

STRUCTURAL PATHOLOGIES OF FLOOR SLABS

Michelle Santos ⁽¹⁾, Denisse Sornoza ⁽¹⁾, Byron Hidalgo ⁽²⁾, Yordy Mieles ⁽¹⁾
Stalin Alcívar ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí

⁽²⁾ Maestría en Vivienda social de la Universidad Técnica de Manabí

Autor de Contacto: Yordy Mieles, yordimieles@gmail.com

Received: October 2021. Accepted: November 2021. Published: December 2021

ABSTRACT

In Ecuador, mezzanines are traditionally built with reticular reinforced concrete slabs with various types of lightening. Another increasingly popular mezzanine system is the composite slab (steel deck). In these systems, various pathologies have been observed that increase the global vulnerability of the structures, ranging from small defects to failures that could reduce the useful life of the building. The main constructive pathologies or those related to the material used are misaligned nerves with a width of less than 10 cm, improperly located pipes or ducts, concrete casting errors that cause cold joints, poor or non-existent curing, permeability formwork that allows the grout to leak, incorrect vibrating or dosage of the mixture, among others.

In recent years, the use of galvanized steel panels, known as steel deck slabs, has increased. This increase is mainly due to the advantages of building slabs quickly. Regarding the observation of this mezzanine system, the main pathologies were cataloged, such as damage to the collaborating plate (dent), fixing of the secondary steel beam with ceiling screws, incorrect concreting, among others. Classifying and disseminating these pathologies affects the improvement of construction, which is the objective of this work.

Keywords: pathologies, slabs, concrete, steel deck, ribbed slab.

PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE LOSAS DE ENTREPISO

RESUMEN

En Ecuador tradicionalmente los entresijos se construyen con losas reticulares de hormigón armado con diversos tipos de aligeramientos. Otro sistema de entresijos de creciente popularidad es la losa compuesta (*steel deck*). En estos sistemas se ha observado diversas patologías que acrecientan la vulnerabilidad

global de las estructuras, que van desde pequeños defectos hasta fallas que podrían disminuir el periodo de la vida útil de la edificación. Las principales patologías constructivas o vinculadas al material utilizado, son nervios desalineados con ancho menor que 10 cm, tuberías o ductos mal ubicados, errores de vaciado del hormigón que originan juntas frías, curado deficiente o inexistente, encofrado permeables que permite la fuga de la lechada, incorrecto vibrado o dosificación de la mezcla, entre otros.

Durante los últimos años se ha acrecentado la utilización de paneles de acero galvanizado, conocido como losas *steel deck*. Este incremento se debe especialmente a las ventajas de construir losas con rapidez. De la observación de ese sistema de entrepiso se catalogó las principales patologías, tales como daños en placa colaborante (abolladura), fijación de la viga secundaria de acero con tornillos para techos, hormigonado incorrecto, entre otros. Clasificar y divulgar estas patologías incide en el mejoramiento de la construcción, lo cual es el objetivo de este trabajo.

Palabras Claves: patologías, losas, hormigón, steel deck, losas aligeradas.

1. INTRODUCCIÓN

Después del sismo de Pedernales-Ecuador, ocurrido el 16 de abril de 2016 de 7,8 (Mw), se observó fallas puntuales como columna corta, columna débil viga fuerte, mal detallado del acero, falta de confinamiento en la unión viga - columna y en las vigas y columnas, piso blando, fenómenos de licuefacción de suelos, entre otros (Aguar & Miele, 2016). Por lo general, el daño o colapso de una estructura se debe a una sucesión de defectos de distintos tipos y orígenes que suman al daño global, dentro de los cuales las losas de entrepiso con distintas patologías tienen su contribución. La patología estructural se puede definir como aquella parte de la ingeniería que estudia los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, es decir, es el estudio de las partes que conducen al diagnóstico del problema (Helene & Pereira, 2003).

El tener un diagnóstico adecuado y completo de las patologías esclarece todos los aspectos del problema, los síntomas, el mecanismo, el origen, las causas y las consecuencias (Donini & Orlor, 2021). Los defectos (patologías), dejan a la estructura expuesta a sufrir daños y deterioros de magnitudes incalculables (Astorga & Rivero, 2009; Hanganu & Barbat Barbat, 1997). Las patologías estructurales surgen por defectos producto de un mal diseño, materiales deficientes o inapropiados, incorrecta configuración estructural, construcción mal concebida, entre otros. Es posible mejorar este problema sin cambiar el costo con solo el cuidado de detalles y respeto de normas como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-HM, 2015) y el Código del American Concrete Institute (ACI-318S-19, 2019).

Es necesario catalogar y clasificar los defectos en losas para difundir y mejorar la calidad de la construcción. La mayoría de los defectos que generan las patologías surgen durante la etapa de diseño y construcción (Astorga & Rivero, 2009) transformando esta fase en una etapa crucial para la durabilidad y comportamiento de la estructura cuando sea sometida a fuerzas externas como sismos o sobrecargas no consideradas en la etapa de diseño.

2. PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO

Una manera de clasificar las patologías es subdividiéndolas en tres orígenes (Astorga & Rivero, 2009):

- **Defectos:** se originan en el diseño, construcción y materiales.
- **Daño:** es consecuencia de sismos, sobrecargas, cambio de usos o mal uso.
- **Deterioro:** es producto de la exposición ambiental.

La construcción es la etapa donde se genera la mayor parte de las patologías, debido a construcción empírica, no solo asociada a maestros constructores sino a ingenieros civiles (Fitera, 2011). En la figura 1 se muestra una losa que por las relaciones entre ancho y largo gobiernan esfuerzos de flexión en las dos direcciones, pero fue reforzada en una sola dirección. Losas con ese defecto, una vez en servicio presentan fisuras paralelas al sentido de las viguetas (nervios), dado que en el sentido perpendicular no existe refuerzo para absorber los esfuerzos de tracción. Errores como estos se observan en importantes edificios que fueron diseñados por profesionales.



Figura 1. Losa gobernada por esfuerzos de flexión en ambas direcciones, pero reforzada en una sola dirección.

De forma general, los principales defectos relacionados a patologías en losas son:

- Métodos de análisis inapropiados para el tipo de losa a construir, como por ejemplo el cálculo de losas planas con métodos que son para losas sobre vigas rígidas.
- Deficiencias en el uso de programas informáticos, cuyos resultados no representan el real comportamiento de la losa, como por ejemplo considerar que son diafragmas rígidos sin un análisis previo.

- Errores en la concepción del reticulado de las losas en los planos, incluida la mala distribución de alivianamientos.
- Mal detallado del acero de refuerzo.
- Carencia de planos de construcción, reticulado hecho en obra.

2.1. Llenado por etapas

El vertido del hormigón por etapas es un error propio de la tradición constructiva: se llenan primero todos los nervios [ver la figura 2(a)] y en la siguiente etapa, la capa superior conocida como loseta [ver la figura 2(d)]. Cuando se empieza la etapa del llenado de la loseta los nervios que fueron llenados antes, han empezado su proceso de fraguado e incluso se nota en ocasiones que se disgrega el agregado grueso [ver la figura 2(c) y 2(d)], lo cual origina una junta visible entre ambas etapas. La figura 2 muestra esta patología constructiva del llenado por etapas, lo cual se ha observado tanto en el hormigonado con camiones mezcladores y concreteira.



Figura 2. (a) Hormigonado de vigas y nervios por etapas. (b) y (c) Disgregación de los materiales. d) Hormigonado por etapas de la losa.

2.2. Nervios desalineados

Los nervios deben formar viguetas perpendiculares entre sí en las dos direcciones ortogonales, sin estar desalineados. El ACI 318-19 norma el ancho de los nervios en un mínimo de 100 mm, con una distancia libre entre nervaduras no mayor a 750 mm y un espesor de la losa sobre los aligeramientos no menor a 40

mm (ACI-318S-19, 2019). La figura 3 muestra defectos constructivos en la separación de los nervios, como la incorrecta distribución, muy poca sección transversal, o geométricamente irregulares, que incumplen las sencillas disposiciones mínimas antes indicadas.

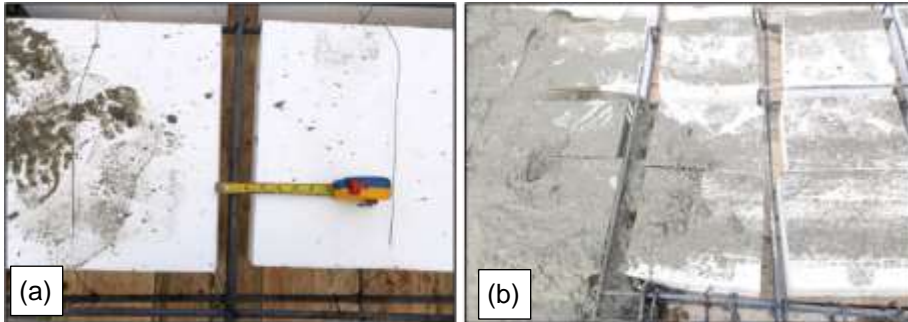


Figura 3. a) Incorrecta distribución de separaciones de aligeramientos. b) Incumplimiento del ancho mínimo en nervios.

2.3. Tuberías o ductos ubicados en lugares incorrectos

Las bajantes de tuberías no deben estar ubicadas en puntos críticos de las vigas o nervios donde los esfuerzos sean máximos (cortantes o momentos). La figura 4 muestra errores tales como ductos que atraviesan las vigas reduciendo considerablemente la sección transversal en las zonas más críticas de esfuerzos, lo cual incluso conduce a “remover” una serie de estribos en las vigas afectando aún más su capacidad resistente a corte. Es recomendable que los planos de reticulado de la losa indiquen los puntos donde deben ubicarse las tuberías, pues es una mala práctica de diseño no señalar los lugares donde necesariamente hay nervios o vigas, dejando esa decisión en manos del personal de la obra.

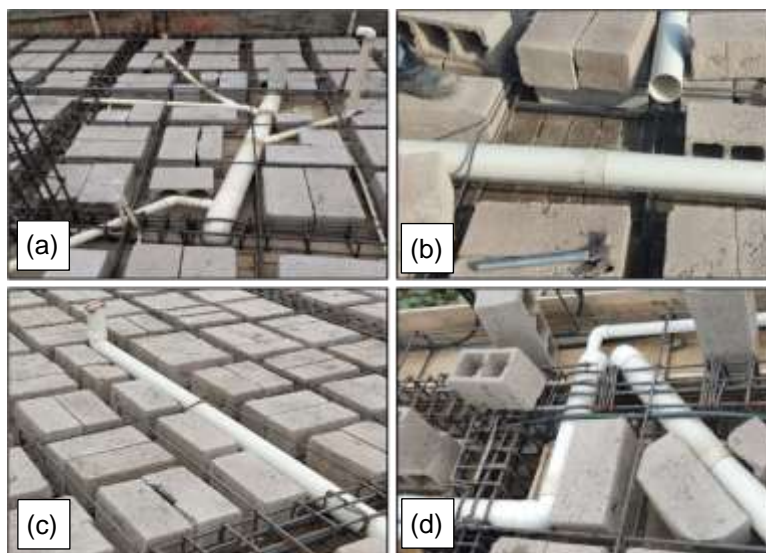


Figura 4. (a) Ducto ubicado erróneamente. (b) y (c) Tubería que invade la sección de una viga. (d) Barras ya esforzadas debido a la colocación de bajante.

2.4. Encofrados permeables

El proceso de encofrado de las losas generalmente se lo realiza con madera, la cual absorbe agua, propiedad conocida como higroscopicidad y que depende del tipo de madera, sus capilares, el tiempo transcurrido desde la tala, las condiciones de almacenamiento, etc., y puede llegar a ser de hasta un 14 a 16% del peso de la madera seca (García Iruela, 2021). Además, al momento de realizar el montaje del encofrado se pueden tener ranuras entre las juntas de las tablas (ver la figura 5) que permite la fuga de lechada, produciendo así oquedades debido a la pérdida de la parte más fluida del hormigón. Esto constituye una patología de materiales y de construcción frecuente, que se puede evitar con diversas técnicas que no incrementan el costo.

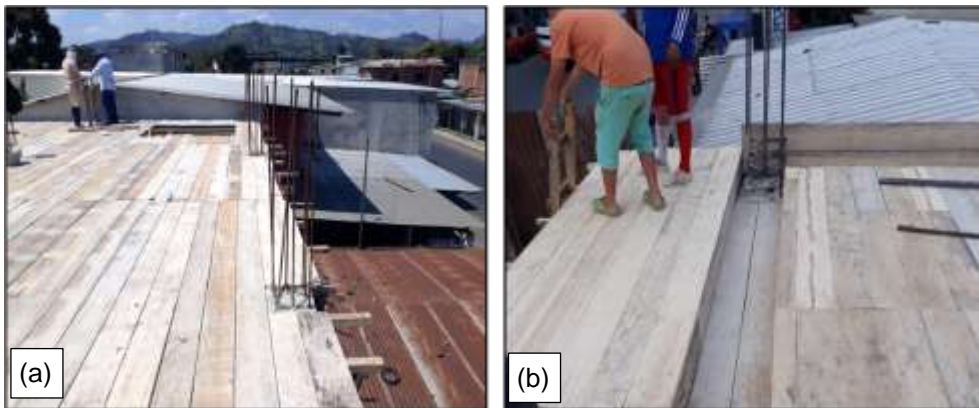


Figura 5. (a) y (b) Encofrados permeables de madera.

2.5. Bloques quebrados o secos que absorben el agua del hormigón fresco

Los bloques o aligeramientos tienen resistencias pobres o reciben poco cuidado al transitar sobre ellos en la etapa de construcción. Debido a la utilización del carretón que transporta el concreto, se causan rupturas parciales por el peso del carretón y el aligeramiento no cumple ya con su misión de disminuir el peso, tal como se muestra en la figura 6. Otra de las desventajas vinculadas a la utilización de bloques de hormigón en losas nervadas, es la absorción de agua restando así parte del agua de amasado que necesita la mezcla vertida para que pueda cumplir su fraguado paulatino en las primeras horas después del hormigonado. No humedecer la superficie del encofrado, causa la pérdida del agua de amasado y la consecuente disminución de resistencia.

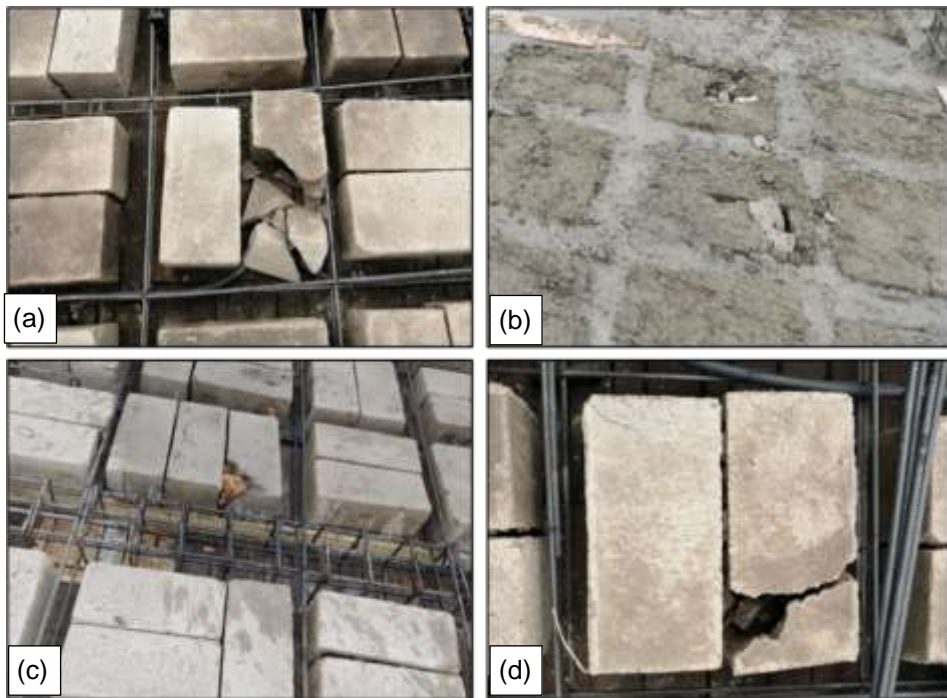


Figura 6. (a), (b), (c) y (d) Aligeramientos quebrados que no cumplen con la función de crear un vacío.

2.6. Fallas relacionadas al vibrado y dosificación

Una falla frecuente, es el vibrado incorrecto del hormigón debido a la utilización inapropiada del vibrador, cuando el operario descuida la verticalidad de aplicación de la aguja, (ver la figura 7) la cual sirve para la reducción del porcentaje de aire contenido en el concreto. Esto facilita la entrada de agentes agresivos.



Figura 7. (a) y (b) Posicionamiento incorrecto de la aguja del vibrador, no existe la verticalidad requerida para un buen resultado de vibrado.

La utilización excesiva del agua de amasado, sin control de la relación agua cemento por parte de los operarios de los equipos de mezclado del hormigón, que dan más importancia a la maniobrabilidad de la mezcla, conlleva a una baja de

resistencia final del hormigón. La figura 8 muestra un hormigonado con una mezcla plástica debido a agua en exceso en la dosificación.



Figura 8. (a) y (b) Relación agua cemento incorrecta.

2.7. Recubrimiento o peralte inadecuado de las barras de acero

En obra es notorio el incumplimiento de este parámetro que es fundamental para evitar que agentes agresivos externos afecten al acero de refuerzo. El uso de separadores para un correcto recubrimiento del refuerzo, no influye considerablemente al presupuesto de la obra. El acero para momento negativo debe colocarse tan cerca como lo permita el recubrimiento del lado traccionado para tener mayor brazo de palanca (Darwin, Dolan, & Nilson, 2016). Por el tránsito durante la construcción y por la falta de separadores el acero superior queda a la altura de los bloques y sobre este la loseta de compresión, perdiendo 2,5 cm en promedio de altura efectiva como se muestra en la figura 9.

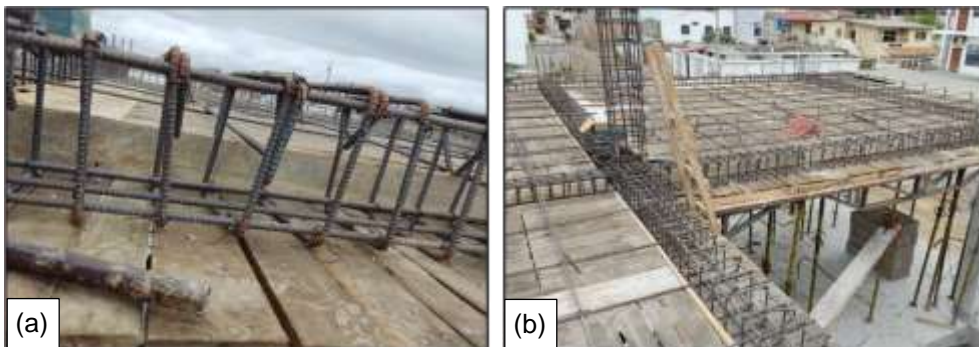


Figura 9. (a) y (b) Recubrimiento insuficiente de las barras de acero en vigas y losa.

2.8. Curado deficiente o inexistente

El fraguado del hormigón es la etapa del incremento paulatino de la resistencia del material, en la cual se produce una reacción química en la que existe la liberación de calor y por ende se necesita el control de la temperatura del concreto aplicando el proceso de “curado del hormigón” que consiste en mantener la superficie hidratada para reducir las fisuras debido a contracciones y retracciones que ocurren en este proceso (A. Neville, 2003; A. M. Neville, 1977). Habitualmente el proceso de curado en losas se lo realiza únicamente con agua, formando “piscinas” para mantener condiciones de humedad y temperatura al hormigón para

que éste logre alcanzar su resistencia de diseño. Muy pocas veces se considera alguna alternativa técnica para conservar la humedad del hormigón por la parte inferior de las losas y en ocasiones existe un curado deficiente como lo muestra la figura 10.

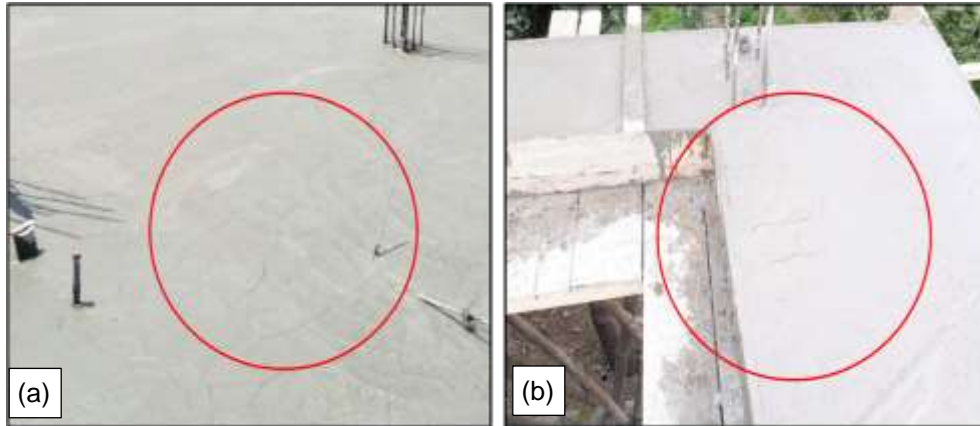


Figura 10. (a) y (b) Agrietamiento temprano del hormigón debido a las altas temperaturas y por falta de malla para el control de contracción y retracción del concreto.

2.9. Falta de anclajes en los bloques de poliestireno expandido

Luego del sismo de Pedernales de 2016, se ha dado mayor importancia a la disminución de la masa de las estructuras (Castañeda & Mieles, 2017), lo cual ha incrementado el uso de poliestireno expandido como aligeramiento de la losa, pues resulta beneficioso para disminuir el cortante basal. Durante el proceso de vaciado del hormigón los bloques de poliestireno expandido, por ser un material muy liviano y no encontrarse anclados correctamente al encofrado, se desplazan y disminuyen la sección de los nervios (ver la figura 11). Lo anterior puede corregirse fácilmente en obra con diferentes alternativas de anclajes que no incrementan significativamente los costos.



Figura 11. (a), (b), (c) y (d) Anclaje de los bloques de poliestireno expandido durante el vaciado del hormigón.

3. PATOLOGÍAS DE LOSAS COMPUESTAS (*STEEL DECK*)

El sistema de piso mixto conocido como *steel deck* o losa colaborante, se introdujo hace aproximadamente 20 años en el Ecuador a pesar de que en países como Estados Unidos y otros europeos ha sido usado desde hace más de 50 años (Placencia, Gallegos, & Morales, 2014). Por lo general este sistema se apoya sobre un emparrillado o sistema de vigas principales de hormigón con vigas secundarias de acero para proveer sustento a la losa de piso compuesta. Las losas con el sistema "*steel deck*" ha incrementado su uso, en parte por ciertas ventajas como facilidad de montaje, costos, posibilidad de prefabricación optimización del material, mejor resistencia a la corrosión, claros libres más grandes, mayor resistencia a las cargas (Alvarez & Cházaro, 2014). La utilización de este método de construir emparrillados, facilita el cumplimiento de ordenanzas municipales vigentes en los espacios céntricos de ciudades del Ecuador que regulan la ocupación de espacios públicos para el almacenamiento de materiales de construcción (áridos, cemento y barras de acero), bajo el concepto de "obra limpia" (Placencia et al., 2014).

Comparando el sistema estructural horizontal de losa de placa colaborante, vigas de hormigón y metal, con el sistema tradicional de losas alivianadas con bloques y encofrado de madera (figura 1), se llega a alcanzar un ahorro significativo de madera de encofrado, se reduce el tiempo de ejecución de la obra, disminuye el tiempo de puesta en servicio del sistema estructural horizontal con una reducción del costo total de la obra en el orden del 20% (Placencia et al., 2014).

Este tipo de losas prácticamente no se enseña el diseño en los cursos de pregrado de las distintas escuelas de ingeniería civil del Ecuador, por lo que existe

empirismo y los constructores se guían por reglas de espesores de losa, separación de vigas secundarias de soporte, entre otros. Existe normativa ya publicada, como la Standard Composite Steel Floor Deck ANSI-SDI-C-2017, Standard for Composite Steel Floor Deck SDI ANSI 2011, entre otras que indican reglas mínimas para su diseño y construcción pero son poco conocidas en el medio, justamente porque no se enseña en pregrado (SDI-C, 2017; SDI-N, 2017).

Existen en un porcentaje moderado las patologías detectadas, a pesar de esto su patología más común es la mala utilización de materiales que existen en el mercado. Uno de estos es el uso de paneles que casi nunca cumple con las especificaciones dada por el fabricante y que se las suele colocar de una manera diferente al concebido en el dimensionado estructural. Dicho lo anterior se puede redactar los principales errores observados:

3.1. Daños en la placa colaborante de hormigón

Una vez que colocado la placa colaborante y la malla de temperatura se procede a preparar el área para el vaciado de hormigón, este se lo puede realizar mediante bombas o carretillas. Las carretillas no deben transitar entre las láminas de *steel deck*. En ocasiones se ha observado que al momento del vaciado, se acumulan volúmenes excesivos de hormigón que deforman las láminas de acero *steel deck*, y forman cargas puntuales por acumulación de materiales, máquinas o personas en una misma área. Lo antes mencionado puede producir abollado a la placa colaborante, tal como se ilustra la figura 12, que se evita con más cuidado durante la construcción y vigas secundarias de acero que no excedan las distancias de apoyo que recomienda el fabricante del *steel deck*.

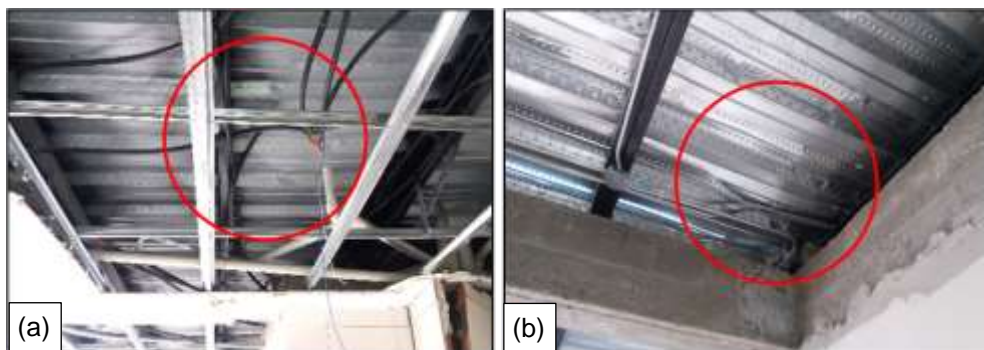


Figura 12. (a) y (b) Abolladura del *steel deck* y daños en la placa colaborante del hormigón.

3.2. *Steel deck* fijado a la viga secundaria con tornillos para techos

El proceso de fijación a la viga secundaria se debe realizar con conectores de cortante, estos se sueldan en la parte superior de la viga. Los más usados son pernos (espárragos); sus longitudes no deben ser menores a $4d$, donde d es el diámetro del perno y cumplen la función de diafragma para la transmisión de fuerzas sísmicas y sus conexiones deben ser diseñadas y detalladas para la transmisión de fuerzas sísmicas al sistema de elementos resistentes (SDI-C, 2017; SDI-N, 2017). Un defecto en el proceso constructivo, es usar tornillos de cubierta para fijar el “steel

deck" a la viga secundaria (ver la figura 13), esto origina que la viga de metal y la losa trabajen por separado y la losa sea solo un tablero.

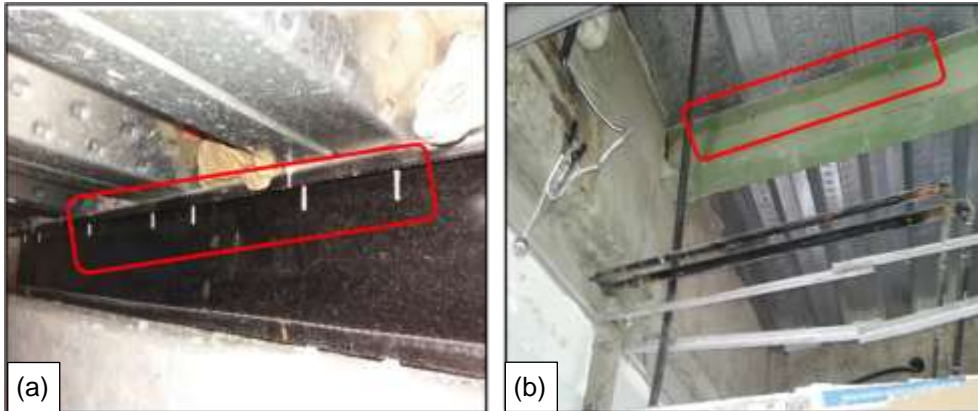


Figura 13. (a) y (b) Fijación incorrecta de la placa colaborante sobre la viga secundaria, ya que se realizó con tornillos.

No colocar correctamente los conectores (o reemplazar por tornillos), causa que no trabajen como un solo elemento la capa de compresión de hormigón y la viga secundaria de acero y, la losa se convierte en un tablero que no contribuye a resistir las cargas laterales, pues pierde el efecto diafragma de piso (ver la figura 14), desaprovechando las bondades de una sección compuesta (Mieles, Larrúa, Villacreses, Delgado, & Gómez, 2021).

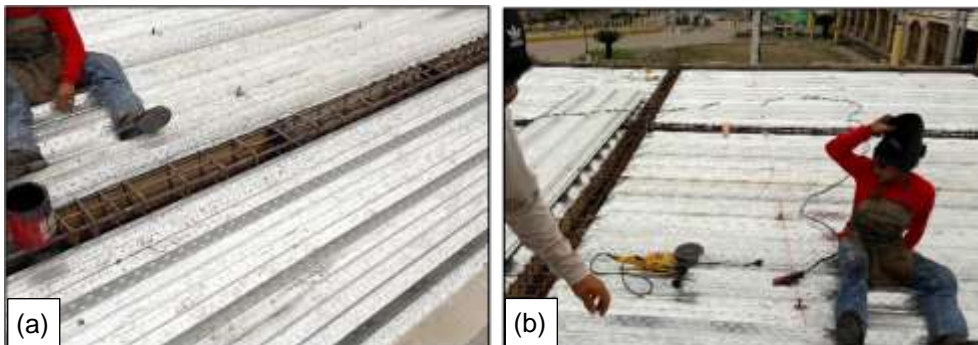


Figura 14. (a) y (b) Mala colocación de los conectores de corte.

3.3. Vigas secundarias de acero empíricas

Las vigas secundarias de acero que sostienen la losa compuesta se conectan a la viga de hormigón empíricamente y se utilizan vigas secundarias inapropiadas para atravesar la viga de HA. Una práctica común es la que se visualiza en la figura 15 donde una viga rectangular de acero atraviesa por completo la viga de HA y desplaza parte del hormigón de la viga, desconectando las caras del hormigón y se interrumpe la traba mecánica que beneficia la resistencia al cortante en la sección del nudo híbrido (Mieles, Larrúa, & Villacreses, 2019). Lo anterior origina fisuración prematura y daños reportados después del sismo del 16 de abril de 2016 (Castañeda & Mieles, 2016). Existen investigaciones que indican que disminuye la resistencia de la viga de HA por el nudo híbrido por ser una región perturbada y que se omiten los estribos suspensores (Mieles & Larrúa, 2019). En

las losas colaborantes no se toma en consideración el diseño del nudo entre la viga de HA y las vigas secundarias con anclajes apropiado. Además, el no apuntalarlas en los vanos, causa pandeo por el peso del hormigón fresco cuando aún la sección no puede trabajar como compuesta.



Figura 15. (a) y (b) Conexión inapropiada en el nudo híbrido entre la viga principal de HA y la viga secundaria de acero.

3.4. Hormigonado por etapas

El hormigonado por etapas o por elemento como se ilustra en la figura 16, genere una junta fría puesto que al vaciar el hormigón primero las vigas y después volver a llenar la capa de compresión, el hormigón de las vigas ya ha empezado la etapa de fraguado, lo cual es fácil corregir con un hormigonado continuo



Figura 16. (a) y (b) Fundición por etapas en losas Steel Deck.

4. CONCLUSIONES

Se han enumerado las patologías en losas de hormigón armado y losas compuestas más frecuentes durante el diseño y construcción. La mayor parte de esas patologías son posible de corregir sin incrementar los costos de la construcción, con acciones sencillas como:

- Colocar los ductos y tuberías de entepiso en lugares adecuados, lo que requiere que ese detalle aparezca en los planos estructurales y no dejar a elección del personal de construcción su colocación en la obra.

- Proteger los aligeramientos de la fractura debido a impactos o tránsito del carretón de hormigonado.
- Garantizar un correcto curado del hormigón especialmente en las primeras horas de su fraguado.
- Capacitar al personal de la construcción sobre la importancia del detallado del refuerzo y normas sencillas de construcción.
- Usar conectores de corte en losas steel deck, para lograr una viga compuesta, que contribuya al efecto diafragma de la losa.
- Usar estribos suspensores y nudos apropiados para la unión viga secundaria y viga principal de HA.

Los autores de este trabajo esperan que estas patologías conocidas pero enumeradas en este artículo sirvan para divulgar y mejorar la construcción de losas.

5. REFERENCIAS

- ACI-318S-19. (2019). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Aguar, R., & Mieles, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, Vol. 20,3, 1 - 39.
- Alvarez, O., & Cházaro, C. (2014). Construcción compuesta acero-concreto: GERDAU CORSA-IMCA Instituto Mexicano de la Construcción en Acero.
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). Patología en Edificaciones Modulo III-Sección IV. *Centro de Investigación de Gestión Integral de Riesgos.[Serada en línea]*, 3.
- Castañeda, E., & Mieles, Y. (2016). *Reflexiones sobre daños observados en edificios de vigas con nudos híbridos y losas "steel deck" ante el sismo del 16 de abril de 2016*. Paper presented at the Paper presented at the Proceedings of the "First Annual State-of-the-Art in Civil Engineering Structures and Materials", Quito.
- Castañeda, E., & Mieles, Y. (2017). Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016. *Revista Ingeniería de la Construcción*, Vol. 32 No. 3 doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000300157>.
- Darwin, D., Dolan, C. W., & Nilson, A. H. (2016). *Design of concrete structures*: McGraw-Hill Education.
- Donini, H., & Orler, R. (2021). *Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado: causas, inspección, diagnóstico, refuerzo y reparación*: Nobuko.
- Fitera, J. A. (2011). *Análisis estadístico de la patología de forjados de hormigón en Galicia*. Universidade da Coruña.

- García Iruela, A. (2021). *Higroscopicidad y propiedades termodinámicas de maderas modificadas natural y artificialmente a través de sus isothermas de sorción*. ETSI_Mon_fos.
- Hanganu, D. A., & Barbat Barbat, H. A. (1997). *Metodología de evaluación del deterioro en estructuras de hormigón armado*: International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE).
- Helene, P. R. L., & Pereira, F. (2003). *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y protección*: Editoración y Diagramación Electrónica.
- Mieles, Y., & Larrúa, R. (2019). Modelo puntal tensor para un nudo híbrido viga de hormigón y viga de acero bajo cargas gravitatorias. *Revista Ingeniería de Construcción, Volumen 34 N° 3*.
- Mieles, Y., Larrúa, R., & Villacreses, C. (2019). *DETAILS FOR THE DESIGN OF HYBRID NODES IN CONCRETE BEAMS TO STEEL BEAM*. Paper presented at the Conference on Automation Innovation in Construction, Portugal, Leiria.
- Mieles, Y., Larrúa, R., Villacreses, C., Delgado, D., & Gómez, C. (2021). Details for the Design of Hybrid Nodes in Concrete Beams to Steel Beam *Sustainability and Automation in Smart Constructions* (pp. 325-331): Springer.
- NEC-SE-HM. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (Ministerio_de_Desarrollo_Urbano_y_Vivienda Ed. primera ed.). Quito-Ecuador.
- Neville, A. (2003). Neville on concrete. *ACI, Farmington Hills, Mich, USA*.
- Neville, A. M. (1977). Tecnología del concreto.
- Placencia, P., Gallegos, A., & Morales, M. (2014). *Análisis estructural de losas con luces de 6, 10, 12 metros utilizando dos sistemas constructivos*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
- SDI-C. (2017). Composite Steel Deck Floor Deck-Slabs: Steel Deck Institute.
- SDI-N. (2017). Non Composite Steel Floor Deck Steel Deck Institute.