



**El presente es un documento elaborado para el estudio “Estado del Arte y Prospectiva de la Ingeniería en México y el Mundo”, realizado por la Academia de Ingeniería de México con el patrocinio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.**

**La información así como las opiniones y propuestas vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores.**

**La Academia y los autores agradecerán las sugerencias y comentarios de los lectores para mejorar su contenido y las omisiones en que se haya incurrido en su elaboración.**



# Ingeniería de proyectos en México

Dr. José Francisco Albarrán Núñez

La ingeniería de proyectos está directamente asociada con los proyectos de inversión que forman la infraestructura de un país. A su vez, la infraestructura de un país tiene una fuerte correlación con su competitividad, como lo muestra el modelo que utiliza el Foro Económico Mundial (WEF) y en el que desde hace más de una década México clasifica a media tabla.

Uno de los 12 pilares de la competitividad de una nación, conforme al modelo que utiliza el WEF, es su infraestructura, en lo que México se sitúa normalmente peor que su competitividad en general (es decir, que su infraestructura es un lastre para la competitividad del país). En este sentido, *el 40% de la diferencia en crecimiento entre países con alto y bajo crecimiento, se puede asociar a sus diferencias en el uso efectivo de la infraestructura*<sup>1</sup>.

## Qué se entiende por ingeniería de proyectos

Ingeniería de Proyectos es la que se utiliza para definir, diseñar, construir y poner en servicio proyectos de infraestructura, tales como:

- Presas, canales, drenajes, agua potable
- Carreteras, puentes, vialidades
- Plantas industriales
- Plataformas petroleras
- Plantas generadoras de energía, redes de transmisión eléctrica
- Puertos marítimos y fluviales
- Hospitales, grandes auditorios
- Sistemas de transporte colectivo
- Redes de telecomunicaciones

---

<sup>1</sup> Rosen, S. 1981. "The Economics of Superstars." American Economic Review, # 71

En contrapartida, **no** se considera ingeniería de proyectos a la que se utiliza para:

- Diseño de bienes de capital, maquinaria y equipo de cualquier tipo, líneas de producción
- Diseño primordialmente relacionado con Tecnología de la Información, como son programas de software o sistemas de TI.
- Construcción, de cualquier tipo (civil, electromecánica, etc.)
- Operación y mantenimiento de cualquier tipo (industrial, urbano, carretero, pluvial, telecomunicaciones, etc.)
- Proyectos de vivienda, ya sean desarrollos individuales o complejos habitacionales

El ingeniero de proyectos participa en uno o varios de los siguientes papeles:

**Representante del dueño.** Representa los intereses del dueño de la inversión, ya sea como parte de la misma empresa dueña, o bien como su consultor.

**Supervisor del proyecto.** Supervisa como delegado del dueño, los trabajos necesarios para definir y ejecutar el proyecto de inversión.

**Estudios.** Participa en los estudios necesarios para definir y diseñar el proyecto de inversión, como pueden ser: estudios de desempeño de instalaciones a ser modificadas, estudios geotécnicos, levantamientos topográficos, caracterización de suelos, registro y análisis de corrientes y oleaje marino o fluvial, estudios de movimiento y almacenaje de productos, etc.

**Diseño conceptual.** Diseño del proyecto de inversión a nivel preliminar, normalmente utilizado para evaluar la factibilidad o bien revisar opciones de posibles soluciones.

**Ingeniería básica.** Definición de las características técnicas fundamentales del (los) proceso(s) sustancial(es) del proyecto.

**Diseño detallado.** Definición de los elementos necesarios para llevar a cabo la adquisición de equipos y materiales, así como construir, probar y poner en servicio las instalaciones del proyecto.

**Apoyo a la construcción.** Respaldo al equipo de construcción para interpretar documentos del diseño detallado, o para modificarlos en caso necesario, por razones o eventos no considerados en el diseño. En esta

etapa, también se debe verificar el proceso de fabricación de equipos que serán instalados como parte del proyecto, y en ocasiones, verificar sus pruebas en fábrica.

**Pruebas y arranque.** Los especialistas en pruebas y arranque, llevan a cabo el arranque de los distintos sistemas y elementos de las instalaciones, hasta que operen satisfactoriamente, lo que normalmente se comprueba mediante pruebas de desempeño.

**Gerencia y control del proyecto.** Liderar y coordinar la planeación del proyecto y controlar su avance hasta la culminación de cada etapa o fase.

La participación del Ingeniero de Proyecto se concentra en las fases de definición e implementación de los proyectos, reduciendo su participación en las etapas de operación y deshabilitación.

Los proyectos de inversión son siempre multidisciplinarios, por lo que varias disciplinas de la ingeniería se aplican en cada fase o etapa de un proyecto. Dependiendo de la naturaleza del proyecto de inversión, algunas disciplinas tienen mayor o menor contribución. La lista siguiente asocia las disciplinas de ingeniería con ciertos tipos de proyecto (la lista no es exhaustiva).

<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Disciplinas de ingeniería que participan</b>
Proyectos de transporte vehicular	Civil, estructural, topografía, geofísica, eléctrica, mecánica, tráfico, ambiental, hidráulica
Proyectos de edificación comercial	Civil, estructural, topografía, geofísica, eléctrica, mecánica, tráfico, ambiental, hidráulica, instrumentación, industrial, arquitectura
Proyectos de irrigación	Hidráulica, civil, topografía, geofísica, eléctrica, ambiental, telecomunicaciones
Proyectos de plantas industriales	Química (procesos), física (procesos), mecánica, eléctrica, control, instrumentación, civil, estructural, topografía, geofísica, arquitectura

La ingeniería de proyectos no es una carrera o disciplina, sino un ámbito de desempeño profesional. Sin embargo, cabe hacer notar que con la excepción de algunos casos en la carrera de Ingeniería Química, en general el *curriculum* de estudios universitarios no incluye el tema de desarrollo, ejecución, administración y control de proyectos.

## **Oferta y demanda de ingeniería de proyectos en México**

Durante las últimas dos décadas, México ha invertido anualmente entre el 2% y 5% de su PIB en infraestructura, que si bien es aún insuficiente, representa del orden de 20 a 50 mil millones de dólares. Normalmente, la mayoría de los proyectos de infraestructura de un país, así como los de mayor tamaño, son realizados por el gobierno. Es por lo tanto también normal que la mayor parte de los trabajos de ingeniería para proyectos, sean contratados por organizaciones gubernamentales, ya sea directamente por ministerios (o secretarías) federales, estatales o empresas paraestatales, o bien indirectamente a través de empresas particulares que producen servicios de forma exclusiva para alguna dependencia del gobierno (como pueden ser las concesiones).

En la práctica internacional, entre el 7% y 15% del monto de la inversión en infraestructura, corresponde a costos de ingeniería y estudios. Desgraciadamente, en México se invierte notablemente menos, lo que a su vez propicia que los proyectos resulten de mayor costo y se completen en mayor tiempo de lo que dictan las mejores prácticas internacionales.

### **Demanda y oferta de ingeniería de proyectos, mexicana**

Aun así, el gasto en ingeniería y estudios para proyectos de infraestructura es sustancial, ocupándose una buena parte en servicios de origen extranjero, quedando entre el 1% y 2% de la inversión para empresas mexicanas. Esto es (dependiendo del énfasis del gasto gubernamental en infraestructura), entre 200 y 1,000 millones de dólares anuales.

Dado el bajo costo de la ingeniería mexicana (alrededor de 20 dólares la hora en promedio), lo anterior se reflejaría en una demanda baja de 10 millones de horas-hombre y alta de 50 millones de horas-hombre al año.

Salta a la vista la imposibilidad de mantener una oferta equivalente a la demanda alta, pues en períodos de demanda baja (como en las transiciones sexenales, por ejemplo), se requeriría eliminar al 80% de la capacidad instalada, situación insostenible.

De la misma forma, mantener la capacidad instalada cercana a la demanda baja, implica la imposibilidad de atender un incremento súbito de dicha demanda, ya que se requiere un tiempo para formar los cuadros medios necesarios.

El Instituto Mexicano del Petróleo ha establecido recientemente acuerdos con 29 firmas de ingeniería, enfocadas al sector industrial, con las que conjuntan del orden de 17 millones de horas-hombre anuales (gráfico 1). Por el tamaño y presencia en el mercado de las firmas mencionadas, dicho conjunto debería representar cerca del 90% de la capacidad instalada en ingeniería de proyectos para infraestructura industrial (que incluye petróleo y gas, electricidad, química, farmacéutica y manufactura), para dar un total cercano a 19 millones de horas-hombre anuales.

En el gráfico 1, se muestra el porcentaje acumulado del total (incluyendo 2.2 millones de horas-hombre, asignadas a firmas no incluidas individualmente), haciéndose notar que el 80% de la capacidad se cubre con las 18 primeras firmas. Si consideráramos el principio de Pareto, se esperaría que hubiera en México alrededor de 100 firmas de ingeniería en el sector industrial y de petróleo.

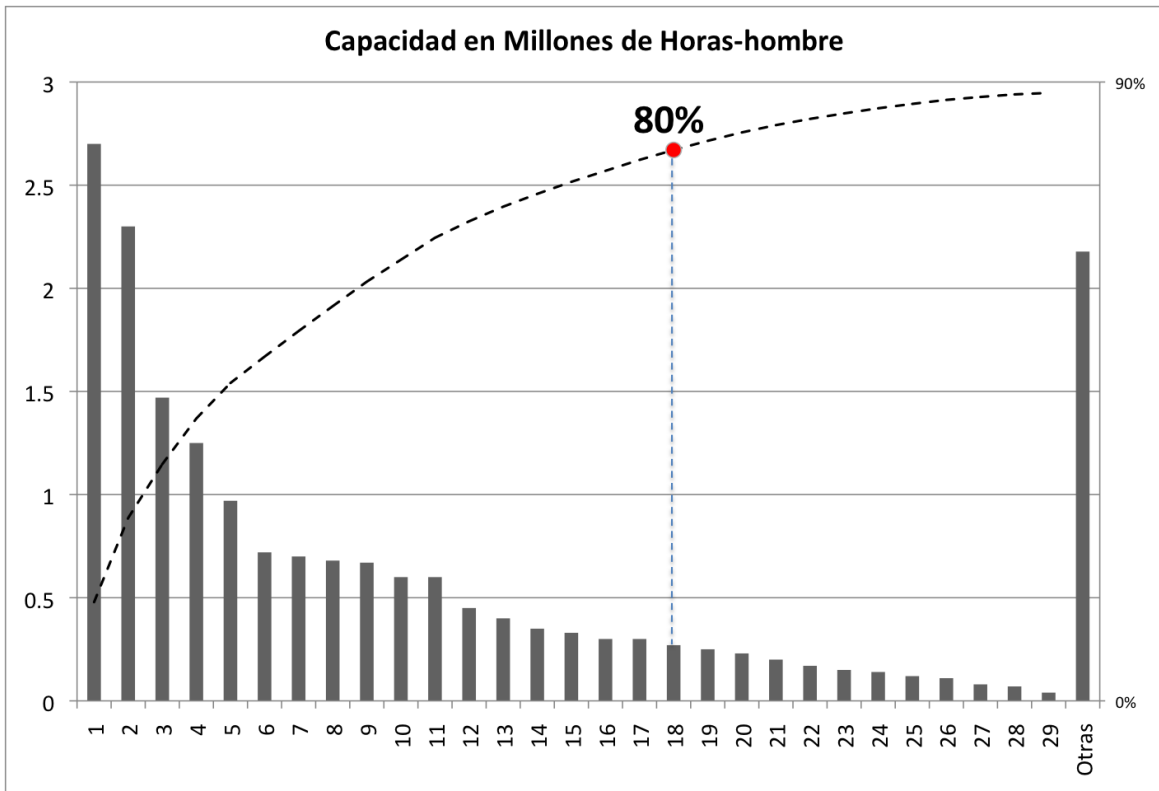


Gráfico 1 - Capacidad de las principales firmas de ingeniería en el ramo industrial y de petróleo en México (fuente: Dirección de Ingeniería de Proyectos, IMP)

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes<sup>2</sup> considera que las principales firmas de ingeniería dedicadas a infraestructura de transporte son alrededor de 55, que en su conjunto aportan cerca de dos millones de horas-hombre anuales (descontando las firmas que están ya incluidas en el conjunto del IMP).

Si además se toman en cuenta firmas dedicadas a infraestructura del agua y de edificaciones mayores (hospitales, escuelas, hoteles, grandes edificios de oficinas), podríamos agregar cuando mucho un par de millones de horas-hombre anuales.

A lo anterior, habría que adicionar al personal de ingeniería de las empresas y organismos que contratan ingeniería y construcción y cuya labor es principalmente directivo y supervisor del trabajo de las firmas de ingeniería<sup>3</sup>. Este personal representa menos del 5% del total del

<sup>2</sup> Dirección General de Servicios Técnico, SCT

<sup>3</sup> No se debe considerar al personal que supervisa exclusivamente construcción.

personal en firmas de ingeniería, por lo que en el mejor de los casos, aportaría alrededor de un millón de horas-hombre anuales.

De esta forma, se estima que la oferta de ingeniería de proyectos mexicana es del orden de 25 millones de horas-hombre anuales. Esto está en el punto medio del rango de demanda de ingeniería de proyectos mexicana (que es inferior a la total). Es decir, la demanda y la oferta están razonablemente empatadas.

La demanda local de ingeniería es mayor al doble de la oferta mexicana, como se puede apreciar del gráfico 2, en el que se muestra la demanda de servicios de ingeniería que se generará por los proyectos de inversión de Pemex (no incluye servicios de supervisión). En ella se advierte que toda la oferta de ingeniería para el sector es apenas la mitad de lo que solamente las inversiones de Pemex genera. Si agregáramos los requerimientos asociados a inversiones de CFE e industria privada, la brecha entre oferta y demanda es mayor.

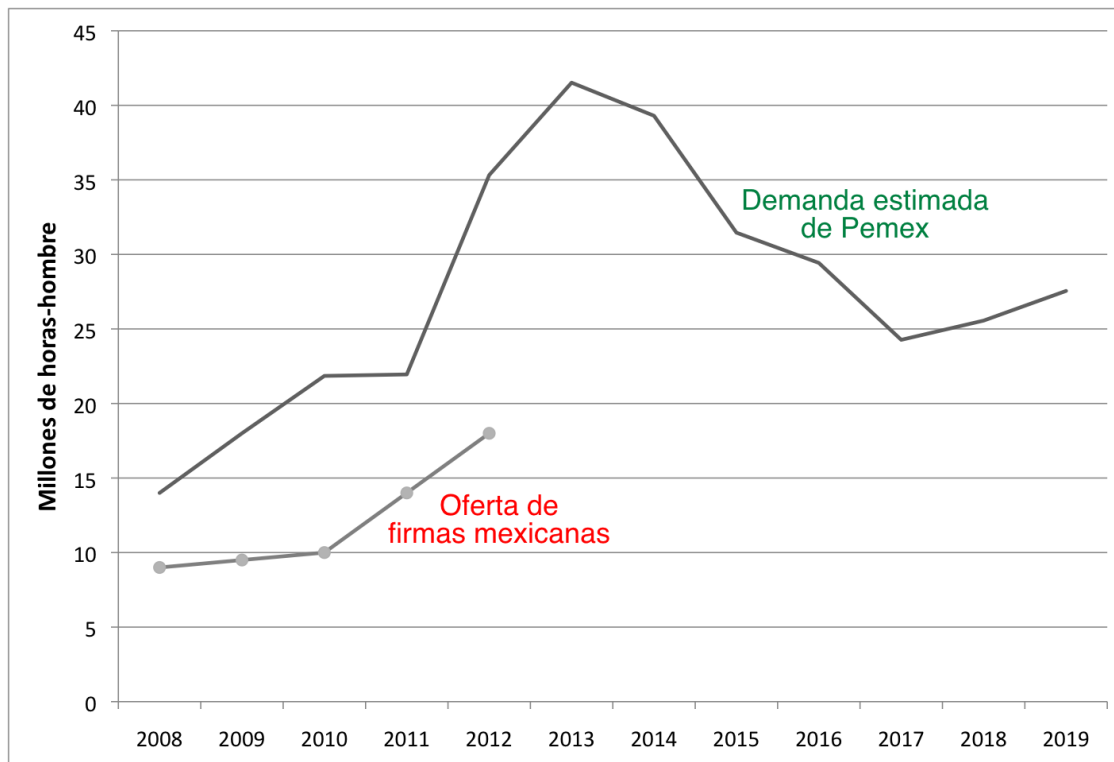


Gráfico 2 - Demanda estimada de ingeniería para los proyectos de inversión de Pemex (Fuente: Subdirección de Desarrollo de Proyectos, Pemex)



Por otra parte, la contratación de proyectos *llave en mano*, en combinación con los acuerdos internacionales en materia de libre comercio, permite que parte de esta ingeniería sea contratada en el extranjero. La experiencia resultante en la mayoría de esos casos ha sido muy negativa, tanto para la oferta de ingeniería (ahí está por ejemplo, la desaparición de Bufete Industrial), como en el resultado para el país: obras tardías, más costosas y con desempeño inferior al contratado. Sin embargo, el gobierno mexicano ha sido incapaz de prevenir tal situación, que con asombro vemos repetirse frecuentemente.

Por el lado de la oferta, la ingeniería mexicana es predominantemente local. Esto es, hay pocos y aislados esfuerzos para ampliar su ámbito al extranjero. Esto la hace muy dependiente de la demanda local.

Finalmente, el precio al que se paga la hora-hombre de ingeniería hecha en México tiene un amplio rango y es en general, bajo. Este precio, es en su máximo del orden de 60 dólares hora-hombre para el IMP (que tiene además un mercado cautivo en Pemex) y llega a ser de 15 dólares la hora-hombre (contratada, por ejemplo por el mismo Pemex), se puede asociar a las siguientes razones:

- Busca de ahorro (mal entendido) por parte de las empresas y organismos que contratan ingeniería. El personal encargado de contratar la ingeniería busca hacerlo al menor costo posible, ya sea al contratar al más bajo precio o con la reducción del alcance de los servicios correspondientes. Esto normalmente trae como consecuencia costos adicionales durante la construcción, que con frecuencia es supervisada por personal diferente al que contrató y supervisó la ingeniería.
- Para competir con un precio bajo, algunas firmas de ingeniería contratan al personal por honorarios, ahorrándose el costo de las prestaciones al personal en nómina, utilizan *software* sin pago de licencia (*pirata*), carecen de sistemas de calidad y operan en instalaciones mínimas. El pago de honorarios a los profesionistas es muy bajo, independientemente de su experiencia,

aprovechando que hay más oferta que demanda o bien que algunos profesionistas utilizan esto como un segundo trabajo.

## **Demanda de ingeniería extranjera**

Adicionalmente, se tiene la demanda de servicios de ingeniería fuera de México. Ésta se compone principalmente por: ingeniería conceptual o básica que incluyen ya sea tecnología propia y restringida, o bien experiencia y herramientas no disponibles (o que se desconoce su disponibilidad) en México. Ejemplos de lo anterior serían: tecnología de procesamiento de petróleo y gas, tecnología de productos farmacéuticos, diseño básico de plantas industriales (manufactura, cemento, alimentos, entre otros), diseño de barcos, diseño de puertos, diseño de grandes edificios (más de 30 pisos).

La ingeniería que se contrata fuera del país es normalmente de mayor costo unitario (entre 150 y 300 dólares la hora-hombre). No obstante, hay pocos esfuerzos por fomentar el desarrollo de alguna de esta ingeniería en México, a pesar de la existencia de organizaciones como el IMP, IIE, INA, IMT, entre otras. Un ejemplo de lo anterior sería el siguiente: para las plantas desulfuradoras de diesel que PEMEX requiere en sus seis refinerías, decidió utilizar la tecnología desarrollada en el IMP para una de ellas y tecnología extranjera en las otras cinco.

Queda, por supuesto, la ingeniería desarrollada en el extranjero como parte de los paquetes *llave en mano* contratado a empresas extranjeras, lo que se comentó anteriormente. Cabe sin embargo aclarar que dicha ingeniería se paga a un precio mayor, dependiendo del lugar en el que se lleve a cabo (por ejemplo, India o Irlanda para precios de 30 dólares la hora-hombre, España para precios de 50 a 70 dólares la hora-hombre, Estados Unidos, Inglaterra o Alemania para precios cercanos a 100 dólares la hora-hombre).

## **Demanda ausente**

Finalmente, resta la ingeniería que no se lleva a cabo, pero que se debería hacer. Esta ingeniería *ausente* sucede normalmente en la fase de desarrollo de los proyectos, antes de contratar su ejecución.

La propia Secretaría de la Función Pública reconoce que el gobierno contrata mucho menos consultoría (rubro en el que incluye la ingeniería) que los gobiernos de otros países miembros de la OCDE<sup>4</sup> (por ejemplo, en proporción del PIB, EUA gasta 5 veces más que México, es decir, 20 veces en términos de dinero).

Las consecuencias económicas de esta falta de ingeniería han sido mucho mayores que el gasto que hubiera significado. Es común que los proyectos tarden el doble de lo planeado y cuesten al menos 50% más de lo establecido en el contrato de construcción. El gráfico 3, es una muestra de proyectos de Pemex, en el que se puede apreciar que un número considerable tiene una duración mayor a tres veces la que se estableció en el contrato. La desviación en costo se aprecia menor, aunque se debe considerar que los datos reportados no incluyen ajustes por reclamos o demandas. Cabe hacer notar que un proyecto que dura varias veces lo programado, aunque su costo de inversión no se modificara, el retorno a la inversión sería seriamente degradado.

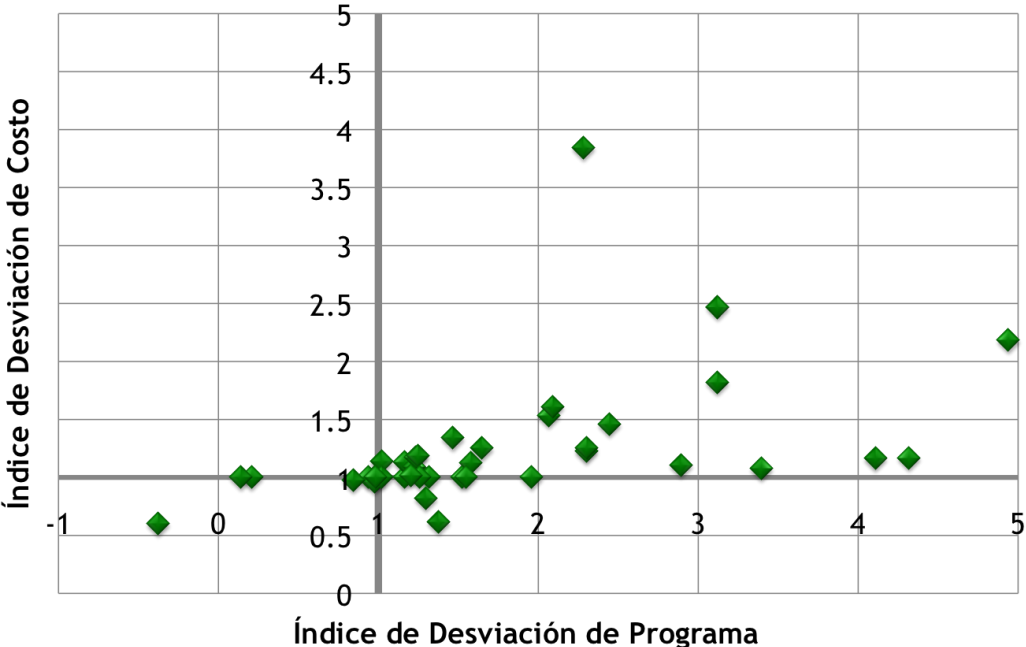


Gráfico 3 - Desviaciones en costo y programa de una muestra de proyectos  
(Fuente: Subdirección de Desarrollo de Proyectos, Pemex)

<sup>4</sup> Desarrollo de la industria consultora de México: Direcciones Estratégicas, Agenda de acciones y política, elaborado por el BID y la SFP, IDB-TN-215, diciembre 2010.

No obstante lo anterior, una gran parte de los proyectos de inversión que no se llevaron a cabo durante el sexenio 2006-2012, habiendo sido anunciados en el Programa Nacional de Infraestructura, fue debido a la falta de información para su ejecución (aún siendo ésta históricamente deficiente).

Es indudable que si se llevara a cabo la ingeniería y estudios de pre-inversión necesarios, se multiplicaría por dos o tres la demanda de ingeniería de proyectos en México.

¿Qué causa esta insuficiencia en el estudio y planeación de los proyectos de infraestructura?

Algunas razones, que se tratarán enseguida, son:

- La normatividad aplicable obstaculiza el desarrollo de estudios de pre-inversión adecuados.
- Falta de *educación* sobre el proceso que debe seguir un proyecto de infraestructura, desde el público en general, los medios, las autoridades gubernamentales y el poder legislativo.

### ***La normatividad como obstáculo***

La Ley de Responsabilidad Hacendaria y su reglamento, establecen<sup>5</sup> que para registrar un proyecto de inversión, se requiere elaborar un “análisis de costo y beneficio”. Lo que no considera, es que dicho análisis puede tomar meses o años y costar del orden del 5% del monto de la inversión total. Así, un proyecto de 1,000 millones de pesos requeriría gastar del orden de 50 millones a lo largo de uno o dos años, para definir el proyecto al punto de poder contratar su ejecución.

Como no existe un fondo para elaborar estudios de proyectos de inversión (que debería ser cercano al 5% del monto de inversión esperada anual), se genera entonces un círculo vicioso: para elaborar el estudio de costo y beneficio, habría que registrarlo como proyecto, lo que a su vez requeriría de un estudio de costo y beneficio, cosa que es ilógica e impráctica.

---

<sup>5</sup> Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, Artículo 34. Reglamento de dicha ley, Artículos 43, 45, 46 y 48.

No obstante lo anterior, existen proyectos de estudio de pre-inversión en la cartera de proyectos de la SHCP. Lo que comprueba que en ciertas circunstancias el gobierno los considera necesarios y de alguna forma, dan la vuelta a la normatividad, que les estorba.

### ***La falta de educación en el ciclo de vida de los proyectos***

Cada año, los diputados aprueban la Ley de Egresos para el año siguiente. En ella aparecen proyectos como carreteras o clínicas, que los diputados consideran necesarios para su estado. Dichos proyectos (que llegan a ser el 60% de los proyectos aprobados) no tienen un *estudio de costo y beneficio*, pero siguen la *regla de oro: quien tiene el oro, pone las reglas*.

Lo anterior es una muestra del desconocimiento que tienen los diputados de cómo se debe llevar a cabo un proyecto de inversión. Tal ignorancia es generalizada, como demuestra el hecho de que al anunciarse que se construiría una nueva refinería de PEMEX en el estado de Hidalgo, los medios, el público y el gobierno esperaban ver maquinaria de construcción en el sitio designado, en unas cuantas semanas. Nadie parecía saber que primero había que diseñar la refinería y que esto tomaría un par de años.

Otra muestra de la falta de educación en el ciclo de vida de los proyectos, es el comentario de un ejecutivo mexicano ante la oferta para realizar la ingeniería básica extendida<sup>6</sup> de un proyecto de inversión sustancial (más de 20 mil millones de pesos): *por ese precio (2% de la inversión) compro una planta auxiliar de mi complejo industrial*. Con tal aseveración demostraba el poco valor que le daba a la ingeniería para una inversión tan significativa. Lo triste es que su manera de pensar no era la excepción.

---

<sup>6</sup> También conocida como FEED, por sus siglas en inglés (Front End Engineering Design), que se elabora para definir un proyecto al punto adecuado para licitar su ejecución.

## Calidad de la oferta

El gráfico 4 muestra la ubicación de las empresas de ingeniería y construcción, conforme a su capacidad (tamaño, amplitud de mercados, competitividad) y a su dominio del proceso de negocio (definición y ejecución de proyectos de infraestructura).

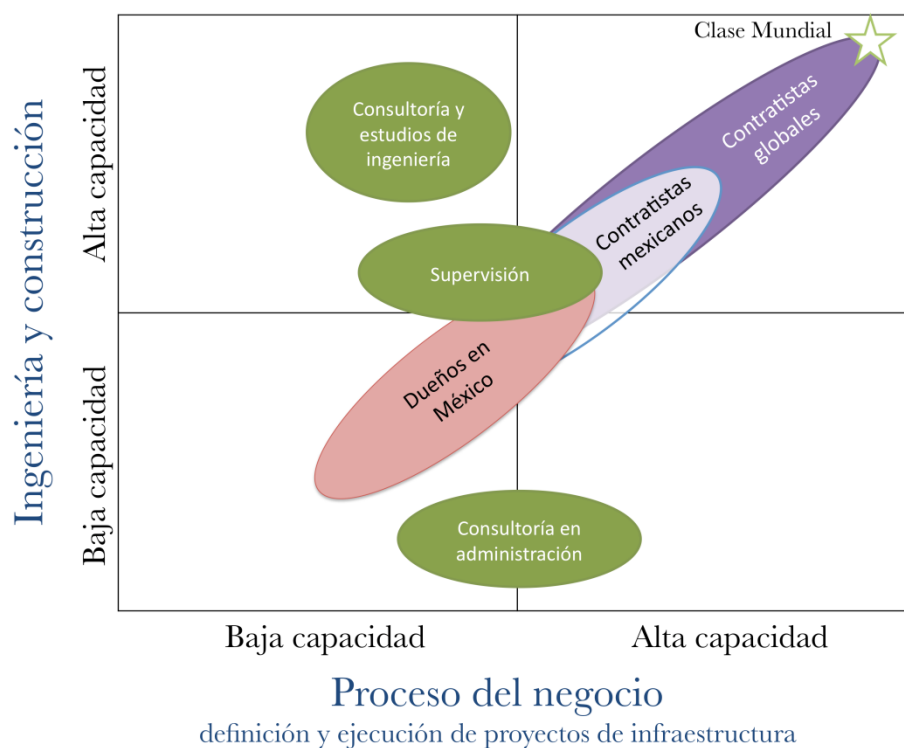


Gráfico 4 - Ubicación competitiva de las empresas de ingeniería y construcción  
(Fuente: Dr. José Francisco Albarrán N.)

Las empresas contratistas de ingeniería y construcción con presencia global, tienden a dominar el proceso del negocio, así como tener alta capacidad en ingeniería y construcción.

Las empresas de clase mundial, líderes en el sector, tienen la mejor posición en ambos ejes.

Ninguna firma mexicana puede clasificarse entre los líderes globales, por lo que las más destacadas apenas entran en el cuadrante superior derecho.

Cuando se analiza a las empresas dueñas de infraestructura en México, se puede decir que la mayoría queda en el cuadrante inferior izquierdo.

Las firmas dedicadas a la consultoría y estudios de ingeniería tienen una capacidad de ingeniería (no de construcción) que se puede considerar alta, pero no dominan el proceso de negocio de proyectos de infraestructura. Algunas firmas consultoras en áreas administrativas dominan algunos aspectos del proceso de negocio, pero no tienen capacidad en ingeniería y construcción. Finalmente, las empresas de supervisión tienen mayor capacidad de ingeniería y construcción que la mayoría de los dueños de proyectos de infraestructura, si bien su dominio del negocio es muy limitado, pues tratan solamente con parte de la ejecución del proyecto.

En resumen, tanto la oferta como la demanda de ingeniería de proyectos en México, es menos competitiva que sus pares en el ámbito global, tanto en capacidad de ingeniería y construcción, como en el dominio del negocio de proyectos de infraestructura, que incluye su desarrollo y ejecución.

## **Áreas de oportunidad**

### **Todo tiempo pasado...**

Al desarrollarse una mayor conciencia de la necesidad y conveniencia de invertir en infraestructura, la demanda de ingeniería en México ha venido aumentando y se espera que se mantenga creciente por un buen tiempo. Podríamos decir que los mejores tiempos de la ingeniería de proyectos están por venir y lo peor que nos podría suceder es que nos tomara desprevenidos y desaprovecháramos la oportunidad.

Con frecuencia se hace referencia a la década de los 70, cuando gracias a una fuerte inversión en las áreas industrial y de petróleo, las firmas de ingeniería crecieron notablemente. Estas referencias hablan de una capacidad instalada (en el sector privado) de 10 millones de horas-hombre anuales, aunque no se presentan estadísticas concretas.

Además, omitían la capacidad instalada en organismos del gobierno, como PEMEX, CFE, Guanos y Fertilizantes o Secretaría de Recursos Hidráulicos, que entonces eran sustanciales.



*Imagen 1 - Piso de trabajo de una firma de ingeniería en los 70's*

En el trabajo anterior, *Estado del Arte de la Ingeniería en México y el Mundo, Tomo II*, publicado por la Academia Nacional de Ingeniería en 1993, se mostraban las horas-hombre ejecutadas por 23 empresas, para un total de 5.4 millones de horas-hombre y se incluía una cantidad similar (5.9 millones) en *Otras*, para dar un total de 11.3 millones de horas-hombre ejecutadas en ese año. Tres años después (1991), la



cantidad total era 8.1% mayor (aunque para las 23 empresas listadas había sido 34.5% mayor), lo que muestra una disminución en las *Otras*.

Las cifras mencionadas, se usan normalmente acompañadas de la idea de que *antes estábamos mejor*, tesis con la que difiero. Solamente considerando la diferencia de productividad por el uso de la computadora personal y software de diseño, se podría decir que la cantidad de horas-hombre de los años 70 equivalía a la mitad de las actuales.

Creo que deberíamos salir de argumentos en los que el tiempo pasado fue mejor y enfocarnos a los tiempos actuales, llenos de oportunidades que requieren empuje, trabajo y espíritu emprendedor.

## **Tecnología**

El desarrollo de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) presenta continuamente nuevas herramientas que pueden elevar notablemente nuestra productividad.

Su uso efectivo, puede multiplicar nuestra oferta de ingeniería aceleradamente.

Como es lógico, dichas herramientas tienen un costo, compuesto por pago de regalías, adquisición o renta de equipos, contratación de personal en TIC, capacitación del personal de ingeniería, adaptación de los procesos de diseño para mejor aprovechar las nuevas herramientas y un proceso de aprendizaje que reduce nuestra productividad por un tiempo, mientras dominamos estas herramientas.

El Ing. Julián Terán Calderón, Gerente de Ingeniería en ICA Fluor, advierte que al utilizar un *Sistema de Diseño Integrado (SDI)*, la empresa debe considerar, entre otras cosas:

- Deberá capacitar a una parte importante de su personal y que dicha capacitación implicará tiempo (del personal) y costo.
- Sus procesos de trabajo deberán revisarse y modificarse, incluida una mayor integración interdisciplinaria.

- Crear un equipo de especialistas para instalación, creación de ambiente, configuración, desarrollo, soporte y capacitación.
- Crear la posición de *Integrador de Datos del Proyecto*. Esta posición no es común en las organizaciones de ingeniería, tiene una función más orientada a TIC.
- No suponer que la solución cotizada por el proveedor del SDI es una caja negra, ya que hay costos de aplicaciones no consideradas y soporte.
- Tener un ambiente informático adecuado a la herramienta que está utilizando, con una red que tenga el ancho de banda suficiente, servidores con la capacidad requerida y estaciones de trabajo adecuadas, de preferencia con una configuración estandarizada para la empresa.

A cambio, podremos ser más productivos y competitivos con firmas extranjeras, las que indudablemente han iniciado o completado dicha transición.

Sin embargo, queda un obstáculo en la transición propuesta: los clientes (Dueños de los proyectos de Infraestructura). Ellos deben también convencerse de las bondades de las nuevas tecnologías, que ofrecen importantes ventajas durante la operación y mantenimiento de las instalaciones resultantes de la ingeniería. Se debe hacer una labor para demostrarle las ventajas económicas durante el ciclo de vida del proyecto, que compensan adecuadamente el incremento en costo de la ingeniería y su propia inversión para utilizar la información resultante durante la operación.

## **Información del mercado**

En una época en la que la información se puede compartir a muy bajo costo, resulta contrastante la falta de información sobre la cantidad de firmas de ingeniería, su capacidad instalada y áreas de experiencia. Aunque hay esfuerzos iniciados en ese sentido, desde el primer Simposio de Ingeniería de Proyectos (2009), falta aún ver que se concrete una base de datos de firmas de ingeniería y usuarios de ingeniería.

Dicha base de datos sería una herramienta para el mercado, que podrían utilizar tanto la oferta (firmas de ingeniería), como la demanda (usuarios de ingeniería), para orientar mejor sus estrategias.

## **Mejores prácticas**

Difundir ampliamente y evaluar el uso de las mejores prácticas en el desarrollo y ejecución de proyectos, sería un paso indispensable para elevar la calidad de la ingeniería de proyectos mexicana.

Por una parte, ayudaría a reducir la ignorancia ya descrita, sobre el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura, ayudando a reducir la enorme cantidad de dinero y recursos que se desperdician cada año en proyectos que tardan más y cuestan más de lo debido.

Por otra, elevaría la calidad de la oferta de ingeniería, de forma que la perspectiva de algunas firmas rebasa las fronteras del país.

Además, propiciaría el mayor uso de servicios de ingeniería, para desarrollar adecuadamente los proyectos en las etapas de preinversión, aumentando la demanda de ingeniería del mejor nivel.

## **Cambio en leyes y reglamentos para mejores proyectos**

La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, así como a la Ley de Responsabilidad Hacendaria y sus respectivos reglamentos, son omisos en incluir de forma clara a los estudios de preinversión como proyectos en si mismos, cuyo propósito sea determinar la factibilidad de la inversión y en su caso, definir el proyecto hasta el punto de lograr la autorización para llevar a cabo el proyecto de inversión. Tal omisión causa los problemas planteados más arriba en este documento.

Es por lo tanto necesario modificar dichas leyes y reglamentos para asegurar que los proyectos de preinversión puedan recibir los recursos necesarios (aproximadamente el 5% del monto de la inversión programada), su resultado sea la buena definición del proyecto de inversión, o bien su abandono o posposición, además de establecer

como requisito indispensable para que un proyecto de inversión sea inscrito en el padrón correspondiente, la conclusión previa del proyecto de preinversión, con resultados aprobatorios de dicha inversión.

## **Proactividad y sinergia**

Una ingeniería de proyectos fuerte, suficiente en cantidad y competitiva en calidad, sería un poderoso instrumento para mejorar la competitividad del país, a través de mejor infraestructura, a mejores costos y con mejor oportunidad.

Desarrollar tal capacidad en ingeniería de proyectos, no es una función limitada a las firmas de ingeniería, sino que deben incluirse los usuarios de dicha ingeniería. Debe hacerse porque a todos conviene (oferta y demanda), proactivamente, sin esperar a que la otra parte tome la iniciativa. La ingeniería mexicana debe actuar con la sinergia de todas las partes involucradas, comprometiéndose en su conjunto a elevar la calidad y cantidad de la oferta de ingeniería de proyectos en México.

En este sentido ha venido trabajando la Academia de Ingeniería, a través de ya tres simposia de ingeniería de proyectos, con la participación de los usuarios, firmas y proveedores de herramientas de ingeniería de proyectos, sin dejar de incluir a las IES, que son las formadoras del capital humano de los otros tres protagonistas. Sin embargo, hace falta que el simposio tome más fuerza y sus conclusiones y acciones reciban la atención de los más altos ejecutivos y miembros del gobierno, en todos sus niveles. En esa dirección debemos trabajar.