transmitiendo así sus esfuerzos en una dirección son

predominantes sobre los esfuerzos en la dirección ortogonal hacia los muros portantes.

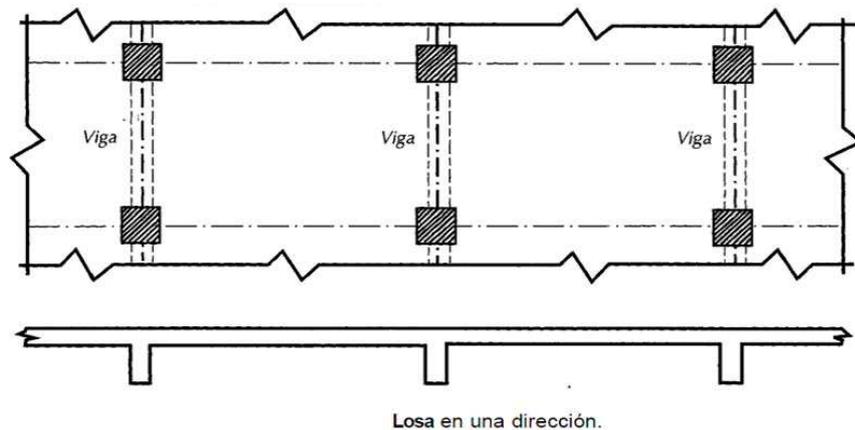


Fig. #29 Losa en una dirección (A fine WordPress.com site, 2013)

✓ Por la distribución interior del hormigón.

- Losa maciza cuando el hormigón ocupa todo el espesor de la losa sin ningún tipo de aligerante. Sus espesores se encuentran alrededor de 15 cm, este sistema usa generalmente malla en la parte superior e inferior.

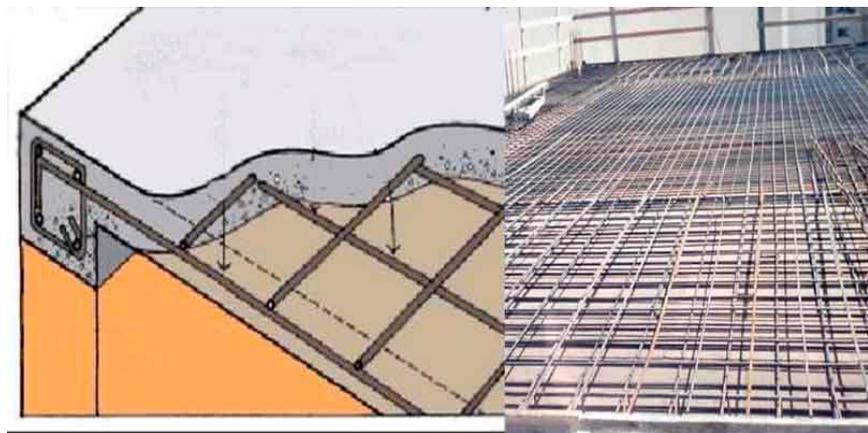


Fig. #30 Losa maciza (Construyendo, 2013)

- Losa Aliviada, aligerada o nervada cuando parte del volumen de la losa es ocupado por materiales más livianos o espacios vacíos mediante el uso de:
 - ❖ Mampostería de hormigón
 - ❖ Cerámica aligerada
 - ❖ Encofrado de plástico

❖ Encofrado de madera.

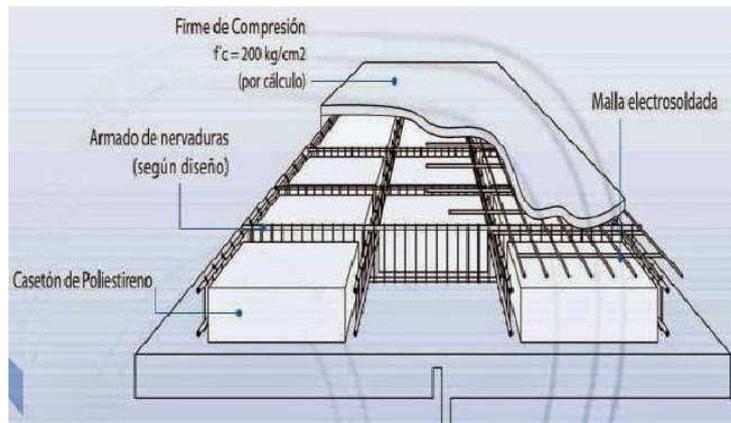


Fig. #31 Estructuración de una losa alivianada
(Construyendo, 2013)

Estos materiales tienen como función rebajar su peso e incrementar el espesor brindando a la losa una mayor rigidez transversal.

Estos materiales antes mencionados pueden ser:

- Recuperables: Son aquellos que una vez terminado el vaciado de hormigón y fraguado del elemento se puede retirar y darle otros usos. Estos pueden ser moldeados en porón y en plástico reforzado, o ensamblados como los de madera y láminas metálicas frecuentemente usados en la cara inferior.
- Perdidos: Son aquellos materiales que no se pueden recuperar después de vaciada la losa y son generalmente de madera o esterilla de guadua.

✓ Según el tipo de material estructural.

- Losas en hormigón reforzado: Utilizan como refuerzo barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero.

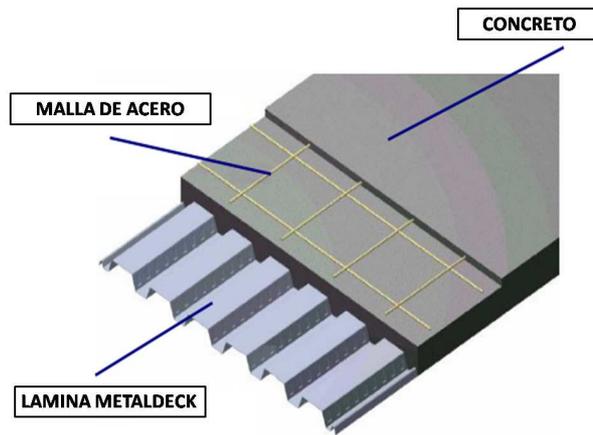


Fig. #32 Losa con malla de acero sobre lámina METALDECK
(Construyendo, 2013)

- Losas en hormigón Pretensado: Utilizan cables traccionados y anclados transmitiendo compresión.

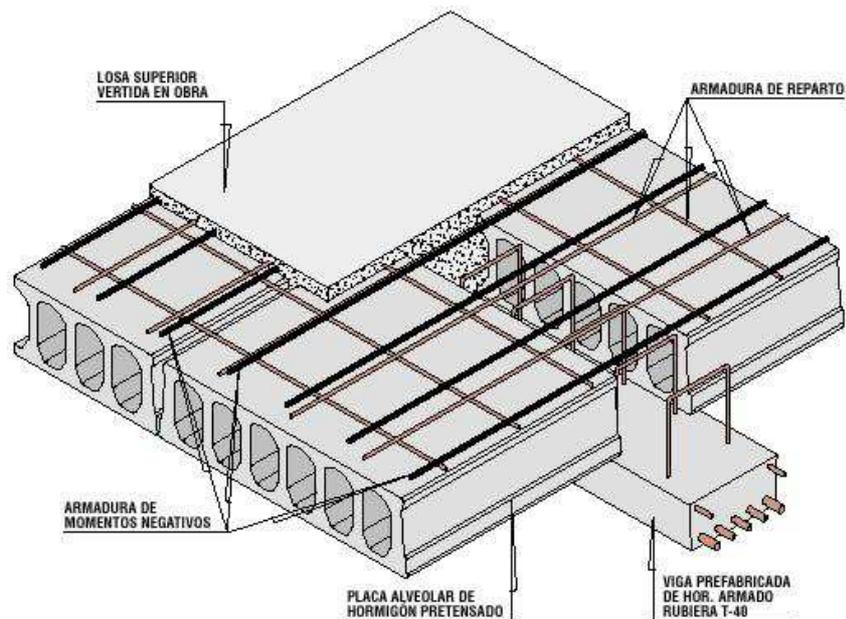


Fig. #33 Estructuración de una losa de hormigón pretensado (A fine WordPress.com site, 2013)



Fig. #34 Losa pretensada (A fine WordPress.com site, 2013)

- Losas apoyadas en madera: Realizadas sobre un entarimado de madera con diafragma en concreto reforzado en la parte superior.



Fig. #35 Losa apoyada en madera (Construyendo, 2013)

- Losas en láminas de acero: Realizadas sobre una lámina de acero delgada y configura el encofrado con el refuerzo inferior del hormigón que se funde encima.

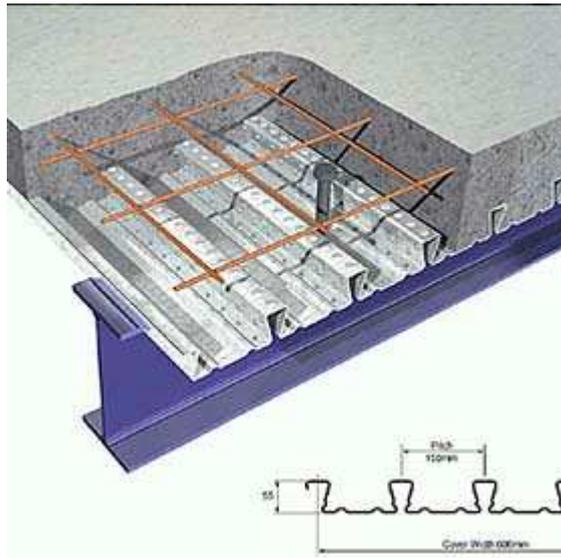


Fig. #36 Losa sobre lamina de acero (A fine WordPress.com site, 2013)

- Losas en otro material: Realizadas sobre placas prefabricadas en materiales especiales como arcilla cocida, plástico reforzado, láminas plegadas de fibrocemento, perfiles metálicos, entre otros.

2.2.2 Procesos Constructivos de elementos estructurales

2.2.2.1 Proceso constructivo de Columnas

- ✓ Configuración de armadura mediante la colocación de refuerzos longitudinales y transversales según detalle de planos.
(Ver anexo #8)
- ✓ Colocar la armadura longitudinal y transversal agarrándola a la parrilla de la zapata o de la cimentación, en caso de existir segundos niveles o más, se debe dejar hierro adicional para poder realizar el correcto amarre de los elementos posteriores mediante el traslape.
(Ver anexo #9)
- ✓ Colocación de separadores de hormigón según la necesidad del recubrimiento. **(Ver anexo #10)**
- ✓ Empleo de encofrado de la columna lo cual garantiza la estabilidad y verticalidad del elemento. **(Ver anexo #11)**

- ✓ Verificar la mezcla de agregados según el diseño para alcanzar la resistencia correspondiente del diseño del hormigón.
- ✓ Preparación del sistema de bombeo para el vaciado del hormigón mediante una bomba, conducido por una tubería de acero.
- ✓ Vaciado del hormigón vertiendo la mezcla en el área de encofrado. **(Ver anexo #12).**
- ✓ Vibración del elemento para brindar una mejor homogeneidad a la mezcla mediante la pérdida de vacíos y evitar el debilitamiento de la estructura. **(Ver anexo #12).**
- ✓ Desencofrado del elemento a las 48 horas de haber realizado la fundición. **(Ver anexo #13)**
- ✓ Inicio de curado del hormigón

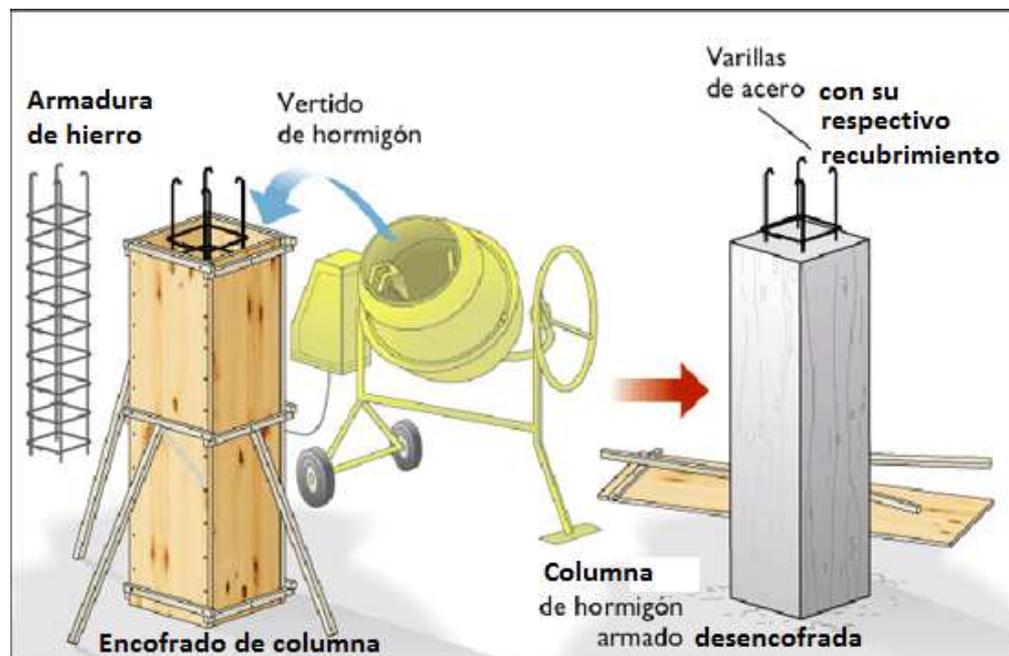


Fig. #37 Proceso constructivo de columnas de hormigón armado
(TARINGA, 2013)

2.2.2.2. Proceso constructivo de Vigas

- ✓ Instalar estructuras de soporte previo con puntales o cañas. **(Ver anexo #14)**
- ✓ Colocar en sitio la parte inferior del encofrado, donde estará asentada la viga. **(Ver anexo #14)**

- ✓ Poner los separadores de hormigón, donde reposará el acero de refuerzo de la viga. **(Ver anexo #15)**
- ✓ Iniciar el armado del acero de refuerzo longitudinal de la viga, comenzando con la parte superior. **(Ver anexo #16)**
- ✓ Ubicar el refuerzo transversal con la separación indicada en los detalles de los planos estructurales. **(Ver anexo #16)**
- ✓ Se incluye la fila inferior del armado y luego las filas intermedias, las cuales se amarran a los estribos con alambre negro y ganchos. **(Ver anexo #16)**
- ✓ Una vez listo el armado, se coloca la parte lateral del encofrado. **(Ver anexo #16)**
- ✓ Se procede con la fundición de la viga, vertiendo el hormigón en el encofrado por partes y evitando que se desperdicie.
- ✓ Con la ayuda de un vibrador mecánico se eliminan las burbujas de aire que normalmente quedan al momento de vaciar el hormigón, a su vez, y con el mismo objetivo, se golpea el encofrado en la parte inferior con un martillo con mazo de caucho. De esta manera el aire saldrá y se evitara vacíos dentro del elemento.
- ✓ El refuerzo superior queda expuesto ya que servirá de traslapo y se limpiará con agua los excesos de hormigón que queden.
- ✓ Posterior a esto, se procede a apuntalar al elemento de manera lateral mediante puntales metálicos o de madera, los cuales estarán casi a 45° creando una contra flecha. Esto logra elevar la viga para que quede ligeramente arqueada y evite la flexión producida por peso propio y luego por las cargas que recibirá.
- ✓ Después de 24 a 48 horas, el hormigón se ha endurecido lo suficiente como para retirar las caras laterales del encofrado y luego de 28 días se retira la parte inferior.
- ✓ Inicio de curado del elemento.

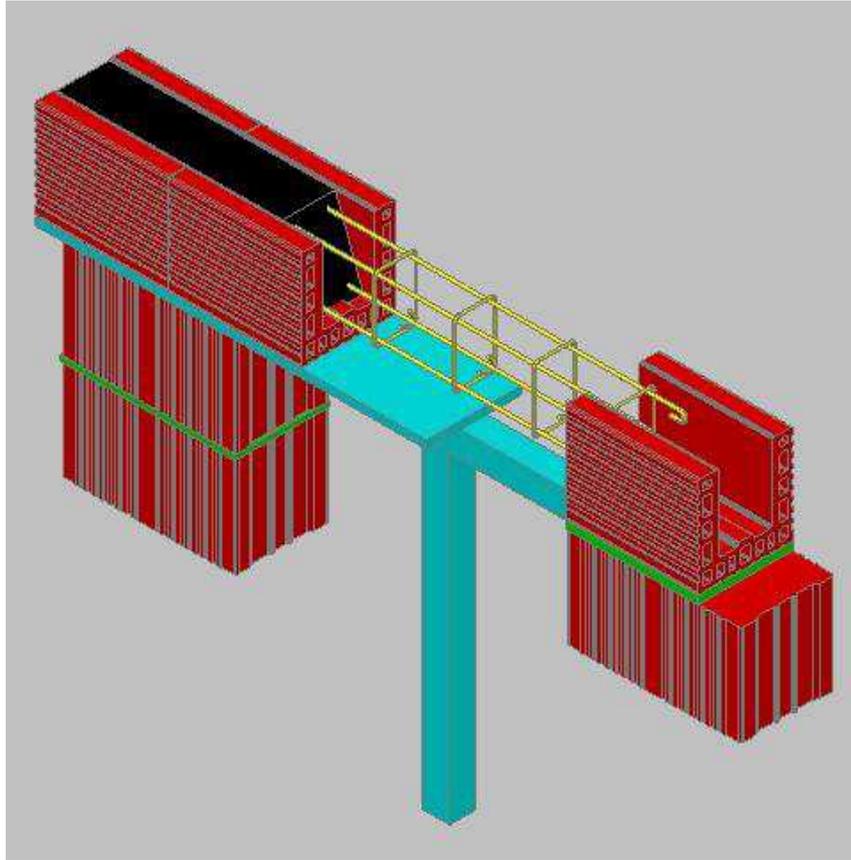


Fig. #38 Detalle de viga de hormigón armado (BIBLIOCAD, 2011)

2.2.2.3 Proceso constructivo de Losas

- ✓ Preparación de sitio incluyen limpieza y explanación.
- ✓ Preparación de los materiales, herramientas y maquinaria.
- ✓ Cimbrado
- ✓ Realizar un correcto apuntalamiento y encofrado para que resistan las cargas existentes tanto de carga muerta como carga viva hasta que se alcance la resistencia propia de cada elemento. **(Ver anexo #17)**
- ✓ Colocación del acero de refuerzo inferior asegurando que al momento de la fundición no se desplacen y se cumpla así con los requisitos de recubrimiento siendo necesario el uso de tacos de hormigón con altura igual a la del recubrimiento y una resistencia igual o mayor a la del hormigón de la losa. **(Ver anexo 18)**
- ✓ Colocación de las tuberías y conductos para instalaciones eléctricas e hidro sanitarias las cuales se pueden embutir en la losa o colgarlos quedando a la vista en el nivel inferior evitando la pérdida de sección lo cual implicaría pérdida de resistencia.

- ✓ Colocación del acero de refuerzo superior o mallas electro soldadas según los requerimientos del diseño. **(Ver anexo 18)**
- ✓ Curado del encofrado consiste en la humectación de la madera que evita durante el vaciado del hormigón la pérdida del agua por la absorción de la madera.
- ✓ Vaciado del hormigón lo cual puede ser mezclado en obra o premezclado se recomienda que sea premezclado garantizando así la homogeneidad de la mezcla. Se expande la mezcla por toda la losa con rastrillos metálicos y se vibra para que se asiente uniformemente y adopte la forma del encofrado. No es recomendable excederse al momento de vibrar ya que se produce la segregación del material, separando así la materia gruesa del fino. Al final se nivela la superficie con regletas y palustres para un acabado liso. **(Ver anexo 19)**
- ✓ Curado del hormigón evitando así la evaporización del agua la mezcla cual produciría grietas de retracción y alteraciones en la relación agua/cemento de la mezcla quebrantando así en su resistencia a los 28 días hasta en un 50%. Es recomendable realizar este proceso durante los primeros 7 días de vaciado.

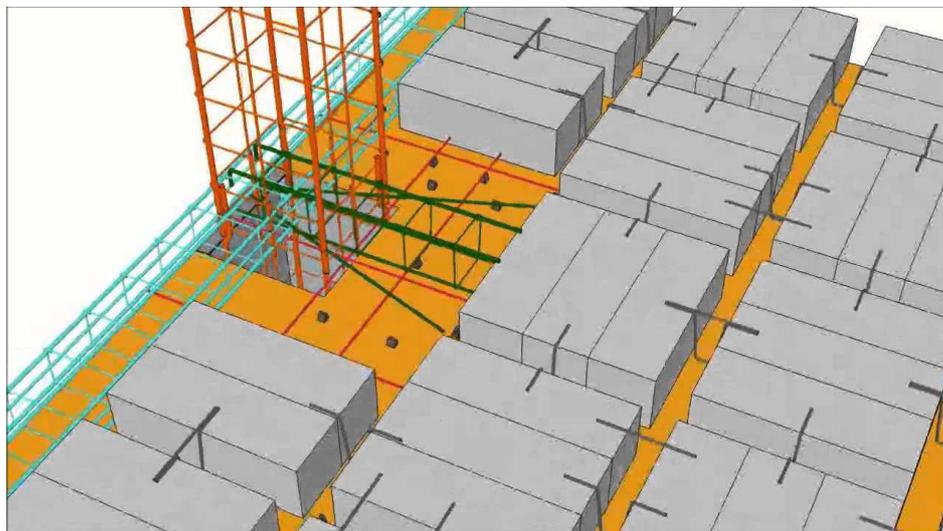


Fig. #39 Detalle de losa de hormigón armado (BIBLIOCAD, 2011)

2.3 Generalidades de las fallas en estructuras de hormigón armado.

Cuando una estructura deja cumplir con su función de una manera adecuada, se dice que ha fallado, la debilidad en las estructuras puede manifestarse por afecciones en edificaciones, desde incertidumbres en sus ocupantes, debido a pequeños daños hasta el colapso parcial o total de la edificación. Al hablar de falla es preciso aclarar dicho concepto, pues existen diferentes tipos. En este capítulo se definirán las fallas en estructuras de hormigón las cuales se clasificarán según el tipo de falla que presente

2.3.1 Tipos de falla.

Las fallas se presentan cuando una estructura o cualquiera de sus componentes dejan de cumplir su función presentando debilidades, estas pueden partir desde pequeños daños hasta el colapso. Es complicado determinar exactamente la causa de la falla debido a la diversidad de factores por la cual puede ocurrir.

En este trabajo se clasificará las fallas que se presentan en las edificaciones por medio de una segmentación que analizará las causas de origen de las mismas. Las fallas pueden aparecer en diferentes etapas:

- Etapa de proyecto
- Etapa de construcción
- Etapa de servicio

2.3.1.1 Etapa de proyecto

Etapa en la que la estructura es ideada con todas sus particularidades futuras. Todas aquellas obras que no pasen por este proceso son conocidas como “construcciones artesanales” y aquellas que cumplen con esta etapa son conocidas como “obras ingenieriles”

Esta etapa comprende prácticamente planificación y logística donde interviene la parte administrativa y la parte técnica.

Las falencias que pueden afectar al proyecto de ingeniería en esta etapa pueden surgir por errores en el diseño.

2.3.1.2 Etapa de construcción

Etapa en la que se realiza la ejecución de todo lo que se ha planificado de la etapa de proyecto, es decir, la obra se ejecuta en base a los planos con sus especificaciones y memorias técnicas y de acuerdo al cronograma realizado.

Las fallas que se dan en esta etapa son netamente de proceso constructivo ya sea por una mala dirección técnica o deficiente mano de obra.

2.3.1.3 Etapa de servicio

Etapa de larga duración en la que la obra es puesta en operación o funcionamiento luego de finalizar la etapa de construcción.

Los tipos de fallas que surgen a partir de esta etapa pueden ser por falta de mantenimiento o por acciones de agentes externos como la actividad sísmica, incendios, inundaciones o entrar en contacto con el nivel freático, impactos.

3. ANÁLISIS DE FALLAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.

3.1 ETAPA DE PROYECTO

Todas las estructuras deben ser creadas para resistir fuerzas externas, incluso cargas adicionales, resulta necesario que su composición y diseño sea adecuado, en caso de no ser así provoca que el elemento sea vulnerable a cualquier tipo de acciones.

Cualquier tipo de error que se cometa dentro de esta etapa, resultan los Ingenieros los únicos responsables, ya que son los autores del diseño. Dentro de esta clasificación encontramos las siguientes fallas:

- Fallas por mal diseño

Todos los errores cometidos dentro de esta etapa pueden provocar irregularidades que afectan la vida útil de la estructura. Estas fallas se pueden dar por:

- Errores de cálculo.
- Falta del juicio de las ordenanzas de construcción.
- Inexperiencia del método de diseño.
- Modelado teórico inadecuado.
- Datos imprecisos.
- Implementación incorrecta de materiales.
- Escasas especificaciones en los planos con fines constructivos.

Los aspectos que deben de tomarse en cuenta en el diseño de una estructura son:

- Longitud horizontal de la edificación: Bajo el efecto de sismos se incrementan las deformaciones y los esfuerzos, por cual se recomienda en estos casos el uso de juntas de expansión que evitan el choque entre estructuras.



Fotografía #1.-Edificio con mayor longitud horizontal ubicada en calle Túlcan

[Fotografía de Google Maps]. (Guayaquil.2016) Archivos fotográficos de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales.



Fotografía #2.- Edificio con mayor longitud horizontal

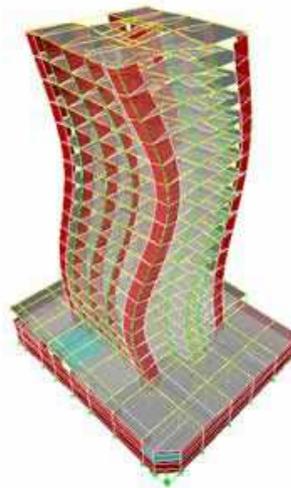
[Fotografía de Google Maps]. (Guayaquil.2016) Archivos fotográficos de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales

- Susceptibilidad a la torsión: Está relacionado a la discontinuidad entre el centro de masa y rigidez y con la heterogeneidad de rigideces entre elementos estructurales y no estructurales, manifestándose con el giro en el plano horizontal respecto a un punto de la misma produciendo altas deformaciones.



Fig. #40. Estructura típica construida en una ladera escarpada (Fierro, 2004)

- Flexibilidad: Capacidad de movimiento ante la acción de fuerzas externas permitiendo la disipación de la energía a través del suelo. Esta característica brinda un mecanismo de falla lento también conocido como falla dúctil permitiendo la evacuación de las personas que habitan la estructura. En edificaciones altas se presentan inconvenientes con este mecanismo ya que incrementa los desplazamientos y los esfuerzos.



Figura#41. Estructura dúctil ante la presencia fuerzas externas (BIBLIOCAD, 2011)

- Grado de redundancia: Distribución apropiada de las cargas en varios elementos estructurales (columna-viga-losa) que llevan la carga al suelo.



Fotografía #3. Edificio con redundancias en planta alta en Vélez y Tulcán

[Fotografía de Google Maps].(Guayaquil.2016) Archivos fotográficos de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales

- Incompatibilidad entre elementos flexibles y rígidos: Se producen comportamientos inadecuados bajo la acción de agentes externos producidos con la combinación de elementos.

En caso de:

- NO Existir la estructura: Evitar la construcción de sistemas mixtos (Elementos flexibles con elementos rígidos).

- Si Existir la estructura: Sustituir paredes rígidas por paredes flexibles o independizar las paredes colocando juntas entre ellas y la estructura flexible para así evitar la vibración mediante el golpeteo entre ellas.
- Simetrías en plantas: Cambio de dimensiones en planta ya sean estas en forma de “L”, de “T”, de “U”, entre otras generando concentración de esfuerzos en los cambios de sección, para evitar este efecto resulta conveniente segmentar y colocar juntas permitiendo el movimiento de la estructura durante la acción de un agente externo.

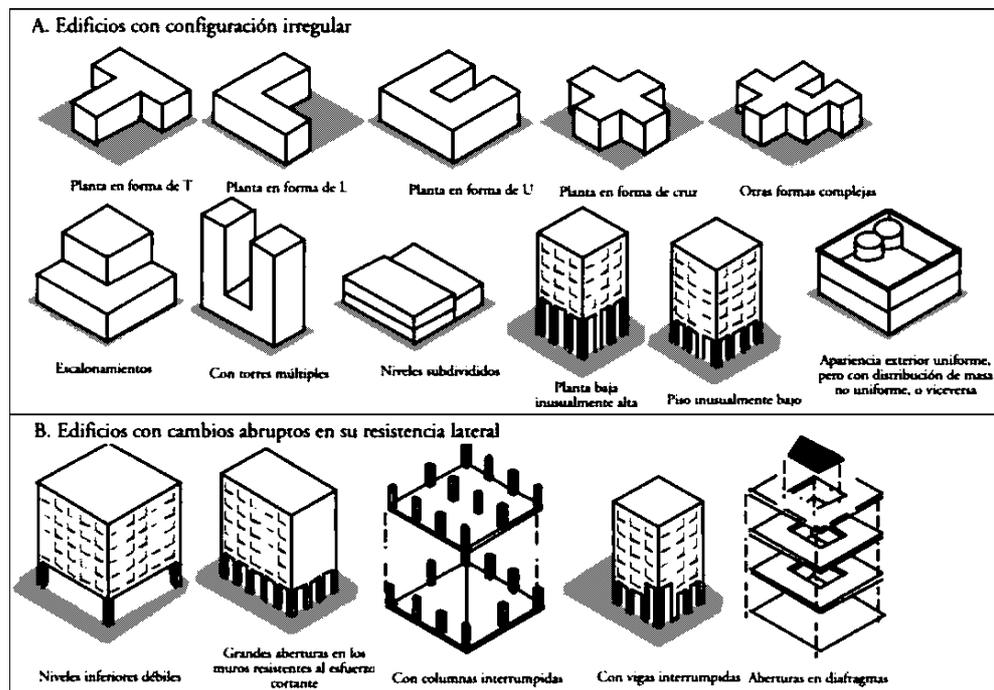


Figura #42. Tipos de simetrías en plantas. (LLOPIZ, 2014)



Fotografía #4. Edificio con asimetrías en planta baja en Ayacucho y
Tulcán

[Fotografía de Google Maps]. (Guayaquil.2016) Archivos fotográficos
de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales



Fotografía #5. Edificio con asimetrías en planta baja en Ayacucho y
Garcia Moreno

[Fotografía de Google Maps].(Guayaquil.2016) Archivos fotográficos
de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales



Fotografía #6. Colapso de edificio con asimetrías en planta baja en Ayacucho y García Moreno durante sismo ocurrido el 16 de Abril de 2016

[Fotografía de Google Maps].(Guayaquil.2016) Archivos fotográficos de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales.

- Columnas y plantas débiles: Las columnas débiles se producen por columnas cortas o cuando la viga en la que se apoya tiene mayor resistencia, produciendo pisos débiles produciendo deformaciones laterales conocidas como fallas por cortante antes que por flexión produciendo a la estructura degradación de rigidez, inestabilidad geométrica, y posiblemente al colapso.

El Piso Blando se presenta cuando un nivel tiene una rigidez mucho menor que el resto, y se vuelve más crítico cuando este se encuentra en el primer nivel. La diferencia de rigideces en los entrepisos se puede deber a que entre las columnas se construyan muros unidos a ellas y de esta manera hacen más rígidos los marcos; y en planta baja no existen muros, esto crea una diferencia muy grande de rigideces.



Figura #43. Se puede observar en el nivel uno con el superior se concentran esfuerzos muy grandes en las columnas que rebasan la capacidad a cortante de las ellas. (Fierro, 2004)



Figura #44. El edificio a la izquierda es un edificio de mediana altura relativamente nuevo. El edificio a la derecha es un edificio de mediana altura en construcción. Ambos tienen la típica Planta Baja, que crea pisos blandos y débiles. (Fierro, 2004)



Figura #45. Típica Planta Baja con un primer piso alto y con las columnas que varían significativamente en altura. (Fierro, 2004)



Fotografía #7 Edificio con columnas de planta baja con longitudes excesivas ubicada en Cuenca y Babahoyo. [Fotografía de Google Maps].(Guayaquil.2016) Archivos fotográficos de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales.

- Irregularidades verticales: Son cambios fuertes de masa, dimensiones, rigideces a lo largo de su altura que incrementan las aceleraciones de respuesta ante agentes externos aumentando la posibilidad de volteo incrementando y reubicando los esfuerzos en el elemento estructural.

Para impedir este tipo de efecto se deben evitar:

- Tanques de agua
- Maquinaria pesada
- Almacenes, bibliotecas
- Paredes y losas pesadas
- Ornamentos pesados



Fotografía #8. Edificio con tanque elevado en José Mascote y Pedro Pablo Gómez. [Fotografía de Google Maps]. (Guayaquil.2016)
Archivos fotográficos de Edificaciones de la Ciudad de Guayaquil Satelitales.

3.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Todas las edificaciones al terminar la etapa de proyecto pasan a la etapa constructiva, esta comprende la ejecución de lo planificado, es decir, el desarrollo de la construcción. Este tipo de fallas están relacionadas a una mala práctica constructiva que no siempre va a afectar el comportamiento de la estructura como tal. Durante esta etapa pueden surgir errores por:

- *Escasa información brindada en el diseño debido a la falta de especificaciones en los planos.
- *Deficiente supervisión de obra de personal técnico y administrativo.
- *Uso de materiales con características diferentes a la establecida en el proyecto o con Insuficiente calidad por motivos económicos.
- *Mala calidad de mano de obra
- *Incumplimientos en normas constructivas
- *Incumplimiento de especificaciones técnicas.
- *Mala interpretación de la información del proyecto por poca o nula relación entre el diseñador y constructor.
- *Plazos cortos de cumplimiento de trabajos.
- * Modificaciones del proyecto durante el transcurso del mismo.

Todos estos motivos producen una consecuencia desfavorable e inaceptable. Los defectos más usuales durante esta etapa que deben tomarse en cuenta al momento de la construcción son:

- **Posición equivocada de columnas:** Este tipo de fallas se refiere en aquellos casos en los que el acero de la columna es ubicado de diferente forma a la indicada en el diseño modificando sus inercias dando así resistencias menores a las previstas en el proyecto.
- **Fallas de alineación vertical:** Este tipo de defecto provoca excentricidades causando problemas en el comportamiento sísmico de la estructura se genera cuando el centro de una

columna se encuentra desviado con respecto al centro de masas de la columna superior o inferior.



Fig. #46. Delineamiento vertical de columnas. Incorrecta secuencia de columna a diferentes niveles donde varia la geometría de su sección de circular a rectangular, las varillas longitudinales de la columna superior no coinciden con la columna inferior. (Fierro, 2004).

- **Escases o exceso de recubrimiento:** Este fenómeno afecta gravemente a las estructuras, en el caso de las vigas o columnas en caso de tener mayor recubrimiento al necesario el hormigón presenta mayores retracciones que pueden provocar su rotura dejando así expuesto el acero



Fig. #47. Falta de recubrimiento en losa (Diez, 2012)



Fig. #48. Falta de recubrimiento en viga (Diez, 2012)



Fig. #49. Falta de recubrimiento en columna (Diez, 2012)

- **Mínima longitud de anclaje o insuficiente cantidad de ganchos en vigas:** Este defecto provoca que la barra de acero se deslice en el hormigón dando lugar a pequeñas fisuras verticales en la parte superior de la viga dejando posible el riesgo de inestabilidad.

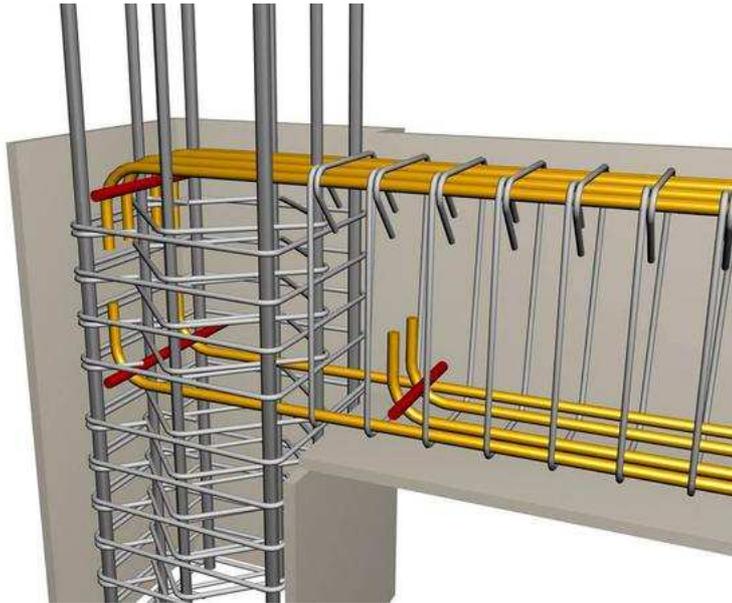


Fig. #50. Conexión Viga-Columna (BIBLIOCAD, 2011)



Fig. #51. Colapso de columnas por falta de estribo (Civilgeeks, 2011)



Fig. #52. El deficiente dimensionamiento, falta de estribos y la mala calidad del concreto hicieron que la columna falle.

(Civilgeeks, 2011)

- **Mala configuración del acero transversal:** Cuando los estribos se encuentran con separaciones mayores a las proyectadas puede dar inicio al pandeo en el acero longitudinal, reduciendo la resistencia de las fuerzas cortantes y torsionales.



Fig. #53. Estructura con sección insuficiente, inadecuada distribución de estribos y conformación de los mismos. (DÍAZ, 2015)

- **Mala configuración del acero longitudinal:** Cuando las barras longitudinales no se encuentran separadas entre sí, obstaculiza la maniobra de fundición dando origen a una distribución inadecuada de resistencia.
- **Falta de acero de retracción:** Esta falla se produce cuando no se colocan mallas de acero en las losas produciendo grietas por efecto de cambios bruscos de temperatura y retracción del hormigón.
- **Ineficiente vibrado del hormigón:** Este defecto se produce cuando existen vacíos en el hormigón limitando así su adherencia con el acero y minimiza la distribución uniforme de la mezcla bajo este efecto se produce heterogeneidad de la resistencia del elemento, incurre a la deformación e incrementa la posibilidad de grietas por la facilidad de entrada de humedad.



Fig. #54. Consecuencias de la falta de vibrado al momento de fundir el elemento estructural. (Esteban, 2015)

- **Deficiente calidad del hormigón:** Generalmente se produce por mala relación agua-cemento, de agregados-cemento y uso de aditivos perjudiciales afectando directamente a la resistencia produciendo vacíos, falta de adherencia y facilitando la corrosión de la armadura.



Fig. #55. Dosificación del Hormigón. (TARINGA, 2013)



Fig. #56. Forma de Mezclado. (TARINGA, 2013)

- Mal curado del elemento:** Se debe tener un control una vez fundido el elemento al momento de desencofrar se debe tener un correcto tratamiento de curado que en la mayoría de los casos no se realiza provocando fisuras, falta de adherencia y resistencia, este efecto puede aumentar la posibilidad de aumentar los asentamientos y retracción. Se puede controlar utilizando juntas de contracción y un adecuado detallado de las armaduras.



Fig. #57. Fisuras de losa por mal curado de la misma.
(Civilgeeks, 2011)

- **Mala elección de materiales:** La construcción defectuosa ocurre cuando se utilizan materiales inadecuados para la construcción. Los materiales que se deben de usar deben ser óptimos, que cumplan con los requisitos mínimos de calidad, propicios para resistir las cargas para las cuales fueron diseñadas las estructuras y los agentes externos. El uso de materiales inadecuados surge por criterios económicos o falta de ética profesional produciendo fallas que ponen en riesgo la integridad de la estructura y de las personas que la habitan. Los materiales que se usen durante la construcción deben cumplir con todas sus características físicas, mecánicas y químicas, si alguna de ellas no es apropiada surgirán fallas que pondrán en juego la durabilidad de la estructura.
- **Mal ejecución durante el encofrado y desencofrado:** En el caso de moverse el encofrado durante el proceso de fraguado del hormigón se podrían originar fisuras longitudinales en vigas y si durante el proceso de desencofrado se lo realiza de forma prematura dan origen a mayores deformaciones.
- **Filtración en losas:** Las filtraciones emergen cuando la losa no ha sido curada o impermeabilizada de manera eficiente, también cuando carece de buenas pendientes para escurrir el agua.



Fotografía #9. Filtración en losa por falla de pendientes.
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

- **Tensiones de origen térmico:** Este tipo de falla se genera por las diferentes tipos de temperaturas que experimenta un elemento estructural de hormigón por pérdidas de calor de hidratación.
- **Efectos de columna corta:** Este fenómeno se genera al adicionar un muro a una columna que va de entrepiso a entrepiso generando un golpeteo lateralmente en la parte baja de la columna fallando así por cortante de manera frágil en estos casos resulta conveniente desconectar el muro con la columna y además colocar un sellante en la junta.

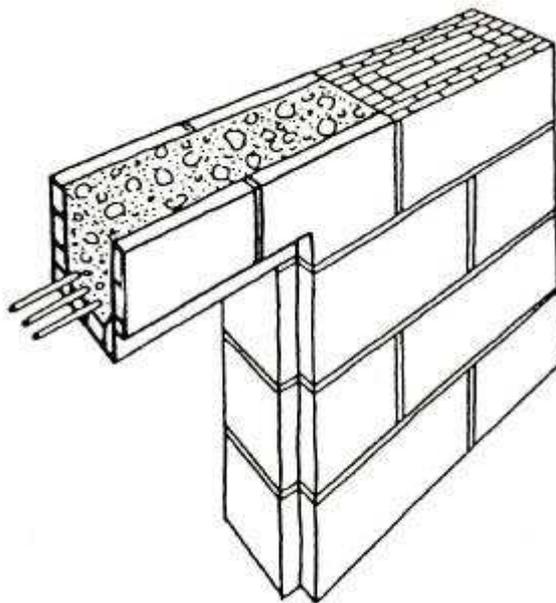


Fig. #58. Columna corta causada por albañilería. (Civilgeeks,
2011)



Fig. #59. Efectos de columna corta, falla por aplastamiento.
(Civilgeeks, 2011)

- **Carencia de elementos estructurales (DINTELES Y PILARETES)**



Dintel con una pared de hormigón celular y medianero central de hormigón armado.

Fig. #60. Dintel en boquete de puerta. (Félix, 2013)

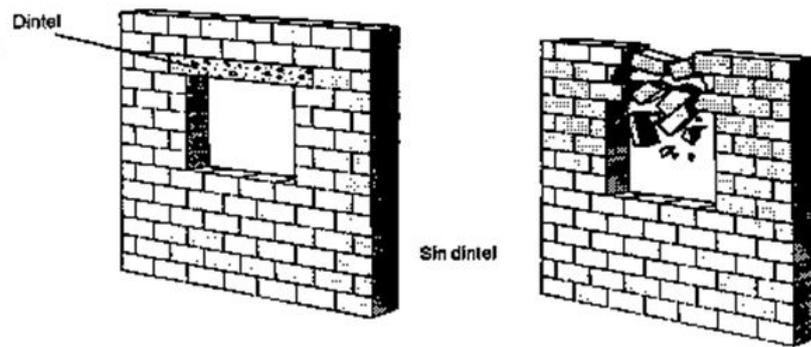


Fig. #61. Consecuencias de la ausencia de dinteles. (Félix, 2013)

- **Confinamiento deficiente en columnas:** Este efecto se genera cerca de la unión con la viga perdiendo así el recubrimiento provocado por el acero longitudinal pandeando hacia afuera.
- **Mala conexión entre elementos estructurales:** Este efecto produce vuelcos que han ocurrido por mala conexión entre las losas sin vigas y columnas.
- **Fallas por torsión:** Este tipo de fallas se originan por cargas excéntricas en vigas, deformaciones debido a la continuidad del sistema y conexiones laterales de elementos metálicos a vigas o columnas, este efecto se puede reducir con el uso de acero de refuerzo transversal con el espaciamiento adecuado.



Fig. #62. Falla por cortante en columna. (LÓPEZ, 2007)

El edificio sufrió torsión debido a la excentricidad entre el centro de rigideces y el centro de gravedad, provocando fuerzas cortantes muy grandes en las columnas. Estas fuerzas rebasaron la capacidad del refuerzo lateral de las columnas (estribos), los estribos se encontraban muy separados verticalmente.

3.3 ETAPA DE SERVICIO

Todas las construcciones se diseñan para un periodo de vida útil, pero con el pasar del tiempo, se van presentando fallas que deben ser solucionadas a tiempo para que estas no produzcan mayores efectos. La manifestación de los agentes externos como lluvia, sol, sustancias químicas en el entorno; hacen que la estructura se debilite constantemente. Por todos estos motivos resulta de mucha importancia el uso apropiado y constante de mantenimiento

previniendo así el deterioro normal e inevitable causado por el transcurso del tiempo.

Los mayores efectos que se producen son

- **Humedades y filtraciones en paredes, techos, losas y otros elementos:** Este tipo de fallas se dan por malos recubrimientos, por fisuras a causa de la retracción del hormigón y pendientes incorrectas durante la etapa de construcción del elemento.
- **Falta de mantenimiento a los edificios: Son medidas preventivas a futuros daños provocado por el deterioro de la estructura con el fin de conservar sus condiciones de servicio,** la falta de mantenimiento de las edificaciones provoca el deterioro de las mismas ya que las estructuras van envejeciendo con el paso del tiempo y la exposición al entorno.
- **Inadecuado funcionamiento:** Una estructura es diseñada para resistir condiciones diferentes a las que realmente se las somete esforzando a la estructura con mayores cargas. Durante la etapa de diseño se analiza cual será su capacidad de soporte para la cual se asume un peso por metro cuadrado según su futuro uso, al momento de no cumplir con el uso para el cual fue diseñado el elemento experimenta sobrecarga lo cual resulta indeseable ya que esto afecta directamente su capacidad de resistencia estructural.



Fig. #63. Falla de conexión columna-losa provocado por sobrecarga. (Fierro, 2004)

- **Fallas accidentales:** Este tipo de fallas se presentan por la presencia de una fuerza externa a la edificación. Estas fuerzas pueden ser producidas por eventos naturales, como inundaciones o sismos en el caso de Guayaquil. Cuando estos fenómenos ocurren los daños son ineludibles, pero el efecto de estos se pueden minimizar evitando una catástrofe. Se recomienda construir estructuras capaces de resistir estos efectos teniendo un control en el diseño, materiales y construcción.

4. SOLUCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

4.1 ETAPA DE PROYECTO

- **Para evitar longitudes horizontales excesivas** en edificaciones se deben realizar juntas de expansión que eviten el choque entre estructuras. También se puede reforzar las zonas débiles en especial las esquinas para evitar la concentración de esfuerzos. Otra forma es redistribuyendo los elementos resistentes transversales y sistema de piso rígido en planta.
- **Para reducir el grado de redundancia** se debe diseñar estructuras sin cambios de dimensiones bruscos con lo cual resulta conveniente segmentar y colocar juntas que permitan el movimiento ante la acción de una fuerza externa favoreciendo a la flexibilidad de la estructura y evitando la susceptibilidad de volcamiento.
- En caso de existir **incompatibilidad entre elementos flexibles y rígidos** se debe sustituir paredes rígidas por flexibles e independizar mediante juntas evitando el golpeteo entre edificaciones.
- Para evitar los efectos debido a **asimetrías en planta o elevación** se debe minimizar o eliminar en lo posible la vibración torsional mediante la distribución de elementos provocando que el baricentro de masa coincida con el centro de torsión. También se puede redistribuir el edificio realizando cuerpos independientes y regulares mediante la fabricación de juntas de construcción.

- **Variación de rigideces en altura** provocan concentraciones de esfuerzos en diferentes niveles del edificio, lo que produce vibraciones en pisos superiores, para lo cual se debe mantener la sencillez, regularidad y simetría considerando formas prismáticas, rigidización de zonas superiores para limitar sus desplazamientos y reducción gradual.

4.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

- Antes de comenzar esta etapa hay que cerciorarse de tener toda la información necesaria respecto al diseño y especificaciones técnicas para evitar errores.
- Contar con personal técnico apropiado.
- Usar materiales de buena calidad que permita garantizar la eficacia de la construcción.
- Cumplir con todas las normas constructivas y especificaciones técnicas presentes en el proyecto.
- **Falla por Traslapes**, el control al momento del armado de acero de refuerzo en elementos estructurales es crucial para garantizar la estabilidad de la misma, ya que si no se respeta la longitud de desarrollo o el anclaje adecuado, las varillas se deslizarán provocando roturas plásticas en la estructura.

4.3 ETAPA DE SERVICIO

- Se debe cumplir con el uso para el cual el diseño fue concebido evitando sobrecargas en las edificaciones lo cual convierte vulnerable las edificaciones.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó los tipos de fallas usuales en estructuras de hormigón armado en la ciudad de Guayaquil para crear una guía a todas las personas involucradas en el área constructiva con el fin de mejorar la calidad de las infraestructuras futuras basándonos en las causas de la falla y las soluciones correspondientes.

Determinar las causas de una falla no es nada sencillo puesto que la presencia de una falla se puede deber a varios factores que actúen de manera simultánea dificultando el origen de la misma, por lo cual resulta conveniente clasificar en base a etapas que presenta una estructura, partiendo desde la etapa de proyecto hasta su etapa de servicio.

Se ha demostrado a lo largo de este trabajo que no está de más seguir los pasos esenciales en el diseño de una edificación lo cual comprende a la etapa de proyecto, ya que este es el origen de la falla que se pueden producir por errores de cálculo, falta de detalles, mal uso de ordenanzas de construcción, escasas especificaciones técnicas, entre otros factores que pueden incidir en la serviciabilidad de la edificación. Todos los errores que se presenten durante este periodo serán responsabilidad absoluta del diseñador.

Una vez finalizada la etapa de proyecto, resulta conveniente contar con mano de obra capacitada y una supervisión técnica adecuada que permita cumplir todos los parámetros establecidos de la etapa de proyecto y realizar con éxito la ejecución de la etapa constructiva, evitando errores como: fallas de trazado y replanteo, fallas de alineación vertical, errores de armado estructural, mala ejecución durante el encofrado o desencofrado, mala dosificación de hormigón, exceso o carencia de recubrimientos, ineficiente vibrado del hormigón y mal curado del elemento.

Al concluir la etapa constructiva, las edificaciones entrarán a la etapa más larga definida en este trabajo como etapa de servicio, durante este periodo se presentarán fallas que si son solucionadas en su momento no presentarán mayores efectos.

Las estructuras pueden verse afectadas por fuerzas naturales que si bien no pueden ser evitadas, sí se puede mitigar sus impactos. Por lo cual resulta indispensable brindar un mantenimiento y uso adecuado para lo cual fue diseñado, evitando así sobrecargas.

5.2 RECOMENDACIONES

5.2.1 Etapa de Proyecto

Un diseño adecuado debe contener los siguientes principios básicos que se deben cumplir en cuanto a su configuración como:

- Lo más liviano posible ya que esta características permite en cuanto menos masa posee la estructura las fuerzas de inercia que producen efectos sísmicos serán menores.
- Estructura rígida y dúctil limita el valor de las derivas de piso.
- Estructuras de forma sencilla no muy elongada y simétrica con esbeltez limitada en planta y altura permite mayor grado de confiabilidad bajo efecto de agentes externos brindando uniformidad en distribución de masas, rigideces y resistencia.
- Elección adecuada del tipo de análisis estructural, que determine resultados realistas y compruebe las zonas críticas de las estructuras.
- Correcto dimensionamiento de los elementos permitiendo la capacidad de absorción y disipación de energía, garantizando estabilidad y transmisión eficaz de las cargas al suelo.

5.2.2 Etapa de Construcción

- Realizar un correcto replanteo en base a la información brindado por el diseñador para así evitar incorrecta posición de columnas que afecten así el desempeño de la estructura.

- En caso de notar criterios incorrectos en cuanto al diseño del proyecto es recomendable no continuar con la construcción sin antes consultar con el personal técnico.
- Se recomienda el uso correcto e imprescindible de separadores de hormigón para cumplir con los recubrimientos especificados en el diseño de cada uno de los elementos estructurales y así evitar la excentricidad del acero de refuerzo con respecto a su eje lo cual conduce a futuras corrosiones.
- Se requiere un mayor control en la mano de obra durante esta etapa del proyecto para cumplir con las especificaciones técnicas determinadas por los diseñadores.
- El uso de materiales de buena calidad es indispensable para validar la calidad de la construcción.
- Al momento de encofrar los elementos estructurales el replanteo vuelve a resultar fundamental ya que se deben de considerar las luces entre los elementos considerando recubrimientos, enlucidos y plomos.
- Se debe mantener un control constante en la calidad del hormigón para cumplir con los requerimientos de relación agua-cemento y árido-cemento para que al momento de fundir no exista complicaciones en el proceso lo cual provoque vacíos e incida en la resistencia del elemento.
- Durante el proceso de fundición no solo resulta importante la buena calidad del hormigón y vibrado del elemento sino también luego de finalizar se debe realizar un correcto curado para facilitar a la estructura que obtenga la resistencia requerida en los próximos 28 días.
- Respecto a mezclas de hormigón se debe certificar una correcta relación agua-cemento y de agregados-cemento, el uso de granulometrías adecuadas y la mínima cantidad de cemento respecto a la resistencia deseada ya que de no ser así se podrían generar retracciones.

- Evitar hormigones porosos debido a su baja resistencia y mayor retracción, así mismo se debe revisar la cantidad de aire ya que puede disminuir su capacidad y resistencia.

5.2.3 Etapa de Servicio

- Durante esta etapa resulta obligatorio cumplir con la capacidad de servicio para la cual fue diseñada la estructura y así evitar las sobrecargas que pueden llevar al colapso de la edificación.
- Es indispensable realizar el mantenimiento continuo de la edificación para evitar futuros problemas antes ya descritos.
- En el caso de fallas por eventos naturales los problemas que se presentan son poco probables de evitar pero si existe un control durante la etapa de proyecto y construcción se pueden reducir de fallas frágiles a fallas dúctiles del elemento.
- Es recomendable realizar muestras para analizarlas microscópicamente con el fin de determinar la calidad del hormigón en cuanto a compactación, relación agua-cemento, contenido de vacíos, micro-fisuras y curado.

6. REFERENCIAS

- Astroga, A, Rivero, P (2009), Patología de las edificaciones.
Recuperado de:http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf
- "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", American Concrete Institute.
- "Código Ecuatoriano de la Construcción", Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Manual de la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP, Volumen N° 3 Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes.
- Puente, G,S, (2007), Patología de la construcción en mampostería y hormigones. (Sangolquí,Ecuador) Recuperado de:
[ttp://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1633/1/T-ESPE-014821.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1633/1/T-ESPE-014821.pdf)

7. ANEXOS

ANEXO #1



Columnas cuadradas de hormigón armado.

[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

ANEXO #2



Estructuración de acero de vigas de hormigón armado.
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga]. (Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

ANEXO #3



Viga de amarre (Construyendo, 2013)

ANEXO #4



Estructuración de viguetas de losa nervada (Construyendo, 2013)

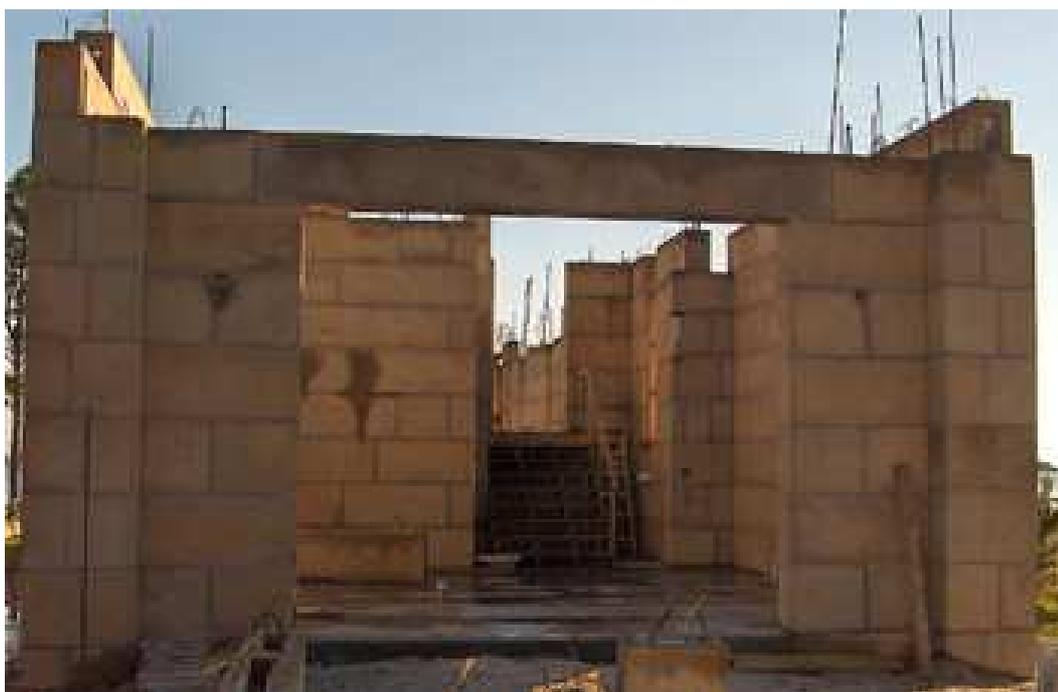
ANEXO #5



Vigas corona (Construyendo, 2013)



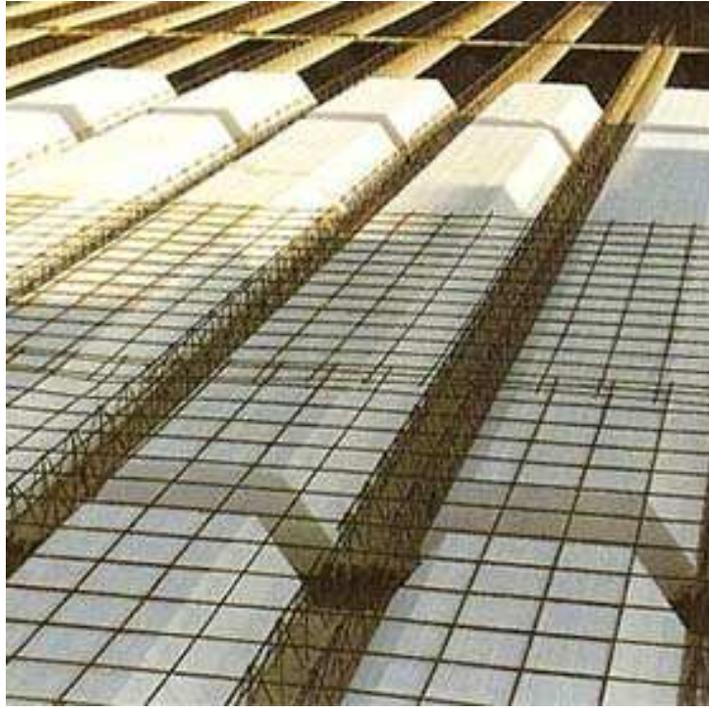
Vigas corona (Construyendo, 2013)



ANEXO #6

Construcción de dintel de hormigón sobre marco de puerta
(CONSTRUCCIÓN ONLINE, 2016)

ANEXO #7



Construcción de losa aligerada (Construyendo, 2013)



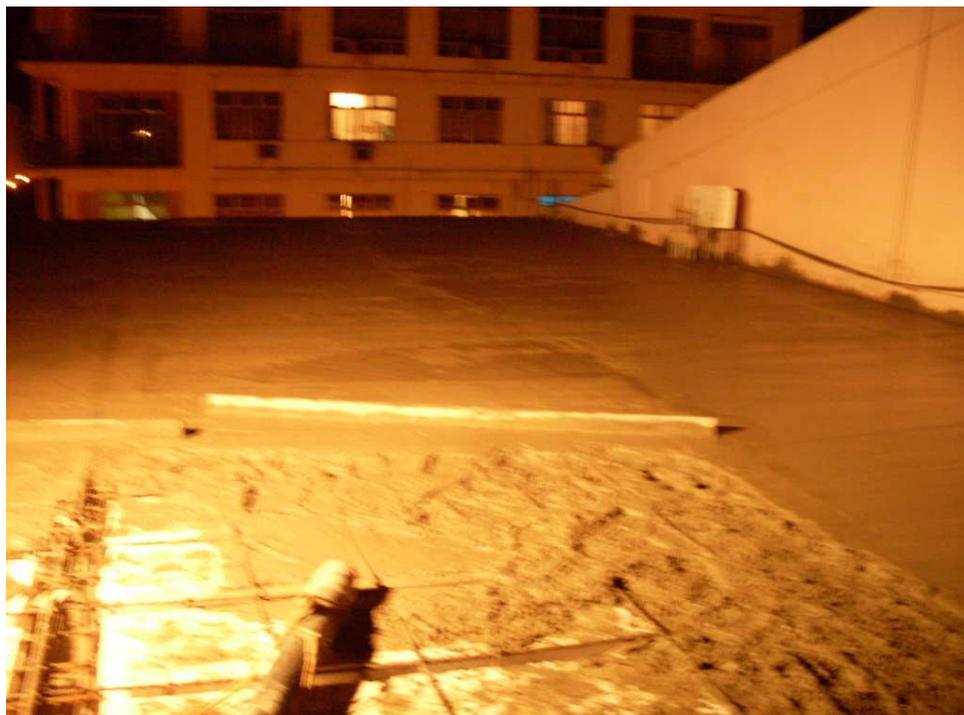
Relleno de losas aligeradas (Construyendo, 2013)



Preparación de losas antes de fundición (Construyendo, 2013)



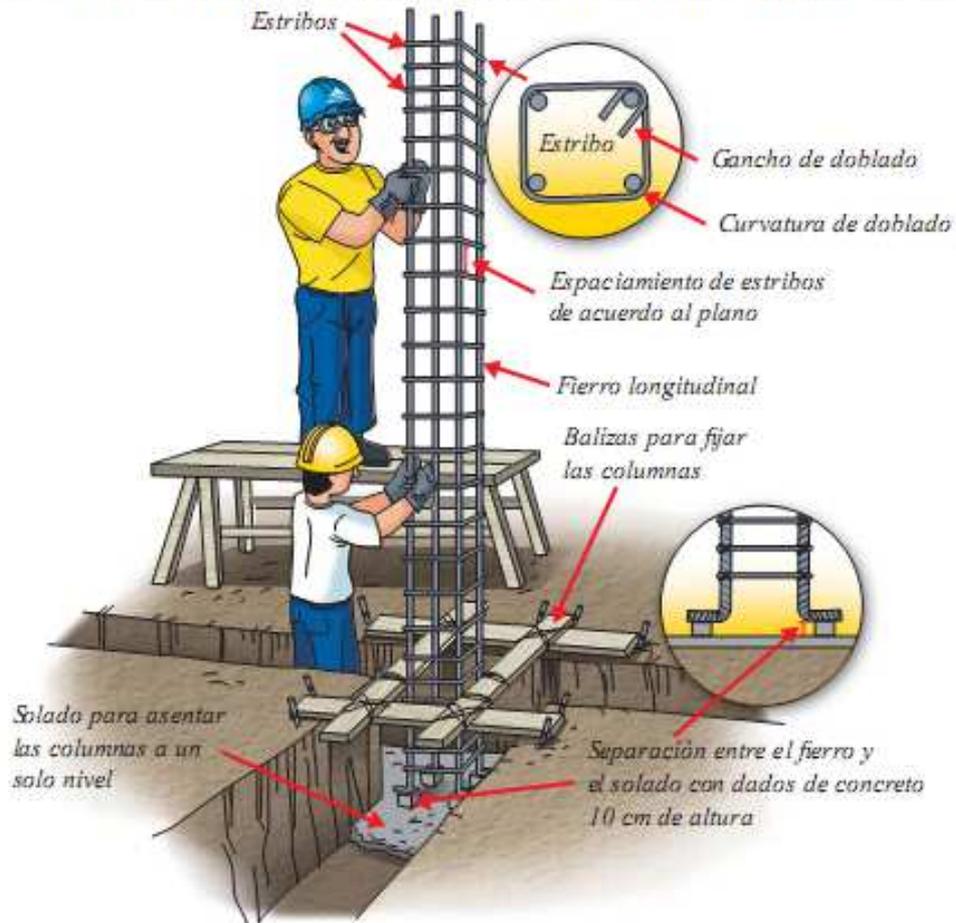
Losa aligerada fundida (Construyendo, 2013)



Fundición nocturna de Losa de hormigón armado.
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

ANEXO #8

Armatura de columna de hormigón armado fijada a la cimentación



Armado de columna de hormigón fijado a cimentación (TARINGA, 2013)



Configuración de armadura mediante la colocación de refuerzos longitudinales y transversales [Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #9



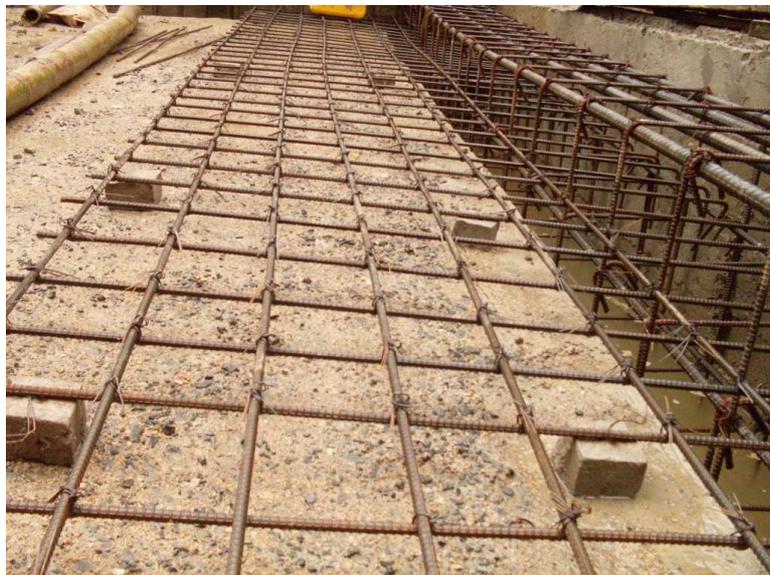
Armadura longitudinal y transversal agarrando a la parrilla
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #10



Colocación de separadores de hormigón según la necesidad del recubrimiento.

[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile



Colocación de separadores de hormigón según la necesidad del recubrimiento

[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #11



Encofrado de columnas de planta baja.

[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile



Empleo de encofrado de columnas y vigas.

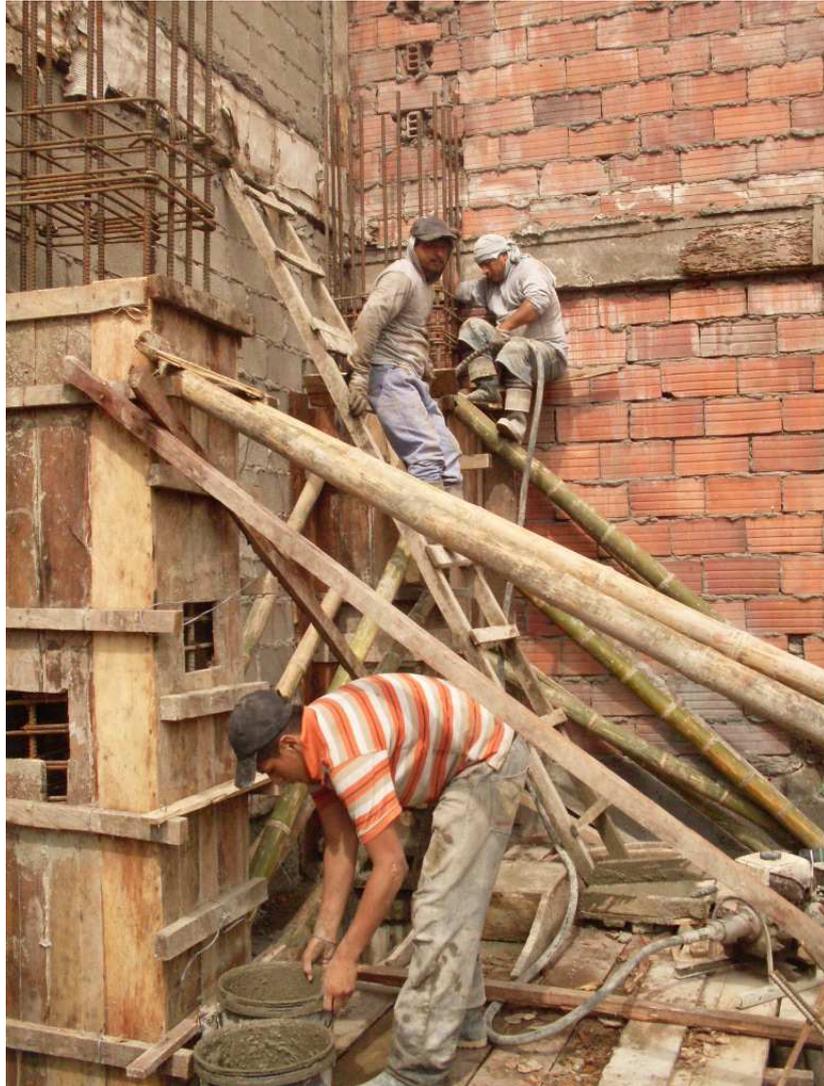
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #12

Proceso de vaciado y vibración durante la fundición



Proceso de vaciado y vibración en columnas de hormigón armado
(TARINGA, 2013)



Vertido de hormigón y vibración del elemento
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #13



Desencofrado de columnas

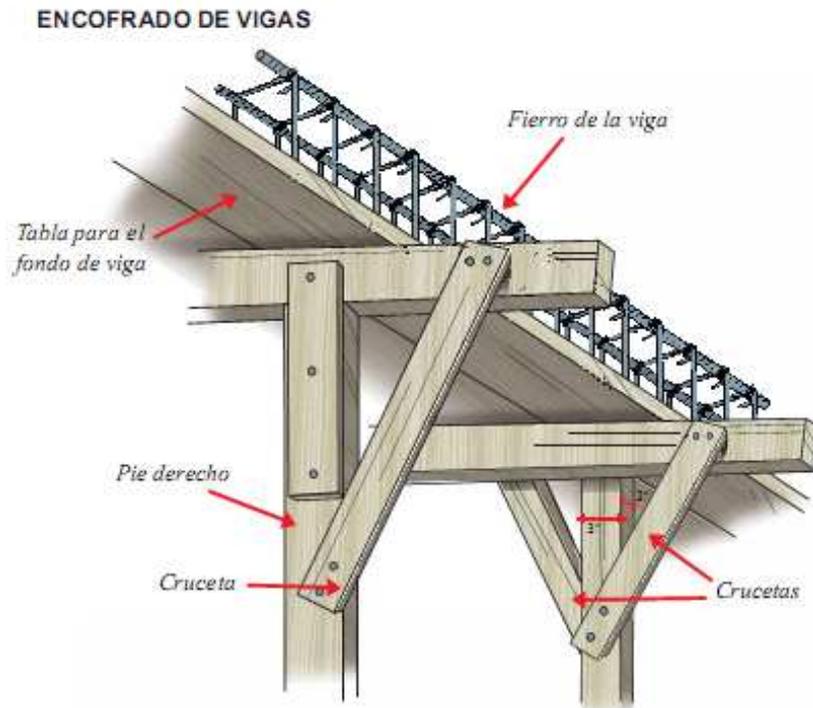
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile



Desencofrado de elementos anteriormente fundidos y preparación de vigas y columnas de siguiente nivel.

[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #14

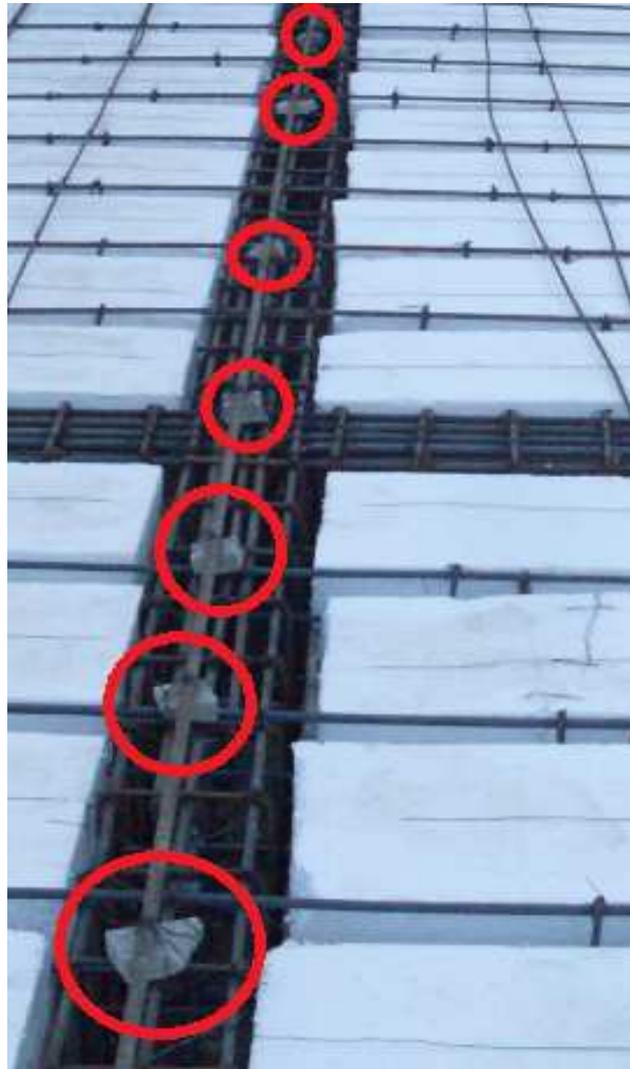


Esquema de encofrado de vigas (TARINGA, 2013)



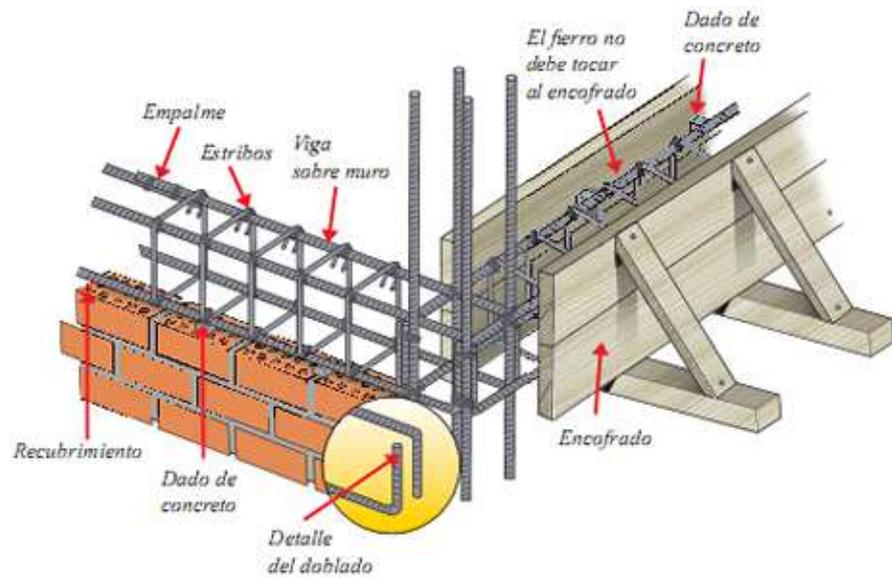
Instalación de estructuras de soporte previo con cañas
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #15



Separadores de hormigón, donde reposará el acero de refuerzo de la viga. [Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #16



Detalle de armado de vigas de hormigón armado. (TARINGA, 2013)

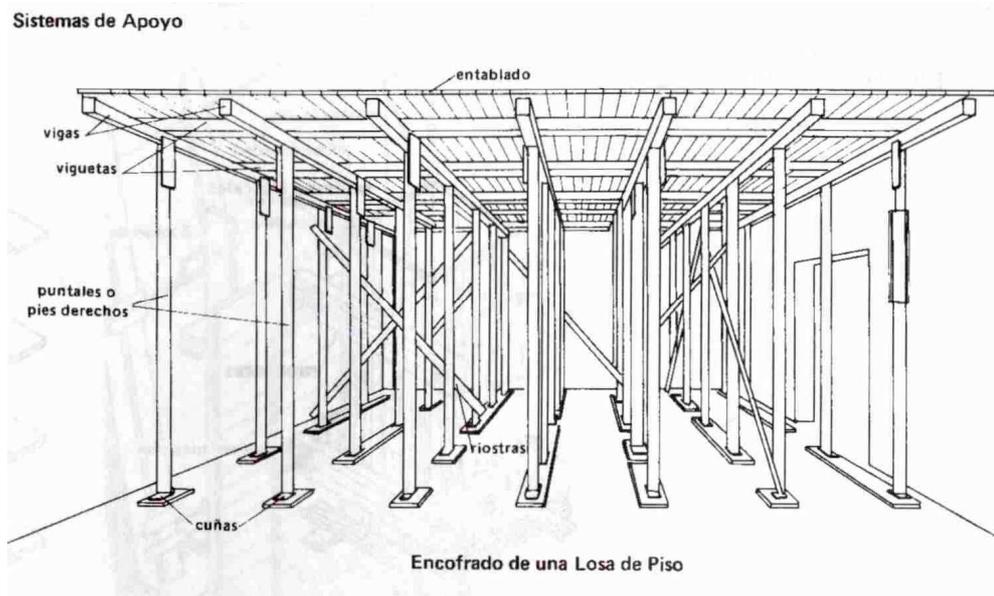


Estructuración de acero de vigas de hormigón armado
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile



Encofrado de vigas una vez finalizada la estructuración de la misma
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #17



Apuntalamiento de losa de hormigón armado con puntales metálicos
(Civilgeeks, 2011)



Apuntalamiento con caña y encofrado de losa con altura de 6 metros
para construcción de futuro mezzanine de estructura metálica
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile



Apuntalamiento con estructuras metálicas y encofrado de losa de niveles superiores [Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile

Anexo #18

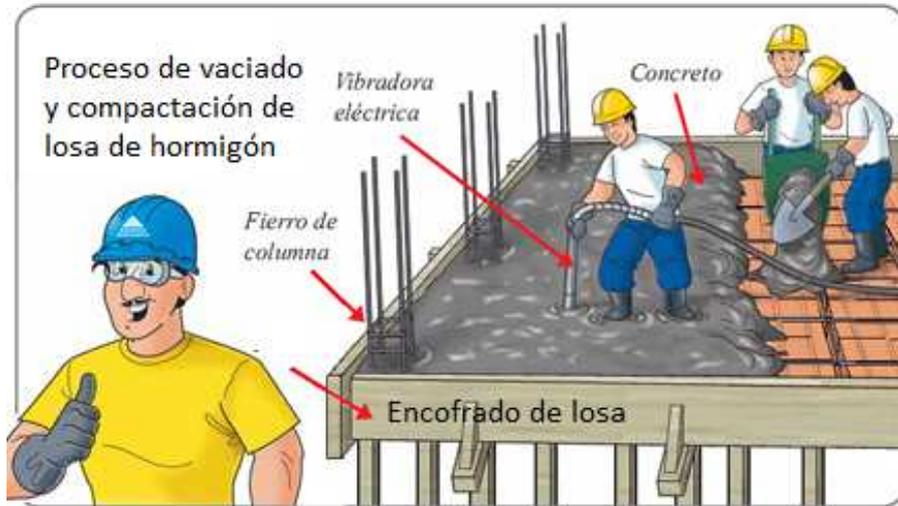


Estructuración de una losa de hormigón armado (TARINGA, 2013)



Estructuración de acero en losa de hormigón armado
[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile.

Anexo #19



Proceso de vaciado y compactación en una losa de hormigón armado (TARINGA, 2013)



Nivelación de piso al momento de fundición de losa mediante regla metálica. (TARINGA, 2013)



Fundición de losa de hormigón armado

[Fotografía de Arq. Aicardo Zuluaga].(Guayaquil.2012) Archivos
fotográficos de Edificio XAMI COLLECTION. Sucre y Chile



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Martínez Herrera, Miguel Alejandro**, con C.C: # **0917127581** autor del trabajo de titulación: **Fallas usuales en Guayaquil en estructuras de hormigón, causas y soluciones**, 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, **12 de Septiembre de 2016**

f. _____

Nombre: **Martínez Herrera, Miguel Alejandro Apellidos**

C.C: **0917127581**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Fallas usuales en Guayaquil en estructuras de hormigón, causas y soluciones		
AUTOR	Miguel Alejandro, Martínez Herrera		
REVISOR/TUTOR	Marco Vinicio, Suárez Rodríguez.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de Septiembre de 2016	No. DE PÁGINAS:	106
ÁREAS TEMÁTICAS:	Construcción, Estructuras, Fundamentos Básicos de Ingeniería		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Losas, vigas, columnas, proyecto, construcción, servicio, causa, efectos, soluciones.		
RESUMEN/ABSTRACT :			
<p>En el presente trabajo investigativo, se realiza un análisis profundo de los tipos de falla que con frecuencia se presentan en la construcción de estructuras de hormigón armado, principalmente en edificaciones de Guayaquil, las estructuras en las que se enfocará este trabajo son: losas, vigas y columnas. Debido a la diversidad de fallas que pueden ocurrir, se analizarán de acuerdo a las etapas por las que atraviesa una edificación, las cuales son: Etapa de Proyecto, Etapa de construcción y Etapa de servicio. Una vez identificadas y clasificadas las fallas, se analizará la causa por la cual fue cometida, su efecto y se buscará un método preventivo para evitar que se repitan estos errores en la ejecución de un proyecto de ingeniería, con el fin de aportar una guía de análisis de problemas similares dirigida a los constructores, promotores y todos los que estén involucrados en un proyecto de construcción en general para obtener soluciones constructivas durables.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2883127	E-mail: alejandro-2391@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: (Glas Cevallos, Clara)		
	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):			