

La investigación en ingeniería de construcción^(*)

Por GERARDO SANTANA LARENAS

Ingeniero Civil

La construcción es una importante actividad económica en todos los países, contribuyendo con alrededor del 10 por 100 del PIB y ocupando entre un 5 a 10 por 100 de la fuerza laboral. No obstante su evolución tecnológica ha sido lenta y muy por debajo de otros sectores productivos.

Existe consenso en que para lograr un desarrollo acorde con las necesidades actuales y futuras, es fundamental realizar investigación, la que es hoy incipiente aún en los países más desarrollados. Esta tarea dadas las características de la construcción, debe ser asumida por las Universidades, Organismos Gubernamentales e Instituciones financiadas por empresas del sector.

El presente estudio bosqueja las áreas básicas en que es necesario investigar y esboza temas específicos en cada una de ellas. Las áreas de investigación han sido definidas sobre la base de considerar que la construcción forma parte de un sistema y corresponde a un proceso dentro de él, que utiliza recursos diversos y los transforma en obras. Es este proceso el que interesa prioritariamente a la Ingeniería de Construcción.

Se ha definido el proceso en tres áreas principales: Medio, Métodos de Construcción y Dirección y Gestión. Cabe destacar dentro de este último, lo relativo al «Construcción Management», que ofrece grandes posibilidades dada la creciente complejidad de los proyectos de Construcción.

1. Introducción.

La Construcción es una importante área de actividad económica y social, con una significativa contribución al Producto Interno Bruto (PIB) y a la generación de empleo. Por ejemplo en Europa representa un 10,3 por 100 del PIB y ocupa al 8,1 por 100 de la fuerza laboral, en U.S.A. el 12 por 100 y 6 por 100, en Chile país en vías de desarrollo 6 por 100 y 5 por 100, respectivamente.

No obstante lo anterior, la evolución y desarrollo ha sido lento comparativamente con otros sectores productivos como el industrial, debido en parte a la falta de investigación y estudios en el sector. Esta comparación es válida, porque se reconocen los grandes avances alcanzados en la industria, en cuanto a la innovación tecnológica y productividad; progreso que es altamente deseable conseguir en Construcción.

Por otra parte, los nuevos requerimientos del mercado en cuanto a costo y calidad, más el hecho que los proyectos de construcción son

cada vez más complejos, hace necesario potenciar la actividad investigadora en el sector.

El presente estudio, teniendo en cuenta que la Construcción forma parte de un sistema, bosqueja las áreas básicas que atañen a la especialidad y también esboza una serie de temas específicos a estudiar, dentro de cada área.

Antes de formular un plan de investigación válido para Ingeniería de Construcción, es necesario conocer en detalle las características del medio en que ésta se desarrolla y también la de los agentes que intervienen. Sin embargo para los efectos de este estudio, solo se comentarán los aspectos más relevantes y atinentes al tema de Investigación.

La Construcción debe entenderse como parte de un sistema y a la vez como un proceso dentro de él; mediante el cual las ideas y proyectos que vienen a satisfacer las necesidades de una sociedad, se plasman en una realidad material llamada Obra de Construcción. Este planteamiento conlleva principios muy importantes, que sin duda condicionan y lo será en el futuro aún más, todo el desarrollo y evolución de la Construcción. Este tema será abordado con mayor amplitud en un próximo artículo.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de junio de 1988.

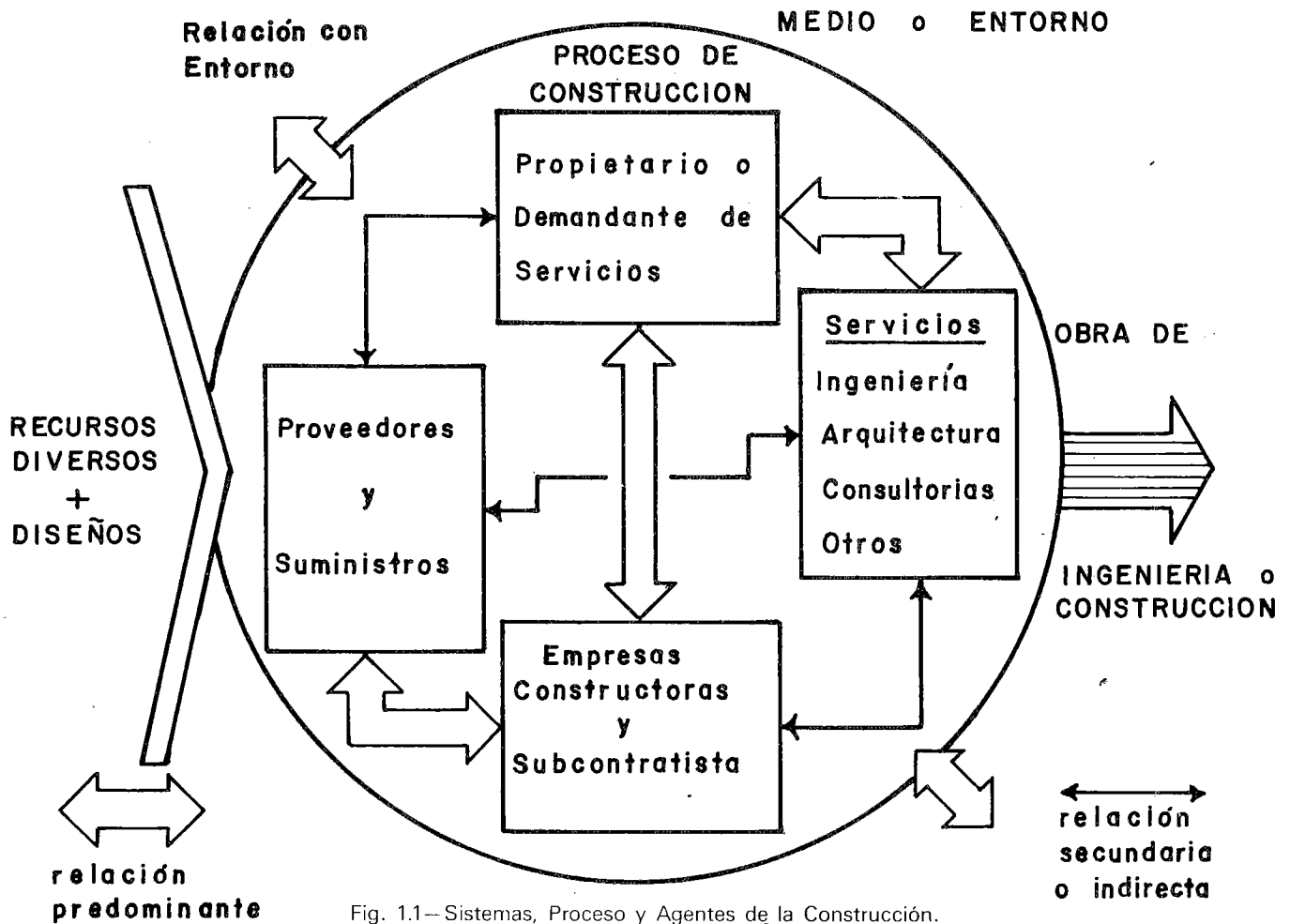


Fig. 1.1—Sistemas, Proceso y Agentes de la Construcción.

Esta forma de plantear la Construcción, puede representarse según muestra la figura 1.1, donde se bosqueja el sistema, el proceso y los principales agentes que intervienen.

Desde esta perspectiva, se puede decir que la Ingeniería de Construcción es aquella área de atención del Ingeniero Civil, que se ocupa fundamentalmente de que el proceso de Construcción sea posible, procurando alcanzar en todo momento, el óptimo técnico y económico de dicho proceso.

Ya se ha indicado que el progreso de una área del conocimiento, está directamente ligado al nivel de investigación que se realice sobre ella, pudiendo ser esta de diferente naturaleza y alcance. En Ingeniería se distinguen básicamente dos tipos:

La Investigación básica o fundamental, que se realiza de una manera sistemática y no tiene necesariamente una finalidad práctica inmedia-

ta, sino que más bien está orientada a incrementar los conocimientos teóricos y prácticos de una especialidad, tras el logro de los siguientes objetivos:

- a) Dotar de una base científica al conocimiento empírico práctico.
- b) Dar una explicación científica a los fenómenos naturales, ambientales, del comportamiento humano y social, etc., y.
- c) Desarrollar nuevos métodos de Ingeniería o mejorar los existentes.

Los rasgos característicos de este tipo de investigación, se pueden sintetizar en que es genérica y transferible al medio, busca el avance del conocimiento por medio de la crítica y discusión del estado del arte actual, verifica hipótesis, consolida y permite avanzar en la formulación teórica que fundamenta una especialidad.

El otro tipo de investigación que interesa es

la aplicada, cuyo objetivo concreto es resolver problemas específicos y de aplicación inmediata. Los conocimientos que se derivan de este tipo de investigación, tiene una difusión restringida por diversas razones que más adelante se analizan, no obstante, sirve de referencia para la Investigación básica. La investigación aplicada no se realiza de manera sistemática y es la que se produce generalmente a nivel de las empresas del sector; pero no por ello menos importante que la investigación básica.

En Ingeniería de Construcción interesa de igual modo ambos tipos de investigación, la que es asumida hoy aunque todavía de manera incipiente, por distintos entes vinculados al sector como son las Universidades y empresas, en que por medio de la observación y experimentación sistemática, se busca descubrir nuevos métodos de Ingeniería o mejorar los existentes, con el objeto de disponer de los medios necesarios para realizar los proyectos de Construcción, en forma cada vez más eficiente respecto del costo, plazo y calidad.

2. FACTORES QUE CONDICIONAN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACION EN INGENIERIA DE CONSTRUCCION.

La investigación ha tenido en general un bajo nivel de desarrollo y no ha sido plenamente asumida por los agentes involucrados en la Construcción. Esto se refleja en los volúmenes de inversión, que han sido muy bajos comparativamente con otros sectores productivos, por ejemplo en los Estados Unidos en el año 1959, se invertía el 0,5 por 100 de los ingresos generados por la actividad, en comparación al 3 por 100 de la Industria Química, en 1976 se invertía el 0,4 por 100 del PIB con que contribuía el sector, en comparación al 2,2 por 100 promedio del resto de las industrias. En la actualidad esta situación no presenta grandes cambios, pero se observa una tendencia más favorable.

Actualmente la investigación que se lleva a cabo, es sobre campos bien específicos tal como el de los materiales, en donde se trata de desarrollar nuevos productos acordes con un mercado cada vez más exigente, o estudiar el

comportamiento de los materiales bajo nuevas condiciones de servicio. También se trabaja en prefabricación y nuevos equipos de construcción, que puedan actuar en condiciones muy adversas (temperaturas extremas o bajo el agua) o que puedan hacerlo a menores costos de operación y mayor rendimiento. Sin embargo existen casos como éste último, en que las investigaciones son llevadas a cabo por agentes externos a la Construcción, no siendo por lo tanto una actividad abordada directamente por el sector.

En las otras materias que interesan a la Ingeniería de Construcción, como son la administración, dirección y gestión de proyectos, se observa en los diferentes países esfuerzos aislados y menos sistemáticos. Sin embargo cabe destacar lo sucedido en USA, en donde desde fines de la década del 50, se ha venido observando una preocupación por el tema y es así que en diversas oportunidades comisiones tripartitas formadas por las Universidades, organismos gubernamentales y empresas del sector, han abordado el tema y definido necesidades y directrices a seguir. De igual modo en algunas Universidades, se observa programas académicos especialmente dirigidos hacia la Ingeniería de Construcción e incluso Programas de Master y Doctorado sobre el tema.

No obstante lo anterior, la situación dista de ser óptima y más aún si se compara con lo que sucede en otras áreas productivas, lo que se explica por varias razones que a continuación se analizan, con el objeto de conocer aquellos factores que influyen negativamente y poder actuar sobre ellos, con el fin de atenuar sus efectos como también conocer los elementos positivos con el objeto de potenciarlos.

De este modo se espera generar condiciones más favorables para la investigación en Ingeniería de Construcción.

2.1. Factores de carácter general

A continuación se comentan los aspectos de carácter general más importantes, que influyen negativamente en el desarrollo de la investigación en Construcción:

a) La alta competitividad en que se desenvuelven las empresas constructoras, la baja

intensidad de uso de capital, los comparativamente bajos márgenes de beneficio, la fragmentación de la producción y la inercia propia del medio ante la innovación; son factores que influyen negativamente en la inversión y desarrollo de investigación.

b) El mercado de la construcción es estacional, presentando ciclos a través de los años. Esta realidad es determinante para la planificación de las empresas y especialmente en lo relativo a las inversiones de largo plazo, dentro de las cuales está incluida la investigación, ya que no existe la seguridad de amortizar dichas inversiones, en períodos de tiempo acordes con los de planificación de las empresas.

c) La demanda diversificada de los servicios de construcción (viviendas de diferente tipo, carreteras, saneamientos), la alta dependencia de las condiciones locales y la ubicación de las obras en lugares diferentes, convierten los proyectos de construcción en obras únicas, que reducen la posibilidad de estandarización y producción en masa. Estas condiciones crean un clima desfavorable para inversiones importantes a largo plazo, con las cuales está ligada la investigación.

d) La gran movilidad de personal y medios entre empresas del sector, hace muy difícil patentar las innovaciones e invenciones, lo que no resulta atractivo para las empresas a la hora de invertir en investigación.

e) A diferencia de lo que ocurre en la Industria Manufacturera, en donde la iniciativa para introducir un nuevo producto, el diseño la producción y comercialización, está reuniendo en una sola autoridad; en la construcción estas funciones están divididas entre el propietario, el proyectista, el constructor y las autoridades locales o gubernamentales.

Por ejemplo, el constructor que materializa un edificio y quien se supone que en definitiva debe implementar las innovaciones en construcción, está la mayor parte de las veces separado de la programación y diseño de la obra, por lo tanto su motivación para contribuir a la implementación de nuevas técnicas o producir innovaciones, es muy limitada.

f) El ciclo de vida requerido para la implantación de un nuevo sistema de construcción, en

general es más largo que aquel correspondiente a un producto industrial típico. Además, tanto el efecto de su ejecución, como el bienestar y seguridad para el usuario, es también mayor; por lo tanto el ensayo y estandarización de un proceso de innovación en edificación, toma un largo tiempo (a veces 10 años o más), tiempo que excede el horizonte de planificación de la mayoría de las empresas constructoras.

g) Por último cabe señalar, que formular un plan de investigación en Ingeniería de construcción es difícil, tal vez con la única excepción del estudio de los materiales, ya que la realidad sobre la que se actúa es compleja y prácticamente imposible de reproducir en un laboratorio; debido a que las obras se producen en una realidad física, social y humana, en la que generalmente solo es posible observar y no experimentar. Haciendo un paralelo, los problemas que se presentan para la investigación en Ingeniería de Construcción, son semejantes a los que se enfrentan las Ciencias Sociales y particularmente la Economía.

2.2. Factores relativos a los agentes que intervienen en la Construcción.

Del mismo modo como existen factores de orden general que afectan negativamente al desarrollo de la investigación en Ingeniería de Construcción, los hay en relación a los agentes que intervienen en la construcción y particularmente respecto del personal.

a) No ha existido en los componentes del medio, es decir empresas, profesionales, propietarios, organismos gubernamentales y Universidades; una tradición investigadora como ha ocurrido en otras especialidades de la Ingeniería.

Sin embargo, esta situación se ha visto evolucionar en un sentido positivo en el último tiempo.

b) Existen ciertas creencias que han sido negativas para la investigación, como es el pensar que la Construcción es una actividad que no se presta para ser analizada científica y sistemáticamente, porque cada obra es distinta y no responde a patrones generales de comportamiento. Otra es creer que las innovaciones y descubrimientos se producen más bien de ma-

nera fortuita, que por medio del trabajo constante y sistemático sobre materias específicas.

Otra creencia que por cierto ha jugado un papel muy negativo, es pensar que la investigación es solo aquello que se puede realizar en un laboratorio o por medio de instrumental matemático superior. Sin duda y a la luz de lo indicado en la introducción, esta es una visión muy restringida de lo que se entiende por investigación. Como además la Construcción no se presta para investigar dentro de ese marco, en comparación con otras especialidades de la Ingeniería; crea una cierta inhibición en los profesionales y personal que se desempeña en el sector.

c) Existe en el medio una actitud un tanto presuntuosa, en el sentido de creer que todo les es conocido en la actividad y poco resta por hacer. Sin duda esta presunción tiene sus fundamentos ya que en una obra es muy raro que algún imprevisto o situación nueva que se presente, quede sin resolver. No obstante, respecto de la solución encontrada, queda pendiente el conocimiento de cuan óptima ha sido dicha solución, lo que rara vez es abordado y por lo tanto se diluye la posibilidad de una eventual investigación.

d) Por la naturaleza de la Construcción, el personal normalmente está preocupado de resolver la contingencia, desaprovechando la mayoría de las veces la oportunidad de observar sistemáticamente las situaciones que se presentan, y extraer de allí experiencias y conocimientos que en definitiva pueden transformarse en innovación tecnológica y progreso para el sector.

Por otra parte, aquellos conocimientos y avances que se logran al interior de las empresas, no siempre son difundidos al medio, por la alta competitividad que existe entre ellas. Se agrega a lo anterior, el hecho que en general no existe entre los profesionales de la Construcción el hábito de lectura y estudio de publicaciones de carácter técnico y científico, lo que hace lenta la introducción de nuevas técnicas.

2.3. Ventajas que ofrece la Construcción para el desarrollo de la investigación.

Hasta esta parte, se han analizado los factores que afectan negativamente la investigación

en Ingeniería de Construcción; sin embargo existen factores positivos que es conveniente potenciar, con el fin de crear condiciones más favorable para la investigación.

a) Los proyectos de construcción al constituirse en obras únicas, tener un comienzo y fin predeterminados e involucrar bajos niveles de capital, ofrecen una gran flexibilidad a la hora de probar nuevas técnicas y recursos, ya que el grado de compromiso contraído se encuentra delimitado. No ocurre así en la industria manufacturera, en que una vez montada una línea de producción y debido a la cuantía de recursos comprometidos, más las rigideces del medio, es muy difícil su cancelación o modificación.

Por otra parte, al ser cada proyecto individual, plantea un permanente desafío y necesidades nuevas, lo que genera un campo fértil para la innovación e investigación.

b) El personal que se desempeña en la Construcción, posee cualidades muy típicas como son su creatividad, ingenio y habilidad para resolver con medio precarios los problemas que se presentan. Un buen ejemplo de esto, es lo que sucede en los países en vías de desarrollo, donde importantes obras son realizadas con los medios básicos. Estas cualidades se dan en todos los niveles, obreros, capataces, supervisores, etc.

Tal circunstancia es una fuente potencial de conocimientos y experiencias, que recogidas de forma sistemática y divulgadas adecuadamente, sin duda se constituirían en progreso para el sector.

c) Las obras de construcción se producen bajo las más variadas condiciones físicas, climáticas, sociales, políticas, económicas, etc.; por lo que se constituyen en la perspectiva de una investigación, en muestras de gran valor, debido a la variada información y matices que se puede extraer de ellas; claro está, una vez establecido un programa de investigación debidamente planeado.

d) Los fabricantes de materiales y suministradores de equipos, también juegan un rol positivo respecto a la innovación, ya permanentemente están ofreciendo nuevos productos, que se constituyen en acicate para el progreso de la Construcción.

3. CONDICIONES PARA UN PLAN DE INVESTIGACION EN INGENIERIA DE CONSTRUCCION

Antes de abordar los temas específicos en que es necesario investigar, conviene comentar las condiciones que debe reunir un plan de investigación y los aspectos puntuales a tener en cuenta.

3.1. Condiciones generales

Todo plan de investigación debe cumplir al menos con las siguientes condiciones básicas:

- a) Contener una clara definición del problema y los objetivos específicos de la investigación.
- b) Realizar una completa prospección acerca del estado del arte en el área del problema.
- c) Establecer un método confiable y generalmente aceptado, mediante el cual y bajo las restricciones existentes, se pueda lograr la mejor solución posible al problema planteado.
- d) Llevar a cabo un examen objetivo de los diversos factores asociados con el problema en estudio, de los posibles cambios de dichos factores y su efecto en la solución o resultado.
- e) Realizar una adecuada presentación de los resultados obtenidos, con el fin de hacer luego una efectiva difusión.

3.2. Elementos específicos a tener en cuenta

Particularmente en el caso de la Construcción, a la hora de llevar a cabo un plan de investigación, debe tenerse en cuenta además de los factores positivos y negativos ya comentados en el acápite anterior, lo que a continuación se indica y que se encuentra más bien relacionado con la parte operativa de un plan.

- a) Dadas las características de la Construcción, la investigación debe ser abordada principalmente por las Universidades, organismos estatales y corporaciones financiadas por empresas del sector; dentro de un marco de cooperación y coordinación, asumiendo los diferentes temas según la naturaleza y objetivos de cada organismo. En este sentido las Universidades no debe perder de vista, que su labor in-

vestigadora debe estar íntimamente ligada con el fortalecimiento de sus programas académicos y cubrir aquellos campos y temas, que no aborde el sector privado, asumiendo un rol subsidiario.

- b) Quienes se dediquen a esta labor, deberán mantener un estrecho contacto con las obras y el medio, fuente básica de información, observación y experimentación; siendo los principales promotores de la interacción entre los diferentes agentes que actúan en la construcción. Es deseable que sean éstos quienes asuman la tarea de divulgación masiva de los conocimientos que existan sobre los diferentes temas, a través de publicaciones, revistas, congresos, seminarios, clases, etc; con el fin de hacer más accesible los nuevos conocimientos, al mayor número de agentes involucrados en la Construcción.

- c) Promover en las empresas, para que toda esa enorme cantidad de información que se genera con motivo de una obra, sea registrado de forma sistemática y orientada a servir de fundamento para futuras investigaciones. Por otra parte, aprovechar el enorme potencial que representan los estudiantes de Ingeniería de los últimos años, como colaboradores en proyectos de investigación en las obras propiamente tal, lo que acarrearía mutuos beneficios, tanto para el estudiante como para la investigación.

- d) Debe tenerse en cuenta que desde el punto de vista de la investigación en Ingeniería de Construcción, las observaciones de proyectos y obras son la fuente principal de información, como también las entrevistas con gente del sector y la documentación de obras, como por ejemplo los archivos, documentos contractuales, libros de obras, etc.

4. AREAS Y TEMAS DE INVESTIGACION EN INGENIERIA DE CONSTRUCCION

Al momento de abordar un tema de investigación en Ingeniería de Construcción, es fundamental ubicarlo dentro de un contexto, en concordancia con la forma de entender la Construcción, según se indicó al inicio de este estudio, tal que dicha investigación cumpla con la doble finalidad establecida en la introducción,

en cuanto a que no debe ser una entelequia sin una finalidad práctica previsible, sino que debe procurar constituirse en un avance concreto para la especialidad.

De aquí surge la necesidad de establecer áreas de trabajo, que cubran toda la temática relativa a la Construcción y desde allí, identificar los temas específicos sobre lo que interesa investigar. Existen varias formas de dividir o agrupar las materias atinentes a la Construcción, pero para los efectos de este estudio, se ha propuesto la división mostrada en la figura 4.1, que se fundamenta en entender la Construcción, como parte de un sistema y a la vez un proceso dentro de él, según está representado en la figura 1.1.

Desde esta perspectiva, se pueden distinguir tres grandes áreas temáticas: Recursos, Proceso de Construcción y la obra terminada. Para cada una de ellas en la figura 4.1, se identifican las áreas específicas de atención, a partir de las cuales se establecen temas puntuales susceptibles de investigar.

La Ingeniería de Construcción dentro de su amplia temática, tiene áreas de interés prioritario, como son las relativas al proceso de construcción, en donde paradójicamente existe menos estudios e investigación; así como también los hay que tienen una menor relevancia, como son aquellos asociados a la obra terminada. En

este caso las principales actividades que se desarrollan son el mantenimiento y la explotación, en donde la competencia de la Ingeniería de Construcción es muy limitada y se encuentra fuertemente comprometida con la correspondiente a otras especialidades ajenas a la Construcción, porque tienen una mayor ingerencia sobre esas actividades. En la mayoría de estos casos, la actuación de la Ingeniería de Construcción es secundaria.

4.1. Obra o Producto Final

Una vez concluido el proceso de Construcción, se obtiene como resultado una obra concreta, como es un edificio una carretera o una planta industrial. A partir de ese momento, las obras entran en operación de acuerdo a la finalidad para la que fueron construidas y como consecuencia de ello más el uso y el deterioro natural, requieren periódicamente de mantenimiento.

De estas dos actividades a que da origen una obra terminada, la Ingeniería de Construcción tiene prácticamente ninguna competencia en la operación, por lo que escapa a su ámbito de interés.

En cuanto a la Mantenición de las obras, la naturaleza de las actividades que surgen es dispar y generalmente de poca envergadura, ya que normalmente las partes fundamentales de

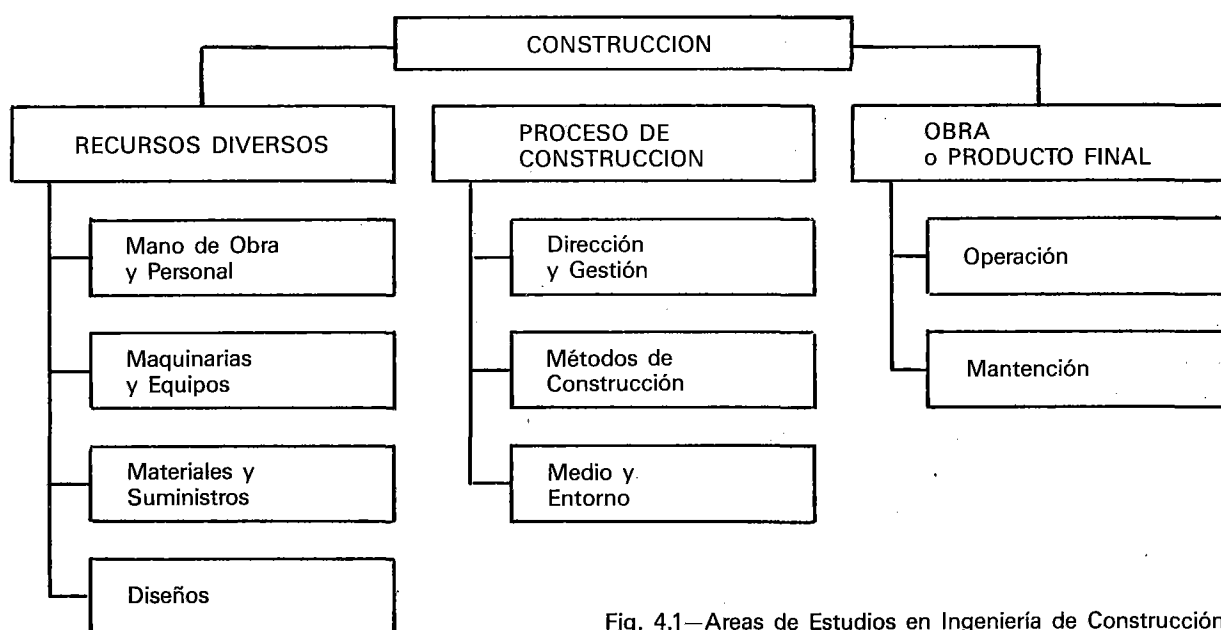


Fig. 4.1—Áreas de Estudios en Ingeniería de Construcción.

las construcciones, como es la estructura, rara vez sufre deterioro, a no ser que sean afectadas por solicitaciones extraordinarias, que excedan cualquier previsión razonable en el diseño, como puede ser un terremoto.

En consecuencia los trabajos de mantención son de carácter menor, como por ejemplo pinturas en edificios, reparación de saneamientos o mantención de ascensores, que corresponden a actividades que escapan a la atención de la Ingeniería de Construcción y normalmente son realizados por pequeñas empresas muy especializadas.

Cuando se quiere realizar una transformación mayor en un edificio, como puede ser una restauración o la recuperación de una obra, entonces los trabajos son de una envergadura tal, que pasan a considerarse como una obra nueva, al menos del punto de vista de la dirección y gestión.

Es en estos casos especiales, donde la Ingeniería de Construcción tiene competencia y existen necesidades de investigación, especialmente en lo relativo a métodos constructivos, que en general difieren de los aplicados a obras nuevas, porque se trata de edificaciones existentes, con un valor económico o cultural que se debe conservar; o se trata de construcciones que deben permanecer en funcionamiento.

Dentro de este contexto, se pueden señalar las siguientes líneas temáticas de investigación:

a) Estudio de métodos constructivos, aplicables a la restauración y recuperación de edificios con un valor económico, artístico, histórico o cultural, que se deba conservar.

b) Estudio de métodos constructivos, para edificios existentes que deben permanecer en funcionamiento durante los trabajos, con la presencia de personas y mantenimiento de la producción.

c) Diseño de estructuras para soportes temporales, de gran versatilidad y rendimiento.

d) Estudio y fundamentación de las reglamentaciones técnicas y administrativas, aplicables a este tipo de obras.

4.2. Recursos

Teniendo en cuenta que la Construcción utiliza una serie de recursos de diverso tipo que transforma en obras materiales según un diseño o proyecto determinado, interesa desarrollar y profundizar en el conocimiento de estos recursos, tal que se puedan conocer el tipo y características de las relaciones que se establecen con el medio, como también desarrollar todas las potencialidades inherentes a ellos, en la perspectiva de lograr los máximos rendimientos y productividad a menor costo. Este criterio es válido para todos los recursos y es el que debe orientar principalmente la investigación en este campo.

De la gran diversidad de recursos que intervienen en la construcción, existen algunos que son más relevantes que otros del punto de vista de la Ingeniería de Construcción. En este sentido cabe indicar que interesa en todos sus aspectos el personal y la mano de obra; maquinarias y equipos en cuanto a su utilización, los materiales y recursos financieros en lo que respecta a su gestión y rendimiento; y el diseño que se ha definido como un recurso, por cuanto es un elemento fundamental para dar vida al proceso de Construcción. No obstante, el aporte que puede hacer la Ingeniería de Construcción en esta materia es limitado, por ser un campo de clara competencia de otras especialidades.

A continuación se comentan los diferentes temas de Investigación asociados con las áreas definidas para los Recursos, de acuerdo a lo indicado en la figura 4.1.

4.2.1. Diseños

Los diseños que son transformados en una obra material durante la Construcción, son de clara competencia de especialidades distintas a la Ingeniería de Construcción, como es el caso de la Arquitectura, Estructuras, Mecánica, Hidráulica, Electricidad, Geotécnica, etc.

Sin embargo, del punto de vista de la Ingeniería de Construcción, interesa este tema especialmente en cuanto exista una estrecha relación entre el diseño y la Construcción, como es el caso de las estructuras de soporte temporal, edificaciones provisionarias, moldes y encofrados, y especialmente en el diseño que implican

los detalles constructivos. No es raro encontrarse con diseños que no son compatibles con las posibilidades constructivas, lo que genera trastornos que debe procurarse evitar, mediante el adecuado estudio e investigación de este tipo de problemas.

Dentro de este contexto, existe una serie de temas específicos de investigación que a continuación se enuncian:

a) Definición de normativas y estándares de diseño, que consideren cargas, durabilidad, factores de seguridad, etc., para obras temporales como soporte de estructuras y edificios que trabajan en variadas condiciones geográficas, climáticas y ambientales. Ejemplo, plataformas en el mar, estructuras bajo agua, zonas de riesgo sísmico, etc.

b) Diseño y normas para todo tipo de encofrados y moldajes de hormigón y tierras.

c) Verificar y dar soporte técnico y científico cuando corresponda, a las normas de construcción que se encuentran respaldadas en el genérico fundamento de «norma dada por la buena práctica o el arte de la Construcción».

d) Estudio de las patologías de fallas en Construcciones temporales de envergadura.

e) Aplicación de las modernas técnicas de diseño a las estructuras temporales. Por ejemplo el «Diseño asistido por ordenador» (CAD).

f) Estudio y Profundización en el diseño de detalles constructivos, tanto para Hormigones como Acero.

g) Estudio de métodos simplificados de diseños, sobre una base de costo/efectividad, para estructuras temporales.

4.2.2. Materiales y Suministros

Los materiales y suministros en general, son recursos fundamentales que requiere una obra de Construcción. En esta área probablemente sea en la que mayor investigación se haya hecho y especialmente en Hormigones, Asfaltos, Aridos, Maderas, Albañilerías y Aceros. En cuanto a los otros materiales que se utilizan en Construcción, como son los aluminios, pinturas, PVC, cerámicos, materiales eléctricos, vidrios, etc., la investigación se encuentra asumida principalmente por la industria, u otras especialida-

des de la Ingeniería, como es la ciencia de los materiales. Por lo tanto el estudio de los materiales no es un área de atención prioritaria de la Ingeniería de Construcción, sino más bien en cuanto se refiere al conocimiento de sus usos y aplicaciones para obtener los máximos rendimientos.

Desde esta perspectiva se pueden indicar los siguientes temas:

a) Estudio y búsqueda de materiales alternativos sobre la base de un análisis costo-beneficio. Por ejemplo, estudiar materiales que puedan sustituir importaciones.

b) Estudio sobre uso y aplicaciones de materiales, con el objeto de obtener el mayor rendimiento en su utilización. Por ejemplo, estudiar métodos de manipulación y colocación de alcatado para reducir pérdidas.

c) Estudio de métodos y tecnologías para la producción y uso de elementos prefabricados, tanto estructurales como de terminaciones.

d) Estudio y fundamentación de las recomendaciones e instrucciones contenidas en especificaciones técnicas, respecto a propiedades y condiciones de uso de materiales.

e) Estudio de la factibilidad de establecer una política de estandarización en la producción de materiales y componentes que tienen un idéntico uso en la Construcción, por parte de los productores. Por ejemplo, ladrillos, artículos eléctricos, etc.

f) estudiar la factibilidad y proyección, de la aplicación de la automatización y Robótica, en la producción de materiales y elementos utilizados en la Construcción.

g) Diseño y confección de una base de datos a nivel Nacional o Regional sobre materiales, que contenga al menos sus características, rendimientos, usos, costos, etc.

h) Estudio del comportamiento de materiales manufacturados, bajo diferentes condiciones ambientales y de uso. Por ejemplo tuberías enterradas para el transporte de fluidos abrasivos.

i) Estudios del comportamiento de materiales un vez puestos en obra y verificación de sus propiedades.

4.2.3. Equipos y Maquinarias

Otro de los recursos fundamentales que utiliza la Construcción son los equipos y maquinarias de diverso tipo, que hacen posible la realización de actividades, que por una parte el hombre no es capaz de hacer, o donde su reemplazo produce claros beneficios. Lo que interesa en Ingeniería de Construcción respecto a equipos y maquinarias, es más bien la gestión de estos, para lo cual es necesario conocer sus características, condiciones de uso y costos de operación; ya que lo relativo al desarrollo de nuevos equipos y maquinarias, corresponde a la Ingeniería Mecánica y Electrónica.

La investigación e innovación de equipos y maquinarias es asumida por estas especialidades y ha tenido un fuerte desarrollo, en donde se busca conseguir equipos cada vez más eficaces, que rindan el máximo con mínimos costos de operación. Se diseñan nuevas máquinas que reemplazan el trabajo del hombre, se producen ingenios para las más diversas aplicaciones y que trabajen bajo variadas y rigurosas condiciones físicas, como por ejemplo agua, a alta y bajas temperaturas, bajo radiaciones, etc.

Se construyen y mejoran equipos de todo tipo, para excavar, transportar y colocar, producir, terminar, etc., es así que cada vez se ofrecen mejores tractores, camiones, perforadoras, compactadores, vibradoras, plantas de Hormigón y Asfalto, bombas, generadores, etc. De igual modo, esta maquinaria se fabrica para un manejo más fácil y confortable del operador, se les introduce cada vez mayor instrumentación para una operación más automática y a distancia; todo lo anterior sobre la base de obtener mayor rendimiento con los mínimos costos de operación.

En consecuencia, la investigación en este sentido que se realiza por parte de la Ingeniería de Construcción, es prácticamente nula y lo relativo a la gestión de equipo y maquinaria, se incorpora en la investigación sobre el proceso de Construcción.

4.2.4. Mano de Obra y Personal

Sin duda el recurso más importante que interviene en la Construcción, es el personal y la mano de obra en general. Como en toda acti-

vidad, el hombre es lo más importante y por lo tanto en la Construcción juega un papel vital. Desde la perspectiva de la mano de obra como recurso, interesa conocer sus características, comportamientos, rendimientos y productividad, ya que el éxito de una obra se encuentra directamente ligado al comportamiento de ésta.

Los elementos básicos que interesan de la mano de obra, se encuentran determinados por una infinidad de factores de todo tipo, tales como culturales, sociológicos, psicológicos, educacionales, contractuales, del medio ambiente, etc.

En las obras de construcción se producen importantes concentraciones de personas, lo que agrega factores que si bien ajenos a la obra propiamente tal, tiene una influencia determinante de ella. Se puede observar que cada día el comportamiento y demandas del personal de la Construcción cambian, lo que se traduce en mejores condiciones de trabajo, mayor influencia de asociaciones y sindicatos y por lo tanto una mayor exigencia para la dirección y administración de los proyectos de Construcción.

Por otra parte existe un problema hoy, que si bien es cierto no afecta a la actividad propiamente tal, si la compromete en cuanto a la función social que le cabe dentro de la Sociedad. Se trata del problema del paro o cesantía, respecto del cual tradicionalmente la Construcción ha sido un sector que por excelencia ha absorbido grandes cantidades de mano de obra. Pero esta situación es cada vez menos cierta, porque el progreso tecnológico tiende cada vez más a la sustitución de la mano de obra, tal como se observa en la investigación que se lleva a cabo para introducir la robótica en la Construcción, resultando por tanto un medio poco eficaz para absorber la cesantía o paro que genera el aparato productivo de la Sociedad. Esta situación desgraciadamente confirma lo señalado por los Economistas, en el sentido de que el paro que hoy afecta a la Sociedad, es estructural.

Desde esta perspectiva, existe para la investigación en Ingeniería de Construcción un gran desafío y un campo prácticamente virgen, en donde se trata de encontrar métodos de Construcción, que sean intensivos en el uso de mano de obra, pero compatible con los niveles de

productividad y bajo costo, que exige la moderna Construcción.

Volviendo a los intereses específicos del sector, el estudio de la mano de obra como recursos debe estar orientado a desvelar las características que condicionan el comportamiento y relaciones con el medio y la forma en que estas influyen en el proceso de Construcción, de tal manera que durante el desarrollo de éste, se pueda hacer la mejor gestión.

La gran preocupación de hoy, es como abordar de manera eficaz el problema de la motivación y productividad.

A continuación se esboza una serie de temas que son de interés para la Construcción y cuyo estudio requiere de un tratamiento multidisciplinario, ya que intervienen otras ciencias como son la Psicología, Sociología, Medicina, etc.

Con el objeto de ordenar esta amplia temática, se tratarán los diferentes temas según la siguiente agrupación: Motivación, Productividad, Seguridad y Relaciones Laborales.

Motivación

a) Determinación de la influencia que tiene la capacitación en diferentes niveles de la organización, sobre la motivación del personal. Con una evaluación costo-beneficio de los programas que se implementen.

b) Estudio de un sistema de incentivos y evaluación para el personal de la Construcción y su influencia como elemento de motivación.

c) Determinación de la relación existente entre Nivel de Capacitación del Personal y grado de supervisión requerida, tendiente a determinar el óptimo económico.

d) Determinación del grado de efectividad de un programa de capacitación, sobre la motivación del personal.

e) Estudio del rendimiento de inversiones en Capacitación y forma de enfrentarla, teniendo en cuenta la gran movilidad del personal entre empresas.

f) Estudio de los problemas sociales y conductuales, de grupos humanos desarraigados en obras lejanas al entorno base.

Productividad

a) Estudios de tiempo para medición de rendimientos y productividad.

b) Estudio de la influencia de las diferentes condiciones del medio, sobre el rendimiento y productividad de los trabajadores, tales como condiciones ambientales, niveles salariales, tipo de administración y dirección, medios de trabajo, máquinas y herramientas, control y vigilancia, motivación, etc.

c) Estudio de la productividad versus formas de organización del trabajo y de las empresas.

d) Determinación de la influencia sobre el rendimiento y productividad, del nivel cultural, educacional y social de los trabajadores.

e) Rendimiento económico y efecto sobre la productividad, del trabajo en sobretiempo.

f) Problemática del personal, en los proyectos internacionales. Personal extranjeros versus nativo.

Seguridad

a) Estudio de las actitudes frente al riesgo, del trabajador de la Construcción dentro de la obra. Respuesta de la supervisión ante la percepción del riesgo y forma de evitarlo, y su influencia en la selección de métodos de Construcción.

b) Como pueden los trabajadores ser motivados para realizar o ejecutar su trabajo de una manera segura.

c) Métodos de Ingeniería de Construcción, para mejorar la Seguridad.

d) Evaluación económica de los programas de Seguridad y reducción de accidentes.

e) Métodos de selección de contratistas y medios, para la ejecución segura de obras.

f) Determinación de los efectos de las condiciones ambientales, en la ocurrencia de accidentes.

Relaciones Laborales

a) Estudio de las políticas y estrategias para las relaciones con sindicatos y asociaciones de trabajadores, Convenios colectivos, acuerdo de contrato, etc.

b) Mecanismos y procedimientos para abordar las relaciones laborales, en proyectos donde no hay sindicatos.

c) Influencia de los sindicatos en la aplicación y desarrollo de avances tecnológicos.

d) Estudio de los problemas sociales que inciden en el desarrollo de las obras.

e) Aplicabilidad y adaptación de la modalidad de círculos de calidad del área industrial u otras técnicas de grupo, en proyectos de Construcción.

f) Estudio de los efectos sobre los costos de construcción, de la observancia de la jurisprudencia sobre el trabajo, como también las condiciones que impone el mercado.

4.3. Proceso de Construcción

Sin duda el proceso de Construcción, constituye el área de interés prioritario de la Ingeniería de Construcción, y paradójicamente es la menos estudiada e investigada.

El éxito de dicho proceso, está íntimamente relacionado con los métodos de Construcción, el medio y entorno; y la Dirección y gestión que se realice en los proyectos de Construcción. Todo lo anterior, sujeto al logro de los objetivos básicos del proceso, como son el obtener obras de calidad, al menor costo y en el más breve plazo. Esta perspectiva debe ser la que oriente la investigación que se realice en esta área.

Para tal efecto, se han agrupado los diferentes temas, según las áreas indicadas en Figura 4.1. y que a continuación se analizan.

4.3.1 Métodos de Construcción

Esta área de Investigación tiene gran importancia para la Construcción, porque provee de las innovaciones que mejoran la forma de realizar las operaciones y actividades, como también permite encontrar soluciones en este sentido, a los nuevos problemas que se presentan en el sector.

Tal vez sea en esta área, en donde se producen más innovaciones de manera espontánea en las obras, pero por la falta de sistematización en su tratamiento, estos conocimientos no trascienden y por lo tanto pierden su carácter de auténtico progreso para el sector. Las razo-

nes de esto, ya se han comentado en la primera parte de este estudio.

Los temas específicos que interesa abordar en esta área son los siguientes:

a) Estudio de alternativas de industrialización de la Construcción.

b) Estudio y diseño de partes y elementos que se puedan prefabricar.

c) Estudio de la factibilidad de aplicar una mayor automatización en el proceso de Construcción y de la Robótica en algunas operaciones específicas.

d) Metodología para el estudio y evaluación de diferentes sistemas de Construcción.

e) Estudio y análisis de diferentes operaciones de Construcción, en relación a sus procedimientos y recursos. Aplicación de las técnicas de simulación.

f) Control de calidad de las obras. Métodos y procedimientos.

g) Estudios de métodos y tiempos para mano de obra, materiales y equipos, con el objeto de medir rendimientos y productividad.

h) Estudio de métodos y procedimientos de Construcción, desde la perspectiva de la Seguridad de personas y bienes.

i) Métodos para el diseño y disposición de los edificios e instalaciones de apoyo a las grandes obras de construcción, bajo criterios de optimización.

j) Estudio de la fundamentación de especificaciones y reglamentos técnicos, relativos a los métodos de Construcción y su impacto económico.

k) Gestión óptima de equipos de Construcción, estudio de ciclos de operación, tiempo de reemplazo, selección de equipos, etc.

l) A continuación se enlista una serie de temas técnicos muy específicos, sobre los cuales existe estudios efectuados por diversos agentes, pero que siempre mantienen vigencia y son susceptibles de mejorar.

- Métodos para la excavación y movimientos de tierra en condiciones peligrosas, o frente a materiales inestables.

- Métodos para excavaciones subterráneas.

- Producción transporte y colocación de hormigones y concretos especiales.
- Reciclaje de pavimentos de asfalto y hormigón.
- Método de trabajo bajo aguas o ambientes peligrosos, como son aquellos sometidos a radiaciones.
- Mantenimiento de pavimentos y carreteras.

4.3.2. Medio y Entorno

Tal como se concibe la Construcción, es decir como parte de un sistema, en el cual tiene una relevante participación el medio social, económico y ambiental en que se desenvuelve: interesa conocer la influencia que dicho entorno ejerce sobre la Construcción, porque es evidente que frente a su quehacer, dicho medio tiene cada vez una mayor ingerencia, condicionando cada día más el desenvolvimiento de la Construcción.

Dicha influencia se mantiene en las reglamentaciones a que está sujeta la Construcción, sobre nivel de ruidos, depósito de basura y escombros, polución, seguridad exterior a las obras y otros condicionamientos que hasta hace poco eran irrelevantes, pero que van cobrando fuerza, como es el desarrollo de estrategias de marketing y relaciones públicas, y la jurisprudencia de carácter laboral, tributaria y social, que es cada vez más compleja.

En esta perspectiva, interesa investigar sobre los siguientes temas:

- a) Impacto ecológico de las obras de Construcción.
- b) Manipulación y disposición de los excedentes de obras, como son las basuras, escombros, excavaciones, aguas contaminadas, etc.
- c) Estudio técnico-económico de la influencia de las condiciones atmosféricas y climáticas, en la ejecución de obras de construcción.
- d) Estudios de estrategias para las relaciones públicas con el vecindario y la administración en grandes obras. Grado de influencia e importancia económica.
- e) Estudio del impacto económico y social de grandes proyectos de construcción, en la comunidad local y regional, y la repercusión en las

obras propiamente tal.

f) Desarrollo de políticas de investigación y proyectos, sobre la base de una participación conjunta de empresas, administración y Universidades.

g) Estudio y formulación de reglamentos y normas que rijan en forma global, la problemática del Medio y Entorno, con un claro énfasis en la influencia técnico económica que esta ejerce sobre la Construcción.

h) Estudios prospectivos sobre mercados para la Construcción, exigencias futuras de éste y evolución técnica a esperar.

i) Diseño y creación de bancos de datos a nivel regional, Nacional y Multinacional cuando corresponda, sobre los variados aspectos atinentes a la Construcción, como pueden ser proveedores, materiales, suministradores de equipos, reglamentación de todo tipo, demandas de mercado y ratios, etc.

j) Estudio y Evaluación del impacto técnico y económico de la jurisprudencia existente sobre aspectos laborales, económicos, sociales y ambientales; en las obras y empresas constructoras.

k) Estudio de la casuística derivada de las responsabilidades civiles y penales, que le caben los profesionales y empresarios, dada la creciente complejidad de los proyectos de Construcción.

4.3.3. Dirección y Gestión

Esta área es tal vez la más importante dentro de la Ingeniería de Construcción y la que ocupa la mayor parte de los Ingenieros dedicados al sector. Los métodos y procedimientos que se ocupan para llevar a cabo esta tarea, en su mayoría se sustentan en la experiencia práctica obtenida a través de su aplicación, pero en general carecen de un respaldado teórico o científico, lo que representa una limitación para su evolución y no es fácil obtener respuestas adecuadas y eficientes, ante las nuevas demandas que plantea el quehacer de la Construcción.

Sin embargo en los últimos años, ha sido un área que ha recibido una atención preferente por parte de las Universidades y centros de investigación, ya que se reconoce que estas materias

cumplen un rol decisivo en el logro de los objetivos básicos del proceso de Construcción, cuales son el obtener obras de calidad al menor costo y dentro del más breve plazo.

Para los efectos de analizar la amplia temática que le compete a esta área, se considera las fases típicas que involucra la dirección de un proyecto, y respecto de ellas se comentan las diferentes líneas posibles de investigación.

Planificación

a) Estudio de una teoría general aplicable al proceso de Construcción, que fije los conceptos básicos que lo regulan y establezca las relaciones funcionales que expliquen su comportamiento.

b) Estudios de métodos y procedimientos para realizar una efectiva Dirección Integrada de Proyectos de Construcción (Construction Management) en proyectos complejos.

c) Desarrollo de una base de datos a nivel del sector Construcción, que integre antecedentes para la estimación, marketing, compras, organización y reglamentaciones, que sirvan en la planificación estratégica de las empresas.

d) Desarrollo de modelos y métodos, para la estimación en grandes proyectos de Construcción, del costo y plazo.

e) Desarrollo de métodos integrados de planificación de proyectos de construcción, que permitan establecer las partes a ser subcontratadas, actividades a ejecutar, recursos necesarios y métodos de construcción.

f) Estudio de métodos y estrategias de financiamiento de Proyectos de Construcción.

g) Diseño de métodos y procedimientos para presentar propuestas, en régimen de licitación pública.

h) Estudio de metodología para la selección de contratistas y asignación de proyectos.

i) Desarrollo de métodos para la estimación y evaluación del riesgo, en todos los niveles y etapas de un proyectos de Construcción.

j) Estudio de formas y procedimientos para asumir el riesgo por parte de todos los agentes involucrados, en grandes obras de Construcción.

k) Estudio y formulación de correlaciones

entre las principales variables que intervienen en la construcción y los objetivos básicos de calidad, costo y plazo.

Programación

a) Desarrollo de nuevos métodos de programación, para aplicaciones en proyectos específicos. Ejemplo obras repetitivas o lineales.

b) Diseño de métodos integrados de programación, para la aplicación en proyectos complejos. Ejemplo en «Construction Management».

c) Mejoramiento de las técnicas de estimación, de los parámetros que intervienen en la programación, como el tiempo y plazos.

d) Estudio de metodología para su aplicación en la programación y optimización de recursos, como mano de obra y maquinaria.

e) Aplicación de la programación dinámica, como método de optimización de programas.

f) Aplicación de la informática al proceso y operación de los diferentes sistemas de programación.

Organización

a) Desarrollo de metodologías y modelos para el diseño de estructuras de organización, en proyectos complejos.

b) Estudios de medios y formas para mejorar la comunicación, al interior de las organizaciones de grandes proyectos, adoptando formas no convencionales como el ordenador, circuitos cerrados de TV, etc.

c) Diseño de metodología para la determinación del tamaño óptimo de estructuras de organización, según tipo de obras de Construcción.

d) Estudio de modalidades de organización, aplicables a obras de Construcción, abordadas según una dirección integrada (Construction Management).

e) Determinación de formas de organización, según régimen jurídico vigente para grandes proyectos de construcción internacionales.

f) Determinación de modalidades contractuales más apropiadas, según tipo de obra de construcción.

g) Estudio de formas de organización de empresas constructoras, según tamaño y especialidad.

h) Determinación de sistema de seguros óptimos, según organización de proyectos y tipo de obras de Construcción.

Ejecución y Coordinación (Gestión)

a) Estudio de la factibilidad de aplicación y adecuación de las técnicas relativas a la investigación de operaciones, a las diferentes necesidades de gestión en la Construcción.

- Aplicaciones de la programación lineal en la selección de equipos, comprar o arrendar, compra de materiales, alternativas de transporte, de abastecimiento, etc.
- Aplicación de los modelos de inventario, para el manejo de bodega y stock en obras, pérdidas y financiamiento.
- Aplicación de la programación dinámica en los diferentes procesos de optimización, que se dan dentro de la Construcción.
- Aplicación de la Teoría de Colas, para la programación de diferentes actividades y operaciones, especialmente equipos de Construcción.
- Aplicación de modelos de secuencias y grafos, para la organización de actividades.
- Aplicación de modelos de simulación, para estimar el desarrollo de diferentes actividades y procesos de la Construcción.

b) Estudio de la Factibilidad de aplicación y desarrollo de técnicas para la toma de decisiones, tales como:

- Aplicación de la teoría de juegos en diferentes decisiones en la construcción.
- Análisis de la validez de los diferentes métodos, para la toma de decisiones.
- Estudio de métodos para cuantificar el riesgo, asociado a un proceso de toma de decisiones.
- Estudio de métodos que permitan evaluar del punto de vista económico, los riesgos asumidos versus el costo de una mayor o menor información disponible, en la toma de decisiones.

c) Estudio y desarrollo de métodos que permitan aplicar los conceptos de Ingeniería del valor, modelo a escala, estudios de tiempo y métodos, automatización, Robótica, etc.; en la Construcción.

d) Aplicaciones del ordenador a las diversas tareas dentro de la Construcción, como seguimiento de obras, contabilidad, administración, control y sistemas de información en general. De igual modo, preparación de bases de datos a nivel de empresas y del sector, que sean de utilidad para estimación de costos, rendimientos, presupuestos, etc.

e) Estudios de métodos para un manejo más eficiente de propuestas y contratos, en todas sus fases, desde la preselección de contratistas hasta el cierre de contratos. Especialmente en la modalidad de «Construction Management».

f) Métodos para llevar la contabilidad y costos en obras de construcción.

g) Estudio de métodos y procedimientos para llevar a cabo la Ingeniería y Construcción en forma adjunta (Construction Management).

h) Desarrollo de métodos y estudios que permitan mejorar la gestión del personal tales como:

- Selección y desarrollo de directores de Proyectos de Construcción.
- Dirección y estímulo al personal en grandes proyectos.
- Relaciones laborales en grandes obras de Construcción.
- Estudio de liderazgo y capacitación en los diferentes grupos en obras de construcción.

i) Proponer métodos analíticos, sistemas de información y herramientas de control más expeditas, para el trabajo de los directores de proyectos. Estudiar metodologías que reduzcan el número de datos necesarios para implementar los sistemas y simplifiquen todo el proceso de toma de decisiones.

Control

a) Desarrollo de métodos simplificados para la medición del avance de proyectos en cuanto a obra física y costo.

b) Estudios de nuevos métodos, para controlar el avance material de las obras y presupuestos, con el mínimo de recursos directos.

c) Desarrollo de métodos de control, que consideren el cumplimiento de una función posterior, como es servir de antecedentes para futuros proyectos de construcción.

d) Estudio de métodos de control de calidad preventivos, concordantes con el concepto de garantía de calidad.

e) Desarrollo de métodos de control, para su aplicación en proyectos complejos, ejecutados según una dirección integrada de proyectos (Construction Management).

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo analiza los diferentes condicionamientos a que se encuentra sometida la investigación en Ingeniería de Construcción y esboza las principales líneas de investigación que pueden ser abordadas, teniendo en cuenta que cada una de ellas en la actualidad, tiene diferente grados de desarrollo.

En la exposición de los diferentes temas, no se ha pretendido agotar ni mucho menos, la amplia temática que abarca la construcción, sino más bien plantearla de una manera genérica, a partir de la cual se pueda profundizar, de acuerdo a los variados matices que tiene cada problema y la diversidad de condiciones bajo las cuales se presentan.

Sin embargo, se estima que el presente trabajo es un buen punto de partida, para comprender la problemática de la Investigación en Ingeniería de Construcción, como también para situarse en un área o problema de interés específico.

6. REFERENCIAS

1. BORCHERDING D. J. y HATLEY P. B. «Current an proposed Construction Research Studies». Journal of The Construction Division, ASCE, September 1976, p. 547-557.

2. CARR I. R. y MOLONEY F. W. «Basic Research Needs in Constuction engineering». Journal of The Construction Engineering and Management, ASCE, Vol 109, N.º 2, June 1983, p. 181-189.
3. OGLESBY H. C. y FONDAHL. «Engineering Education and The Construction Industry, What the industry should have from the colleges». Journal of the Construction Divison, ASCE, February 1959 págs. 29-47.
4. PAULSON C.B. «Goals for education and Research in Construction». Journal of The Construction Division, ASCE, September 1976, p. 479-495.
5. REPORT OF COMMITTEE. «Outline of research requirements for Construction» Journal of the Construction Division, ASCE, October 1968, p. 233-244.
6. TATUM B. C. «Potencial Mechanisms for Construction Innovation». Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 112, N.º 2, June 1986, p. 178-191.
7. UNIVERSIDAD DE LA SERENA-CHILE «Plan de Desarrollo del Depto. Obras Civiles 1985-1990, Julio 1985.
8. WARZAWSKI, A. «Planning and Organization of Research in Building» Journal of The Construction Engineering and Management, Vol. 109, N.º 3, September 1983, p. 261-275.
9. WARSZANSKI, A. «Construction Managment Program». Journal of The Construction Engineering and Management, ASCE, Vol 110, N.º 3, September 1984 p. 297-310.

Gerardo Santana Larenas



Ingeniero Civil (1976) por la Universidad Católica de Chile. Profesor de la Universidad de La Serena (Chile). Autor de los libros «Introducción a la programación y control de obras de construcción» (Chile, 1986) y «Planificación y control de las obras de construcción» (Editorial Paraninfo, España, 1987). Ha trabajado como Ingeniero de Proyecto y Jefe del Area de Ingeniería Civil en empresas de Consultoría y de Construcción, así como Consultor Independiente y empresario de la construcción. En la actualidad realiza estudios de Doctorado en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. de la Universidad Politécnica de Madrid.
