

Timelines and Techniques: Finishing Practices for Structural Lightweight Concrete Floor Slabs

by William H. Wolfe

The use of lightweight aggregates in concrete extends well into antiquity and through multiple cultures.¹ Some of the earliest lightweight concrete mixtures incorporated naturally porous materials like pumice. And since the 1920s, structural lightweight concrete has been used for concrete floors in well over 500,000 buildings.² With strengths comparable to normalweight concrete yet typically 25 to 35% lighter, this material helps reduce the building's structural dead load. Not only does this allow for more design flexibility and reduced construction costs over an entire structure but it also contributes to improved seismic resilience by reducing the forces a building endures during an earthquake.

Likewise, structural lightweight concrete, when it incorporates expanded shale, clay, or slate (ESCS) lightweight aggregates, can be specified in thinner floor slabs without compromising required fire ratings. This is due in part to the material's ability to transmit heat at a slower rate than normalweight concrete. Lightweight concrete has a higher insulating value due to the pore structure within the lightweight aggregate.

If the lightweight aggregate is preconditioned by prewetting prior to batching, the processes for batching and placing this material can be similar to those for normalweight concrete.³ With all these benefits and no specialized knowledge necessary for placement, the question becomes: Why isn't structural lightweight concrete used more often? The answer may be tied to concerns with finishing techniques and timelines.

What Are ESCS Aggregates?

In modern construction, lightweight aggregates are produced by expanding minerals like shale, clay, and slate. These materials are fired in a rotary kiln at temperatures around 2000°F (1648°C). During this process, the material softens

and forms air bubbles that remain as non-interconnected pores when it cools. As these pores increase the sizes of aggregate particles, they reduce the density of the particles without compromising the strength of the concrete containing them.

After the ESCS has cooled, it is crushed and screened to the size appropriate for its use. Because ESCS is a manufactured material, it provides a consistent gradation and density that allows predictable properties in concrete mixtures.

Concrete Finishing

When using structural lightweight concrete made with ESCS, the most critical issue for contractors is determining when to begin finishing. While this is an important consideration for all concrete types, it has added significance with structural lightweight concrete slabs on metal decks. Finishing this material too early can lead to delamination and more-than-necessary compaction and deflection across the floor deck. These issues are not insurmountable, especially when contractors and engineers understand how the material works, where it is most reasonable to specify it, the proper finishing timelines, and the differences in how finishing tools interact with structural lightweight concrete compared to normalweight concrete.

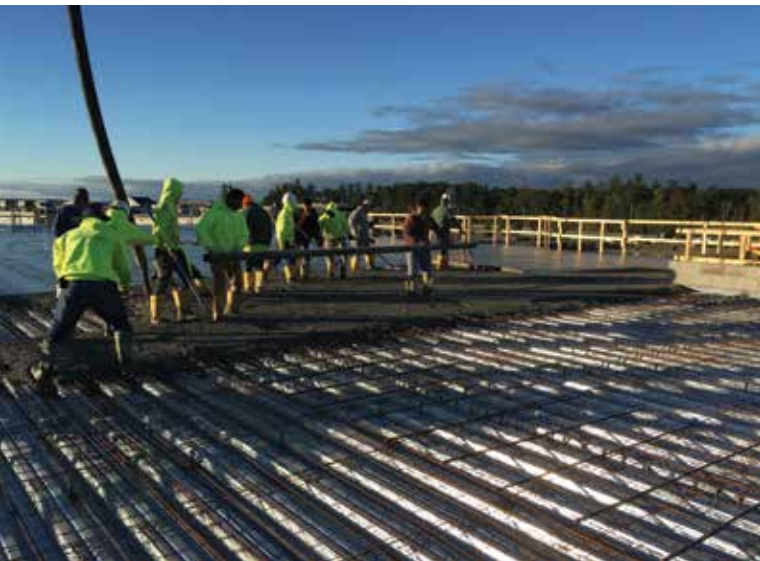
ESCS Mixtures

As with all types of concrete, the mixture should be proportioned to ensure proper workability, pumpability, finishing characteristics, and setting times and to prevent mixture segregation. Overworking a concrete mixture with ESCS aggregates may bring the lightweight aggregates to the surface.

One of the most important requirements with lightweight concrete mixtures is that lightweight aggregates must be

saturated prior to batching so the water-cement ratio (w/c) of the paste can be consistent, and the pump pressures don't drive water and air into the aggregates only to come back out of the aggregates at the point of placement. If the degree of saturation varies, this has a large impact on the bleed and setting behavior of the concrete and can complicate finishing.

Also, structural lightweight concrete made with ESCS aggregates is commonly specified with an air content between 4 to 7% to meet density and fire rating requirements. The air content should be tested in accordance with ASTM C173/C173M.⁴ It is not always necessary to use a high amount of air entrainment to meet the density requirements; therefore, calculating the equilibrium density is recommended.⁵ If



Lightweight concrete deck being placed (photo courtesy of William H. Wolfe)



Bleed water coming to the surface prior to finishing (photo courtesy of Arcosa Lightweight)

measured during placement, the required unit weight of the fresh concrete must be adjusted to account for the weight of the saturation water. Because lightweight aggregates are lighter, the concrete results in less bleed water and bleed air, and less risk of blisters and delaminations. However, there is still risk, and the lower the entrained air content, the lower the risk.

What to Avoid

Floor slabs in office, commercial, multi-unit residential, and institutional buildings are typically specified with floor coverings for foot traffic. Because these floors are covered, they need neither higher flatness tolerances (unless specifically called for in design requirements) nor an overly smoothed surface. Likewise, the troweling recommendations for this class of flooring (Class 2 per ACI 302.1R-15⁶) are not the same as what is recommended for other commercial or industrial flooring. With that in mind, contractors can avoid overworking a floor slab by understanding the right timelines and by using trowels that exert the optimum force for floors of this class.

This can be easier said than done, as calls for faster construction and flatter tolerances have become a norm. To meet these calls, many contractors have achieved desired flatness, reduced wait times, and minimized labor by using ride-on power trowels that impart more energy to the concrete surface than walk-behind power trowels. While this practice can be beneficial to normalweight or non-air-entrained concrete floors, lightweight concrete provides some complications. Therefore, it is important that concrete contractors do not treat lightweight concrete floors as they would normalweight ones.

It may seem that lightweight concrete can make finishing concrete floors needlessly complex. However, avoiding the dangers of overworking can be simple when contractors observe proper finishing techniques, use the appropriate tools, and maintain an ideal finish window.

Techniques and Tools

Power trowels with float pans or float blades exert a much lower surface pressure than those without them. This can sometimes entice contractors to commence finishing sooner than when is ideal. While this can be feasible for slabs-on-ground or slabs made from normalweight concrete, it can cause delamination and deflection when used prematurely on lightweight concrete floors. It is recommended that finishers use walk-behind machines with float blades for the first pass during the proper window for finishing. After the first pass with the walk-behind equipment is completed, ride-on finishing equipment can be used.

Although the right equipment and proper timelines can help contractors easily finish concrete floors, the ambient conditions also play a part. For example, cold weather can prolong bleeding time on unheated decks, increasing delamination risks from mistimed finishing. For this reason,

concrete crews should be aware and take action during colder weather and during weather that may speed up surface drying times, as these environments may cause disparities between surface stiffness and adequate time to set.

Time and Weather

When it comes to finishing any concrete floor, timing is essential. Premature finishing is a major cause of delamination (including blistering). Finishing a floor too late, even one that will be covered, can result in poorly textured surfaces and floor flatness/levelness that are outside of design specifications. To determine the window of finishability, it is important for contractors to consider a wide range of variables.

The first of these variables is the concrete itself. For years, finishers have had two tests for determining when to start finishing operations—examining for visible bleed water and measuring the depth of footprints. After placement, the sheen of bleed water should disappear from the concrete’s surface. This indicates that sealing the top layer will not lead to trapped water and subsequent delamination. However, sometimes the bleed water evaporates quicker than it rises to the surface, which can fool the finisher into thinking it’s done. This is especially true with slower bleeds, which can result from using lightweight aggregate. Additionally, finishers can step on the concrete and measure the depth of their footprints to ascertain the readiness of a floor. If a footprint is no deeper than 1/8 or 1/4 in. (3 or 6 mm) in some cases,⁷ then it’s likely that the concrete is ready to be finished with the proper equipment. However, if “crusting” occurs (setting of the surface faster than the slab interior), the footprint determination may not be accurate.

However, these tests are not infallible. Cool or damp weather can lead to prolonged bleeding, and hot, windy, or dry conditions can lead to premature surface stiffness. In the latter case, a floor may pass the sheen and footprint tests without actually being ready for finishing. With this in mind, concrete contractors should consider the ambient environment when determining the window of finishability.

Premature finishing may cause a dense sealed layer on the concrete. If bleeding of the concrete has not finished, this low-permeability top layer can trap rising air and water to form a plane of weakness directly under the impermeable layer. This weakness plane can have a higher *w/c* and a higher air content, and it could lead to delamination in the future.

To avoid possible delamination, it is recommended that finishers start troweling as late as possible based on the concrete and environmental conditions, crew size, and equipment availability.

Crossing the Finish Line

As previously noted, structural lightweight concrete typically will not need a finish as dense as that of other types of concrete floor slabs requiring a higher floor flatness/levelness. On the one hand, this can reduce the effort

necessary for finishing crews to reach specified densities and surface flatness/levelness—allowing finishing to be completed within a potentially smaller window of finishability. On the other hand, it can increase the finesse needed to finish a floor because unintentional overworking can cause several problems that would be costly and time-consuming to correct.

Project design professionals and concrete suppliers can help avoid these issues by making sure the concrete is designed to achieve the required equilibrium density with a minimum required entrained air. In addition, batch plants should verify that the aggregates are consistently at a saturated surface-dry (SSD) condition prior to batching, so the bleed and setting characteristics are consistent. And finishing crews can avoid these issues by first and foremost commencing finishing processes as late as possible within the window of finishability. Further, if the specified tolerances allow, they can sideline potential finishing problems by using equipment that exerts less pressure on the slab surface. In doing so, the project team can help a project reap all the benefits of structural lightweight concrete without compromising the overall cost and completion timelines.



Almost all lightweight concrete used in elevated floor slabs is pumped (photo courtesy of William H. Wolfe)

Additional ACI Resources

- On-Demand Course: Guide to ACI 213R-14 Structural Lightweight-Aggregate Concrete (three-part series)
 - On-Demand Course: Internal Curing: Improving Concrete Durability with Use of Lightweight Aggregate
 - On-Demand Course: Contractor's Guide: Concrete Placement and Finishing
 - On-Demand Course: Concrete Floor and Slab Construction (302.1R-15, Chapter 5)
- Visit www.concrete.org/education/aciversity.aspx for more information.

4. ASTM C173/C173M-16, "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, 9 pp.

5. Kozikowski, R., "Concrete Q&A: Density of Lightweight Concrete," *Concrete International*, V. 34, No. 8, Aug. 2012, pp. 74-76.

6. ACI Committee 302, "Guide to Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-15)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2015, 76 pp.

7. Suprenant, B.A., and Malisch, W.R., "The True Window of Finishability," *Concrete Construction*, Oct. 1998, 3 pp.

Selected for reader interest by the editors after independent expert evaluation and recommendation.

References

1. Rivera-Villarreal, R., and Cabrera, J.G., "Microstructure of Two-Thousand-Year-Old Lightweight Concrete," *High-Performance Concrete: Performance and Quality of Concrete Structures*, SP-186, V.M. Malhotra, P. Helene, L.R. Prudencio Jr., and D.C.C. Dal Molin, eds., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1999, pp. 183-200.

2. "Finishing Lightweight Concrete Floors (Publication #4640)," Expanded Shale, Clay and Slate Institute, Chicago, IL, Dec. 2003, 3 pp.

3. ACI Committee 213, "Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete (ACI 213.R-14)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 57 pp.



ACI member **William H. Wolfe** is the Marketing and Technical Manager for Arcosa Lightweight based in Albany, NY, USA. He is a member of ACI Committees 213, Lightweight Aggregate and Concrete; 301, Specifications for Concrete Construction; and 302, Construction of Concrete Floors. Wolfe is also a member of the Expanded Shale, Clay and Slate Institute and ASTM International.

The ACI Detailing Manual

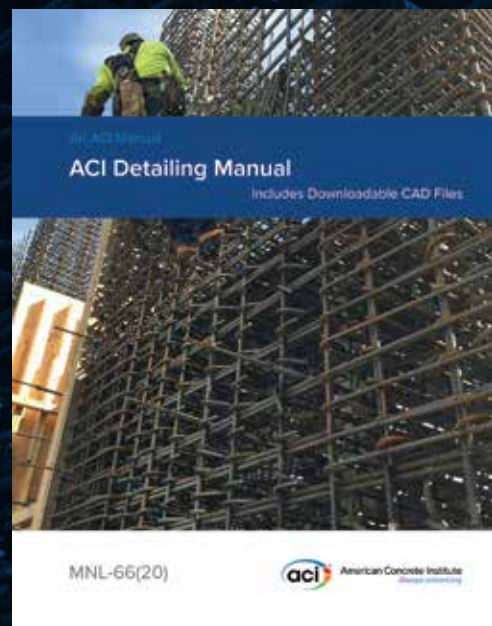
Includes FREE Downloadable CAD Files

The 2020 edition of the *ACI Detailing Manual* includes many new updates and revisions, plus the addition of valuable downloadable CAD files.

Visit concrete.org/store for more information.



American Concrete Institute
Always advancing



Acabado del Concreto

Cuando se usa concreto estructural ligero fabricado con ESCS, el factor más importante para los contratistas es determinar el tiempo para comenzar el proceso de acabado. Mientras esto es una consideración importante para todos los concretos, tiene aún más importancia para losas de concreto estructural ligero sobre los tableros permanentes de acero. Un acabado demasiado pronto de este material puede conducir a la delaminación y a una compactación mayor que la necesaria y deflexión a lo largo del tablero de piso. Estos problemas no son inevitables, especialmente si los constructores e ingenieros comprenden cómo funciona el material, cuándo es más razonable especificarlo, los tiempos adecuados de acabado y las diferencias entre cómo las herramientas de acabado interactúan con el concreto estructural ligero comparado con el concreto de peso normal.

Mezclas ESCS

Al igual que con todos los tipos de concreto, la mezcla debe dosificarse para garantizar la trabajabilidad, la bombeabilidad, las características de acabado y los tiempos de fraguado adecuados, y para evitar la segregación de la mezcla. Trabajar demasiado una mezcla de concreto con agregados ESCS puede hacer que los agregados livianos se desplacen a la superficie.

Uno de los requisitos más importantes con las mezclas de concreto liviano es que los agregados livianos deben estar saturados antes de la dosificación para que la relación agua/cemento (*a/c*) de la pasta pueda ser consistente y las presiones de la bomba no introduzcan el agua y el aire en los agregados solo para volver a salir de los agregados al momento de la colocación del concreto. Si el grado de saturación varía, esto tiene un gran impacto en el comportamiento de exudación y fraguado del concreto y puede complicar el acabado.

*Tablero de concreto ligero siendo colocado
(foto cortesía de William H. Wolfe).*

*Exudación de agua en la superficie antes del acabado
(foto cortesía de William H. Wolfe).*

Además, el concreto estructural liviano fabricado con agregados ESCS se especifica comúnmente con un contenido de aire entre 4 y 7 % para cumplir con los requisitos de densidad y resistencia al fuego. El contenido de aire debe evaluarse de acuerdo con la ASTM C173/C173M⁴. No siempre es necesario usar una gran cantidad de aire incluido para cumplir con los requisitos de densidad; por lo tanto, se recomienda calcular la densidad de equilibrio⁵. Si se mide durante la colocación, el peso unitario requerido del concreto fresco debe ajustarse para tener en cuenta el peso del agua de saturación. Debido a que los agregados livianos son más ligeros, el concreto produce menos exudación de agua y aire, y menos riesgo de formar burbujas y delaminaciones. Sin embargo, todavía existe el riesgo, y cuanto menor sea el contenido de aire atrapado, menor será el riesgo.

¿Qué evitar?

Las losas de piso en edificios de oficinas, uso comercial, residenciales de unidades múltiples e institucionales, generalmente se especifican con revestimientos de piso para tránsito peatonal. Debido a que estos pisos están cubiertos, no necesitan tolerancias de planicidad más altas (a menos que se indique específicamente en los requisitos de diseño) ni una superficie demasiado alisada. Asimismo, las recomendaciones de allanado para esta clase de piso (Clase 2 según ACI 302.1R-15⁶) no son las mismas que las recomendadas para otros pisos comerciales o industriales. Con eso en mente, los contratistas pueden evitar el trabajo excesivo de una losa de piso al comprender los plazos correctos y al usar palustres que ejerzan la fuerza óptima para pisos de esta clase.

Esto puede ser más fácil decirlo que hacerlo, ya que los requisitos de construcción más rápida y tolerancias más planas se han convertido en una norma. Para cumplir con estas exigencias, muchos contratistas han logrado la planicidad deseada, han reducido los tiempos de espera y han minimizado la mano de obra mediante el uso de alisadoras motorizadas que imparten más energía a la superficie de concreto que las alisadoras motorizadas de operador a pie. Si bien esta práctica puede ser beneficiosa para pisos de concreto de peso normal o sin aire incluido, el concreto liviano presenta algunas complicaciones. Por lo tanto, es importante que los contratistas de concreto no traten los pisos de concreto liviano como lo harían con los de peso normal.

Puede parecer que el concreto liviano puede hacer que el acabado de los pisos de concreto sea innecesariamente complejo. Sin embargo, evitar los peligros del exceso de terminación del piso puede ser sencillo cuando los contratistas observan las técnicas de acabado adecuadas, utilizan las herramientas adecuadas y mantienen una ventana de acabado ideal.

Técnicas y Herramientas

Las allanadoras eléctricas con hélices planas inducen una presión superficial mucho menor a alternativas sin estas. Esto, en ocasiones, lleva a constructores a iniciar los acabados antes de lo ideal. Mientras esto es factible para losas sobre terreno o losas de concreto de peso normal, esto puede causar delaminación y deflexión en losas de piso con concreto liviano. Se recomienda a los acabadores el uso de allanadoras empujadas con hélices planas para la pasada inicial durante el tiempo adecuado para acabados. Luego de completar la pasada inicial con la allanadora eléctrica, se puede utilizar la allanadora montada.

A pesar de que los equipos y cronograma adecuados ayudan a los contratistas a dar terminación a los pisos de concreto con más facilidad, las condiciones ambientales también tienen un rol. Por ejemplo, bajas temperaturas prolongan el tiempo de sangrado en tableros sin calefacción, incrementando los riesgos de delaminación por acabado a destiempo. Por esta razón, las brigadas deberán ser conscientes y tomar acción en climas más fríos y en estados del tiempo que puedan causar una aceleración en el secado superficial, ya que estos entornos pueden causar disparidades entre la rigidez de la superficie y el tiempo adecuado de fraguado.

Tiempo y Clima

Cuando se trata de la terminación de pisos de concreto, el tiempo es esencial. Los acabados prematuros son las causas principales de delaminación (incluyendo la formación de burbujas). Dar un acabado tardío a los pisos, incluso los que serán cubiertos, puede resultar en superficies con textura deficiente y una relación planitud/nivelación fuera de las especificaciones de diseño. Para determinar el tiempo adecuado para el acabado, es importante que los constructores consideren un amplio rango de variables.

La primera variable es el mismo concreto. Durante años, se han usado dos ensayos para determinar cuándo comenzar las labores de acabado: examinar la exudación de agua visible y medir la profundidad de huellas. Luego de la colocación, el brillo del agua de sangrado debería desaparecer de la superficie del concreto. Esto indica que el sellado de la capa superior no conduce a una posterior delaminación por agua atrapada. No obstante, en algunos casos el agua exudada se evapora más rápido que lo que toma para hidratar la superficie, y esto puede confundir y hace pensar al acabador que el piso está listo. Esto sucede especialmente en procesos de exudación lentos, lo cual puede ocurrir al usar agregado ligero. Adicionalmente, los acabadores pueden pisar el concreto y medir la profundidad de la huella para comprobar si el piso está listo. En algunos casos, si la profundidad de la huella es menor a 3 o 6 mm (1/8 o 1/4 de pulgada)⁷, entonces es posible que el concreto del piso esté listo. No obstante, si ocurre un “sellado” (el fraguado de la superficie es más rápido al interior de la losa), la determinación por huella resulta poco certera.

Sin embargo, estos ensayos no son infalibles. Un clima frío o húmedo puede prolongar el sangrado, mientras que un clima cálido, ventoso o seco puede causar rigidez superficial prematura. En el segundo caso, un piso podría pasar los ensayos de brillo y huella sin estar listo para los procesos de acabado. Considerando esto, los contratistas de concreto deberán considerar las condiciones ambientales al determinar los tiempos de acabado.



Casi todo el concreto ligero usado en losas elevadas es bombeado (foto cortesía de William H. Wolfe)

Acabados prematuros pueden causar una capa densa sellada en el concreto. Si la exudación del concreto no había terminado, esta capa superior de baja permeabilidad puede atrapar aire y agua de hidratación formando un plano débil directamente debajo de la capa impermeable. Este plano débil podría poseer una relación a/c y contenido de aire mayores, esto llevando a futuras delaminaciones. Para evitar una posible delaminación, es recomendable que los acabadores comiencen el allanado lo más tarde posible basado en condiciones ambientales y del concreto, tamaño de la brigada y disponibilidad de equipos.

Cruzando la meta

Como se notó previamente, usualmente el concreto estructural ligero no necesitará un acabado tan denso como otros tipos de sistemas de losas de piso que requieren una mayor relación planicidad/nivelación. Por otro lado, esto podría reducir el esfuerzo de las brigadas de acabado para alcanzar la densidad y relación planitud/nivelación especificada—permitiendo completar el acabado con unos tiempos potencialmente menores. Por otro lado, esto puede aumentar la sutileza necesaria para terminar el piso ya que el exceso de acabado puede causar un número de problemas costosos y laboriosos de corregir.

Los profesionales de diseño de proyecto y productores de concreto pueden evitar estos problemas asegurando que el diseño de mezcla alcance la densidad de equilibrio requerida con el mínimo aire incluido. Además, para mantener las condiciones de fraguado y sangrado estables, las plantas dosificadoras deberán verificar que el agregado esté consistentemente en estado saturado superficialmente seco (SSD, por sus siglas en inglés) antes del mezclado. Y las brigadas de acabado podrán evitar estos problemas, ante todo, comenzando el proceso de acabado lo más tarde posible dentro de la ventana de capacidad de acabado. Mas allá, si las tolerancias de las especificaciones lo permiten, podrán utilizar equipos que sometan menor presión a la superficie de la losa. Al hacer esto, el equipo de trabajo podrá impulsar al proyecto a aprovechar todos los beneficios del concreto estructural ligero sin comprometer los costos y plazos de finalización.

Recursos Adicionales del ACI

- Curso bajo demanda: Guide to ACI 213R-14 Structural Lightweight-Aggregate Concrete (three-part series)
- Curso a demanda: Internal Curing: Improving Concrete Durability with Use of Lightweight Aggregate
- Curso a demanda: Contractor's Guide: Concrete Placement and Finishing
- Curso a demanda: Concrete Floor and Slab Construction (302.1R-15, Chapter 5)

Para más información visita www.concrete.org/education/aciuniversity.aspx

Referencias

1. Rivera-Villarreal, R., and Cabrera, J.G., "Microstructure of Two-Thousand-Year-Old Lightweight Concrete," High-Performance Concrete: Performance and Quality of Concrete Structures, SP-186, V.M. Malhotra, P. Helene, L.R. Prudencio Jr., and D.C.C. Dal Molin, eds., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1999, pp. 183-200.
2. "Finishing Lightweight Concrete Floors (Publication #4640)," Expanded Shale, Clay and Slate Institute, Chicago, IL, Dec. 2003, 3 pp.
3. ACI Committee 213, "Guide for Structural Lightweight-Aggregate Concrete (ACI 213.R-14)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 57 pp.
4. ASTM C173/C173M-16, "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, 9 pp.
5. Kozikowski, R., "Concrete Q&A: Density of Lightweight Concrete," Concrete International, V. 34, No. 8, Aug. 2012, pp. 74-76.
6. ACI Committee 302, "Guide to Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-15)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2015, 76 pp.
7. Suprenant, B.A., and Malisch, W.R., "The True Window of Finishability," Concrete Construction, Oct. 1998, 3 pp.

Seleccionado para lectores por los editores luego de evaluaciones y recomendaciones independientes.



William H. Wolfe es el gerente de mercadeo y técnico de Arcosa Lightweight ubicada en Albany, NY, Estados Unidos de América. Él es miembro de los comités ACI 213, Agregado Ligero para Concreto; 301, Especificaciones para Construcción en Concreto; y 302, Construcción de Pisos de Concreto. Wolfe es también un miembro del Instituto de Esquisto, Arcilla y Pizarra expandidos y ASTM Internacional.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo República Dominicana

Título: Cronogramas y Técnicas: Prácticas de Acabado para Losas de Pisos de Concreto Estructural Ligero



*Traductor:
Ing. Piero Caputo*



*Traductora:
Ing. Sarah Miranda*



*Revisor Técnico:
Ing. Damariel Cáceres*



*Revisor Técnico:
Dr. Fray Pozo*