

---

## El futuro es ahora: retos de la ingeniería y la construcción

---

Son pocas las industrias que han estado siempre presentes en la vida de los seres humanos. La ingeniería y la construcción están dentro de ese selecto grupo que ha logrado acompañar y contribuir a la evolución de la civilización. Explorando el negocio global en cifras, encontramos lo siguiente:

- El 38% del negocio de la construcción está alrededor de la vivienda.
- 32% guarda relación con la infraestructura (puentes, carreteras, túneles, etc.).
- Los edificios comerciales representan el 12%
- 13% en fábricas en industria.
- 7% edificios institucionales.

Un estudio realizado por el Foro Económico Mundial indica otras cifras importantes. Lo más relevante de este informe es que se contempló el negocio de la construcción como un movilizador que contribuye a la transformación de la sociedad.

- La industria de la construcción equivale al 6% del PIB mundial.
- En el 2025 espera generar ingresos de US\$15 trillones.
- Del total de materias primas consumidas en el mundo, este sector absorbe entre el 25% y el 40%, convirtiéndolo en el más importante. Adicionalmente, son cerca de 3 mil millones de toneladas en emisiones de carbono en el mundo.
- Cerrar la brecha de infraestructura mundial implicaría una inversión de US\$1 trillón anual.
- En Estados Unidos, el 50% de residuos sólidos del país provienen del sector de la construcción.
- El 90% de las empresas tiene un gran desafío con respecto al manejo de la información. El sector de la construcción es bastante susceptible a los ataques cibernéticos. Hay que establecer mecanismos de protección de la información para que no haya mal uso de la misma.
- Se espera que el crecimiento de la población mundial sea de 200.000 personas por día. Eso implica pensar en la infraestructura necesaria: ¿dónde van a vivir y a trabajar?

Estos indicadores muestran la magnitud de esta industria que, si bien constituye un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad, sigue siendo tradicional, sobre todo en países como el nuestro. De ahí que sea tan importante considerar una serie de factores que permiten visualizar, de manera más fiel, el panorama actual de este sector.

Increíblemente, a pesar de todos los avances y el surgimiento de nuevas tecnologías, en Colombia y muchos otros países el sistema de construcción es muy similar al que utilizaban las antiguas civilizaciones. No ha habido un cambio significativo que permita o promueva la transformación de la industria. Hoy los ladrillos se siguen pegando de la misma manera que hace cientos de años; los grandes edificios se construyen bloque por bloque.

Pero, además, existen una cantidad de procesos informales; métodos que desaparecen de un día para otro y que no cumplen todas las regulaciones o normas de seguridad necesarias para el personal. Esta es sin duda una de las grandes vulnerabilidades del negocio, porque dificulta el crecimiento continuo y frena el proceso de transformación.

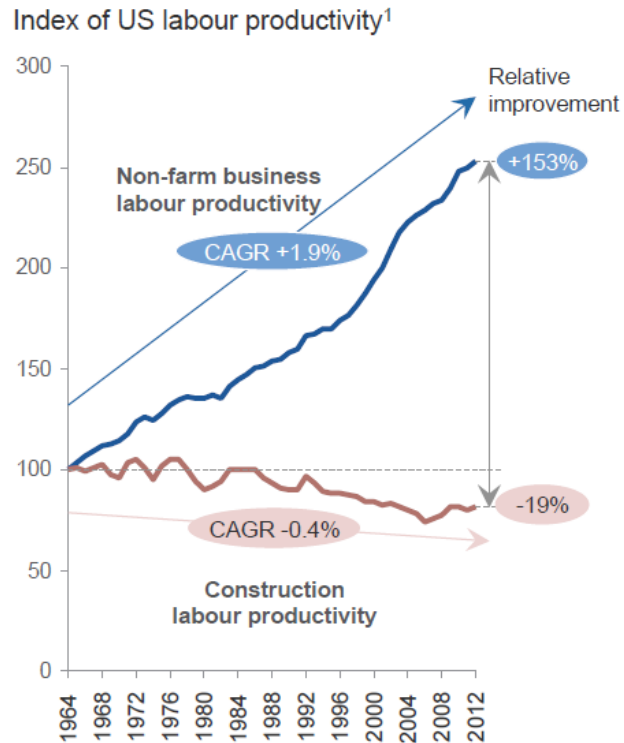
Esa inestabilidad, junto con la alta rotación del personal, traen consigo otro reto importante: la transferencia de conocimiento entre proyectos. Ha sido difícil para las constructoras capitalizar los aprendizajes obtenidos, lo que aumenta la tendencia de seguir haciendo las cosas de la misma manera, corriendo el riesgo de repetir errores.

A lo anterior se suma el escaso seguimiento que se les hace a los proyectos. Cada vez es más común encontrar casos en los que los costos reales terminan siendo muy diferentes a los estimados o en los que se deben ajustar los tiempos de entrega. Este tipo de dificultades, que se podrían prevenir con un monitoreo mucho más estricto, representan un dolor de cabeza y se traducen en afectaciones importantes para el cliente.

La magnitud de esta industria debería promover el trabajo en red y la cooperación de funciones cruzadas. Sin embargo, la construcción se ha establecido como un negocio individualista y esto se evidencia especialmente con los proveedores. Las constructoras suelen ponerles una barrera que limita completamente su participación. A pesar de la dificultad de compartir experiencias y capacidades, algunas compañías han logrado establecer alianzas interesantes, entendiendo que el **trabajo colaborativo** puede potenciar el negocio a través de la innovación.

Esta dificultad de visualizar la relación con los demás actores de la cadena de una manera diferente tiene mucho que ver con la aversión al cambio. El miedo al fracaso podría ser entendible, teniendo en cuenta que una falla en una obra podría traer consecuencias fatales. Sin embargo, la exploración de nuevas posibilidades es ineludible si lo que se busca es la transformación del sector.

John M. Beck, fundador y presidente de Aecon Group, lo expresó claramente en una frase: *“mirando los proyectos de construcción de hoy en día, no veo mucha diferencia en la ejecución del trabajo, comparado con hace 50 años”*. La frase es tan contundente que se sustenta con los índices de productividad en Estados Unidos que muestran un decrecimiento significativo y sobre todo preocupante.



Lo anterior está directamente relacionado con un aspecto mencionado: la alta rotación del personal. Según el informe, la mitad de los contratistas manifiesta preocupación por la consecución de mano de obra. En Colombia, se estima que la rotación está entre el 40% y el 50%, aunque en ciertas zonas del país alcanza incluso el 80%.

Adicionalmente, la población dedicada a este tipo de actividad está envejeciendo. De ahí la necesidad de nuevo talento que encuentre en la construcción un campo laboral atractivo, en donde puedan compartir su visión y su iniciativa para la generación de nuevos desarrollos.

## Tendencias

Es clave considerar todos estos indicadores que se han presentado hasta el momento y resulta también fundamental tener en cuenta las tendencias que están marcando el rumbo del negocio.

- **Flexibilidad:** Hoy las organizaciones están mucho más abiertas al mundo. Están traspasando fronteras. El talento humano se está movilizandoy se está capacitando fuera del país.
- **Complejidad:** Un proyecto de construcción puede llegar a tener hasta 10.000 variables en todas sus actividades. Si a esto se le suma el hecho de que los clientes están exigiendo resultados en menos tiempo, los proyectos adquieren una complejidad importante.
- **Alianzas público-privadas:** Hoy en día los gobiernos se han quedado cortos de recursos para desarrollar todo lo que los países requieren en cuanto a

infraestructura. De ahí que las alianzas público-privadas (APP) se hayan fortalecido en los últimos años.

- Oferta para la tercera edad: La longevidad de la población actual trae consigo importantes retos para el sector de la construcción. Hoy los proyectos deben considerar las necesidades de las personas de la tercera edad.
- Eficiencia en el uso de materiales y su reciclaje: El negocio de la construcción es uno de los que más contamina. Es por eso que la eficiencia en el uso de materiales y sobre todo su reciclaje se ha convertido en un elemento fundamental.
- Uso de TIC: Los clientes están buscando espacios que les ofrezcan lo último en tecnología. La construcción de edificios inteligentes se hace cada vez más necesaria, no sólo para cumplir las expectativas de los usuarios, sino para beneficiar a los operadores quienes, a través del internet de las cosas, podrían llevar un mejor control de los mantenimientos requeridos.

El uso de nuevas tecnologías es, sin duda, uno de los aspectos que puede impulsar la transformación del negocio. La construcción y adecuación de una sala de ventas suele representar un costo muy elevado que, si bien es necesario para la promoción del proyecto, podría reducirse a través de nuevas alternativas como la realidad virtual.

Los drones, sensores, el escaneo en tres dimensiones, las simulaciones a través de realidad aumentada y virtual, y el modelado de información de construcción (BIM - Building Information Modeling) son algunas de las opciones que se utilizan y que han traído grandes beneficios a la industria.

La aplicación de este tipo de herramientas surgió a partir de una necesidad que fue detectada por algunas constructoras. Normalmente éstas suelen dejar la fase de operaciones en manos del cliente. Sin embargo, durante los últimos años han entendido que estas variables deben ser tenidas en cuenta desde la planeación y el diseño de los proyectos, de manera que los procesos de mantenimiento se lleven a cabo con mayor facilidad, pero sobre todo de manera más eficiente.

La lentitud en el proceso de transformación de la industria trae consigo toda una serie de retos que se traducen, a su vez, en oportunidades. Hay todavía mucho por hacer y los escenarios de exploración son bastante amplios. Quizás uno de los cambios más importantes en el negocio a nivel local se dio cuando algunas empresas se preguntaron qué pasaría si la construcción pudiera, así como lo hace la industria automotriz, implementar sistemas de producción en serie.

Esto permitiría aprovechar al máximo los recursos en función del resultado, bajar todas las ineficiencias a través de la identificación de los puntos de pérdida en el proceso productivo y lograr el encadenamiento de este último al sincronizar todas las actividades. En Medellín, la Universidad EAFIT fue una de las primeras en entender este

sistema de trabajo y motivó a varias constructoras a implementarlo para lograr proyectos mucho más limpios y con menores pérdidas.

### **BIM, herramienta clave**

El modelado de información de construcción, mencionado anteriormente, es otro de los avances significativos de la industria. Éste se define como “el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes”<sup>1</sup>.

En esencia, el BIM –que fue considerada por el Foro Económico Mundial como una de las herramientas más importantes en la industria- permite mejorar la eficiencia, rentabilidad y operación de los proyectos. En resumen, esta metodología de trabajo:

- Proporciona una representación gráfica del proyecto y sus características a todos los participantes involucrados.
- Crea un campo de interacción entre diseñadores, constructores, promotores y dueños de proyectos para la resolución de conflictos e interferencias.
- Facilita la colaboración de todos los actores, desde el diseño hasta la operación y el mantenimiento.
- Permite entregarle al propietario un modelo completamente administrable que recoge todo el proceso de diseño y construcción. Esto con el fin de facilitar la gestión y operación del activo.

A pesar de que en Colombia apenas está tomando relevancia esta herramienta, países como Reino Unido han decidido exigirla en todos los proyectos estatales. Así mismo, Chile espera, para el año 2020, implementarlo en todas las construcciones.

### **Construyendo futuro con sentido humano: caso Constructora Concreto**

Si bien es cierto que la adaptación de nuevos modelos y la transformación de las industrias en Colombia toman mucho más tiempo del esperado, existen compañías que deciden apostarle a la innovación como pilar fundamental en la generación de crecimiento.

Este es el caso de Constructora Concreto, una empresa “líder en el desarrollo de proyectos de infraestructura y edificación en Colombia y la región, con más de 55 años en el mercado”<sup>2</sup>. La visión de sus directivos, quienes han tenido en cuenta todos los

---

<sup>1</sup> Tomado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_de\\_informaci%C3%B3n\\_de\\_construcci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci%C3%B3n_de_construcci%C3%B3n)

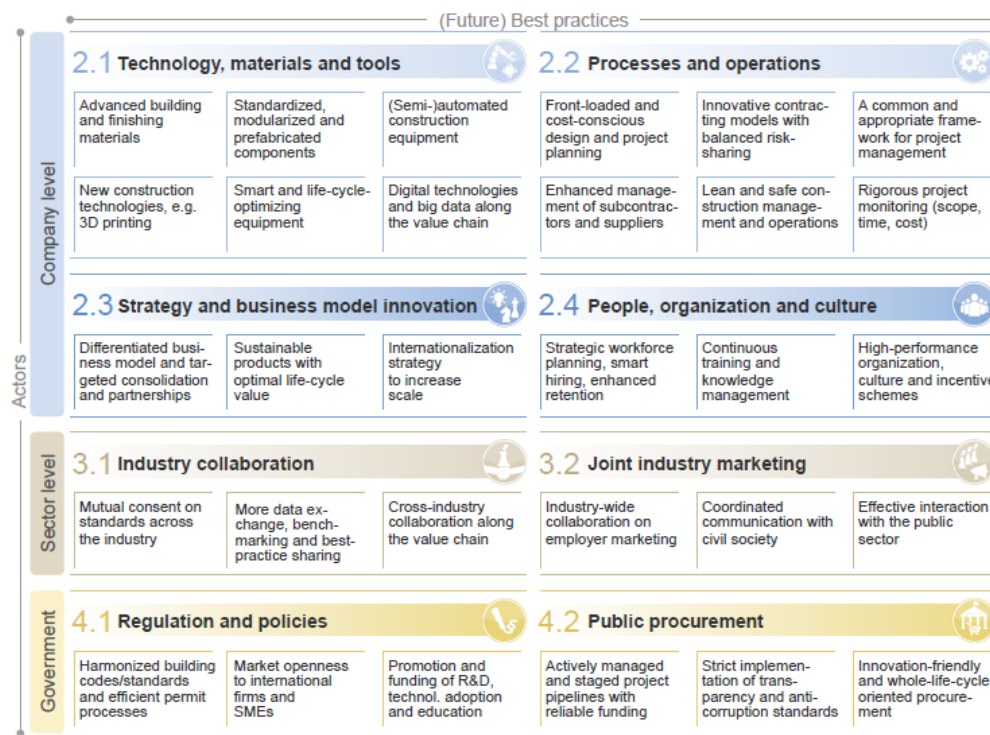
<sup>2</sup> Tomado de: <http://www.concreto.com/manifiesto>

indicadores y tendencias presentadas anteriormente, ha permitido que la constructora se ajuste a las necesidades que presenta la industria en la actualidad.

Teniendo como base el principio de lograr una ejecución impecable en sus proyectos de construcción, la empresa decidió transformar su modelo de negocio para dejar de ser solo una constructora y convertirse en generadora de negocios de renta a largo plazo. Adicionalmente, los mandatos actuales de Concreto invitan abiertamente a sus colaboradores a trabajar intensamente en innovación. En Concreto la innovación no es una opción; es devoción, es convicción.

Hoy la compañía es 50% construcción y 50% inversión, y ha decidido apalancarse en una serie de habilidades y capacidades como la ingeniería de diseño, que anteriormente no hacía parte del negocio de Concreto. A pesar de apropiarse de procesos que solían ser tercerizados, la organización reconoce la importancia de generar buenas alianzas con otros actores de la industria.

Según lo establecido en su meta para 2020, la empresa espera invertir el 2% de sus ingresos en innovación. Adicionalmente, le apuestan a una política de cero accidentes. Pero, ¿cómo está aportando la compañía a la transformación del negocio? Sus directivos se han soportado en unos lineamientos propuestos por el Foro Económico Mundial, que rescatan buenas prácticas en tecnología, procesos y operaciones, estrategia e innovación en el modelo de negocio, cultura organizacional, entre otros.

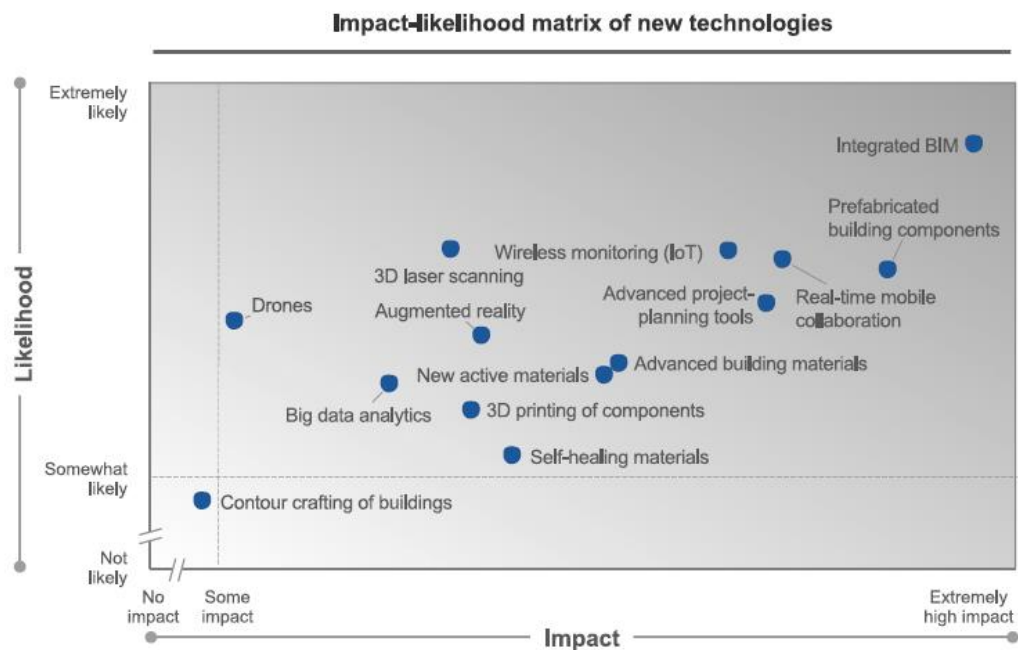


Source: World Economic Forum; The Boston Consulting Group

## Inmensos desafíos

En cuanto a las regulaciones y políticas, Colombia tiene todavía mucho por mejorar. Realizar una modificación en el código de construcción, actualmente puede tardar hasta dos años, incluso teniendo todos los soportes y fundamentos científicos que sustenten la propuesta.

Además de esa serie de buenas prácticas, es importante revisar las tendencias y el impacto que se espera que tengan en los próximos años. La gráfica que se muestra a continuación reafirma la importancia del BIM, pero también revela algo muy particular.



Source: Future of Construction Survey

La figura muestra que existe una alta probabilidad de que los componentes de construcción prefabricados tengan un impacto considerablemente alto. Hacia los años 30, Colombia tenía avances importantes en este tema. En esa época algunos edificios utilizaban vigas de gran formato prefabricadas. Sin embargo, en los años 40 hubo una ruptura y sólo ahora el preensamble y la prefabricación están cobrando relevancia nuevamente.

Este es un desafío interesante, pues las obras de por sí son espacios reducidos y cada vez es más incómodo transportar los materiales. De ahí que la posibilidad de ensamblar los componentes en otro lugar y llevarlos a la obra en el momento justo sería ideal. Esto implicaría una reducción en los desperdicios y en la accidentalidad, además de permitir entregas en un menor tiempo.

Acotar las recomendaciones en cuanto a tendencias y lineamientos que hace el Foro Económico Mundial requiere contar con un modelo de innovación establecido. Concreto ha definido el suyo a partir de cuatro ejes principales que fundamentan su

accionar: innovación incremental y disruptiva, propiedad intelectual, innovación abierta y conexiones, e inversionistas.

La protección de los desarrollos ha sido uno de los aspectos más importantes. La propiedad intelectual en la construcción nacional era escasa. Son muy pocas las patentes alrededor de este negocio en el país. Sin embargo, la constructora entendió que el conocimiento generado al interior no sólo hay que multiplicarlo, sino cuidarlo y protegerlo.

Estos cuatro fundamentos fueron establecidos con el fin de generar nuevo conocimiento. Esto es posible gracias a una cultura que promueve constantemente la innovación. Es por eso que, desde hace cuatro años, la compañía implementó el programa Cimientos, con el que ha logrado que los colaboradores –y principalmente los líderes de la organización- realicen un proceso de transformación personal que abarca temas como el trabajo en equipo, liderazgo, la importancia de asumir riesgos, el manejo de la incertidumbre, entre otros.

Esta iniciativa ha permitido, poco a poco, cambiar la mentalidad de los colaboradores. Adicionalmente, la empresa identifica a los que se arriesgan a experimentar y a pensar en cosas nuevas para motivarlos a innovar y a replicar esta actitud en sus compañeros. Además, les ofrecen incentivos (formación, viajes a ferias, compensaciones económicas, etc.) y todo el reconocimiento a quienes consigan resultados.

Gracias a la dinámica de esta nueva cultura, desde hace dos años la compañía cuenta con el Centro de Innovación Conconcreto, ubicado dentro de la Universidad EIA. Éste ha permitido la generación de desarrollos que hoy se pueden ver en diferentes lugares de la ciudad. Es el caso del concreto reforzado con fibra de vidrio que se encuentra en la fachada del Museo de Arte Moderno de Medellín. Un producto liviano que puede ensamblarse previamente y que además presenta un acabado estéticamente muy atractivo.

Otro de los desarrollos recientes es la arcilla expandida (LIVITEK) que se logró gracias a la colaboración con la empresa Sumicol, de Corona. Este tipo de material se probó en 15 casas de un barrio de Bolombolo, Antioquia, con el fin de mejorar las condiciones de calor por las altas temperaturas que se viven en la población. Los resultados arrojaron una disminución de aproximadamente 7 grados, generando bienestar en sus habitantes.

Así mismo, se están utilizando materiales como el metacaolín para mejorar el desempeño de los concretos, especialmente en las obras de infraestructura. Por otra parte, Conconcreto trabaja en la línea de preensamble con el diseño de baños prefabricados para un proyecto hotelero.

El reconocimiento entregado por Colciencias como una empresa altamente innovadora en el año 2016, le permitió a la constructora realizar, a lo largo de ese año, 16 proyectos



centrados en temas de tecnología, nuevos materiales, sostenibilidad y BIM. A continuación, se mencionan algunos de ellos.

- Realidad virtual y aumentada.
- Bitácora digital de obra: aplicación para teléfonos móviles y tabletas que permite generar seguimiento en términos de costos, tiempos y productividad.
- Control de acceso con reconocimiento facial: Permite y facilita el ingreso a las obras (espacios que de por sí hay que controlar por temas de seguridad), y validar aspectos como seguridad social del trabajador, entre otros.
- Medición de productividad con sensores IoT: Utilización de sensores IoT para medir, de manera más rápida y confiable, la productividad de las obras.

Uno de los lanzamientos más importantes es el de la impresora 3D de gran formato en concreto para piezas a la medida con geometría compleja. A pesar de que representa un gran desafío porque alrededor del tema no todo está resuelto todavía, hoy la constructora está desarrollando con ella elementos no estructurales y espera muy pronto poder tener la primera casa.

Aunque en el mundo ya existen diferentes impresoras 3D de concreto, la compañía decidió asumir el reto de construir una propia. Luego de una amplia investigación y del trabajo colaborativo con dos países europeos y un grupo de investigación de la Universidad EAFIT, lograron desarrollar una buena tecnología que atendiera las necesidades del mercado local. Esta impresora gran formato es capaz de imprimir piezas estructurales y prefabricadas, mobiliario urbano y casas.

Pero no todos los proyectos tienen que ver con el aumento de la productividad o el desarrollo de nuevas tecnologías que logran transformar el negocio. Concreto también le apuesta a iniciativas que se preocupan por el bienestar de sus empleados. Fue así como surgió, gracias al apoyo de todos los colaboradores, el programa de seguridad industrial “Papi, no te creas un súper héroe. En casa te esperamos”, que logró reducir algunos índices de accidentalidad de la obra.

Conscientes de que el trabajo colaborativo es indispensable y que no todas las soluciones a las necesidades de la compañía y del negocio pueden ser atendidas por los mismos empleados, la constructora lanzó desafíos para personas que estén dispuestas a resolver, de manera creativa, ciertas problemáticas del sector. Algunas iniciativas que han participado son:

- Crear una red social para atraer nuevos talentos (Millennials) a Concreto.
- Desarrollar una aplicación para capturar, en tiempo real, comportamientos seguros y no seguros en actividades de construcción.
- ¿Cómo Concreto puede revolucionar el uso de sus drones?

- Encontrar en el mundo soluciones innovadoras en materiales, sistemas constructivos y TIC que puedan ser implementados por Concreto.

Además de presentar retos para personas externas, la compañía promueve la participación de sus colaboradores a través de sesiones de ideación que pretenden encontrar soluciones a diferentes necesidades del negocio. Una vez al año, se realiza una exposición en la que se presentan las mejores iniciativas. La última versión contó con un total de 440 ideas, de las cuales 33 fueron presentadas en EXPO Ideas Que Valen.

### **La academia, un socio clave**

Es importante resaltar que en trabajo colaborativo y co-creación, Concreto le ha apostado fuertemente a las alianzas con diferentes universidades que, con sus grupos de investigación, han apoyado diferentes procesos de innovación en la compañía. El 100% de los 16 proyectos ejecutados en el 2016, por ejemplo, tuvieron participación de la academia.

En este sentido, algunos directivos de la empresa resaltan la importancia de involucrar incluso a los estudiantes desde etapas muy tempranas en la solución de problemáticas actuales del negocio. El hecho que los jóvenes puedan enfrentarse al mundo real y a las necesidades del mercado, contribuye enormemente en su formación como ingenieros.

Tras un proceso de maduración y aprendizaje, la constructora ha logrado entender que la innovación resulta fundamental en la transformación del negocio. Sus directivos comprendieron que, más allá de la generación de nuevos desarrollos, el fortalecimiento de la cultura de la innovación es lo que finalmente soporta ese cambio de mentalidad que requiere la evolución de la compañía.

Hoy en día la empresa cuenta con un equipo de trabajo dedicado a innovación, que se divide en dos ejes: Industria 4.0, que abarca todas las tecnologías digitales (big data, IoT, entre otros); y otro que atiende las nuevas tecnologías enfocadas a los procesos constructivos y al desarrollo de materiales.

Adicionalmente, promueven las conexiones y el relacionamiento, tanto interno como externo, para fortalecer el ecosistema de innovación de la empresa. Para apoyar a este equipo de trabajo, en las diferentes áreas existen líderes designados para motivar a los demás colaboradores y permear así toda la organización.

### **Conclusiones**

- ✓ Para llevar a cabo procesos de innovación al interior de una compañía es indispensable trabajar su cultura. La identificación de líderes que puedan motivar a los demás colaboradores es de gran ayuda para permear toda la organización.

- ✓ La innovación, más que un área o departamento, es una convicción y decisión que requiere el apoyo de los directivos y empleados y necesita la destinación de recursos para la ejecución de los proyectos.
- ✓ La relación de las empresas con la academia puede traer grandes beneficios. El trabajo colaborativo con las universidades y sus grupos de investigación ha resultado clave en el caso de Concreto.
- ✓ El negocio de la construcción debe comprender que se pueden conseguir grandes resultados del trabajo colaborativo con proveedores y otros actores de la cadena.
- ✓ Tener futuros profesionales que sean más proclives a la innovación - especialmente en las ingenierías- requiere ofrecerles a los jóvenes retos empresariales que los enfrenten al mundo real y les permita conocer, desde los primeros semestres, cuáles son los desafíos de las diferentes industrias en las que tienen campo de acción.
- ✓ En algunos casos las políticas públicas y regulaciones internas de un país son las que frenan la innovación.
- ✓ El reconocimiento a aquellos empleados que se involucren y participen con ideas y proyectos es definitivo. Los incentivos también funcionan para motivar a los colaboradores a que se sumen a los procesos de innovación.

### **Conferencista**

Ana María Mesa ingeniera civil de la Universidad EAFIT y egresada MBA del ISEAD. Cuenta, además, con estudios en Gerencia de Proyectos, Diseño de Indicadores, Negociación y Sistemas de Gestión de Calidad, entre otros.

Actualmente se desempeña como gerente de Innovación, Gestión y Sostenibilidad de Constructora Concreto. Además, representa a la compañía en la Mesa de Estrategia de Clúster de Ciudad en el Sector de la Construcción, y en el Comité Universidad Empresa Estado. Así mismo, preside la Junta Directiva del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.

*Tomado de la conferencia "El futuro es ahora: retos de la ingeniería y la construcción", dictada el 3 de mayo de 2017 por Ana María Mesa Mejía, gerente de Innovación, Gestión y Sostenibilidad de Constructora Concreto.*