

# **TALLER DE ADMINISTRACION PARA INGENIERIA CIVIL**

## **Guía Académica del curso**

Fecha: ..... 07 de agosto de 2023

Versión 2023: .....01

Autor:..... Ing. Felipe Fajardo Sokol, Mg.

## *Contenido*

1. Introducción .....	3
2. Aspectos específicos de la administración para la Ingeniería Civil .....	4
3. Los proyectos de ingeniería civil como acciones integrales de intervención en el entorno (Módulo I) .....	6
3.1. Las dimensiones de los proyectos: tecnológica, ambiental, estratégica, socio-económica, jurídica.....	6
3.2. La formulación, evaluación y gestión de los proyectos en cada una de las dimensiones .....	8
3.2.1. Gestión de variables de los proyectos .....	9
3.2.1.1. Gestión de plazos .....	9
3.2.1.2. Gestión del costo .....	12
3.2.1.3. Gestión de la calidad .....	13
3.2.1.4. Gestión de recursos .....	14
3.2.1.5. Gestión de riesgos .....	14
3.2.1.6. Software de gestión de proyectos.....	15
3.3. La toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil.....	17
4. Las particularidades de la industria de la construcción y su relación con la gestión empresarial (Módulo II).....	19
4.1. Demanda y oferta en la industria de la construcción. Características peculiares del mercado .....	19
4.2. Barreras de entrada en la industria de la construcción.....	19
4.3. La gestión de los RRHH en la industria de la construcción. Liderazgo y motivación grupal.....	20
4.4. La automatización en los procesos productivos.....	21
5. La innovación y el emprendurismo en el campo de la ingeniería civil (MODULO III) 23	
5.1. Las particularidades de la innovación en la ingeniería civil .....	23
5.2. Emprendurismo en la ingeniería civil.....	23
5.3. La sustentabilidad de las empresas constructoras y los ciclos de actividad.....	24
6. BIBLIOGRAFIA BASICA .....	25

## **1. Introducción**

La presente constituye la guía académica del Taller de Administración para Ingeniería Civil. El objetivo de este documento es permitir al estudiante comprender cuales son las temáticas, conceptos y metodologías que se abordan en el curso e indicar cuales son los textos de referencia para cada caso.

Los textos mencionados serán proporcionados por el equipo docente para su utilización por parte de los alumnos cuando se trate de papers o artículos de acceso libre y se indicará los libros correspondientes cuando este sea el caso.

Para aspectos básicos de proyectos según PMBook 2017 o ediciones posteriores.

## **2. Aspectos específicos de la administración para la Ingeniería Civil**

La ingeniería civil y su relación con la construcción de infraestructura tiene algunos aspectos particulares que la distinguen de las otras ramas de la ingeniería y que por lo tanto hacen que la gestión en su contexto tenga aspectos particulares a considerar.

Entre otros, podemos citar entre los más relevantes:

- La producción física se materializa mediante proyectos en contraste con la producción en serie
- La construcción de infraestructura implica inversiones significativas de recursos para cada intervención en particular
- Los proyectos de infraestructura tienen efectos significativos en diversas dimensiones de su entorno y en general tienen una extensa vida de servicio
- La industria de la construcción es cíclica y por lo general dependiente de los ciclos económicos

Por otra parte, el Estado tiene un peso significativo en la demanda de servicios de ingeniería civil, una vez que es el responsable por el desarrollo de gran parte de la infraestructura de transporte y servicios públicos, en especial en el Uruguay.

Para corroborar esto basta recordar que la infraestructura de transporte está a cargo del MTOP desde el punto de vista de las políticas públicas, siendo secundado por otras organizaciones en las distintas subtipologías de infraestructura, a saber, actualmente: la Administración Nacional de Puertos (ANP), la Administración de Ferrocarriles del Estado (AFE) y la Corporación Vial del Uruguay, esta última perteneciente a la Corporación Nacional para el Desarrollo. En el caso de la infraestructura aeronáutica civil la responsable es la Dirección Nacional de Aviación Civil (DINACIA).

La infraestructura urbana y rural de transporte (fuera del sistema de rutas del MTOP) y el sistema de evacuación de aguas pluviales está a cargo de las Intendencias Departamentales, pero con aportes del gobierno central canalizados a través de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto.

A su vez la infraestructura de energía la desarrollan la UTE y ANCAP y la de telecomunicaciones ANTEL (estas últimas en el marco del Ministerio de Industria y Energía - MIEM), la de abastecimiento de agua potable y saneamiento<sup>1</sup> la desarrolla OSE en la órbita del el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y en el Ministerio de

---

<sup>1</sup> Salvo en el caso del departamento de Montevideo, donde el saneamiento está a cargo de la Intendencia.

Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT) también existen una serie de funciones importantes relacionadas con la Ingeniería Civil.

Por su parte el sector privado tiene un gran peso en el desarrollo de complejos de viviendas, a la vez que proveen los servicios de construcción para todas las organizaciones antes mencionadas, ya que estas tienen una capacidad de ejecución propia muy baja.

Lo anterior no impacta solamente en los aspectos usuales de la administración de organizaciones en el ámbito específico, sino que también en aquellos aspectos del desarrollo de la innovación en el sector.

### **3. Los proyectos de ingeniería civil como acciones integrales de intervención en el entorno (Módulo I)**

Siempre que se realiza un proyecto de ingeniería o de arquitectura de cualquier tipo el objeto que vamos a construir no es un fin en sí mismo, sino que una acción que procura materializar un objetivo de orden superior.

Si lo vemos desde las políticas públicas y las estrategias asociadas, para el caso de las intervenciones públicas, el fin que se procura es aumentar el bienestar de la sociedad en su conjunto (p.ej.: proveyendo mejores posibilidades de movilidad al construir una carretera o mejorar el acceso a la educación a través de la construcción de un liceo). Para el caso de las organizaciones privadas la materialización de un proyecto procura potenciar la relevancia y rentabilidad de estas (que puede ser económica pero también social o política, dependiendo del ámbito en el que se desempeñen). Así por ejemplo la construcción de un centro de atención a la infancia por una ONG procura aumentar acompañamiento de los niños en su primera etapa de vida y la de una planta industrial brindar más capacidad, eficacia y/o eficiencia para la producción de ciertos bienes y/o servicios, procurando entre otros una mejor rentabilidad para la empresa.

La comprensión de lo anterior resulta fundamental para la toma de decisiones en cuanto a la construcción de proyectos de ingeniería civil, puesto que estos deben estar alineados con las respectivas planificaciones estratégicas del ámbito en el cual se esté actuando. Así las definiciones respecto de las inversiones a realizar en infraestructura deben estar dictaminadas por un planeamiento específico que determine cuales se deben de realizar en cada momento.

Para lo anterior existen conceptualizaciones y herramientas específicas que se verán a continuación.

#### **3.1. Las dimensiones de los proyectos: tecnológica, ambiental, estratégica, socio-económica, jurídica.**

¿Cómo saber cuáles son los impactos de un proyecto y si estos están alineados con los objetivos de la organización que los lleva a cabo? Además, ¿Cómo podemos asegurarnos si es viable la realización de un cierto proyecto?

Para responder a las anteriores preguntas lo primero que debemos de saber es cuales son las dimensiones en las que se desarrolla un proyecto de ingeniería civil, las que preponderantemente son:

- **Estratégica:** cada proyecto constituye una acción estratégica en sí misma, que permite materializar una estrategia de nivel superior de la organización que lo lleva a cabo.
- **Tecnológica:** implica determinar que materiales, metodologías y procedimientos se van a utilizar para materializar un cierto proyecto.
- **Socio-económica:** todo proyecto debe procurar la obtención de un beneficio, el cual puede ser de provecho directo preponderantemente para la organización que lo promueve (aspecto en general predominante en la actividad privada) o puede ser de provecho directo para una porción de la sociedad de forma preponderante (como es el caso del Estado o una ONG). En ambos casos se puede medir el impacto que se va a obtener y en particular la rentabilidad correspondiente o aproximarse a esta, tanto desde el punto de vista público como del privado.
- **Ambiental:** todo proyecto de infraestructura provoca un cierto impacto ambiental, con aspectos tanto positivos como negativos, los que deben ser adecuadamente evaluados para mitigar aquellos del último tipo.  
Por otro lado, la legislación actual dispone que algunos proyectos deban ser evaluados por la DINAMA. La categorización de estos está definida en un decreto específico.
- **Jurídica:** un proyecto debe ser viable desde el punto de vista jurídico, o sea, no debe de contravenir la legislación vigente.

### **3.2. La formulación, evaluación y gestión de los proyectos en cada una de las dimensiones**

Desde el punto de vista general un proyecto de cualquier rama de la ingeniería civil se enmarca dentro de las proposiciones general de la Gestión de Proyectos, las cuales tienen diversos enfoques, pero para este último en particular tomaremos el enfoque del Project Management Institute en base a lo estipulado en el PMBook 2008.

En particular destacaremos que un aspecto fundamental de cada proyecto es el **alcance** que se quiere dar a este, o sea, que es lo que abarca. Luego de definido el alcance la gestión del proyecto se vuelve un proceso interactivo donde se deben de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- **Costo**
- **Plazo**
- **Calidad**
- **Recursos**
- **Riesgos**

Cada modificación a una de ellas implica que se puede afectar alguna de las otras, incluyendo el alcance del proyecto durante su ciclo de vida, que es el período que abarca desde el inicio hasta el final de este.

Además, las anteriores se interrelacionan fuertemente con la gestión de **comunicación del proyecto y la gestión de la dimensión estratégica del mismo.**

La forma de materializar el alcance del proyecto se define mediante *estructuras de desglose de trabajo*, que son las que describen con mayor detalle que es lo que se debe lograr y cómo se debe de llevar a cabo. Una vez definido esto se pueden utilizar diferentes herramientas para gestionar las demás restricciones.

La herramienta fundamental para estimar costos es la realización de presupuestos, mientras que para el caso de los plazos se utilizan cronogramas y metodologías de planificación en base a las técnicas de **camino crítico y cadena crítica.**

En el caso de calidad existen diferentes metodologías para abordar su gestión, siendo que en materia de certificaciones podemos diferenciar dos grandes tipos: **certificaciones de producto** (aquellas que asegura cierto desempeño) y

**certificaciones de proceso** (aquella que asegura que se siguió un determinado procedimiento en la ejecución de un proyecto). En el caso de la ingeniería civil, como los proyectos son todos diferentes entre sí, no pueden recibir certificación de producto, pero si certificación de proceso. En el caso de los insumos de estos, en particular los materiales, como muchas veces son salidas de procesos de producción en serie si son pasibles de lograr certificaciones de producto.

La gestión de recursos es sumamente específica según se traten estos, por ejemplo, recursos humanos, equipos o financiación, estando en especial relación con cumplimiento en materia de costos, plazos y calidad.

Por su parte los riesgos también se gestionan, teniendo en cuenta fundamentalmente su impacto y la posibilidad de que emerjan.

Teniendo en cuenta la metodología anterior se pueden formular y gestionar los proyectos de ingeniería civil tanto en el ámbito público como en el ámbito privado. A continuación, veremos con mayor detalle la gestión de las variables.

### **3.2.1. Gestión de variables de los proyectos**

Los proyectos se gestionan mediante la gestión coordinada y armónica de sus variables principales, siendo que cada una tiene sus especificidades. Un concepto de suma importancia es el relacionado a los trueques, que viene a explicar que la modificación de una de las variables del proyecto afecta, en mayor o menor medida, todas las demás variables del proyecto. En función de la naturaleza sistémica o reduccionista del proyecto (o visto de otra forma: de su complejidad) las consecuencias de los trueques pueden ser más o menos previsibles. En el caso de los proyectos de mayor complejidad se debe de tener en cuenta la imprevisibilidad implícita de las consecuencias de ajustar una variable sobre la situación de las demás, siendo estos casos comunes en el ámbito de proyectos con un gran componente tecnológico.

#### **3.2.1.1. Gestión de plazos**

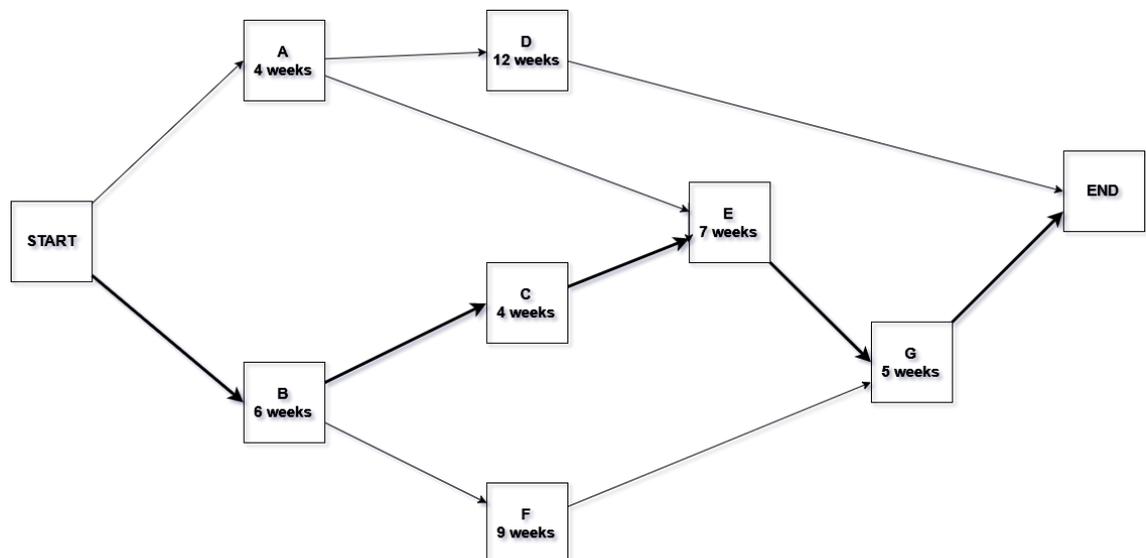
La gestión de los plazos de un proyecto tiene dos componentes iniciales: el plazo deseado por el cliente y la estimación de los plazos requeridos por las EDTs. De esta combinación, así como de los trueques con las demás variables se definirá un cronograma de proyecto y por lo tanto la duración total de este.

El cronograma de proyecto es un documento donde se presentan todas las tareas necesarias para ejecutar este, así como los plazos necesarios a cada una y su interrelación temporal en materia de secuencia. Esta última se puede dar en uno de los siguientes cuatro tipos:

- Fin a inicio
- Inicio a inicio
- Fin a fin
- Inicio a fin

La construcción matemática asociada a esta secuenciación y a las duraciones individuales se puede expresar matemáticamente como un grafo, mediante el cual podemos determinar la duración total del proyecto en función del cumplimiento de los plazos individuales y las relaciones entre las tareas.

Una vez construido este, el primer concepto importante a presentar es el de camino crítico, el cual consiste en el conjunto de todas aquellas tareas que, en caso de atrasarse una unidad de tiempo, atrasan de la misma forma la duración total del proyecto. Las demás tareas no atrasan la finalización del proyecto si se atrasan en un período de tiempo limitado, pero si sobrepasan este período si lo hacen. A este último lo denominaremos holgura de la tarea.



**Schedule Network Diagram With Critical Path Indicated in Bold**

MilestoneTask

Ejemplo de grafo y determinación de camino crítico. Fuente: <https://milestonetask.com/critical-path-analysis-steps-example/#.XQpUy-hKhKM>

Conocer el camino crítico y la holgura de las tareas resulta fundamental para saber cuáles deben seguirse con mayor detenimiento de forma más cercana para evitar retrasos en el proyecto.

A pesar de que esta metodología, de tipo matemático, ya se aplica desde hace más de medio siglo, los proyectos igual seguían presentando retrasos en los plazos de su ejecución cuando esta era aplicada. ¿A qué se puede deber esto? Existen varios factores, pero los principales consisten en la estimación del tiempo de cada tarea y en la no consideración de los recursos asignados a las mismas.

En cuanto a la estimación del tiempo, esta no es determinista, sino que siempre es un valor aproximado que tiene una cierta distribución probabilística, por lo que cuando la duración es superior a la estimada esto repercute negativamente cuando se supera la holgura de la tarea (las tareas críticas son aquellas que tienen una holgura igual a cero).

Por otro lado, al no considerar los recursos asignados a una tarea, luego la ejecución de esta se puede retrasar si estos no están disponibles. Tal como el problema central de la economía, los recursos son escasos para necesidades que muchas veces superan su disponibilidad.

Para subsanar estos aspectos se desarrolló la metodología de cadena crítica basada en la teoría de las restricciones, la cual sigue los siguientes postulados:

- Reordena el camino crítico asegurando que existan recursos para cumplir con la planificación estipulada. En el caso en que existe disponibilidad infinita de recursos la cadena crítica coincide con el camino crítico.
- Especifica plazos de las tareas de acuerdo al concepto del “síndrome del estudiante”, el cual indica que los esfuerzos para completar una tarea se concentran sobre el final del plazo de la misma, por lo que dar más plazo para completar una tarea con gran probabilidad hará que los encargados ocupen todo el plazo disponible. Por esto se marca un plazo mínimo razonable, para estimular la realización de un esfuerzo acorde, y luego se coloca un buffer, que es un amortiguador de plazo para aquel caso en que la tarea demora más de lo estipulado (recordemos que estamos colocando el plazo mínimo para realizar una tarea, lo que no siempre se puede cumplir). El buffer es, a efectos operativos en el grafo, una tarea más,

pero sirve para que la planificación absorba dilaciones puntuales sin afectar la finalización del proyecto.

- Se puede colocar también un buffer de finalización del proyecto.

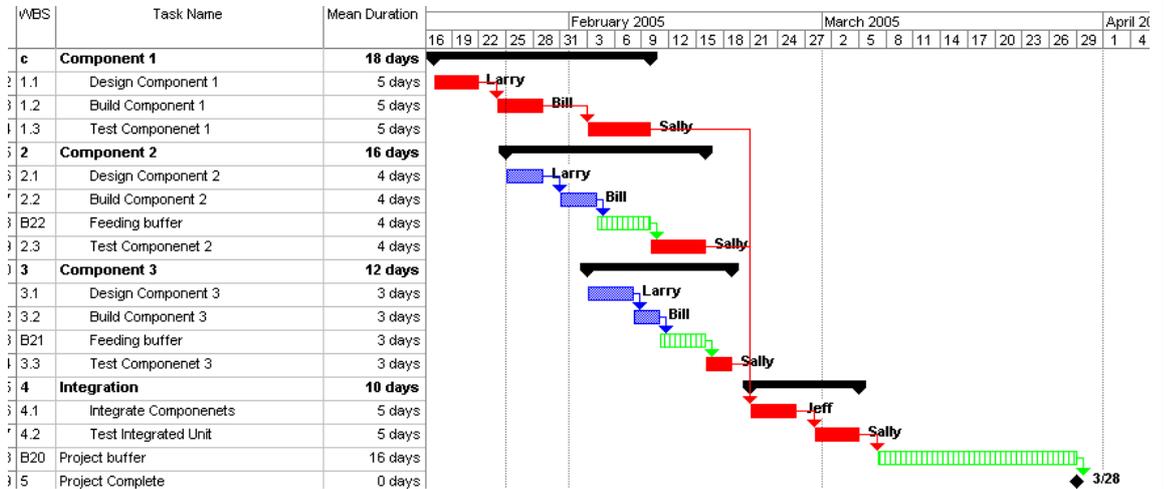


Diagrama de GANTT con cadena crítica y buffers asociados. Fuente: <https://advanced-projects.com/ccpmssoftware.html>

Según la literatura disponible sobre el tema los proyectos gestionados mediante esta metodología han logrado resultados superiores en cuanto a cumplimiento de plazos que los que utilizaron solamente la metodología de camino crítico.

### 3.2.1.2. Gestión del costo

La gestión del costo del proyecto es una variable sumamente importante puesto que los recursos financieros siempre son escasos para un proyecto.

La estimación del costo se realiza de diferentes formas según el tipo de proyecto con el cual estemos trabajando. Para el caso de proyectos del tipo de ensamble, o sea de baja complejidad, se puede estimar el costo de las tareas según la EDT y a partir de allí, por suma simple, obtener el costo total del proyecto. Dada la baja complejidad los costos asociados a la interacción de las tareas son más fáciles de estimar.

De cualquier forma, puede suceder que, para proyectos de ensamble, como son la mayoría de los correspondientes a ingeniería civil, no dispongamos del detalle suficiente en las primeras etapas de su concepción para realizar una estimación detallada en base a las tareas y metrajes asociados. En ese caso se debe de proceder a evaluar los costos de proyectos similares realizados con anterioridad

para extrapolar el del nuevo proyecto ya sea por similitud general o en base a ciertos indicadores con los metros cuadrados a construir.

Para el caso de proyectos de integración, con características sistémicas y por lo tanto de gran complejidad, es difícil hacer una estimación correcta del costo mediante desagregación. Otorga mejores resultados recurrir a antecedentes similares, opiniones expertas o aproximaciones de acuerdo a variables clave de cada proyecto.

La estimación del costo se materializa en un documento que se denomina presupuesto del proyecto, el cual se debe de realizar de la forma más detallada posible. De forma complementaria y en relación con el cronograma del proyecto se construye el flujo financiero de este, que representa las necesidades de este tipo a lo largo de su ciclo de vida.

### **3.2.1.3. Gestión de la calidad**

La gestión de la calidad del proyecto está alineada conceptualmente con las proposiciones de gestión de calidad generales en el área de la administración organizacional. Así definiremos calidad como el nivel de satisfacción de los requerimientos del cliente, sea este interno como externo.

La calidad del objeto que procura materializar el proyecto debe de ser definida al inicio de este y la planificación que se realice debe de estar acorde a lo especificado.

Para gestionar este proceso, en particular en proyectos con énfasis tecnológicos, debemos de definir cuáles son las variables claves del proyecto en esta dimensión y cuales los indicadores asociados, los que se deberán medir y contrastar con los objetivos de acuerdo a aquellos métodos que correspondan en cada caso.

A su vez existen procesos de certificación que siguen normativas específicas que permiten asegurar la calidad de un proyecto, siendo que existen dos tipologías básicas que difieren en qué es lo que están certificando, a saber:

- **Certificación de producto:** asegura que el producto tiene determinadas características

- **Certificación de proceso:** asegura que el proceso por el cual se llega al producto cumple determinados pasos establecidos

La diferencia clara entre ambos casos es que en el primero podemos asegurar que un producto tiene determinadas características propias dentro de una distribución probabilística, mientras que en el segundo solamente que se cumplió un determinado proceso y no se puede asegurar nada sobre el producto final.

En el caso de la gestión de proyectos, debido a la unicidad del producto de estos, la certificación de producto es muchas veces de difícil aplicación, por lo que se suele aplicar más frecuentemente la certificación de procesos.

#### **3.2.1.4. Gestión de recursos**

Esta dimensión de la gestión es complementaria a la gestión del costo, dado que si bien los recursos financieros son de suma importancia no siempre aseguran (así fueran, hipotéticamente, infinitos) la disponibilidad de otros recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

Podemos ejemplificar esta situación con varios casos: personal especializado en un área en particular, equipos o laboratorios específicos, disponibilidad de luz solar, etc.

La herramienta para realizar la gestión de recursos más adecuada es la cadena crítica, como ya visto antes, siendo que de ella se puede obtener la demanda de recursos a lo largo de todo el proyecto y, teniendo está definida, se puede planificar su obtención y aplicación al proyecto.

#### **3.2.1.5. Gestión de riesgos**

Un riesgo es un evento posible de darse en el futuro que puede ser de impacto tanto negativo como positivo sobre el proyecto. Los riesgos de un proyecto siempre son infinitos, por lo que la gerencia de proyecto se debe de concentrar en aquellos que tengan una mayor relevancia.

La relevancia de un riesgo la definiremos como el producto de su impacto por su probabilidad de ocurrencia. La relevancia del conjunto de los riesgos que afectan a un proyecto se puede graficar en una matriz de riesgo e impacto, la cual presentará la situación de forma gráfica y ayudará a priorizar el abordaje de cada uno.

Probabilidad	Amenazas					Oportunidades				
	0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
Escala relativa	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05
	Impacto en, al menos, un objetivo del proyecto (C, T y/o Alcance)									

Matriz de impacto y probabilidad. Fuente: <https://www.gladysgbegnedji.com/realizar-el-analisis-cualitativo-de-riesgos/>

Una herramienta que ayuda a identificar los riesgos externos es la matriz FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Los dos primeros son aspectos positivos, en el primer caso los internos propios del proyecto y en el segundo los riesgos con impacto positivo. Los dos segundos son los aspectos negativos respecto del proyecto, en el primer caso interno y en el segundo externo.

Es importante tener en cuenta que el análisis FODA es la foto de un momento dado del proyecto, situación que va cambiando en el tiempo. Por ejemplo, las amenazas y oportunidades previstas para un momento dado que no se materializan dejan de serlo. De esta forma, el diagnóstico se debe de actualizar permanentemente.

### 3.2.1.6. Software de gestión de proyectos

Existe una diversidad de opciones de softwares para gestión de proyecto, siendo que su nivel de complejidad es bajo y básicamente trabajan con la construcción del cronograma de proyecto, las interrelaciones de las tareas y los recursos asociados.

Si bien para proyectos pequeños su utilidad no resulta fundamental, si lo es para el caso de proyectos medianos a grandes, debido a que el procesamiento necesario para la determinación de aspectos como camino crítico y cadena crítica, así como el seguimiento de la ejecución solamente se pueden realizar mediante el cómputo computacional dada la complejidad y volumen de los cálculos necesarios.

Más allá de lo anterior para el caso específico de formulación de proyectos de desarrollo en el ámbito público tomaremos como referencia la Guía de Formulación de Proyectos del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). Esta está accesible en el siguiente link: [https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/documentos/2020-08/guia\\_snip\\_12.08.20.pdf](https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/documentos/2020-08/guia_snip_12.08.20.pdf) , así como también los diversos anexos para distintas tipologías de proyectos.

En función de lo anterior destacaremos algunas particularidades que se deben de tener en cuenta en los proyectos de ingeniería civil.

En la dimensión estratégica se debe de tener en cuenta que estos proyectos, aunque en forma variable en cada caso, afectan los intereses de diversos actores. Entendemos que estos son **actores estratégicos** cuando tienen fuerza suficiente para apoyar u obstaculizar el proyecto con fuerza considerable, a diferencia de los interesados en general, también denominados stakeholders. Los actores estratégicos deben ser especialmente considerados pues si no es bien gestionada su interacción puede llegar a afectar negativamente la obtención de los objetivos que el proyecto busca.

En el caso socio-económico la evaluación es sumamente diferente según la naturaleza del promotor. En caso de ser una empresa, a pesar de querer beneficiar a la sociedad globalmente con su acción, su objetivo principal será generar rentabilidad para esta. Así se harán evaluaciones de rentabilidad económica del proyecto y su viabilidad financiera, utilizando indicadores como la **tasa interna de retorno (TIR)** y el **valor actual neto (VAN)**.

En el caso de que el promotor sea el Estado, más allá de que la rentabilidad del proyecto en función de ingresos y egresos directos (como en el caso privado), pueda ser importante, lo fundamental es su impacto socio-económico global en la sociedad. Así se cuantifican aquellos beneficios directos sobre su entorno más allá de que estos no sean monetizables, y en general se procura obtener una **tasa de retorno interna económica (TIRE)**. De cualquier forma, priman los objetivos estratégicos, y entonces cuando no se puede medir el indicador anterior pero el proyecto está adecuadamente justificado, se procura optimizar eficiencia y eficacia de los proyectos.

En lo anterior, tanto en el ámbito público como en el privado, las optimizaciones mencionadas implican la elección de los mejores procesos para materializar un proyecto. Esto implica diferentes opciones, p. ej.: en etapa de diseño normativa o

software a utilizar, solución jurídica para su viabilidad o metodología y materiales con los que construir (tipo de estructura o pavimento, p. ej.).

Cuando se escogen los procesos se deben de tener en cuenta de forma integral diversos factores que los integran, como ser: costos de adquisición y operación, disponibilidad de tecnologías asociadas, capacidad de soporte de las tecnologías y recursos materiales y humanos acorde a estas.

Las dimensiones ambiental y jurídica son bastante específicas. La primera abarca una gestión integral, tiene normativa específica asociada, en especial el **Decreto 349/005** que delimita que proyectos requieren Autorización Ambiental Previa, y además existen proposiciones y normas específicas que guían su gestión.

En cuanto a la viabilidad jurídica, podemos resumirla en que el proyecto debe de respetar toda la normativa vigente en el país, pero esto en función de su formulación puede haber distintas formas de lograr esto. Por ejemplo, para que el Estado pueda realizar obras en terrenos privados puede comprar estos, expropiarlos o tramitar servidumbres específicas.

### **3.3. La toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil.**

Como ya mencionado anteriormente cuando llevamos a cabo un proyecto procuramos satisfacer un objetivo en particular. De esta forma siempre tendremos a disposición una serie infinita de alternativas para materializarlo.

Lo anterior nos implica que tendremos que seleccionar una entre las distintas disponibles (se entiende por esto que sean viables) para lo que el concepto general es optimizar la relación costo-beneficio de forma multidimensional, o sea no teniendo en cuenta solamente la dimensión económica, sino que todas las mencionadas en el punto 3.1.

Para realizar esto de una forma objetiva una recomendación importante de seguir es determinar las distintas variables en las que puedo categorizar los impactos del proyecto (p. ej. Para una carretera: demandas de inversión y operación, mejora en el nivel de transporte general) y luego procurar representarlas desde el punto de vista cuantitativo (ídem variables: costos de inversión, operación y mantenimiento, nivel de servicio, capacidad de tránsito).

Completando los indicadores para cada alternativa considerada (p. ej.: carretera de uno o dos carriles, de hormigón, asfalto o tratamiento bituminoso) voy a poder encontrar cual combinación me optimiza la relación costo beneficio.

Más allá de lo anterior las decisiones a nivel estratégico requieren muchas veces de técnicas de gestión diferentes y específicas para este nivel.

## **4. Las particularidades de la industria de la construcción y su relación con la gestión empresarial (Módulo II)**

### **4.1. Demanda y oferta en la industria de la construcción. Características peculiares del mercado**

La demanda y la oferta en el mercado de la construcción son cíclicas y están fuertemente ligadas a los ciclos económicos y en especial al nivel de inversión asociado a estos.

Estos son los factores determinantes del nivel de actividad en el sector, el cual es sumamente variable en función del nivel de inversión general en la economía, la cual tiene diversas fuentes, tanto internas como externas.

Para este caso lectura de referencia es la siguiente:

*ILIC - Índice Líder de actividad de la Industria de la Construcción - Resultados N° 38 – 29 de mayo de 2020*

### **4.2. Barreras de entrada en la industria de la construcción.**

¿Qué debe tener en cuenta una persona que quiere crear una empresa e ingresar al mercado de la construcción? Conceptualmente las dificultades para entrar a un mercado específico de la economía se conocen como “barreras de entrada”.

Si pensamos específicamente en empresas constructoras, las barreras de entrada en la construcción las podemos dividir en dos dimensiones: actividad para clientes privados y para el Estado y la actividad en obras de ingeniería y obras de arquitectura.

Empezaremos por las segundas que son aquellas independientes de quién es el cliente. Para realizar obras de arquitectura, o sea construir viviendas o edificios para distintos tipos de fines, las barreras de entrada son bajas. Esto se debe a que en general no son obras complejas técnicamente (para obras pequeñas y medianas a escala de Uruguay es suficiente tener un técnico a cargo, arquitecto o ingeniero), requieren poco equipo especializado (herramientas de mano y equipos de izaje prácticamente), el cual requiere muy bajos niveles de inversión, y son básicamente obras de ensamblaje de distintos elementos provistos por subcontratos.

La situación anterior no es la misma para las obras de ingeniería, en especial las viales, donde gran parte de los costos son equipos pesados (maquinaria de movimiento de suelos y de manejo de subproductos asfálticos o de hormigón)<sup>2</sup>, las cuales tienen costos sumamente elevados en relación a los contratos de cada proyecto y se amortizan a mediano o largo plazo. A su vez muchas veces son obras más complejas técnicamente que requieren equipos multidisciplinarios para abordarlas exitosamente.

Los requerimientos mencionados conllevan a que las barreras de entrada sean menores en el primer caso por requerirse una menor inversión inicial y existir una mucho mayor atomización de proyectos, lo que permite minimizar los costos de aprendizaje en los momentos iniciales de la empresa.

Como ya mencionado anteriormente la posibilidad de contratar con el Estado se debe tener en cuenta en esta rama industrial debido a que es un actor con una demanda relevante. Además de lo mencionado anteriormente para presentarse a una licitación de obra pública es necesario tramitar una calificación ante el Registro Nacional de Obras Públicas del MTOP, el cual emite un certificado de capacidad de contratación en función de los antecedentes de la empresa tanto en facturación como en calidad de las obras ejecutadas. En particular el máximo de capacidad libre para contratar con el Estado es el doble que la capacidad del año anterior, por lo que el crecimiento de la empresa se ve limitado en lo que es su nivel de contratación habilitado con el Estado.

#### **4.3. La gestión de los RRHH en la industria de la construcción. Liderazgo y motivación grupal**

La gestión del capital humano en la industria de la construcción resulta fundamental debido al aumento del costo de este recurso en los últimos quince años, lo que ha conllevado a que se transforme en el costo primordial de las obras de arquitectura y, por lo tanto, entre otros, en el costo total de construcción de viviendas.

---

<sup>2</sup> Podemos ir desde una retroexcavadora o un mixer que están en el entorno de los U\$S 100.000 hasta una planta de asfalto de cerca de U\$S 500.000 a un millón.

La única forma de mejorar la eficiencia de la industria es con mejoras en productividad de la mano de obra asociadas a nuevas tecnologías y procesos de construcción.

Las dificultades que se han encontrado para plasmar este enfoque en la realidad derivan de los siguientes factores:

- Mandos medios que se formaron en una industria diferente, con bajo poder sindical y donde los RRHH no implicaban un costo significativo.
- Procesos no siempre adecuados para la automatización de la producción.
- La capacitación de la mano de obra que permita operar de forma eficaz y eficiente los recursos y tecnologías disponibles, permitiendo una mayor eficiencia de la industria y una mejora genuina de las retribuciones de los operarios.

#### **4.4. La automatización en los procesos productivos**

Como visto en el punto anterior, la automatización de los procesos productivos puede ser una de las estrategias para mejorar la eficiencia de los proyectos productivos, pero esta es solamente una de sus ventajas. Podemos enumerar otras, como ser:

- Mayor uniformidad en la calidad de la producción
- Mejora en la higiene y seguridad laboral de técnicos y operarios
- Mayor rapidez en la finalización de las obras

De cualquier forma, no todos los procesos son automatizables, una vez que para esto deben de tener una característica básica que es la uniformidad del producto requerido. Por esto mismo han tenido una muy buena recepción en el marco de las obras viales.

Al momento de analizar la automatización de un proceso productivo en la construcción básicamente tenemos que diseñar a este conceptualmente, o sea determinar los recursos necesarios, como se van a transformar estos y cuáles son los resultados esperados.

Lo anterior implica elegir una combinación determinada de tecnología y personal a emplear, siendo que muchas veces tengo más de una posibilidad

para elegir, siendo que los principales factores recomendados a tomar en cuenta para esta elección son los siguientes:

1. Costos de la tecnología a emplear: inversión inicial, costos de operación, de mantenimiento y de abandono
2. RRHH necesarios para su operación y mantenimiento
3. Disponibilidad de la tecnología para nuestro país o capacidad propia para desarrollarla
4. Soporte disponible para la tecnología
5. Recursos necesarios para alimentar el sistema (materia prima, energía, consumibles, etc.)
6. Viabilidad ambiental de la tecnología
7. Adecuada calidad y cantidad de producción

Algunos de los factores anteriores son discretos, o sea su no cumplimiento impide adoptar la tecnología, como puede ser por ejemplo no cumplir la legislación ambiental.

Los otros factores se deben ponderar caso a caso y luego comparar el desempeño en cada una de las variables. Con esto se podrá cuantificar la conveniencia de cada opción y escoger la que resulte más conveniente.

## **5. La innovación y el emprendurismo en el campo de la ingeniería civil (MODULO III)**

### **5.1. Las particularidades de la innovación en la ingeniería civil**

La innovación es un proceso por el cual una nueva idea, ya sea tangible materializada por un objeto, intangible o una combinación de ambas, se desarrolla y se transforma en un proceso funcional inserto en el mercado.

En su concepción Schumpeteriana la innovación se da en el marco de procesos de destrucción creativa, a través de los cuales las nuevas “formas de hacer” destruyen las anteriores sustituyéndolas de forma más eficiente y/o eficaz. Con esto la economía ve liberados recursos que se pueden asignar a otras necesidades y así lograr un desarrollo integral.

El texto de referencia para este ítem es *“En el camino de una investigación más potente para la construcción de obra civil”*, el que se adjunta.

### **5.2. Emprendurismo en la ingeniería civil**

Un ingeniero tiene diversos horizontes para su desempeño luego de egresarse, siendo que clásicamente los destinos mayoritarios eran la función de empleado dentro del sector público o privado, como docente universitario o como profesional independiente, pero en el marco de una economía moderna del Siglo XXI cada vez se difunde y adopta más la elección de ser empresario.

Más allá de que un ingeniero civil puede llevar a cabo numerosos posibles emprendimientos, entre los más cercanos a su especialidad podemos señalar:

- Empresa constructora (en sus diversas especialidades)
- Empresa consultora (en sus diversas especialidades posibles)
- Empresa de desarrollos inmobiliarios
- Empresa de venta/alquiler/desarrollo de equipos
- Empresa de fabricación de materiales para la construcción

El desarrollo del emprendurismo en una economía tiene varias ventajas, entre las cuales las principales son:

- Facilita los procesos de innovación a través de la destrucción creativa

- Permite generar empleo, ya que las nuevas empresas en crecimiento son las que más generan

### **5.3. La sustentabilidad de las empresas constructoras y los ciclos de actividad**

Según visto anteriormente la actividad en la industria de la construcción es cíclica y varía fuertemente en períodos cortos de tiempo (años, quinquenios o decenios). Esto implica que la demanda de las empresas se verá fuertemente afectada y por lo tanto estas se deberían de adaptar a la situación cambiante.

Lo anterior será analizado a través del estudio de casos en clase.

## 6. **BIBLIOGRAFIA BASICA**

- Índice Líder de actividad de la Industria de la Construcción – ILIC - Consideraciones metodológicas y resultados. CEEIC (2015)
- KLASTORIN, Ted. Administración de Proyectos. Alfaomega 2008 (2005).
- PROJECT MANAGMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). PMI – Estados Unidos. 2008
- ROBBINS, Stephen y COULTER, Mari. Administración, México, Prentice Hall
- STONER, James y WANKEL, Charles. Administración, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1989