

**Pontificia Universidad Católica del Perú**

**Escuela de Posgrado**



**PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS ERRÓNEOS  
EN EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO**

**Tesis para optar al Grado de Magister en Ingeniería Civil**

**Presentada por:**

**Ing. Marko Antonio Lengua Fernández**

**Asesor:**

**Mag. Gianfranco Ottazzi Pasino**

**Miembros del Jurado:**

**Dr. Jorge Marcial Blondet Saavedra**

**Dr. Rafael Aguilar Velez**

**Lima – Perú**

**2013**



**Reconocimientos:**

*A mis Padres y Hermanos, pues siempre me dieron todo su apoyo en las decisiones tomadas.*

*A todos mis profesores de la PUCP, a quienes admiro mucho, pues cada uno de ellos contribuyó a mi formación de Ingeniero Civil.*

*A La Pontificia Universidad Católica del Perú, por todo lo que me ha dado desde el primer día en que me abrió sus puertas.*

*Al Dr. Marcial Blondet y al Dr. Rafael Aguilar, por contribuir con el enriquecimiento de esta Tesis.*

*Al Mag. Gianfranco Ottazzi, por haberme acompañado en la Licenciatura y en La Maestría, conservaré siempre cada una de sus enseñanzas; "Gracias Gianfranco".*

*a Rosa Herminia Lucila,*

*mi más infinita pasión.*



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**  
**PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS ERRÓNEOS**  
**EN EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO**

**RESUMEN DE TESIS**

NOMBRE DEL TESISISTA: MARKO ANTONIO LENGUA FERNANDEZ

CÓDIGO: 19941072

El presente trabajo reúne de forma ordenada los errores que se cometen durante los procesos constructivos de un edificio multifamiliar, y se ha orientado la atención exclusivamente hacia el “concreto armado”. Además se han incluido en forma didáctica los anexos “procedimientos constructivos erróneos en albañilería” y “tratamiento inadecuado del concreto simple”, como complemento del tema principal.

El trabajo está dividido en tres capítulos: cimentaciones, elementos estructurales verticales y elementos estructurales horizontales; se finaliza con las respectivas observaciones y conclusiones, más una referencia bibliográfica. Al final se incluyen seis anexos, los cuatro primeros como una ampliación de los temas referidos en los tres capítulos principales, y los dos últimos ya mencionados en el primer párrafo.

La metodología a seguir comienza con la detección de errores dentro de los procesos constructivos, los cuales se van archivando y documentando sobre todo con fotografías, y de ser necesario se incluyen gráficos para la explicación. Al problema encontrado se le asigna un lugar dentro de la estructura del trabajo, haciendo una explicación previa de la importancia desde el punto de vista teórico de porqué es necesario proceder correctamente. Después se hace una recomendación basada en normas y reglamentos de Ingeniería en el Perú, así como en estudios previos de especialistas reconocidos a nivel mundial.

En algunos casos y a través de los anexos, se han ampliado las explicaciones mediante un análisis numérico, con el fin de reforzar el sustento científico presentado.

Se ha puesto énfasis en la presentación visual de la tesis, con fotografías en su mayor parte recolectadas por el autor así como gráficos explicativos. También se ha recurrido a otras fuentes como Internet y/o publicaciones pasadas.

El trabajo propone una solución ante las dificultades que se presentan durante el proceso constructivo, y quedando demostrado que en nuestro medio, el seguir los estándares de calidad en estructuras, no es imposible.

## Contenido

Prólogo.....	7
Introducción.....	9
Capítulo 1. Cimentaciones.....	10
1.1. Calzaduras.....	11
1.1.a. Construcción de los bloques de la calzada de forma consecutiva .....	11
1.1.b. Bloques de la calzada contruidos uno encima del otro .....	13
1.1.c. Espesor insuficiente en cada uno de los niveles de las calzaduras.....	15
1.2. Cimientos Corridos.....	18
1.2.a. Fabricación errónea del concreto para cimientos corridos.....	18
1.2.b. Dimensiones indebidas para la piedra de zanja.....	20
1.2.c. Anclaje con recubrimiento insuficiente en el cimiento corrido .....	22
1.3. Tratamiento de Rellenos.....	24
1.3.a. Acumulación de relleno sin la debida compactación .....	24
Capítulo 2. Elementos Estructurales Verticales .....	26
2.1. Placas o Muros de Corte.....	27
2.1.a. Heterogeneidad del concreto con el que se fabrican las placas.....	27
2.1.b. Discontinuidad de la sección transversal de elementos verticales.....	28
2.1.c. Interferencia de accesorios sanitarios y eléctricos.....	33
2.1.d. Recubrimiento deficiente del concreto en elementos verticales .....	36
2.1.e. Contaminación de la superficie de contacto entre elementos horizontales y verticales .....	38
2.1.f. Desplome de los elementos verticales de concreto armado .....	42
2.2. Columnas .....	46
2.2.a. Acero longitudinal mal confinado por los estribos.....	46
2.2.b. Topes de acero en encofrado de columnas .....	47
Capítulo 3. Elementos Estructurales Horizontales.....	49
3.1. Vigas.....	50
3.1.a. Acero longitudinal fuera del núcleo en las intersecciones viga-columna .....	50
3.1.b. Recubrimiento insuficiente del acero en vigas .....	53
3.1.c. Redistribución del acero longitudinal en las vigas.....	56
3.1.d. Fabricación por partes de una viga peraltada invertida .....	57
3.1.e. Interferencia de la tuberías de PVC en las vigas .....	59



3.2. Losas Macizas y/o Aligeradas .....	61
3.2.a. Contaminación de la superficie de contacto entre elementos verticales y la losa de techo .....	61
3.2.b. Manipulación del acero de los elementos verticales que se encuentran embutidos en la losa .....	63
3.2.c. Recubrimiento insuficiente del acero en losas macizas y/o aligeradas .....	65
3.2.d. Falta de recubrimiento en el acero de temperatura .....	68
3.2.e. Interferencia de los tubos de PVC en los elementos de la losa.....	71
3.2.f. Losas de entrepiso con sobrecarga excesiva .....	74
3.3. Escaleras .....	76
Conclusiones y Recomendaciones.....	80
Referencias Bibliográficas.....	81
Anexos	



## Prólogo

Desde mi salida de la Universidad he sido testigo de lo acelerado con lo que avanza la industria de la construcción en el Perú, sin embargo, la informalidad también ha ido invadiendo poco a poco esta práctica. Considero mi deber, y a modo de retribuir lo aprendido en las aulas y lo inculcado en mi hogar, mostrar los vicios de los procedimientos de construcción civil en nuestro país.

En los últimos años se ha iniciado la construcción masiva de edificios de concreto armado en el Perú. La alta demanda de departamentos para viviendas por parte de la población obliga a las empresas inmobiliarias a terminar los proyectos en el menor tiempo posible. Si las empresas constructoras no cuentan con una política responsable en cuanto a la calidad de las estructuras, lo más probable es que se obvien muchas de las “buenas” prácticas constructivas o procedimientos, y al cabo de un tiempo se podrían presentar problemas de orden estructural, que incluso podrían poner en riesgo la seguridad de los elementos estructurales o conducir a un mal comportamiento del éstos bajo condiciones de servicio.

Por esta razón es necesario identificar y documentar los diversos errores que se cometen al fabricar los elementos de concreto armado de un edificio, con el fin de plantear soluciones y procedimientos alternativos.

Como una muestra de la vorágine de la construcción, en la figura I se aprecia una fotografía del Coliseo Amauta cuando el distrito de Breña aun no se poblaba del todo, y en la figura II el mismo coliseo pero en la actualidad.



*Fig. I: El Coliseo Amauta en la década del 40'.*



*Fig. II: El Coliseo Amauta a finales de la década del 90'.*

Es inevitable que sucedan cambios en la urbe, pero la informalidad no debe atropellar a las Normas de Construcción Civil, por ello, mientras exista improvisación en la selección de recursos humanos, mientras la ambición desmesurada de los inversionistas supere a la razón de las autoridades municipales en materia de ingeniería, mientras se siga pensando que la Ingeniería Civil es solo una gestión de proyectos y ya no una conjugación de habilidades y conocimientos para adaptarse a la naturaleza en que nos encontramos, obras como ésta podrán no ser inútiles.

## Introducción

El presente trabajo reúne de manera organizada los errores que se suelen cometer durante la fabricación de los elementos estructurales de concreto armado, para esto, la presentación se ha dividido en tres capítulos: cimentaciones, elementos estructurales verticales, elementos estructurales horizontales; de tal modo que la clasificación de los problemas se ha hecho de acuerdo a la etapa de la construcción en la que se encuentra.

En cada capítulo se ha tomado independientemente a los elementos estructurales que le corresponden y se han revisado los errores que se suelen cometer durante su fabricación, resumidos en la siguiente lista:

- Recubrimiento insuficiente del acero.
- Problemas de adherencia y anclaje del acero.
- Congestión del acero de refuerzo en espacios reducidos.
- Discontinuidad de los elementos verticales en su sección transversal.
- Sobrecarga excesiva en las losas macizas o aligeradas.
- Problemas generados por juntas frías.
- Reforzamiento inadecuado de cimentaciones vecinas.
- Tratamiento inadecuado del concreto simple.

A manera de complemento se adjuntan los anexos necesarios, en los cuales se hace un análisis y/o extensión de algunos de los problemas encontrados, con el fin de hacer más didáctico y explicativo el trabajo. Temas como, los errores que se presentan dentro de la albañilería confinada, y el tratamiento del concreto desde su fabricación hasta su colocación en obra, también son incluidos aquí.

El trabajo finaliza con las observaciones y conclusiones del autor.



## Capítulo 1. Cimentaciones

## 1.1. Calzaduras

Cuando el edificio a construir cuenta con semisótano y/o sótanos, es necesario bajar el nivel del suelo varios metros, restándole soporte lateral al cimiento vecino. Para contrarrestar esto se construyen las llamadas “calzaduras laterales”, que son una simulación temporal de un muro de contención, y las cuales, deben seguir un procedimiento ya normado. El problema empieza cuando se van incrementando los niveles y el concreto de la calzada aún no ha alcanzado su resistencia máxima, entonces, debe resistir el empuje cada vez mayor del suelo, a todo esto debemos añadir que las juntas frías entre bloques de las calzaduras también son zonas débiles.

A continuación se presentan algunos errores encontrados durante la construcción de las calzaduras.

### 1.1.a. Construcción de los bloques de la calzada de forma consecutiva

En algunas ocasiones se construyen los bloques de la calzada uno seguido del otro, No se recomienda esta práctica pues de esta forma el concreto del bloque inmediato anterior aun no está del todo endurecido.

En la figura 1.1 se puede apreciar la construcción de dos bloques de una calzada demasiado cerca uno del otro (uno ya está encofrado), separados solamente por un bloque de concreto que apenas soporta la calzada superior, la cual se encontraría en estado de colapso inminente.



Fig 1.1: Trabajador encofrando dos forados para fabricar bloques de calzada (nivel inferior), a los cuales solo los separa un pequeño bloque de concreto.

**Recomendación:**

De acuerdo al RNE E.050 (2009), en el Art. 6.5.2 se recomienda que los bloques de las calzaduras se construyan siempre intercaladamente, para ir menguando el efecto de la carga sobre el suelo. Véase figura 1.3.

En la figura 1.2 se observa cómo se intercalan los bloques de la calzada, primero se construyen los de numeración "1", luego se prosigue con los de numeración "2", y así sucesivamente, esa es la forma correcta, se debe dejar al menos dos espacios entre bloque y bloque, y así ir avanzando.



Fig 1.2: Orden recomendado para la fabricación de los bloques de una calzada.

En la figura 1.3 se muestra gráficamente el procedimiento, en donde los números de los paños indican la secuencia de construcción de la calzada.

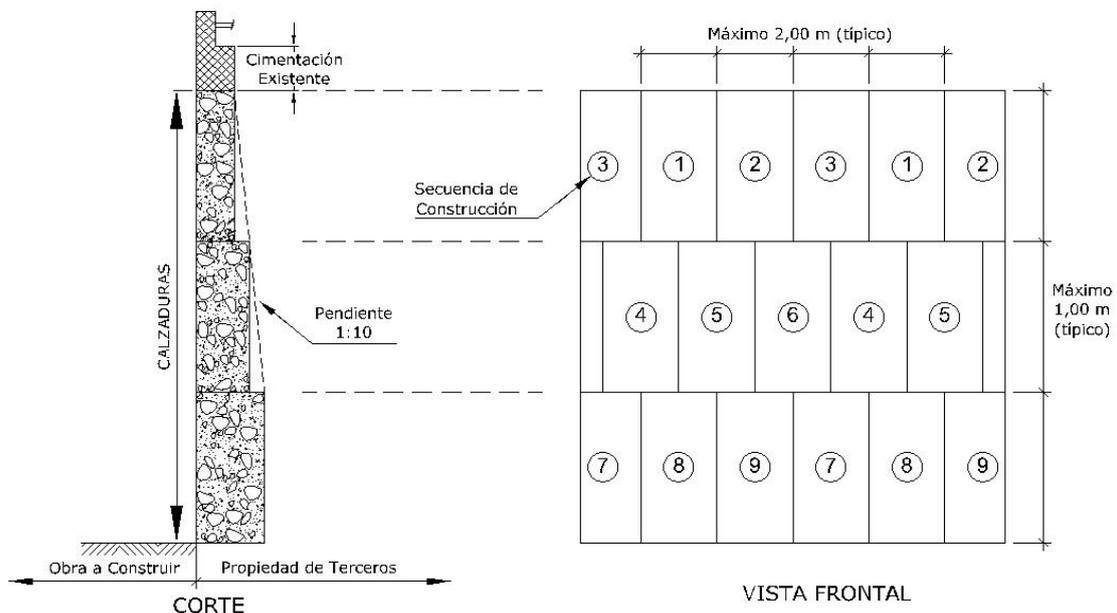


Fig. 1.3: Elevación típica de calzada. Imagen extraída del RNE E.050 (2009).

### 1.1.b. Bloques de la calzadura contruidos uno encima del otro

Cuando se excava para fabricar un bloque de calzadura exactamente por debajo de otro ya construido, se está dejando sin apoyo el lado inferior del bloque superior, entonces éste solo se sostendría por la fricción que le producen los bloques de los costados, lo cual podría generar un derrumbe.

Se puede observar en la figura 1.4 cómo por error construyen los bloques de las calzaduras uno por debajo del otro. También se observan vacíos entre bloque y bloque, con lo cual se pierde transmisión de fuerzas a lo alto de las calzaduras. Se puede observar en la figura 1.5 cómo se detiene la construcción de un bloque de calzadura debido al vaciado de otro elemento. Se aprecia cómo el forado queda expuesto, y una carga viva de máquinas y personas generando fuerzas de empuje debido a la sobrecarga.



Fig. 1.4:  
Forado para fabricación de calzadura, dejando al bloque del nivel superior casi sin apoyo.

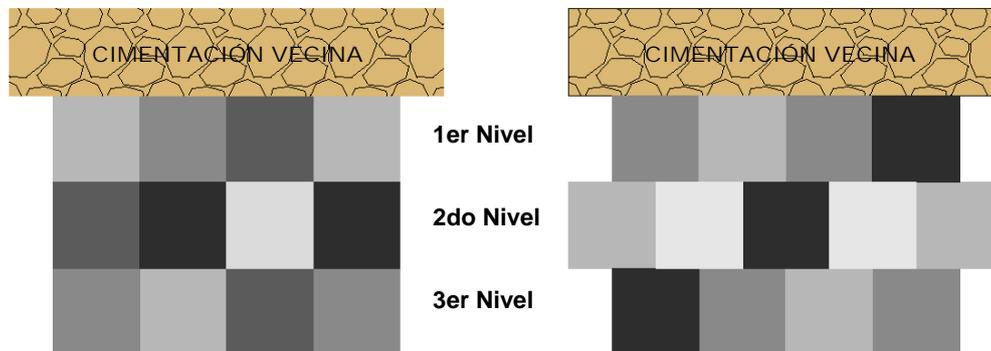


Fig. 1.5:  
Maquinaria pesada y trabajadores haciendo presión sobre el suelo que soporta la calzadura, sin estar ésta completamente terminada.

**Recomendación:**

Si las calzaduras son de dos niveles a más, es necesario construirlas de modo que los bloques de un nivel se encuentren cada uno por debajo de dos bloques del nivel inmediato anterior, nunca va un bloque montado encima de otro. Se busca que cada bloque posea siempre una base donde apoyarse temporalmente mientras se van construyendo los bloques del nivel inmediato inferior. Véase “Vista Frontal” de la figura 1.3.

En la figura 1.6 se muestran los bloques de concreto alineados uno encima de otro, éste es un procedimiento erróneo. En la figura 1.7 se observa cómo el bloque de un nivel inferior soporta la mitad de dos bloques superiores (esta es la forma correcta), esto, con el fin de que ningún bloque quede sin apoyo en la base.



*Fig. 1.6: Forma incorrecta de superponer los bloques de una calzada.*

*Fig. 1.7: Forma correcta de superponer los bloques de una calzada.*

### 1.1.c. Espesor insuficiente en cada uno de los niveles de las calzaduras

En algunas ocasiones, y por razones de irresponsabilidad e ignorancia no se va incrementando el espesor de las calzaduras conforme se va bajando de nivel. Este mal procedimiento podría generar resultados desastrosos, tales como derrumbes del suelo, así se aprecia en la figura 1.8.



Fig. 1.8: Desplome de calzada mal construida. El empuje del suelo superó a la estabilidad de la estructura.

En las figuras 1.9 y 1.10 se pueden apreciar los casos extremos, en que se perfila verticalmente el terreno sin construir las calzaduras correspondientes.



Fig. 1.9: Excavación sin calzar, inclusive soportando peso en la parte superior del talud.



Fig. 1.10: Construcción incompleta de calzaduras. La esquina de la excavación ha quedado sin calzar.

### Recomendación:

El espesor de los bloques de un nivel de la calzada debe ser siempre mayor que el de los bloques del nivel inmediato superior. Precisamente se busca que la calzada simule a un muro de contención, por ello, su sección transversal debe tener una forma trapezoidal, con la base más ancha hacia abajo. Véase figura 1.11.

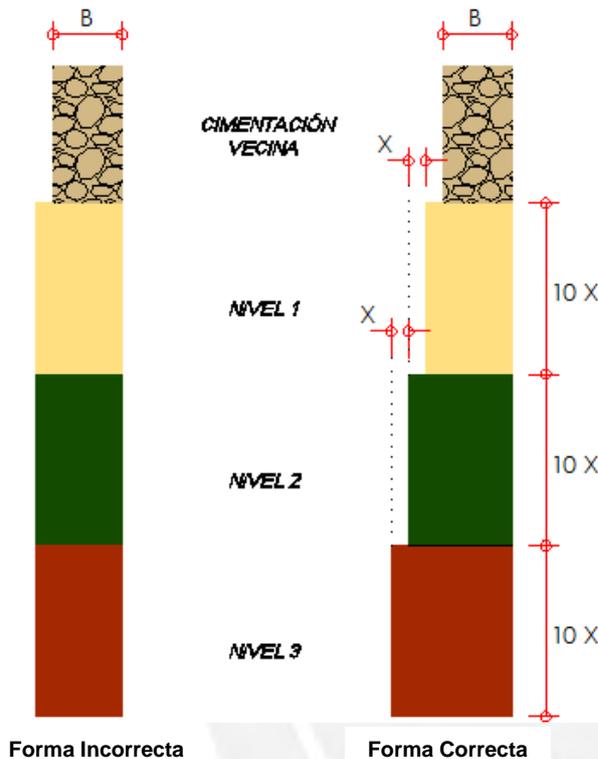


Fig. 1.11: Forma incorrecta y correcta de fabricar una calzada. Conforme se va descendiendo de nivel el espesor del bloque debe ir aumentando.  $B$  es el ancho aproximado de un cemento (0.40 o 0.50 metros).

De acuerdo al RNE E.050 (2009), en el Art. 6.5.2 se menciona que el ancho en el que se incrementan las calzaduras del nivel inferior es un 10% de la altura de las calzaduras del nivel inmediato superior, además de que ningún bloque de calzada debe tener más de un metro de altura. Véase figura 1.3.

En el Anexo 01 se hace un análisis considerando estas dos formas de construcción. Los resultados se muestran en la Tabla 1.1.

<b>Tabla 1.1: Factores de seguridad al volteo y deslizamiento</b>						
Tipo de edificación vecina			Casa de 1 piso		Edificio de 7 pisos	
Forma en que se construyeron las calzaduras			Caso "A"	Caso "B"	Caso "A"	Caso "B"
Tipo de Suelo	Grava arenosa del Centro de Lima	Factor de seguridad al deslizamiento	1.41	1.20	4.04	3.84
		Factor de seguridad al volteo	4.55	4.50	6.05	6.04
	Arena, con limo y arcilla en menor proporción	Factor de seguridad al deslizamiento	1.34	1.16	3.88	3.71
		Factor de seguridad al volteo	1.18	1.07	3.49	3.42

### Observaciones y Conclusiones

- El factor de seguridad disminuye cuando las calzaduras se fabrican de forma incorrecta (Caso B).
- El factor de seguridad es más alto cuando la edificación vecina es más alta, y eso debido al peso, lo cual genera mayor fuerza de fricción.
- De acuerdo al RNE E.020 (2006), en los artículos 21 y 22 del Capítulo de Estabilidad, se indica que cualquiera de las partes de la edificación debe poseer un coeficiente de seguridad mínimo de 1.5 contra la falla por volteo, y 1.25 contra la falla por deslizamiento. De acuerdo a los resultados, la situación se va haciendo crítica mientras menos pisos tenga la edificación vecina.
- El suelo del Centro de Lima ofrece mayores factores de seguridad que los suelos arenosos.
- Se debe tener en cuenta que el análisis es teórico, si las calzaduras no están del todo aplomadas se generará una excentricidad, lo cual se sumará a la incertidumbre de la interacción entre bloque y bloque.

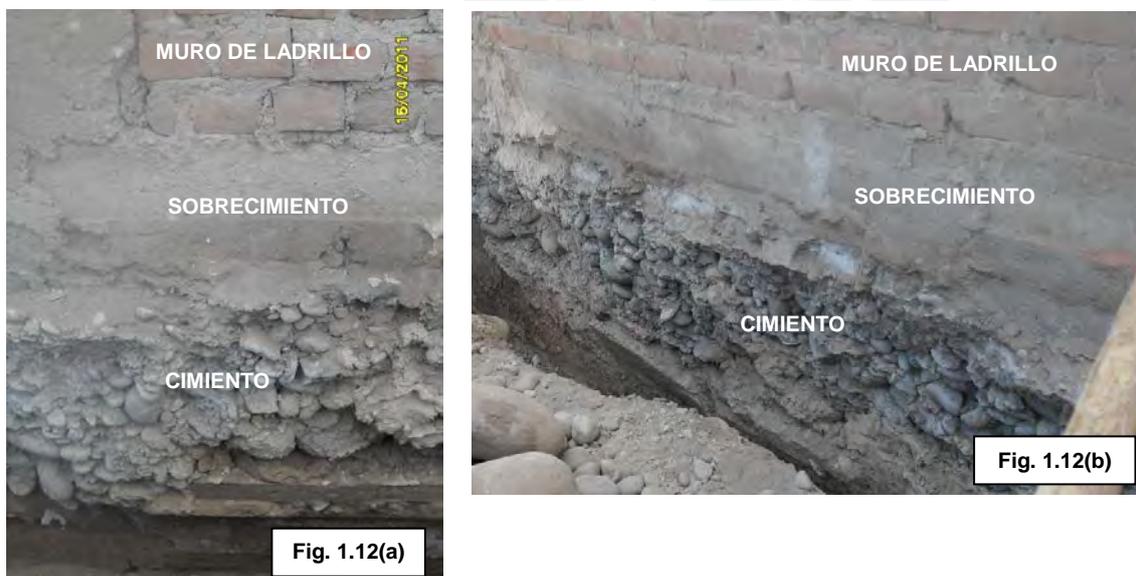
## 1.2. Cimientos Corridos

El cimiento corrido es hecho a base de concreto ciclópeo, cuyo diseño se recomienda en el Manual de CAPECO “Costos y Presupuestos en Edificación” (CAPECO, 2004); su objetivo es transmitir las cargas de la estructura portante hacia el suelo. En realidad estos cimientos son “zapatas aisladas alargadas”, que por su gran peralte no requieren diseño al corte, y son utilizados como cimentación de estructuras de albañilería y/o concreto armado.

### 1.2.a. Fabricación errónea del concreto para cimientos corridos

En algunas ocasiones, cuando se fabrica concreto ciclópeo, se comete el error de aglomerar demasiadas piedras grandes dentro del concreto, de tal modo que sobrepasan el 30% del volumen total (no recomendado por el RNE 0.60, 2009), dejando menos concreto de lo requerido, entonces, es probable que el acero que nace de aquella cimentación ya no esté completamente rodeado de concreto (por las piedras de zanja en exceso), lo que a su vez disminuye la superficie de adherencia del acero frente al concreto.

Se puede apreciar en las figuras 1.12(a) y 1.12(b) a las piedras de zanja aglomeradas en el cimiento, de tal modo que el concreto queda prácticamente desplazado por completo.



*Figs. 1.12 (a, b): Concreto ciclópeo mal dosificado, las piedras de zanja ocupan la mayor parte del cimiento corrido.*

En la figura 1.13 se representa de manera didáctica una comparación de las formas en que deberían colocarse las piedras de zanja dentro de un cimiento corrido. En la forma incorrecta las piedras de zanja chocan unas con otras, y a la vez con el acero, en la forma correcta se distingue cierta holgura en la separación, siendo la pasta de cemento y arena el elemento predominante.

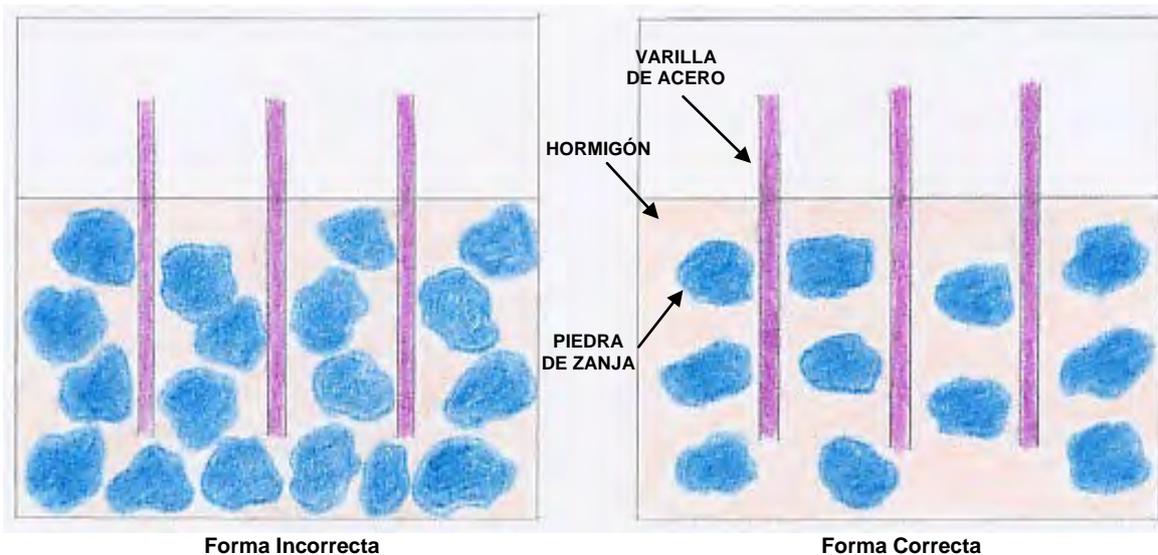


Fig. 1.13: Forma Incorrecta y Correcta de dosificar el concreto ciclópeo con la inclusión de piedras de zanja.

### Recomendación:

De acuerdo al RNE E.060 (2009), en el Art. 22.10.1.b se menciona que la piedra de zanja no debe ocupar más del 30% del volumen total, es decir casi una tercera parte. Para garantizar esto se debe llenar primero la zanja con una capa de 20 cm de espesor, luego, por cada bugui de mezcla se deben depositar piedras en un volumen equivalente al 40% o 45% del concreto que había en el bugui, con lo cual se obtendría la siguiente dosificación:

- Volumen de concreto: 100% de 1 bugui
- Volumen de piedra: 45% de 1 bugui

⇒ Volumen total de la tanda = 100% + 45% = 145% de 1 bugui

Luego: Volumen de piedra / Volumen total de la tanda = 45% / 145% = 31%

Por lo tanto, este procedimiento nos garantiza que la piedra de zanja ocupe aproximadamente el 30% del volumen total del concreto.

### 1.2.b. Dimensiones indebidas para la piedra de zanja

En algunas ocasiones, al momento de escoger las piedras de zanja que servirán para fabricar el concreto ciclópeo, no se hace una selección debida, arrojando a la mezcla piedras de cualquier tamaño.

Este mal procedimiento genera problemas en la dosificación, pues lo más probable es que el volumen ocupado por las piedras sea mayor que el del concreto. También se generarán problemas de adherencia entre el acero y el concreto, ya que al ser piedras muy grandes, al momento de ser depositadas en la zanja se toparán unas con otras y, a las barras de acero, las cuales terminarán por no estar completamente rodeadas de concreto.



Fig. 1.14: Piedra de zanja de aproximadamente 22 pulg. de tamaño, dimensión no recomendada para ser usada en el concreto ciclópeo.



Fig. 1.15: Tamaño de piedras de zanja con respecto al tamaño de un hombre.

**Recomendación:**

De acuerdo al RNE E.060 (2009), en el Art. 22.10.1.c se menciona lo siguiente: *“La mayor dimensión de la piedra desplazadora no excederá de la mitad de la menor dimensión del elemento, ni será mayor de 250 mm”*.

Por lo general un cimiento corrido no tiene menos de 0.40m de ancho, por lo que el lado más grande de la piedra de zanja no debe ser mayor de 0.20m, por lo que se puede concluir que el tamaño de estas piedras está en el rango de 8 a 10 pulg.

En un cimiento corrido el concreto sirve de conexión al aporte de resistencia que le otorgan las mismas piedras.



### 1.2.c. Anclaje con recubrimiento insuficiente en el cimiento corrido

El anclaje de las armaduras en un cimiento corrido debe mantener una separación con respecto del suelo (el acero se monta sobre unos dados de concreto), y para lograr este objetivo se recomienda primero vaciar un solado con concreto pobre (con esto se consigue mayor exactitud), a partir de ahí se le da el recubrimiento al acero.

La práctica anterior es obviada en muchas obras, y en lugar de los dados de concreto para el recubrimiento, se colocan piedras de aproximadamente 7 cm de diámetro (distancia que generalmente especifican los diseños), inclusive ni siquiera se compacta el suelo donde reposará el cimiento (ver figuras 1.16 y 1.17). Al momento de vaciar el concreto el impacto es suficiente como para desplazar de su sitio a las piedras utilizadas como espaciadores, entonces la armadura caerá y descansará en el suelo perdiéndose el recubrimiento y mermándose la superficie de adherencia entre acero y concreto.



Fig. 1.16: Carencia de solado en la base del futuro cimiento.



Fig. 1.17: Anclajes erróneamente apoyados en piedras de poca estabilidad.

**Recomendación:**

Es importante construir un solado en donde reposará el cimiento (previa compactación del suelo), pues sirve para trazar y ubicar la correcta posición de las armaduras, además es más fácil hacer una limpieza en caso de que se contamine con desperdicios de otros materiales, y a la vez la malla de acero no sufre ningún tipo de asentamiento al encontrarse con una capa de concreto rígida.

Los espaciadores de concreto deben permitir una forma de sujetarse a las varillas de acero de la armadura. De acuerdo al RNE E.060 (2009), en el Art. 7.7 se recomienda que el refuerzo embebido en concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a éste, debe tener un recubrimiento de 70 mm.



### 1.3. Tratamiento de Rellenos

#### 1.3.a. Acumulación de relleno sin la debida compactación

Durante la etapa inicial de un proyecto, luego de haber construido la cimentación, el paso siguiente es rellenar los espacios vacíos entre zapatas y/o cimientos (ver figura 1.18), y aunque la estructura que irá encima será solo una losa de piso, también requiere que el suelo por debajo esté bien compactado.



Fig. 1.18: Típico escenario, en el que los espacios entre los cimientos deben ser completados con material de relleno.

En algunos casos el constructor vacía el material de relleno obviando el proceso de compactación por capas, esto generará problemas de asentamiento de losas, y conforme pase el tiempo irán apareciendo fisuras cada vez más notorias. Este problema ocurre con bastante frecuencia en los pisos de los estacionamientos.



Fig. 1.19: Acumulación de relleno sin compactar, incluso con abundancia de piedras grandes.

En la figura 1.20 se aprecia cómo un trabajador vacía material de relleno en una zanja y lo acumula sin compactarlo mediante capas.



*Fig 1.20: Trabajador acumulando material de relleno sin hacer la debida compactación.*

### **Recomendación:**

Para mejorar la capacidad portante de un suelo se recomienda la compactación por capas. En el caso tratado, el material de relleno debe contener en su mayoría agregado fino, para que al momento de la compactación pueda liberarse el aire contenido en el relleno. En cierta medida el agua es útil para este procedimiento, pero de ninguna manera se debe inundar al material, pues los espacios vacíos se saturan de líquido haciendo más difícil la compactación por cualquier método.

De acuerdo al RNE CE.010 (2010), en el Art. 5.5.3.b, se recomienda que para rellenos de confinamiento, el espesor de las capas a compactarse debe ser de 15 a 20 cm, y se exige que el material de relleno debe estar libre de gravas, piedras y materiales vegetales; sin embargo, lo anterior es para "pavimentos", un ambiente pequeño, con tránsito mucho más reducido y cargas menores podría no tratarse con la misma intensidad.

## Capítulo 2. Elementos Estructurales Verticales



## 2.1. Placas o Muros de Corte

### 2.1.a. Heterogeneidad del concreto con el que se fabrican las placas

En la fabricación de las placas de concreto luego de terminada la cimentación, es común observar que, en el primer piso se les suele fabricar primero hasta una altura de aproximadamente 30 cm (como un sobrecimiento), con el fin de tener una guía para sujetar el encofrado, y en los pisos superiores esa altura se reduce a 10 cm. Se podría decir entonces que la placa (en cualquiera de los pisos) ya no será un elemento monolítico, sino hecha a base de diferentes tipos de concreto, pues mientras que la placa en sí es vaciada con pre-mezclado o concreto hecho en mezcladora, la parte inferior es hecha muchas veces a mano y en el suelo.

Por otro lado, con esta práctica se corre el riesgo de que la parte inferior de la placa (vaciada previamente) pierda contacto con el suelo o piso (y no sea perceptible a la vista humana), entonces, aunque se mantuviese en su lugar ya no representaría una base firme para los pisos superiores.

Los muros de concreto armado construidos de esa manera no presentarán el comportamiento para el cual fueron diseñados. En las figuras 2.1 y 2.2 se muestra un ejemplo ilustrativo del tema, e inclusive se aprecia cómo este sardinel de concreto llega a deteriorarse por las instalaciones sanitarias y eléctricas que contiene.



*Fig. 2.1: Reducción de la sección de un muro de concreto debido a los pases dejados en la zona inferior.*



*Fig. 2.2.: Degradación de la parte inferior de un muro de concreto debido a la presencia de tuberías.*

### Recomendación:

Para que una placa de concreto armado trabaje mejor frente a las solicitaciones sísmicas, lo recomendable es no construirla por partes, sino hacer un solo vaciado para que el elemento tenga una estructura monolítica, pues toda junta fría siempre representa una superficie potencial de falla.

En la práctica esta operación podría ser bastante engorrosa si es que la placa a fabricar es muy alta (más de tres metros), y es que a mayor altura la presión hacia las planchas del encofrado aumenta, además de que el apuntalamiento lateral ocupa más espacio. Solo si es así podría vaciarse la placa en dos partes, tomando como junta fría la zona de inflexión de la placa (donde una de las caras pasa de la tracción a la compresión). Esta práctica solo se justifica por el hecho de que el elemento no sufra deformaciones al momento de su fabricación, tanto en su línea de plomada como en su espesor.

### 2.1.b. Discontinuidad de la sección transversal de elementos verticales

Los elementos verticales, placas o columnas, deben mantener su sección transversal constante a lo largo de toda su altura, en la medida de lo posible, sin embargo se presentan diversas situaciones en las que esto no ocurre.

#### Caso I:

En la mayoría de edificios de concreto armado, es común que durante la tarea de encofrado de placas los operarios tratan de tapar algunos vacíos de éste acuñando papel (ver figuras 2.3 y 2.4), durante el vaciado el papel evitará que el concreto llene toda la placa, y al desencofrar quedará una cavidad (equivalente a cuando se forma una “cangrejera”), entonces la placa o columna habrá disminuido su sección transversal en ese punto, lo cual reduce la resistencia del elemento.



Fig. 2.3: Papel de bolsa de cemento acuñado entre una losa y una placa.

Este problema sucede cuando el encofrado es de madera y con muchos usos, por ende, no se encontrará en buenas condiciones, como por ejemplo que la superficie no sea uniforme o tenga agujeros.



Fig. 2.4: Papel de bolsa de cemento acuñado entre placas y losa.

Lo ideal es que el encofrado no permita que escape el concreto en lo absoluto, sin embargo, de no ser así, en casos extremos o de emergencia se puede utilizar temporalmente papel para evitar que esto suceda, no obstante el papel debe ser retirado de 5 a 10 minutos después del vaciado, e inmediatamente después aplicar ligeros golpes con un martillo de goma en la zona aledaña al orificio, esto permitirá que el concreto se acomode y la placa se constituya como un elemento monolítico en su totalidad, de esta forma no será necesario utilizar mortero para resanarla. De quedar algunas rebabas o protuberancias, se podrán picar con mucho cuidado, esto no perjudica a la estructura.

Como una alternativa para solucionar esto, se podría considerar el utilizar encofrado metálico, pues es más difícil de deformarse y de deteriorarse con los usos, a su vez que resultaría un encofrado mucho más hermético.

En la figura 2.5 se aprecia la parte baja del encofrado de una columna, el cual, al estar incompleto permitirá que se escape la mezcla al momento del vaciado. Para evitar esto en obra se suelen colocar cuñas de algún material fácil de amoldar, tal como se ve en la figura 2.6, en la que se ha introducido tecnopor para evitar la fuga de concreto, sin embargo, erróneamente se introducen estas cuñas hasta muy adentro, de tal forma que se reduce la sección transversal resistente del elemento vertical.



Fig. 2.5: Parte inferior del encofrado de una columna en malas condiciones, de tal modo que no permite un cerramiento hermético.



Fig. 2.6: Cubrimiento de un forado en el encofrado con cuñas de tecnopor, disminuyendo la sección transversal resistente.

### Caso II:

La sección base de una placa también es una zona propensa a la contaminación. De acuerdo al diseño, las placas de concreto cuentan con un espesor, en consecuencia, los paneles del encofrado deben quedar fijos con la medida de separación exacta. Los trabajadores en obra suelen colocar retazos de madera entre los paneles con el fin de obtener el espesor requerido (ver figura 2.7), en este caso la madera es de un material ajeno al elemento, cuando la solución más técnica sería fabricar escantillones de concreto de longitud igual al espesor de la placa, con esto se minimiza la contaminación.



Fig. 2.7: Tacos de madera en la parte baja de una malla, como intento de separación de paneles, lo que a su vez contamina la futura placa de concreto armado.

Otra forma de crear discontinuidad es cuando se permite que los desperdicios o desmonte se posen sobre la sección base de la futura placa,

como es el caso de la figura 2.8. En este caso se corre el riesgo de que el retiro de desperdicios no se realice de manera óptima, y quede una capa de tierra que impida una perfecta unión entre concretos de diferentes edades, el del cimiento y el de la placa. Revisar RNE E.060 (2009), Art. 6.4.2.

Lo que se recomienda en estos casos es no dejar pasar mucho tiempo desde el vaciado de cimiento hasta el vaciado de placa, pues con esto existe menor probabilidad de contaminación y mayor probabilidad de unión entre concretos de diferentes edades.



Fig. 2.8: Cara superior de un cimiento, cubierta con material de desmonte, muy perjudicial para la placa que ahí nace.

### Caso III:

Las placas de concreto armado también son dañadas después de ser vaciadas, en ocasiones, para apoyar otro elemento estructural se desbasta la placa formando surcos inclusive en dirección horizontal (ver figura 2.10), con lo cual, se merma la rigidez de la placa y se ve incrementado el esfuerzo por compresión en su sección transversal. Aunque el elemento a acoplarse llene el vacío que se generó, la placa de concreto dejará de ser un elemento monolítico y contará con una superficie potencial de falla (ver figuras 2.9 a 2.11).

En el caso de dos elementos de concreto armado (contiguos entre sí) fabricados en tiempos distintos, lo recomendable es dejar las varillas de acero parcialmente embebidas en el concreto del primer elemento, con el fin de que al fabricar el siguiente no se tenga que desbastar tanto al primero. Además debe considerarse una capa de epóxico en la superficie de unión entre ambos elementos, con el fin de mejorar la adherencia entre éstos.

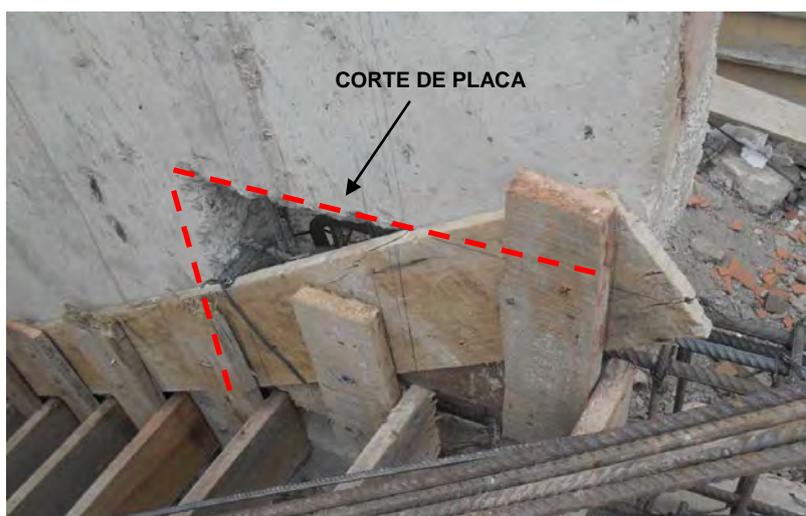


Fig. 2.9: Placa cortada con el fin apoyar una viga de concreto.



Fig. 2.10: Surco demasiado profundo en la placa que circunda a una escalera. Solución errónea adoptada por el constructor.



Fig. 2.11: Placa mermada para servir de soporte a una escalera.

### 2.1.c. Interferencia de accesorios sanitarios y eléctricos

La presencia de accesorios como cajas de luz, válvulas de agua, tuberías, etc., reducen la rigidez y resistencia de las placas, ya que se ven disminuidas en su sección transversal. Además de lo anterior, se afecta el recubrimiento de las placas, a la vez que el acero puede quedar expuesto a agentes corrosivos. En cuanto a las tuberías embebidas en el concreto existen limitaciones especificadas en el RNE E.060 (2009), Art. 6.3.



Fig. 2.12: Cajas de electricidad empotradas en la armadura de una placa de concreto, antes del vaciado.



Fig. 2.13: Las mismas cajas de la Fig. 2.12 después del vaciado.



Fig. 2.14: Cajas de energía y comunicaciones empotradas dentro de la malla de una placa de concreto.



Fig. 2.15: Caja de comunicaciones más tuberías insertos en el mismo núcleo de una columna.



*Fig. 2.16: Congestionamiento de tuberías sanitarias en la armadura de una placa. Inclusive se ha tenido que cortar la malla.*

*Fig. 2.17: Tubería de PVC que comunica dos cajas de electricidad, a su vez está cortando horizontalmente a una placa.*



*Fig. 2.18: Tuberías de electricidad cortando la parte inferior de una placa, base de la futura estructura.*



Fig. 2.19: Armadura de una placa de concreto cortada prácticamente en su base por tuberías de PVC.

### Recomendación:

Lo ideal en este caso es procurar que en una sola placa no se admitan tantos elementos ajenos al concreto armado. Si se trata de tuberías, se recomienda el engrosamiento de la placa (RNE E.060, 2009, Art. 6.3.10) y la adición de mallas de acero en las zonas en cuestión. Si fuesen cajas de pase de electricidad y/o comunicaciones, lo que se recomienda es distribuir éstas en varias placas, con esto se reduce el efecto negativo sobre la sección transversal de las placas.

Se podría citar el ejemplo de una pieza de madera en buen estado, cuando posee todas sus fibras es difícil quebrarla, sin embargo, al pasar el tiempo la madera se apolilla, con lo cual se han formado cavidades que le hacen perder densidad al elemento, en ese estado basta solo una ligera presión para destruirla. Haciendo una analogía con el tema tratado, la madera vendría a ser la placa de concreto, y las cavidades hechas por polillas serían las tuberías de PVC dentro de la placa.

Es necesario que exista una compatibilización previa entre los diseños de estructuras, instalaciones sanitarias y eléctricas, pues con ello, en adelante se podría planificar una secuencia de trabajo que no perjudique a ninguna de las especialidades del proyecto.

### 2.1.d. Recubrimiento deficiente del concreto en elementos verticales

En muchas ocasiones las varillas de acero quedan en contacto con el encofrado, o de lo contrario muy alejado de éste. Según el diseño cada elemento de concreto armado tiene un recubrimiento especificado, el cual debe cumplirse. Cuando el recubrimiento es excesivo las fisuras por agrietamiento serán más notorias, y el elemento no trabajará como estuvo diseñado originalmente. Si el recubrimiento posee un espesor por debajo de lo requerido existirán problemas de adherencia entre el acero y el concreto, a la vez que estarán expuestos al fenómeno de corrosión.



Fig. 2.20: Vista desde arriba de la esquina de una placa de concreto antes del vaciado. Véase la proximidad de la armadura al encofrado.



Fig. 2.21: La misma placa de la Fig. 2.20, luego del vaciado. En ambas figuras nótese la falta de recubrimiento del acero.



Fig. 2.22: Armadura de un muro de contención completamente pegado al encofrado y a la pared de roca.

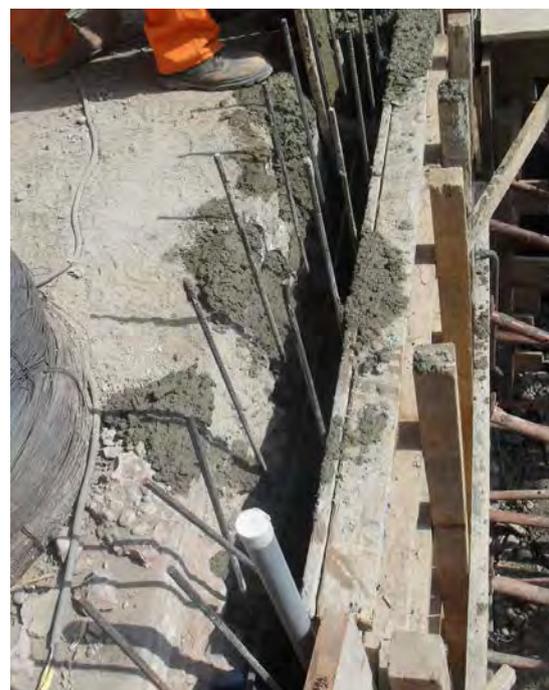


Fig. 2.23: La misma Fig. 2.22 vista desde otro ángulo. El recubrimiento no existe en este elemento.

**Recomendación:**

Conforme se menciona en el RNE E.060 (2009), el Art. 7.7 especifica el recubrimiento para los diferentes elementos de concreto armado, por lo tanto, y bajo esta norma, es necesario proporcionarle a la estructura de acero el recubrimiento que se indica en el diseño, de no figurar, se debe consultar con el especialista.

En el caso de las placas de concreto armado, existen en el mercado unos separadores prefabricados que ayudan a centrar la malla de acero entre los paneles de encofrado (ver figuras 2.24 y 2.25).



Fig. 2.24: Separadores prefabricados colocados en la armadura de una placa de concreto.



Fig. 2.25: Acercamiento de un separador prefabricado. Se colocan de manera vertical para permitir la circulación del concreto.

### 2.1.e. Contaminación de la superficie de contacto entre elementos horizontales y verticales

Los elementos verticales (placas y/o columnas) se van fabricando de piso en piso, sin embargo, la zona de contacto entre losa y columna/placa queda expuesta al menos un día a la intemperie. Esta superficie tiende a ensuciarse con polvo y/o con desperdicio de otros materiales, de modo que si no se somete a una limpieza impedirá que se consiga una buena adherencia entre los elementos de concreto. Ver figuras 2.27 a 2.30.

En la figura 2.26 se muestran las zonas de contacto entre columna y viga de una losa, las cuales, son propicias para almacenar desperdicios antes del vaciado del elemento superior.

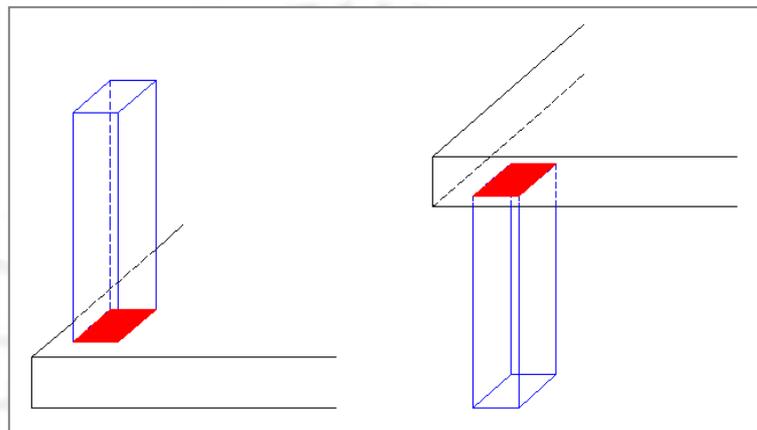


Fig. 2.26: Encuentro entre losa y columna (y viceversa). Zona muy común de almacenamiento de desperdicios.



Fig. 2.27: Acumulación de desperdicios de concreto en el extremo superior de una columna, la cual debe recibir a la losa.



Fig. 2.28: Acumulación de bolsas de papel en la unión placa-losa.



Fig. 2.29: Sector de losa antes del vaciado, sin haberse realizado la limpieza respectiva. Véanse los desperdicios encima de la placa de concreto.

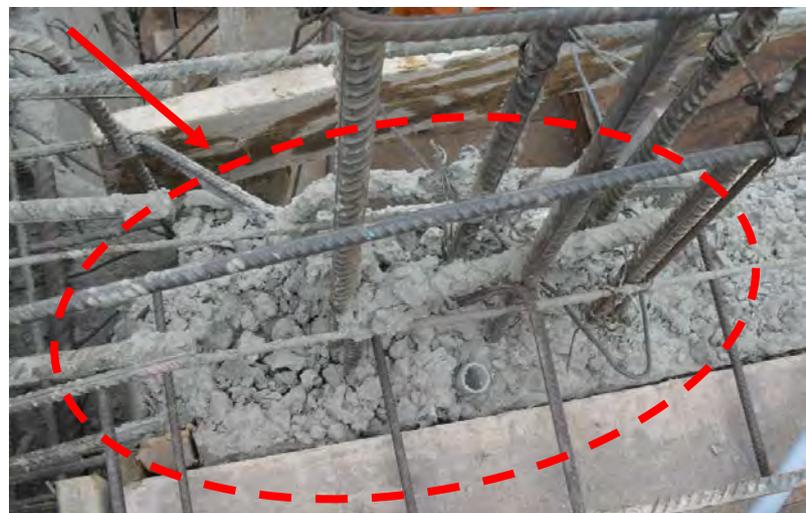
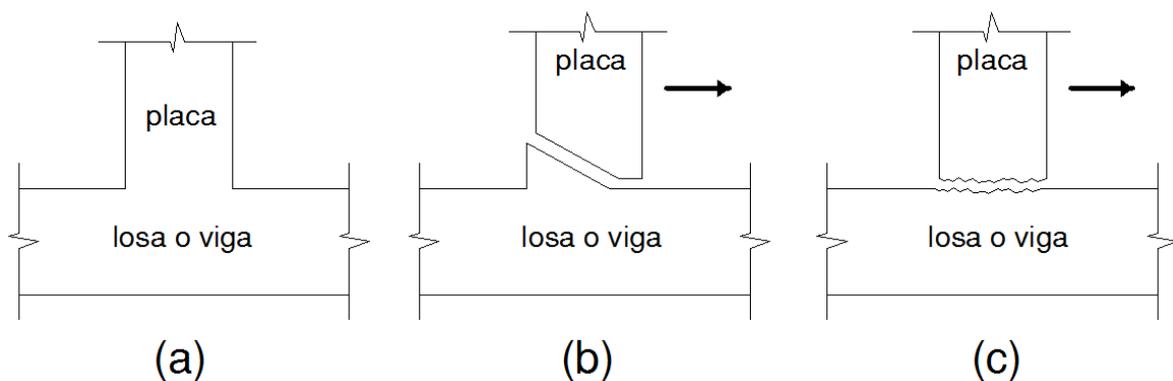


Fig. 2.30: Parte superior de una columna, con los desperdicios de concreto desprendiéndose de ésta.

En la figura 2.31(b) se puede observar la tendencia de agrietamiento (debido al corte) que debería producirse en la base de un elemento vertical cuando intenta desplazarse en el eje horizontal. En la figura 2.31(c) se muestra de modo didáctico lo que verdaderamente sucede cuando existió contaminación en la zona de contacto durante el vaciado de placa, la falla es prácticamente horizontal, y el equilibrio lo asumen las fuerzas de la armadura de acero.



Figs. 2.31 (a, b, c): (a) Encuentro de un elemento vertical con uno horizontal. (b): Forma más probable de falla ante una deformación, bajo condiciones normales de fabricación. (c) Forma más probable de falla ante una deformación, cuando la superficie de contacto estuvo contaminada durante la fabricación

**Recomendación:**

Antes de cualquier vaciado se debe limpiar la superficie receptora de concreto, incluso desde antes de encofrar, pues con el encofrado ya colocado se hace difícil retirar los desperdicios y deshechos, debido a la dificultad que ofrece la armadura ya colocada. Inyectar aire o agua a presión facilita esta tarea (ver figura 2.32). Con respecto a este tema, en el RNE E.060 (2009) se hace mención de ello en los artículos 6.4.2 y 6.4.3.

Si bien es cierto, el RNE E.060 (2009) en el Art. 6.4.6, menciona que debe esperarse a que el concreto vaciado de un elemento vertical supere la etapa plástica, y que haya endurecido para poder continuar con el vaciado del elemento horizontal siguiente, se puede acotar a esto que durante ese tiempo de espera se deberá cuidar que la superficie receptora de concreto se contamine lo menos posible.



*Fig. 2.32: Limpieza del encofrado de una losa antes del vaciado, mediante la inyección de aire a presión.*

Si lo incorrecto es que la superficie de contacto esté contaminada, lo contrario será que se encuentre lo más limpia posible, por citar un ejemplo, en algunas ocasiones se hacen surcos en la superficie receptora de concreto, con el fin de hacerla más rugosa (ver figura 2.33); con esto se estaría induciendo a que la transferencia de cortante de un elemento a otro se desarrolle en un mejor escenario. Revisar RNE E.060 (2009), Art. 11.7.9.



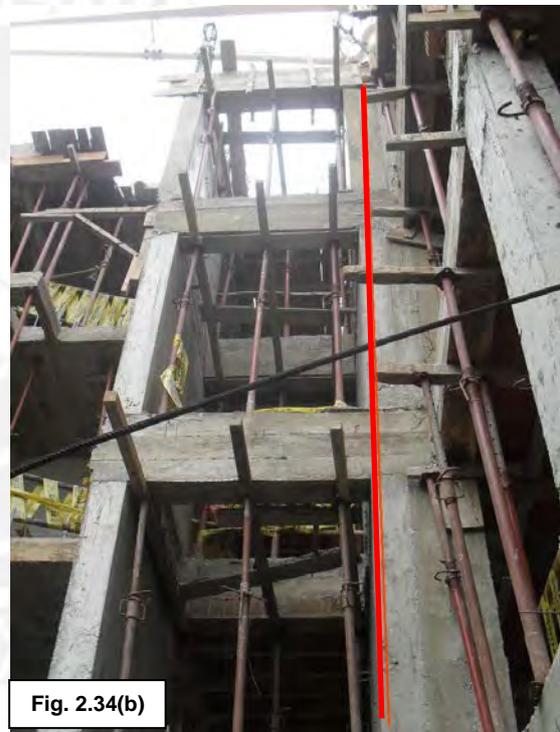
Fig. 2.33: Preparación de la losa de concreto en la zona receptora del elemento vertical. Se aumenta la rugosidad de la superficie.



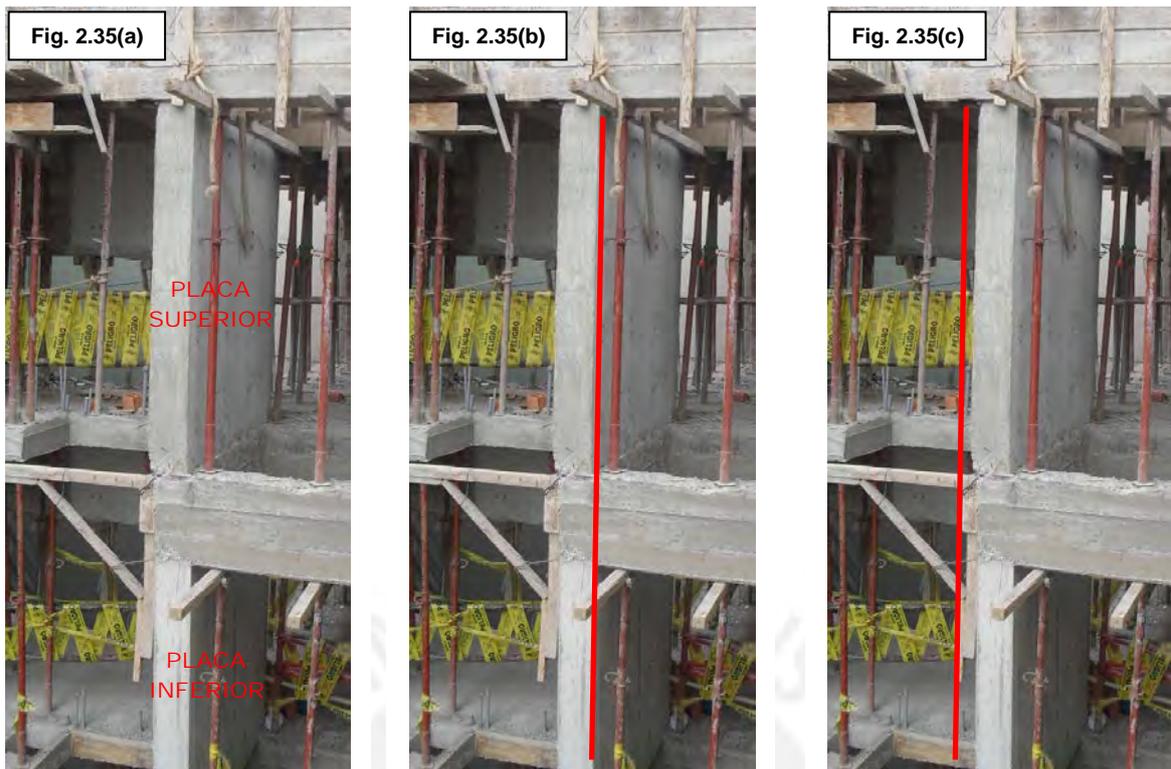
### 2.1.f. Desplome de los elementos verticales de concreto armado

Las placas y/o columnas de concreto armado no siempre están perfectamente alineadas verticalmente, muchas veces presentan un ligero desplome, esto produce excentricidad en los elementos. Si a lo anterior le añadimos que entre piso y piso tampoco existe un adecuado alineamiento vertical, el problema será mayor aún pues se generarán momentos adicionales en toda la estructura.

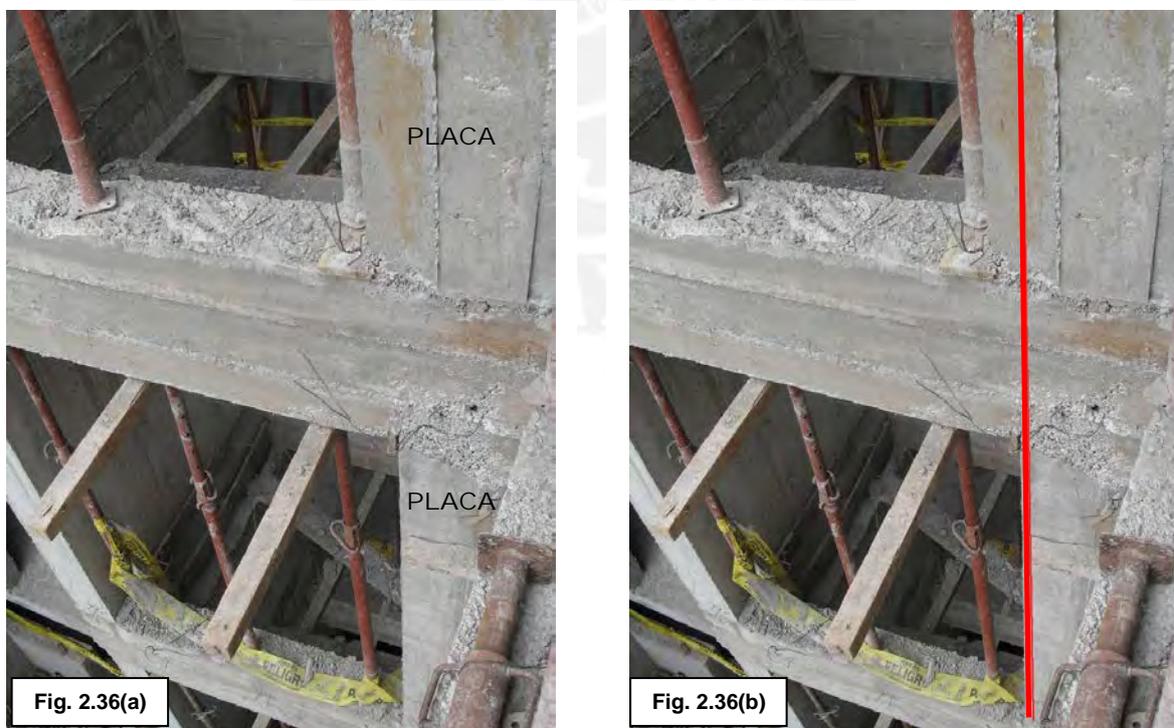
A continuación se muestran situaciones en las que ha existido desplome de placas o columnas de concreto, y como una forma de visualizarlo mejor se han trazado unas líneas rectas de forma paralela a la línea que debieron seguir estos elementos verticales, de tal modo que se pueda percatar cuánto se han movido de su lugar.



Figs. 2.34 (a, b): (a) Vista desde abajo de la caja de un ascensor. (b) Trazo de una línea roja en una de las placas (en tres niveles), a pesar de la perspectiva puede notarse el desfase piso a piso.



Figs. 2.35 (a, b, c): (a) Placa de concreto en dos pisos contiguos. (b,c) Trazo de una línea roja por las aristas de ambas caras. Puede notarse la no concordancia en el aplomo, la placa superior sobresale con respecto a la inferior.



Figs. 2.36 (a, b): (a) Placa de la caja de un ascensor. (b) Mediante una línea roja puede verse la diferencia de posición en dos pisos contiguos.



Fig. 2.37(a)



Fig. 2.37(b)

Figs. 2.37 (a, b): (a) Vista desde el pie de un edificio. (b) Trazo de una línea roja en una arista exterior, puede verse el desplome de la placa conforme va subiendo.



Fig. 2.38(a)



Fig. 2.38(b)

Figs. 2.38 (a, b): (a) Vista desde el pie de un edificio. (b) Trazo de una línea roja en una arista interior, puede verse el desplome de las placas de los niveles inferiores en su parte interna.

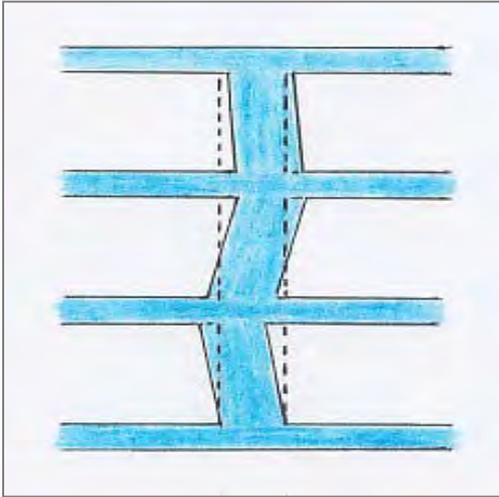


Fig. 2.39: Forma exagerada de cómo se distorsiona la verticalidad de una placa entre piso y piso, debido a un mal procedimiento de encofrado.

### Recomendación:

El alineamiento vertical de las placas es un trabajo que debe hacerse antes y después del vaciado, es responsabilidad del constructor y supervisor verificar que se realice adecuadamente (ver figuras 2.40 (a, b)). Un error que se comete es el aplomar una placa tomando como referencia la inmediata del piso anterior, lo correcto es trazar un eje vertical desde el nivel cero e ir llevando distancias respecto a ese eje.

Se debe mencionar que el estado en el que se encuentra el encofrado influye mucho en el resultado final. El RNE E.060 (2009) hace una recomendación en los Arts. 6.1.1 y 6.1.3.



Fig. 2.40(a)



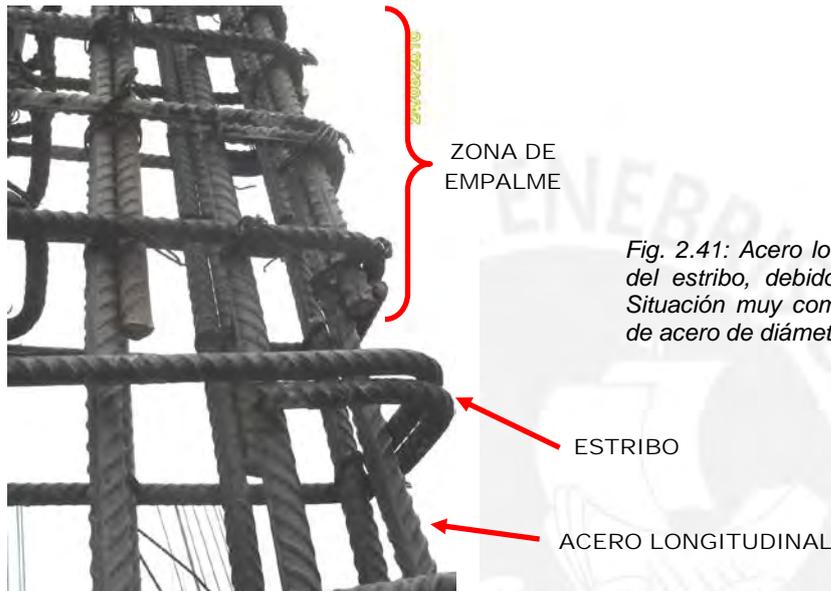
Fig. 2.40(b)

Figs. 2.40 (a, b): Operario aplomando una placa luego del vaciado, se miden las distancias desde el cordel hasta el encofrado, arriba (2.40(a)) y abajo (2.40(b)), ambas deben ser iguales, con esto se contrarresta un posible desplome.

## 2.2. Columnas

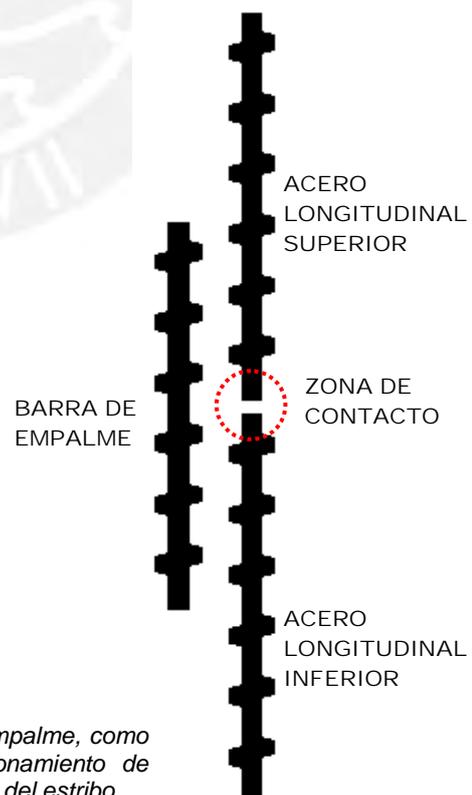
### 2.2.a. Acero longitudinal mal confinado por los estribos

En algunas columnas donde el acero longitudinal es de un diámetro importante (a partir de 3/4”), las varillas dentro de la zona de empalme ya no quedan en la misma esquina del estribo (debido al espesor que poseen), el diseño siempre manda un protocolo a seguir en estos casos, al cual, muchas veces se hace caso omiso.



#### Recomendación:

En estos casos se puede utilizar una barra de empalme común, de tal modo que las barras que se encuentran sigan en una misma línea vertical, mientras que la barra de empalme se adosa a ambas con su respectiva longitud de diseño; esto asegura que la tracción de la columna seguirá siendo asumida por el acero longitudinal. Ver figura 2.42.



### 2.2.b. Topes de acero en encofrado de columnas

Durante el encofrado de columnas es necesario que los paneles se sujeten de alguna manera, de tal forma que durante el vaciado no permitan el escape del concreto ni la deformación del elemento, sin embargo, en algunas ocasiones el constructor ancla unas barras de acero (de aproximadamente 20 cm) en la base de la columna (interiormente) con el fin de que los paneles de encofrado no se muevan (ver figura 2.42). Al desencofrar, aquellas barras de acero están en contacto o a escasos milímetros de la superficie (ver figura 2.43(a) y 2.43(b)), al estar el acero en contacto con el oxígeno se producirá oxidación, estropeará el concreto y la estética del elemento.

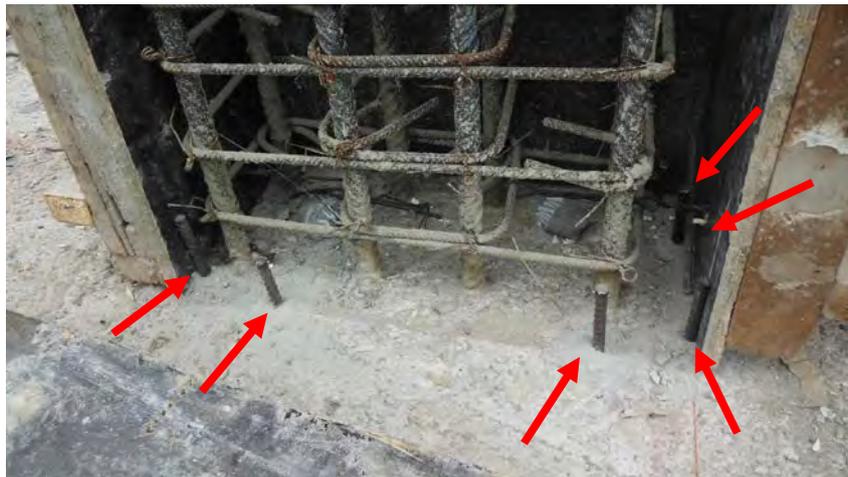


Fig. 2.42: Barras ancladas en la losa como tope de encofrado de columnas.



Fig. 2.43(a)



Fig. 2.43(b)

Figs. 2.43 (a, b): Resultado de anclar las barras de tope por dentro de la columna, al final éstas quedan expuestas a la intemperie y en peligro de oxidación.

**Recomendación:**

Se podría permitir que el anclaje de barras de acero sea exterior y con cuidado de no dañar alguna tubería (ver figuras 2.44 y 2.45), para luego cortarlas, sin embargo, se recomiendan los escantillones de concreto, que se pueden fijar a la armadura de la columna y preservan al material del deterioro.



Fig. 2.44: Barras de acero como tope de encofrado por fuera de la columna.



Fig. 2.45: Columna desencofrada, y las barras de acero de la figura 2.44 sin causar repercusión en el elemento estructural.

## Capítulo 3. Elementos Estructurales Horizontales



### 3.1. Vigas

#### 3.1.a. Acero longitudinal fuera del núcleo en las intersecciones viga-columna

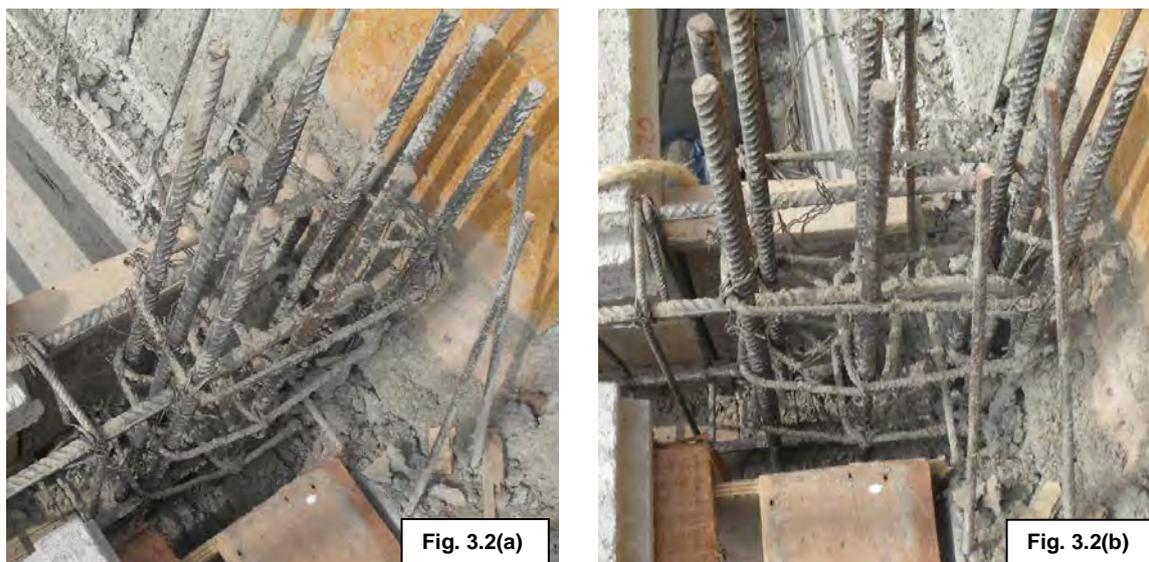
En la intersección de vigas y columnas se cruzan las varillas de acero, esos espacios son difíciles de llenar con concreto, y se hace más difícil aún el vibrado. En muchas ocasiones el arreglo que los operarios le aplican a esos nudos solamente busca que no se formen cangrejeras, desplazando las varillas de acero hacia ubicaciones inadecuadas.

Las figuras a continuación muestran los casos típicos en los cuales el acero longitudinal de las vigas no ingresa completamente al núcleo de la columna.



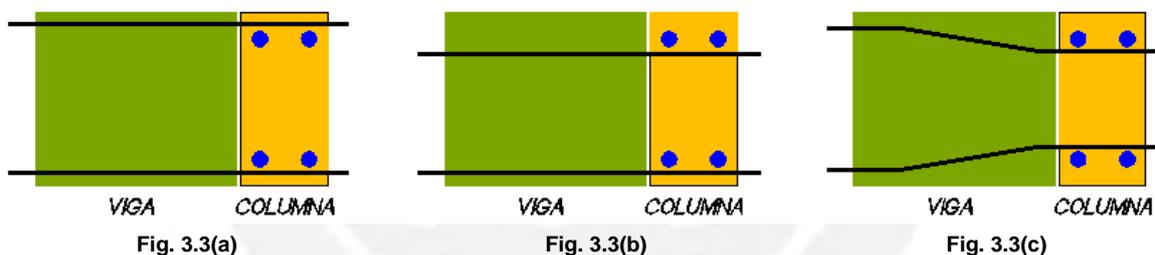
*Figs. 3.1 (a, b, c, d): Situaciones típicas de armaduras de vigas ((a), (b), (c) y (d)), en las que el acero longitudinal de éstas no ingresa completamente al núcleo de la columna que las intercepta.*

En las figuras 3.2(a) y 3.2(b) se aprecia el mismo caso anterior, pero esta vez se suma el problema de la contaminación dentro del elemento, debido a los desperdicios de vaciados anteriores.



Figs. 3.2 (a, b): Intersecciones de las armaduras de viga y columna, con acumulación de residuos de concreto.

En las figuras 3.3(a) y 3.3(b) se ve la forma como comúnmente suelen trabajar en obra, lo cual es incorrecto. En la fig. 3.3(c) se muestra cómo deben ingresar las varillas de la viga dentro del núcleo de la columna.



Figs. 3.3 (a, b, c): Formas de cómo el acero longitudinal de las vigas puede atravesar a la columna que la intercepta.

En la figura 3.4 se muestra un dibujo en planta de la intersección de una viga con el extremo de otra, y se asume el caso más crítico, en que el acero longitudinal de la viga no ingresa en el núcleo de la columna, sino que va por fuera; además hacia un lado no existe nada (Lado A), y hacia el otro está el encuentro entre las dos vigas (Lado B).

Ante una deformación se generan los momentos “M”, y el acero entra en tracción “T” y/o compresión “C”.

$$\text{Se asumirá que } T = C = A_s \cdot F_y$$

Entonces la fuerza de fricción del concreto “F” debe equilibrarse con  $2 \cdot A_s \cdot F_y$  (ver figura 3.5); por el “Lado B” es más seguro el equilibrio debido a que está presente la viga que ingresa, sin embargo por el “Lado A” se tiene un vacío y el recubrimiento es ínfimo, con lo cual no se desarrollará la fuerza de fricción y el concreto reventará.

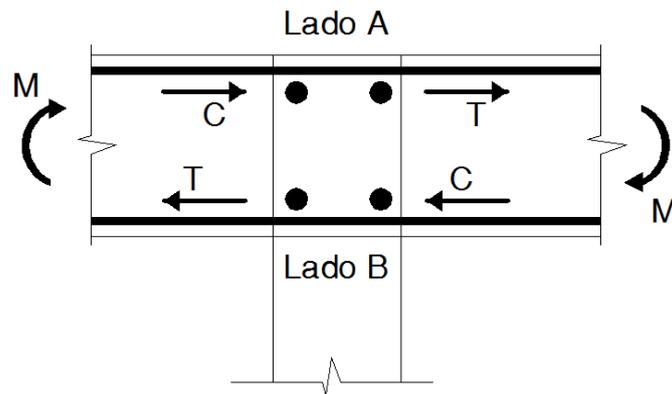


Fig. 3.4: Vista en planta de la intersección de dos vigas, y las fuerzas que se generan ante una deformación.

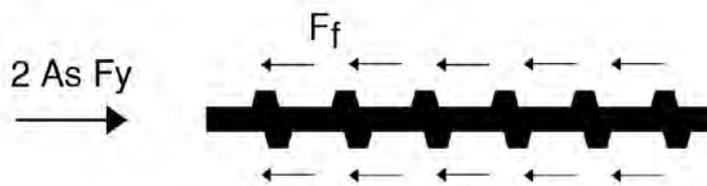


Fig. 3.5: Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan sobre un tramo de barra de acero de algún elemento estructural sometido a trabajo.

**Recomendación:**

Se puede inducir a que el acero longitudinal de las vigas ingrese dentro del núcleo de las columnas. Véanse figuras 3.6 (a, b).



Figs. 3.6 (a, b): Acero longitudinal de vigas ingresando completamente al núcleo de las columnas.

### 3.1.b. Recubrimiento insuficiente del acero en vigas

Del mismo modo que en los elementos verticales, la falta de recubrimiento también se presenta en las vigas, lo cual incrementa las posibilidades de que aparezcan problemas de adherencia y cangrejas, además de ser una falta de protección contra el fuego. Véanse figuras 3.7 a 3.12.



Figs. 3.7 (a, b): Armaduras de viga, con el acero longitudinal prácticamente pegado barra con barra, además de no presentar recubrimiento con respecto al encofrado lateral.



Fig. 3.8: Intersección de las armaduras de dos vigas, con el acero bastante tupido en la zona de encuentro. Nótese el acero longitudinal pegado al encofrado lateral.



Figs. 3.9 (a, b): (a) Vista en planta de la armadura de una viga peraltada. Nótese el escaso recubrimiento con respecto al encofrado lateral. (b) Acercamiento en donde se puede apreciar la separación entre barras, la cual fluctúa alrededor de un cm de longitud, ni siquiera el diámetro de éstas.

En las figuras 3.10(a) y 3.10(b) se observan una viga peraltada y una viga chata respectivamente, y cómo el acero longitudinal roza el encofrado, en estos casos se debieron colocar separadores. En la figura 3.10(a) también se observan unos escantillones de PVC, cuando lo más apropiado es fabricarlos de concreto, y no crear vacíos dentro de la viga. La viga chata de la figura 3.10(b) también es atravesada por tubos de electricidad, de tal forma que se disminuye la sección resistente.



Fig. 3.10(a)

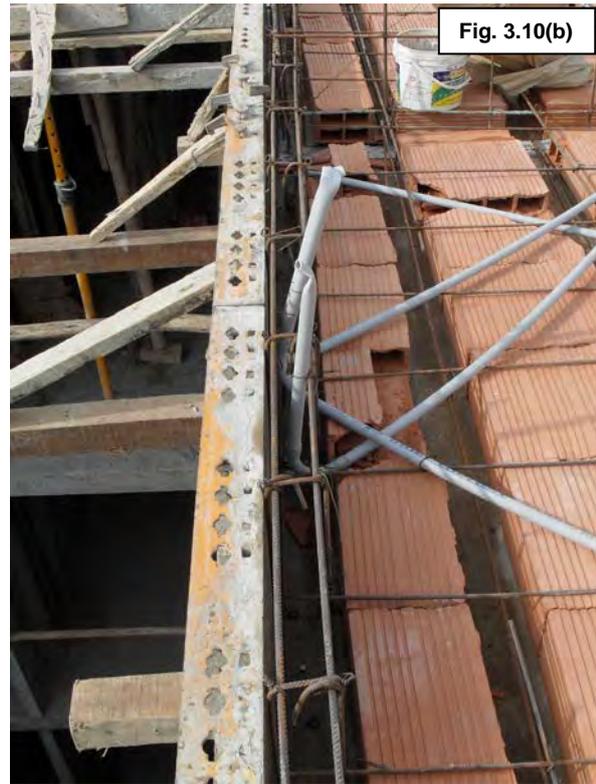


Fig. 3.10(b)

Figs. 3.10 (a, b): Armaduras de Viga peraltada y Viga chata sin recubrimiento lateral, con tuberías de PVC mermando la sección transversal en algunos tramos de las vigas.

**Recomendación:**

De ninguna manera se debe permitir que el acero toque el material de encofrado, se deben respetar todos los recubrimientos que manda el diseño, los cuales están regidos por el RNE E.060 (2009) en el Art. 7.7, de lo contrario no se garantiza que se desarrolle una buena adherencia entre acero y concreto.

Se debe indicar que si el recubrimiento no cumple con las condiciones normadas será más fácil que el concreto estalle ante una deformación del elemento. En la figura 3.11 se aprecia de forma didáctica la forma de falla en una sección transversal de acuerdo a los espaciamientos mínimos de las barras.

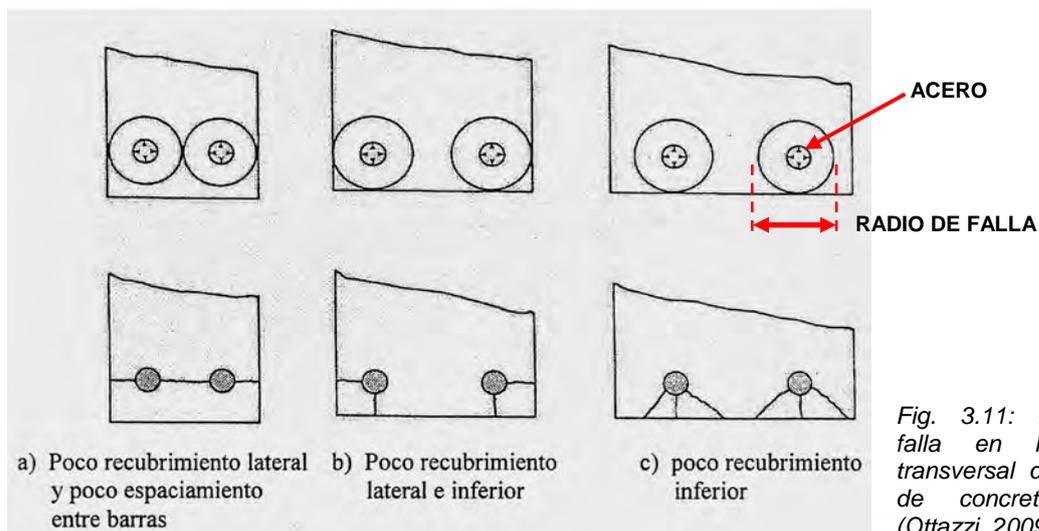


Fig. 3.11: Formas de falla en la sección transversal de una viga de concreto armado (Ottazzi, 2009).

### 3.1.c. Redistribución del acero longitudinal en las vigas

Las vigas con una alta cuantía de acero en su sección, están propensas a presentar problemas como falta de recubrimiento, cangrejas y pérdida de adherencia entre acero y concreto, por esta razón, durante la ejecución de la obra los maestros tienen por costumbre desplazar algunas varillas a otra posición de la sección de la viga con el fin de que no se formen cangrejas (ver figura 3.12), sin embargo, si esta práctica es realizada sin supervisión técnica se corre el riesgo de modificar perjudicialmente la resistencia nominal de la sección.



Fig. 3.12(a)

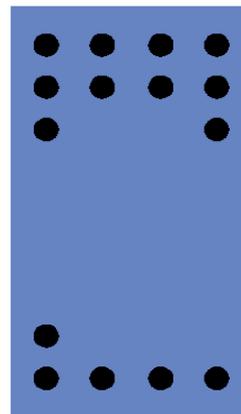


Fig. 3.12(b)

*Figs. 3.12 (a, b): (a) Arreglo del acero en la sección transversal de una viga, según diseño. (b) Modificación de la distribución del acero en la viga, practicada en obra.*

#### Recomendación:

En el Anexo 03 se hace un análisis de este tema, del cual se concluye que la redistribución del acero puede reducir hasta en 12% el momento nominal de la sección, siempre y cuando se adicione no más de una capa extra, por lo tanto, este decremento no resultaría significativo para la sección transversal resistente.

De todas maneras se recomienda consultar al proyectista sobre la posibilidad de colocar el acero en más de una capa, para facilitar así la colocación del concreto.

El RNE E.060 (2009) en el Art. 7.6 hace mención acerca de los límites del espaciamiento del refuerzo, lo cual debe ser tomado en cuenta al momento de redistribuir el acero.

### 3.1.d. Fabricación por partes de una viga peraltada invertida

En muchas ocasiones, las vigas peraltadas invertidas de una losa no se terminan de encofrar totalmente (específicamente la parte superior), de tal modo que un resto de la viga queda pendiente de ser fabricado, y después del vaciado parte de la armadura queda expuesta, inclusive, se llega hasta el extremo de reanudar el trabajo hasta después de haber terminado la etapa del casco de concreto armado. Cuando se reanuda la fabricación de estas vigas, la adherencia entre concretos de diferentes edades ya no tendrá el mismo efecto, y se generará un problema de “transferencia de cortante horizontal”. Véanse figuras 3.13 (a, b).



Fig. 3.13(a)



Fig. 3.13(b)

*Figs. 3.13 (a, b): Vigas peraltadas invertidas, en las que solo se ha completado la parte inmersa en la losa, dejando para después la parte superior.*

**Recomendación:**

No se recomienda poner en práctica este procedimiento, la viga es un elemento monolítico y por ello debe ser vaciada totalmente, de lo contrario la zona de contacto se convierte en una “superficie potencial de falla”. Si por alguna circunstancia se tuviera que dejar la parte superior de la viga para vaciarla luego, lo adecuado es escarificar la superficie de contacto y luego aplicarle epóxico.

El RNE E.060 (2009) en los Arts. 6.4.1, 6.4.2 y 6.4.3 hace mención acerca del procedimiento para el empleo de juntas de construcción.



### 3.1.e. Interferencia de la tuberías de PVC en las vigas

Las tuberías de PVC que atraviesan las vigas reducen la sección transversal de éstas por los tramos por donde pasan. Si bien es cierto, en muchas ocasiones el diseño manda un refuerzo para esas zonas críticas, lo más adecuado es cambiar el recorrido de las tuberías de tal modo que se dañe lo menos posible al elemento de concreto armado. A continuación, las imágenes muestran algunos ejemplos.



*Fig. 3.14: Tuberías de agua y desagüe atravesando una viga peraltada. Se reduce la sección resistente en ciertos tramos de la viga.*



*Fig. 3.15: Tubería de desagüe atravesando una viga chata en dos puntos.*

**Recomendación:**

Antes de iniciar la ejecución de un proyecto es necesario compatibilizar los planos de todas las especialidades. El caso de las redes sanitarias y eléctricas es muy particular, por su envergadura sí podrían dañar a los elementos estructurales; por ello, las modificaciones que sean necesarias al recorrido de las tuberías ayudarían a minimizar el daño a la estructura (ver figuras 3.16 (a, b)).

Por otra parte, un replanteamiento en la arquitectura serviría de mucho si es que esto a la vez obligase a reordenar la posición de las tuberías de PVC, de tal modo que no tengan que atravesar vigas chatas y/o peraltadas.



Fig. 3.16(a)



Fig. 3.16(b)

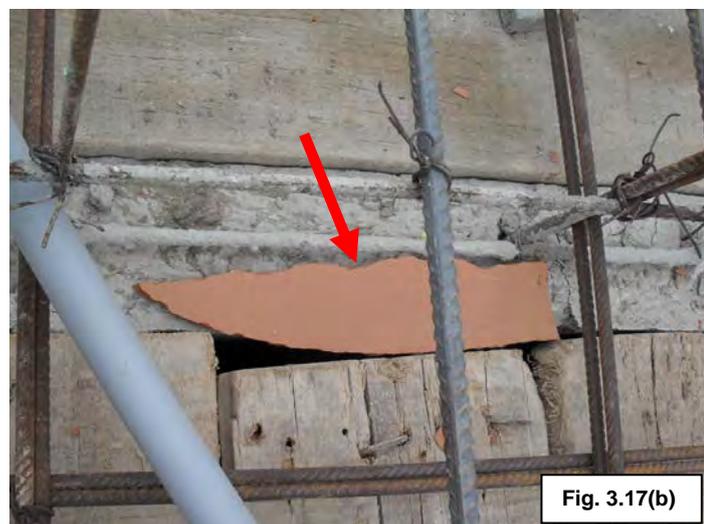
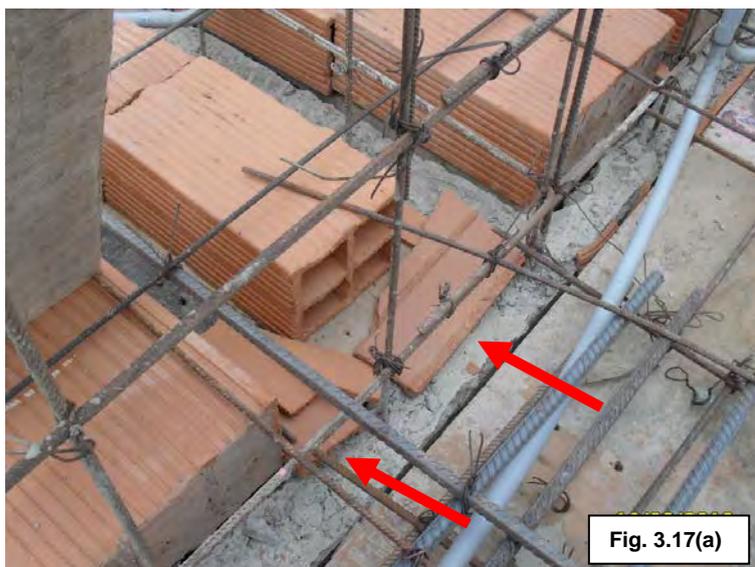
*Figs. 3.16 (a, b): (a) Tuberías de electricidad que corren a lo largo de una viga peraltada, degradando su capacidad resistente. (b) Las mismas tuberías han sido reubicadas en su recorrido con el fin de no dañar tanto al elemento.*

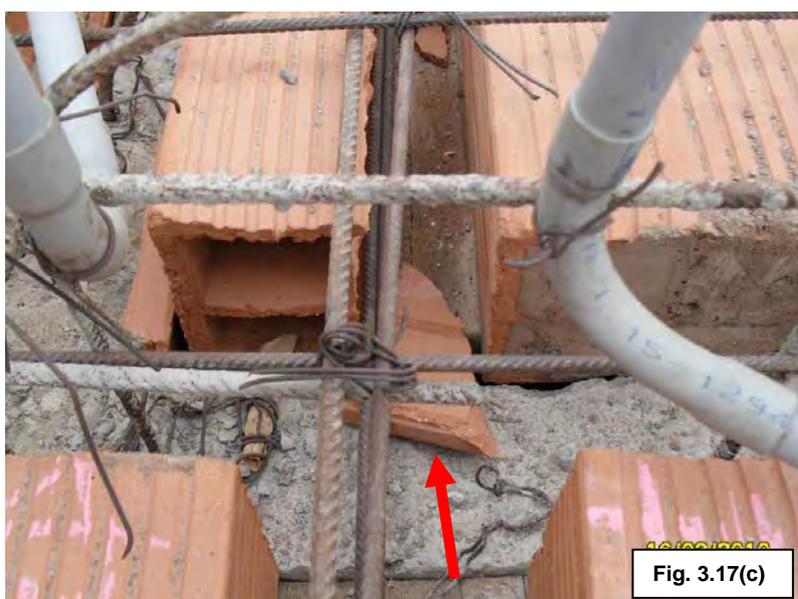
### 3.2. Losas Macizas y/o Aligeradas

Los vaciados de concreto que generan mayor expectativa son las losas de techo, debido a los volúmenes que se manejan. Por lo mismo que resulta muy difícil postergar un vaciado de techo, para el constructor se presenta un escenario con tareas todas de igual jerarquía por culminar; si todos los elementos de la losa no están a tiempo conforme manda el diseño se corre el riesgo de fabricar un elemento defectuoso. A continuación se presentarán los errores más comunes antes, durante y después del vaciado de una losa de techo.

#### 3.2.a. Contaminación de la superficie de contacto entre elementos verticales y la losa de techo

Cuando se vacía una losa, la zona aledaña a las columnas es cubierta con pedazos de madera o ladrillo, y muchas veces, estos retazos se interponen entre las placas y las losas (o vigas chatas); entonces la losa ya no descansa totalmente en la columna por tener acuñado un objeto extraño, del mismo modo que se forma una discontinuidad en la placa. Véanse figuras 3.17 (a, b, c, d).





Figs. 3.17 (a, b, c, d): Fragmentos de ladrillo encima de la placa de concreto, impidiendo que la losa a vaciarse se apoye en toda la sección de la placa.

### Recomendación:

Para situaciones como éstas lo recomendable es tapar las pequeñas aberturas con retazos de madera triplay, clavándola al encofrado, de tal modo de no superponerse encima de la placa o columna. Este procedimiento ofrece la ventaja de que el retazo que tapa el orificio ya no se moverá, a diferencia del cascajo de ladrillo, que sí puede salir de su lugar debido al impacto del vaciado de concreto. Esto también impide la fuga de la pasta de concreto.

### 3.2.b. Manipulación del acero de los elementos verticales que se encuentran embutidos en la losa

Cuando se vacía concreto en una losa aligerada o maciza, se tiene por costumbre (en los minutos subsiguientes) estar manipulando las armaduras de acero de las placas, ya sea para desplazarse de un lado a otro, o usándolas como soporte de objetos pesados. Esto origina que el tramo del acero vertical (20cm, 25cm, etc.) embutido en la losa ya no quede perfectamente adherido al concreto.

En la figura 3.18 se aprecian las fases de una típica pérdida de contacto entre acero y concreto, una varilla de acero incrustada en una losa, al ser manipulada de un lado a otro termina formando un vacío, lo cual genera pérdida de adherencia.

Del gráfico 3.18 se puede describir lo siguiente:

- La varilla de acero se encuentra embutida en el concreto y sin ninguna perturbación.
- La varilla es manipulada hacia la derecha a la vez que amplía el espacio en ese sentido.
- La varilla es manipulada hacia la izquierda, a la vez que continua ampliando el espacio, se aprecia la deformación producida por la manipulación anterior.
- La varilla deja de sufrir alteración en su posición, sin embargo las manipulaciones anteriores ya dejaron una cavidad más grande en torno a esta.

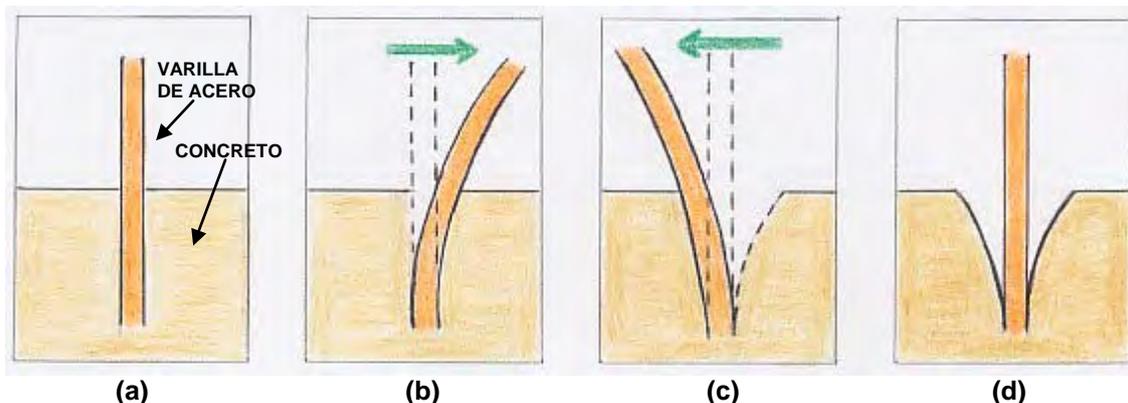


Fig. 3.18: Fases en la manipulación de una barra de acero en el concreto aún no del todo endurecido.

En la figura 3.19 se aprecia una losa de concreto recién vaciada, y a los trabajadores empezando a hacer mediciones sobre el concreto aun sin endurecer totalmente. En la figura 3.20 se aprecia cómo inmediatamente ya se está subiendo material y encofrando las mallas de acero, por ende el acero vertical (completamente adherido a la losa) empieza a perder contacto con el concreto casi endurecido, fenómeno imperceptible para la vista humana.



*Fig. 3.19: Losa de concreto recién vaciada, y los trabajadores empezando a caminar sobre ella.*

*Fig. 3.20: La misma losa de la figura 3.19. Horas después de vaciada se reanudan los trabajos, generándose vibraciones dañinas para el concreto aún no del todo endurecido.*



### **Recomendación:**

Después del vaciado de una losa (maciza o aligerada) lo recomendable es no realizar trabajos sobre ésta al menos hasta el día siguiente. De acuerdo a investigaciones realizadas (Gabalec, 2008), el concreto tarda aproximadamente cinco horas en fraguar, tiempo que sumado al que se invirtió en el vaciado resultaría casi una jornada de trabajo. Siguiendo estas recomendaciones el concreto puede pasar al estado sólido sin ninguna perturbación, esto garantiza una buena adherencia entre el concreto y el acero vertical que está parcialmente embutido en la losa.

### 3.2.c. Recubrimiento insuficiente del acero en losas macizas y/o aligeradas

En las losas de techo existen vigas peraltadas, vigas chatas, viguetas de aligerado, losas macizas, etc.; cada uno de los elementos mencionados podría presentar desórdenes en el arreglo del acero y concerniente al recubrimiento, como se verá a continuación.

En la figura 3.21 se aprecia al acero negativo completamente arqueado debido a la mala colocación y al continuo tránsito del personal de trabajo, con lo cual ya no se cumple con el recubrimiento de diseño. Además puede verse la superficie del encofrado llena de desperdicios ajenos al concreto.



*Fig. 3.21: Deformación del acero negativo en una losa maciza. Nótese la superficie del encofrado llena de desperdicios ajenos al concreto.*

En la figura 3.22, la armadura de la futura losa maciza presenta un recubrimiento lateral excesivo, este arreglo erróneo de la armadura originará que las primeras grietas que se empiecen a formar (en los bordes de la losa) sean de abertura muy grande.

En la figura 3.23 se observa un intento por utilizar el acero longitudinal de una placa como refuerzo negativo en una losa aligerada, sin embargo se comete el error de no separar el acero del ladrillo techo (falta de recubrimiento), con lo cual la barra de acero ya no estará completamente rodeada de concreto.



Fig. 3.22: Recubrimiento lateral excesivo en el arreglo de acero de una futura losa maciza.

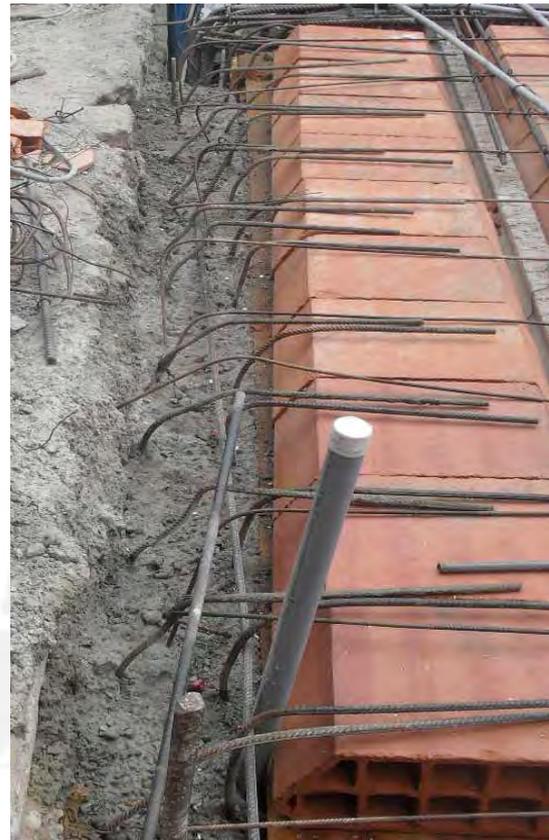


Fig. 3.23: Falta de recubrimiento en el acero negativo de una losa. Las barras de acero están rozando al ladrillo techo.

Un caso particular son las viguetas de un aligerado, si no se restringe el movimiento de los ladrillos techo en una losa tampoco se formarán correctamente las futuras viguetas; si aunado a esto se suma la falta de recubrimiento en el acero positivo, el resultado será la desaparición de las viguetas. Observar figuras 3.24 (a, b) y 3.25.



Figs. 3.24 (a, b): Acero positivo de las viguetas de una losa aligerada sin nada de recubrimiento, la proximidad de los ladrillos techo unos con otros no permitieron que se formen las viguetas.

Como una alternativa para preservar la correcta formación de viguetas es colocar clavos en el encofrado con el fin de evitar el movimiento de los ladrillos (ver figura 3.26), sin embargo, luego de desencofrar se debe descubrir el concreto para retirar parte de los clavos incrustados en la losa. Esta práctica podría volverse tediosa y hasta riesgosa, pues si no se hace con cuidado podría terminar por destruir a las viguetas.

Otra solución muy práctica es utilizar viguetas prefabricadas, con ladrillos especiales para este sistema (ver figura 3.27).



Fig. 3.25: Ladrillos techo rozando el acero de la viga del aligerado. No existe recubrimiento ni una correcta formación de viga.

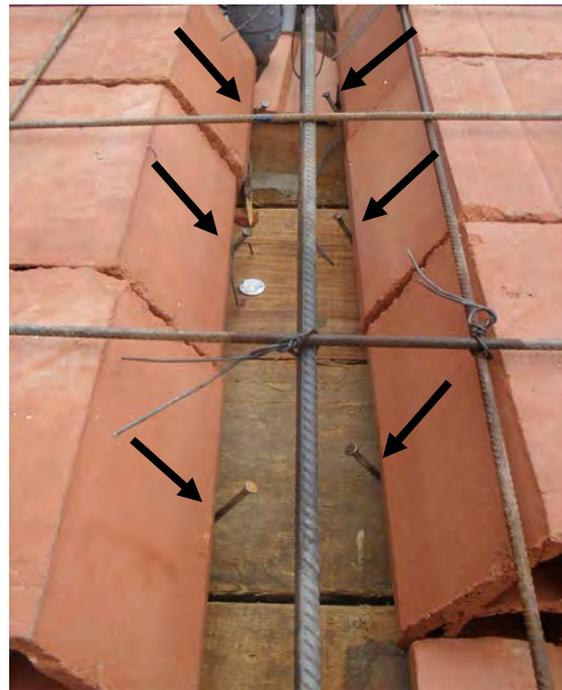


Fig. 3.26: Colocación de clavos como topes en el encofrado, con el fin de que no se muevan los ladrillos de techo.



Fig. 3.27: Sistema de viguetas y ladrillos prefabricados para una losa aligerada.

### 3.2.d. Falta de recubrimiento en el acero de temperatura

El acero de temperatura sirve para evitar que la losa se agriete debido a los efectos de la temperatura, en las losas aligeradas se usan varillas de 1/4", las cuales deben mantener una separación con respecto al ladrillo techo, esta práctica en la mayoría de las edificaciones no se cumple. A continuación se presentan algunos ejemplos en las figuras 3.28 y 3.29.



Fig. 3.28(a)



Fig. 3.28(b)

Figs. 3.28 (a, b): Acero de temperatura descansando sobre el ladrillo techo, sin ningún tipo de recubrimiento (tacos de concreto, separadores prefabricados, etc.).



Fig. 3.29: Losa aligerada de 17 cm, con ladrillos techo de 12 cm de altura, se observa claramente que el acero de temperatura está a 12 cm del encofrado, es decir, apoyado sobre el ladrillo techo.

El diseño de algunas losas aligeradas también considera el uso de ladrillos de tecnopor para aligerar aun más el peso de la losa, y a la vez que se disminuye la cuantía del acero (ver figura 3.30). El problema se presenta cuando se coloca el acero de temperatura, pues los separadores que permiten el recubrimiento se hunden en el tecnopor, tal como se ve en las figuras 3.31 y 3.32.



Fig. 3.30: Separadores de concreto para el acero de temperatura sobre bloques de tecnopor. Véase en el extremo inferior izquierdo cómo uno de los separadores empieza a introducirse en el ladrillo de tecnopor.

En las figuras 3.31 (a, b) se muestra un acercamiento de unos separadores de concreto completamente incrustados en el tecnopor. El acero de temperatura que descansa sobre éstos no estará completamente rodeado de concreto, por lo tanto perderá recubrimiento.

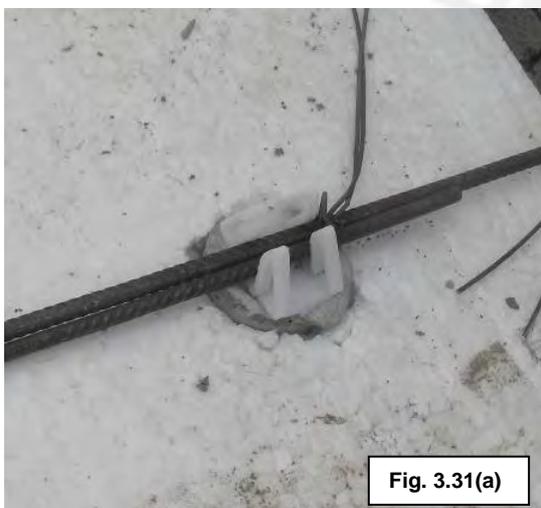


Fig. 3.31(a)



Fig. 3.31(b)

Figs. 3.31 (a, b): Separadores de concreto incrustados en los bloques de tecnopor de una losa aligerada.

A continuación se muestran los resultados de utilizar separadores de concreto sobre bloques de tecnopor. Luego del vaciado, la malla del acero de temperatura quedó adherida al tecnopor, el cual cedió ante el punzonamiento de los separadores de concreto.



*Figs. 3.32 (a, b): Acero de temperatura completamente pegado a los bloques de tecnopor, debido a la incrustación de los separadores de concreto durante el vaciado.*

### **Recomendación:**

Es de suma importancia que el acero de temperatura posea recubrimiento, de esta manera se controlan mucho mejor las deformaciones del concreto en la losa del aligerado, tal y como se menciona en el libro de Blondet (2005).

En el caso de la losa aligerada con bloques de tecnopor, lo que se recomienda es colocar los separadores minutos antes del vaciado de la losa, de esta forma se disminuye la probabilidad de que el tecnopor ceda ante el punzonamiento del separador de concreto. Otra alternativa es que la superficie de descanso de los separadores sea más amplia, con esto se conseguiría menor presión sobre el tecnopor.

### 3.2.e. Interferencia de los tubos de PVC en los elementos de la losa

La presencia de las tuberías de PVC dentro de una losa de techo ocasiona disminución en su resistencia, sobre todo cuando son tubos de diámetro mayor a 2 pulgadas y que atraviesan elementos estructurales importantes. Los tubos desplazan el volumen de concreto, creando un vacío en la zona por donde pasan, haciéndolo un punto potencial de falla. A continuación se muestran unos ejemplos.



Fig. 3.33: Aglomeración de tubos de electricidad en una losa maciza.



Fig. 3.34: Tubos de electricidad desplazando parte del recubrimiento de una viga chata. Puede verse el acero de temperatura sin ningún recubrimiento, y a esto colabora la presión que le hacen hacia abajo los tubos.



Fig. 3.35: Tubo de desagüe cortando perpendicularmente a las viguetas de un aligerado, sin haberse colocado ningún tipo de refuerzo.



Fig. 3.36: Losa maciza de una sola malla mermada en su resistencia por la presencia de una batería de desagüe.

### Recomendación:

El recorrido de las tuberías de PVC siempre podrá ser modificado, de tal modo que se merme lo menos posible a la resistencia de la losa. Ver figuras 3.37 (a, b). El RNE E.060 (2009) en el Art. 6.3 recomienda el tratamiento que se debe seguir en estos casos.



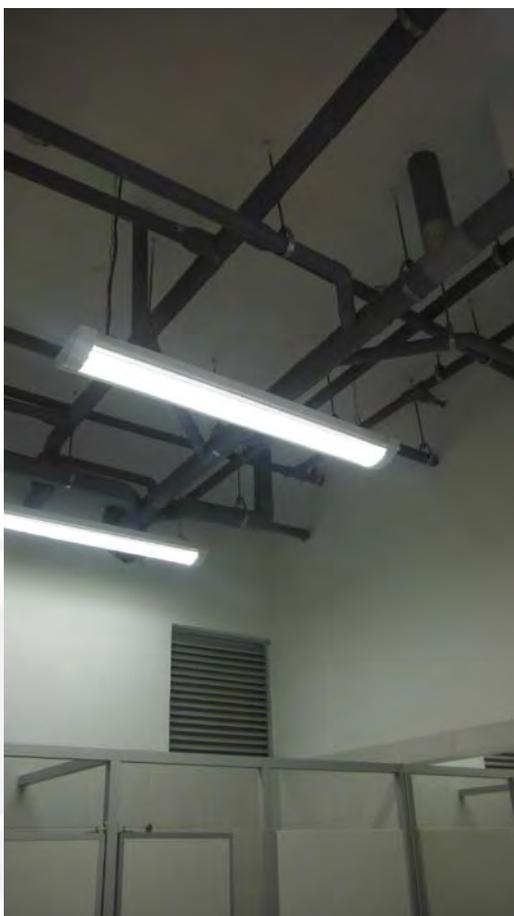
Fig. 3.37(a)



Fig. 3.37(b)

Figs. 3.37 (a, b): (a) Tubo de desagüe que corre a lo largo de una vigueta del aligerado, destruyéndola completamente. (b) Al mismo tubo se le ha cambiado de posición con el fin de no perjudicar a la vigueta y mejorar el comportamiento de esa zona de la losa.

Como una alternativa, las baterías de desagüe podrían ir colgadas por debajo de la losa (ver figura 3.38), siempre que la arquitectura lo permita. Revisar el libro de Gallegos y Casabone (2005) en el Capítulo 11.



*Fig. 3.38: Batería de desagüe colgada del techo del piso inmediato anterior.*

### 3.2.f. Losas de entrepiso con sobrecarga excesiva

Las losas macizas o aligeradas son diseñadas para resistir una determinada sobrecarga. Es común encontrar a los operarios acumulando material de construcción en alguno de los pisos dentro de las edificaciones, ya sean agregados, ladrillos o bolsas de cemento. En otras ocasiones utilizan algún ambiente como almacén y ahí depositan todos los accesorios pesados (inodoros, lavaderos, mayólicas, etc.).

En las imágenes siguientes se puede observar cómo se amontonan irresponsablemente los materiales de construcción sobre las losas macizas y/o aligeradas.



*Fig. 3.39: Acumulación temporal de ladrillos techo sobre una losa aligerada, los cuales serán utilizados para la losa aligerada del siguiente nivel.*

*Fig. 3.40: Uno de los ambientes de un edificio multifamiliar (aún en construcción), utilizado como centro de acopio de materiales de construcción.*





Fig. 3.41:  
Almacenamiento de ladrillos techo sobre los pasillos de un edificio multifamiliar. Nótese lo alto de las pilas de ladrillos.

### Recomendación:

Para este tipo de situaciones se debe calcular el área del ambiente, y de acuerdo a la sobrecarga permitida averiguar cuánto peso puede soportar la losa. Para ello ya se debe saber el peso de los materiales de construcción empaquetados y la densidad de los agregados. Se debe tener en consideración el peso del contrapiso (si es que aún no está hecho), el cual, también tiene una carga considerable (aproximadamente 100 kg/m<sup>2</sup>).

En el Anexo 04 se hace un análisis más detallado de este tema, tomando como modelo a una sala-comedor típica de un departamento en un edificio multifamiliar, de dimensiones estándar de 6.00 x 3.00 m, y con una losa aligerada de 0.20 m de espesor. Luego de averiguar la carga máxima que puede soportar la losa del piso (a la vez techo del nivel inferior) y a modo de recomendación, se presenta el siguiente cuadro resumen.

Material	Und	Cantidad
Agregado Fino (arenas)	m <sup>3</sup>	3.00
Material de Desmote	m <sup>3</sup>	2.31
Bolsas de Cemento	bls	142
Ladrillo Techo	pza	770
Ladrillo King Kong de 18 huecos	pza	2069
Ladrillo Pandereta	pza	2728
Cajas de Cerámicos	und	400

### 3.3. Escaleras

En cuanto a las escaleras, por lo general en obra se instala incorrectamente la armadura de acero, por no seguir el diseño se altera completamente el recubrimiento. En las figuras 3.42 y 3.43 se aprecian los descansos de unas escaleras con la malla de acero en bastante desorden y la superficie del encofrado muy contaminada.



*Fig. 3.42: Descanso de una escalera. La malla de acero no está anclada a la placa, y no presenta uniformidad en cuanto a la separación de las barras.*



*Fig. 3.43: Descanso de una escalera. Puede verse la deficiente escarificación de la placa en donde pegará el descanso, y la contaminación de la superficie del encofrado.*

Uno de los errores más comunes se comete al momento de anclar el acero de la zona en tracción de la escalera; en la figura 3.43 se aprecia una parte del descanso de una escalera, y se ve cómo el acero de la parte superior atraviesa toda la garganta de la escalera, la razón es que cuando ese acero entre en tracción la resultante de las fuerzas generadas debe encontrar concreto para soportar esa fuerza, esto se aprecia en la figura 3.44, en donde además se muestra un detalle, en el cual “R” es la resultante de las dos fuerzas de tracción “T” que se generan en las barras, en este caso sí existe un volumen considerable de concreto para soportar la fuerza “R”.

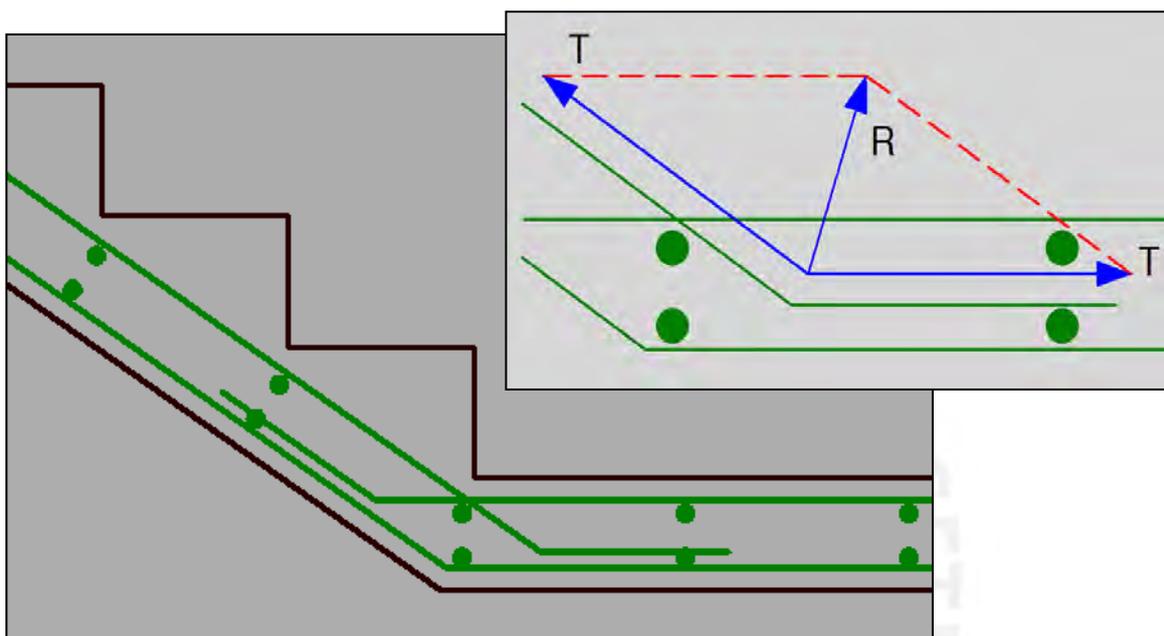


Fig. 3.44: Forma correcta de anclar el acero en el descanso de una escalera, con representación de fuerzas en el caso de que se genere tracción.

Cuando el acero que se ancla en el descanso no atraviesa toda la garganta, ante la tracción la fuerza resultante “R” no encontrará un volumen de concreto considerable que la contenga (Véase figura 3.45).

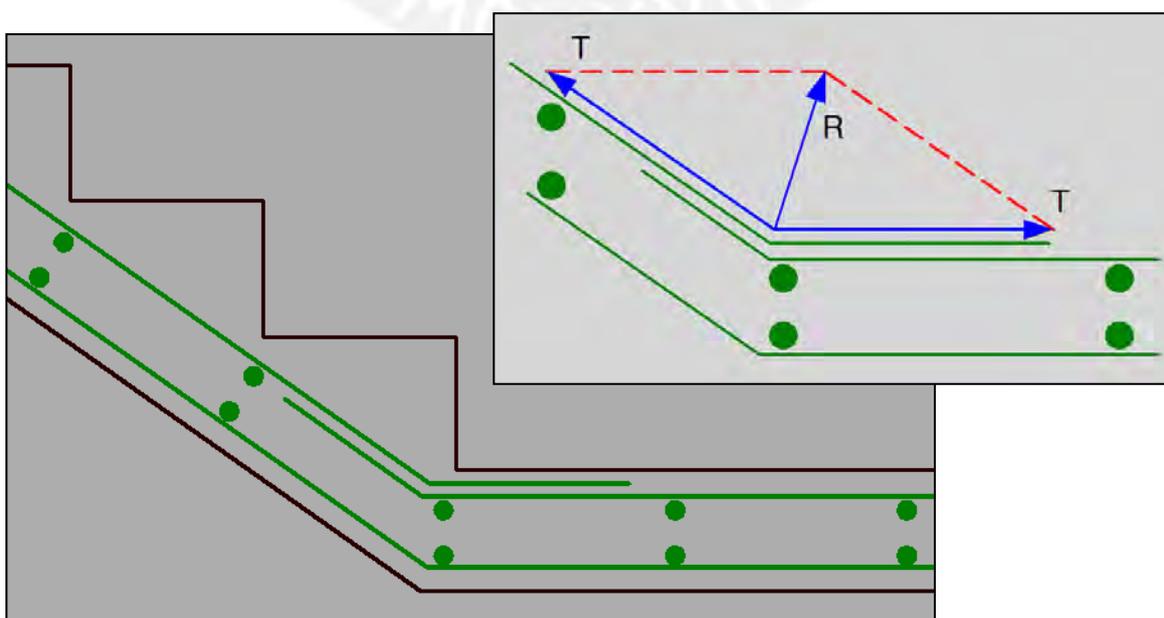


Fig. 3.45: Forma incorrecta de anclar el acero en el descanso de una escalera.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos en los que el acero anclado en el descanso sí atraviesa toda la garganta de la escalera (figuras 3.46 y 3.47).



Fig. 3.46: Armadura de escalera, en donde las barras que anclan en los descansos sí atraviesan toda la garganta.



Fig. 3.47: Armadura de escalera, en donde el anclaje en el descanso es el correcto, sin embargo, no existe recubrimiento con respecto al encofrado de madera, con lo cual estas barras no desarrollarán una buena adherencia.

Otro problema muy común durante la construcción de escaleras es la falta de recubrimiento en la zona de garganta (véase figuras 3.48(a) y 3.48(b)), el acero expuesto no desarrollará por completo el efecto de adherencia al concreto, además de presentar mayor probabilidad a la oxidación.



*Figs. 3.48 (a, b): Fondos de escaleras (vista desde abajo), nótese los fierros que han quedado expuestos debido a la ausencia de separadores de concreto durante el vaciado.*

## Conclusiones y Recomendaciones

- La recopilación de la información fotográfica proviene del rango de los últimos diez años, y en edificaciones exclusivamente del Centro de Lima.
- Los edificios, cuyos malos procesos constructivos se muestran en las imágenes, actualmente vienen siendo utilizados sin mayores problemas, y debido a que solamente se encuentran bajo “condiciones de servicio”. Un sismo severo pondría verdaderamente a prueba a los elementos estructurales de estas edificaciones, con todo y sus errores de fabricación.
- El mal estado de los equipos y herramientas para la construcción de algún modo incentiva los malos procedimientos constructivos, tal es el caso del encofrado de madera.
- El diseño de estructuras debe ser compatible con la realidad de la construcción, no se puede pretender ejecutar un proyecto de construcción civil bajo diseños que no son viables en la práctica. Tal es el caso de los congestionamientos de acero en las intersecciones de las vigas y/o columnas.
- Un edificio posee diversos elementos estructurales que le aportan rigidez, y la falla de uno de éstos puede ser compensada con el buen funcionamiento de otro; sin embargo, la suma de errores pequeños y diseminados por toda la edificación, dará como resultado “un error grande”.
- Los recursos naturales del planeta aún pueden abastecer por mucho tiempo la demanda de insumos del concreto, por lo tanto se requiere dedicar una atención especial a las nuevas tecnologías referentes al concreto armado.
- Se requiere mayor supervisión por parte de las entidades privadas y estatales, durante la ejecución de proyectos de construcción civil.
- Es importante que los encargados de dirigir los proyectos de construcción civil (jefes de proyecto, ingenieros residentes, maestros de obra, etc.) cuenten con la experiencia y capacitación necesaria relacionada con la materia.
- Se deben imitar los buenos procedimientos constructivos de los países desarrollados, así como su política en cuanto a reglamentaciones y normas.
- La supervisión de estructuras es un seguimiento día a día de los procesos constructivos. Supervisiones esporádicas de algunos días a la semana no sirven de nada.
- Los buenos procedimientos constructivos están normados por tiempos reglamentarios de ejecución, los cuales no deben alterarse de ninguna manera.
- La producción no puede estar por encima de la calidad de la estructura, el planeamiento de la obra debe adecuarse a las exigencias de los estándares de calidad de los elementos estructurales y no estructurales.

## Referencias Bibliográficas

- Blanco A. 1996 – 1997. *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado – Libro 2*. Capítulo de Ingeniería Civil – Consejo Departamental de Lima. Lima, Perú.
- Blanco A. 2011. *Calzaduras*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Blog de Ángel San Bartolomé. Lima, Perú.
- Blondet M. 2005. *Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería – Para Albañiles y Maestros de Obra*. Segunda Edición. Pontificia Universidad Católica del Perú – SENCICO. Lima, Perú.
- CAPECO. 2004. *Costos y Presupuestos en Edificación*. Novena Edición. Lima, Perú.
- CEMEX. 2005. *Manual del Constructor*. Tercera Edición. México D.F., México.
- Gabalec M. 2008. *Tiempo de Fraguado del Hormigón*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata. LEMAC, Centro de Investigaciones Viales – Tesis de Becarios de Investigación. La Plata, Argentina.
- Gallarday E. 2005. *Estudio de Mecánica y Resistencia de Suelos: Caso Lima*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Vol.8, Nro.15, p.78-87. Lima, Perú.
- Gallegos H, Casabone C. 2005. *Albañilería Estructural*. Tercera Edición. Fondo Editorial de La Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- López J, López L, Moreno A. 1999. *Muros de Contención y de Sótano*. Universidad de Castilla – La Mancha, ETSI Agrónomos de Albacete, Dpto. de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. Curso de Cálculo de Estructuras de Hormigón Armado, 04/08 Octubre 1999. Albacete, España.
- Montalbetti A, Muñoz A, Torrealva D. 1998. *Resistencia de Materiales*. Fondo Editorial de La Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Ottazzi G. 2009. *Apuntes del Curso Concreto Armado I*. Décima edición. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- RNE CE.010. 2010. *Norma Técnica de Edificación CE.010 – Pavimentos Urbanos*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, SENCICO. Lima, Perú.

- RNE E.020. 2006. *Norma Técnica de Edificación E.020 – Cargas*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, SENCICO. Lima, Perú.
- RNE E.050. 2009. *Norma Técnica de Edificación E.050 – Suelos y Cimentaciones*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, SENCICO. Proyecto aprobado por la Comisión Permanente del RNE. Lima, Perú.
- RNE E.060. 2009. *Norma Técnica de Edificación E.060 – Concreto Armado*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, SENCICO. Lima, Perú.
- RNE E.070. 2006. *Norma Técnica de Edificación E.070 – Albañilería*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, SENCICO. Lima, Perú.
- San Bartolomé A, Quiun D, Silva W. 2011. *Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería*. Fondo Editorial de La Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Sparrow E. 2009. *Presas de Gravedad*. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, E.A.P. de Ingeniería Civil. Ancash, Perú.
- Torres R. 2008. *Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado*. Segunda Impresión adaptada a la Norma Venezolana 1753-2006. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Mérida, Venezuela.

## Anexos

Anexo 01.....	A-2
Espesor insuficiente en cada uno de los niveles de las calzaduras	
Anexo 02.....	A-11
Fijación errónea de varillas de acero en el concreto fresco o endurecido	
Anexo 03.....	A-15
Redistribución del acero longitudinal en las vigas	
Anexo 04.....	A-19
Losas de techo con sobrecarga excesiva	
Anexo 05.....	A-23
Tratamiento inadecuado del concreto	
Anexo 06.....	A-37
Procedimientos constructivos erróneos en albañilería	

