



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MEJORA DEL PROCESO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE MÉTODOS DE MINERÍA DE DATOS**

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN  
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**CLAUDIO MARCELO RODRÍGUEZ ROGEL**

PROFESOR GUÍA:  
SR. EZEQUIEL MUÑOZ KRSULOVIC

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
SR. LUCIANO VILLARROEL PARRA  
SR. EDUARDO OLGUÍN MACAYA

SANTIAGO DE CHILE  
2019

## Resumen

La industria de la Construcción es uno de principales motores que impulsan a la economía nacional. Es altamente sensible a los cambios en los ciclos económicos entre los períodos de expansión y de recesión, también es altamente competitiva debido a la gran cantidad de actores en el sector. La demanda de los servicios de construcción proviene de todos los sectores de la economía que se resumen en sectores público y privado. Por un lado, el sector público requiere infraestructura para su funcionamiento, mientras que en el sector privado la demanda es por vivienda e infraestructura para la producción de bienes y servicios.

La compañía “Empresa Constructora” participa en propuestas para desarrollar proyectos de gran complejidad y su nivel de ingresos está dado por el éxito en sus proyectos. En la etapa de licitación es posible que no exista una certeza absoluta acerca de la estimación de los costos debido a la complejidad de los proyectos y a la diversidad de recursos que determinan el costo total. Una deficiente estimación de costos constituye un gran peligro para el cumplimiento de los proyectos y puede causar grandes pérdidas económicas amenazando la continuidad del negocio.

El presente trabajo está enfocado en mejorar el proceso de estimación de costos de proyectos, para aumentar la precisión de los costos en la etapa de propuestas y evitar los mayores costos durante el proceso productivo. Desde el punto de vista de diseño del negocio, el presente trabajo impacta directamente en la Cadena de Valor, abordando los procesos de Planificación de Ventas y Generación de Propuestas, además de otros procesos que se verán beneficiados por los nuevos flujos de información, por ejemplo, el proceso Planificación y Control de la Producción, que podrá contar con información más precisa para la planificación de producción y adquisiciones, entre otros. Desde el punto de vista financiero, la justificación está dada por el cumplimiento de los objetivos financieros generado por una mejor planificación de la venta, con estimaciones de costos más precisas que impactan positivamente en la rentabilidad.

El resultado de este proyecto de tesis es la confirmación de que el proceso de estimación de costos puede ser mejorado con el uso de las tecnologías de información y la incorporación de herramientas de minería de datos. Se puede obtener beneficios como la reducción en el tiempo de estimación de costos y la reducción de la variación de costos debido a una mayor precisión al presentar una propuesta al cliente.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quisiera agradecer a mi familia, porque es la gran motivación y fuerza para cada nuevo paso que doy en la vida. A mis padres, por inculcarme los valores y los hábitos de estudio, por esa sabiduría y apoyo incondicional en cada momento. A mis hermanos, por ser ejemplos de esfuerzo y honestidad para enfrentar nuevos retos día a día.

A mis queridos amigos Carlos Salazar, Julio Montenegro y Osman Pino por su amistad y confianza, por estar siempre presentes alentándome para finalizar con éxito.

A mis amigos del MBE, Pablo Hidalgo y Roberto Rojas con quienes he cultivado una gran amistad en estos últimos años y quienes me han dado el aliento necesario para cumplir con este desafío.

A los profesores Ezequiel Muñoz y Luciano Villarroel por su apoyo y guía durante este proceso, a Laura Sáez y Ana María Valenzuela por su excelente disposición para atender consultas y por su apoyo permanente.

A todas las personas que no he nombrado y que me han ayudado a cumplir este gran logro. Mi gratitud y mis respetos para todos ellos.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO .....                               | 8  |
| 1.1 Motivación del Proyecto .....  | 8  |
| 1.2 Problema a Desarrollar .....   | 9  |
| 1.3 Objetivos del Proyecto .....   | 9  |
| 1.3.1 Objetivo General .....   | 9  |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....  | 9  |
| 1.3.3 Resultados esperados .....   | 10 |
| 1.4 Justificación y Relevancia del Proyecto .....                          | 10 |
| 1.4.1 Justificación .....  | 10 |
| 1.4.2 Relevancia .....   | 11 |
| 1.5 Alcance .....  | 11 |
| 1.6 Solución Propuesta .....   | 12 |
| 2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....  | 13 |
| 2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios.....                             | 13 |
| 2.1.1 Patrones de Negocio (PN) .....                                       | 16 |
| 2.1.2 Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocio.....               | 17 |
| 2.2 Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN).....                   | 18 |
| 2.3 IDEF0.....   | 18 |
| 2.4 El proceso KDD.....  | 19 |
| 2.5 Minería de datos .....   | 21 |
| 2.5.1 Métodos de minería de datos.....                                     | 21 |
| 2.5.2 Machine Learning .....   | 23 |
| 2.5.3 Random Forest .....  | 23 |
| 2.6 Estimación de Costos de Proyectos.....                                 | 24 |
| 2.6.1 Definición de las entradas del proceso de estimación de costos ..... | 25 |
| 2.6.2 Herramientas y técnicas de estimación de Costos .....                | 26 |
| 2.6.3 Definición de las salidas del proceso de estimación de costos.....   | 28 |
| 3. CAPÍTULO 3: PROYECTO .....  | 29 |
| 3.1 Acerca de la Institución.....  | 29 |
| 3.1.1 Participación en la Industria.....                                   | 29 |
| 3.1.2 Expansión Internacional.....   | 29 |
| 3.1.3 Planteamiento Estratégico .....                                      | 30 |
| 3.1.3.1 Misión .....   | 30 |
| 3.1.3.2 Visión .....   | 31 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.1.3.3 | Valores .....   | 31 |
| 3.1.3.4 | Objetivos Estratégicos.....                                       | 31 |
| 3.1.3.5 | Perspectivas en Balanced Scorecard.....                           | 32 |
| 3.1.3.6 | Planteamiento Estratégico basado en el Modelo Delta .....         | 33 |
| 3.1.3.7 | Análisis Estratégico del Entorno Relevante.....                   | 35 |
| 3.1.3.8 | Modelo de Negocio .....   | 36 |
| 3.2     | Levantamiento de la Situación Actual .....                        | 39 |
| 3.3     | Diagnóstico de la Situación Actual.....                           | 47 |
| 3.3.1   | Problemas Identificados.....                                      | 47 |
| 3.3.2   | Análisis de los datos .....                                       | 49 |
| 3.3.2.1 | Relevancia de los datos .....                                     | 51 |
| 3.3.2.2 | Limitaciones .....  | 51 |
| 3.3.2.3 | Oportunidades.....  | 52 |
| 3.4     | Generación de Alternativas.....                                   | 52 |
| 3.4.1   | Alternativa 1: Re-Implementación del software de propuestas ..... | 52 |
| 3.4.2   | Alternativa 2: Diseño detallado del proceso con apoyo TI .....    | 53 |
| 3.4.3   | Alternativa 3: No efectuar cambios .....                          | 53 |
| 3.5     | Evaluación de Alternativas.....                                   | 53 |
| 3.5.1   | Definición de los criterios de evaluación .....                   | 53 |
| 3.5.2   | Puntuación y priorización de los criterios.....                   | 54 |
| 3.5.3   | Selección de la alternativa .....                                 | 54 |
| 3.6     | Propuesta de Solución .....                                       | 55 |
| 3.6.1   | Diseño de proceso.....  | 56 |
| 3.6.1.1 | Dirección de cambio.....  | 56 |
| 3.6.1.2 | Diseño detallado de procesos .....                                | 60 |
| 3.6.2   | Descripción del modelo.....                                       | 61 |
| 3.6.2.1 | Modelo Random Forest.....   | 64 |
| 3.6.2.2 | Modelo Deep Learning .....  | 65 |
| 3.6.2.3 | Resultados obtenidos.....   | 65 |
| 3.6.2.4 | Simulador de la predicción .....                                  | 66 |
| 3.7     | Plan de Implementación y Acción .....                             | 66 |
| 3.7.1   | Propósito de la solución.....                                     | 67 |
| 3.7.2   | Supuestos y Restricciones.....                                    | 67 |
| 3.7.3   | Riesgos Involucrados.....   | 67 |
| 3.7.4   | Principales tareas a desarrollar.....                             | 69 |
| 3.7.5   | Requerimientos Funcionales y no Funcionales .....                 | 69 |
| 3.7.5.1 | Requerimientos Funcionales .....                                  | 69 |
| 3.7.5.2 | Requerimientos no Funcionales .....                               | 69 |
| 3.7.6   | Hardware, software, instalaciones y materiales propuestos .....   | 70 |
| 3.7.7   | Plan de cambio .....  | 70 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.7.7.1 | Identificación de los actores del proyecto.....   | 70 |
| 3.7.7.2 | Narrativas y ofertas a los actores .....          | 71 |
| 3.7.8   | Criterios de Aceptación.....                      | 72 |
| 4.      | CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS ..... | 73 |
| 4.1     | Revisión de los objetivos.....                    | 73 |
| 4.2     | Conclusiones .....                                | 73 |
| 4.3     | Trabajos futuros .....                            | 74 |
| 5.      | CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA .....                    | 76 |

## TABLA DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Ontología para el Diseño de Negocio.....                                    | 13 |
| Figura 2 Metodología de Ingeniería de Negocios.....                                  | 15 |
| Figura 3 Gráfica IDEF0 de caja y flecha.....   | 19 |
| Figura 4 Pasos que componen el proceso KDD.....                                      | 19 |
| Figura 5 Métodos de Minería de Datos .....   | 22 |
| Figura 6 Diagrama de Flujo de Datos del Proceso Estimar los Costos .....             | 25 |
| Figura 7 Áreas de Negocio y Presencia Internacional.....                             | 30 |
| Figura 8 Perspectivas en Balanced ScoreCard.....                                     | 33 |
| Figura 9 El Modelo Delta de Hax. Las opciones para Posicionamiento Estratégico ..... | 34 |
| Figura 10 Las Cinco Fuerzas de Porter.....   | 35 |
| Figura 11 Modelo de Negocio de la Empresa .....                                      | 37 |
| Figura 12 Arquitectura de Macroprocesos .....  | 39 |
| Figura 13 Macro 1 - Cadena de Valor .....  | 40 |
| Figura 14 Administración Relación con el Cliente .....                               | 41 |
| Figura 15 Marketing y Generación de Nuevos Negocios .....                            | 42 |
| Figura 16 Planificar Ventas .....  | 43 |
| Figura 17 Generación de Propuesta .....  | 44 |
| Figura 18 Macro 1 - Cadena de Valor .....  | 45 |
| Figura 19 Gestión de Producción y Entrega.....                                       | 46 |
| Figura 20 Proyección de Resultados de Proyectos.....                                 | 50 |
| Figura 21 Diseño detallado del proceso Generación de Propuesta .....                 | 61 |
| Figura 22 Modelo General Parte 1 .....   | 62 |
| Figura 23 Modelo General Parte 2 .....   | 63 |
| Figura 24 Parámetros del operador Random Forest .....                                | 64 |
| Figura 25 Parámetros del operador Deep Learning .....                                | 65 |
| Figura 26 Simulador de Predicción .....  | 66 |

# **1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO**

La industria de la construcción se caracteriza por la complejidad y el volumen de los proyectos que demandan una gran cantidad de recursos que deben ser cuidadosamente estudiados para determinar con un grado mayor de exactitud las cantidades y los precios de los insumos que dan origen al presupuesto de los proyectos.

El presupuesto de un proyecto determina el marco económico referencial para el control de los costos y los ingresos. Cualquier distorsión u omisión de algún ítem en los costos puede significar grandes pérdidas que deben ser absorbidas por el margen de utilidad proyectado, repercutiendo finalmente en la utilidad de la empresa.

La “Empresa Constructora” es una de las principales empresas de la industria a nivel nacional con una gran participación en el mercado entregando servicios de excelencia a clientes del sector público y privado. Desarrolla proyectos en el ámbito de la ingeniería y construcción con un gran volumen de ventas cuyos presupuestos deben ser cuidadosamente estudiados y controlados.

## **1.1 Motivación del Proyecto**

Por lo general, la empresa debido a su experiencia y el conocimiento adquirido a través de los años ya cuenta con una estructura organizacional, los procesos formalizados y cuenta además con datos propios para las bases de precios que incluyen los rendimientos de las diferentes actividades que involucra un proyecto de construcción. Además, se tiene en consideración la repercusión de los costos indirectos y las consecuencias de no controlarlos oportunamente.

Sin embargo, la empresa no cuenta con un proceso sistematizado de apoyo a la toma de decisiones que tome en consideración la información de los proyectos realizados anteriormente. Aquí es donde existe la oportunidad de mejorar un proceso integrando la información de varias fuentes y procesarla para generar un conocimiento que sea aplicable a futuros proyectos y que genere una ventaja comparativa con relación a los otros competidores del mercado.

La principal motivación para realizar este trabajo es que se identificó una oportunidad de mejorar el proceso de estimación de costos y se cuenta con recursos para llevar a cabo esa mejora. Existe el acceso a la información y a las tecnologías que apoyen los procesos de selección de datos y minería de datos para descubrir el conocimiento oculto en ellos, ayudando a responder a las preguntas del negocio permitiendo tomar decisiones de una manera proactiva basada en conocimiento.



## **1.2 Problema a Desarrollar**

El desarrollo del presente trabajo se enfoca en el proceso de estimación de costos de la “Empresa Constructora” debido a que el resultado de los análisis efectuados, al comparar los presupuestos de los proyectos en las etapas propuesta versus lo realmente gastado durante la realización de los proyectos, ha demostrado grandes desviaciones de los costos que terminan siendo absorbidos por las utilidades proyectadas de los proyectos y que generan resultados económicos desfavorables para la empresa.

Dado el problema antes descrito, surgen las preguntas sobre las cuales se fundamenta la problemática:

¿Cuáles son las variables de los proyectos que se deben seleccionar para que ayuden a efectuar estimaciones de costos?

¿Cómo se logrará la interpretación adecuada, considerando las variables seleccionadas, que conduzca a tomar las decisiones correctas?

¿Cómo podríamos aplicar los resultados obtenidos mediante las variables seleccionadas a nuevos proyectos para evitar los errores que estamos cometiendo ahora?

## **1.3 Objetivos del Proyecto**

### ***1.3.1 Objetivo General***

El objetivo principal del proyecto consiste en mejorar la precisión de la estimación de costos de los proyectos en la etapa de propuestas.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Reducir la variación entre el costo estimado de la propuesta y el costo estimado a término de los proyectos.
- Aumento del resultado operacional como consecuencia de la reducción en la variación de los costos.
- Reducir el tiempo empleado en el proceso de estimación de costos mediante la sistematización del proceso y la disponibilidad de información.

### **1.3.3 Resultados esperados**

El proyecto apunta al rediseño de procesos con el apoyo de herramientas tecnológicas, que debe ser validado durante un tiempo a definir por el negocio para comprobar que los objetivos se cumplan. Cabe destacar que los proyectos de construcción duran aproximadamente dos años desde que se gana una propuesta hasta que se entrega al cliente, por lo tanto, la validación del nuevo proceso debiera efectuarse en una etapa intermedia de los proyectos para no extenderse demasiado en el tiempo.

Para declarar el resultado del proyecto como exitoso se esperan los siguientes resultados para cada uno de los objetivos específicos planteados.

| <b>Objetivo</b>   | <b>Resultado esperado</b>   |
|---|---|
| Reducir la variación entre el costo estimado de la propuesta y el costo estimado a término de los proyectos                                 | La variación debe tender a 0%   |
| Aumento del resultado operacional como consecuencia de la reducción en la variación de los costos   | El resultado operacional debe ser positivo. En caso contrario debe ser una cifra que tienda a cero. |
| Reducir el tiempo empleado en el proceso de estimación de costos mediante la sistematización del proceso y la disponibilidad de información | Reducción del 20% del tiempo empleado en la estimación de costos de un proyecto.                    |

## **1.4 Justificación y Relevancia del Proyecto**

### **1.4.1 Justificación**

Este trabajo es un aporte a la gestión de la “Empresa constructora”, que está cumpliendo cuarenta años de existencia y que ha sido premiada en numerosas ocasiones por la excelencia de su gestión y de sus servicios, además de los aportes de innovación que ha hecho a la industria.

La empresa ha desarrollado proyectos en las principales zonas geográficas a nivel nacional. Se ha analizado las cifras de diferentes proyectos, tanto terminados como vigentes, entre los años 2014 y 2018. El análisis revela que el costo estimado a término de los proyectos supera en un 6% al costo total estimado en la propuesta, generando un

resultado operacional desfavorable y poniendo en riesgo el cumplimiento de los objetivos financieros de la empresa.

Aumentar la precisión de las estimaciones de costos de los proyectos en la etapa de propuesta es primordial. Por este motivo, se necesita una herramienta que permita efectuar estimaciones de costos más precisas, basadas en la información histórica de los proyectos efectuados por la empresa, de forma sistematizada y documentada.

Con el fin de hacer más eficiente los procesos, mediante el uso de las tecnologías, además de generar las respuestas oportunas y valiosas para la toma de decisiones, se concibe el presente trabajo como una medida efectiva que complementa a las demás metodologías de estimación de costos utilizadas por la empresa.

#### **1.4.2 Relevancia**

Para que una empresa sea competitiva y permanezca en el mercado con una visión clara de obtener éxito en sus emprendimientos, debe compartir el conocimiento adquirido a través de la experiencia y debe efectuar las inversiones necesarias en las tecnologías que abran paso a la eficiencia y eficacia de sus operaciones mediante el uso racional de la información para que ese conocimiento se vaya traspasando a través de las generaciones. De esta forma, el conocimiento y las buenas prácticas aplicadas a los proyectos serán un legado del éxito obtenido.

El presente trabajo tiene un efecto práctico debido a que por definición el proceso de minería de datos y la metodología que se utilizará para su desarrollo obtienen patrones útiles en los datos que se transforman en conocimiento que se aplica a eventos futuros.

#### **1.5 Alcance**

Con el desarrollo del presente trabajo se pretende desarrollar un modelo de estimación de costos de proyectos mediante técnicas de minería de datos utilizando como base la información de los proyectos realizados anteriormente por la empresa.

Se entregará la evaluación del desarrollo, despliegue e implementación de la interfaz de usuario, además del prototipo funcional para validar conceptualmente el modelo creado.

Debido al escaso tiempo no será posible entregar un aplicativo computacional terminado con todos sus detalles, sin embargo, se entregarán las bases para el desarrollo de un aplicativo que se integre con los sistemas de información de la empresa.

## **1.6 Solución Propuesta**

La solución propuesta es el diseño detallado del proceso con apoyo en las tecnologías de la información. Se fundamenta como una alternativa alineada totalmente con el planteamiento estratégico de la empresa con un enfoque de apoyo a los objetivos financieros y a los procesos internos. Es consistente plenamente con otras estrategias relacionadas con investigación desarrollo e innovación, con una visión en la transformación digital de la empresa. Existe una alta factibilidad técnica y económica que garantiza el cumplimiento de esta solución en términos de costo y un tiempo razonable para su implementación.

## 2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En esta sección se describe el marco teórico conceptual relevante para el presente trabajo de tesis. Se comienza describiendo la metodología de la Ingeniería de Negocios del magister de Ingeniería de Negocios con Tecnologías de Información del Departamento de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Chile (MBE). Posteriormente se describen otras metodologías y técnicas utilizadas, tales como la notación para el modelamiento de procesos, minería de datos y técnicas de estimación de costos de proyectos.

### 2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios

La Ingeniería de Negocios es la metodología base del presente trabajo, está desarrollada en el libro “Ingeniería de Negocios, Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI” (Barros, 2015). Esta metodología provee las herramientas para el diseño formal de negocios relacionando la estrategia, el modelo de negocio, las capacidades implicadas, los procesos y las tecnologías de información de apoyo.

La siguiente figura muestra un modelo propuesto por la Ingeniería de Negocios para el diseño de negocios, basado en la estrategia y el modelo de negocio que una organización quiere poner en práctica.

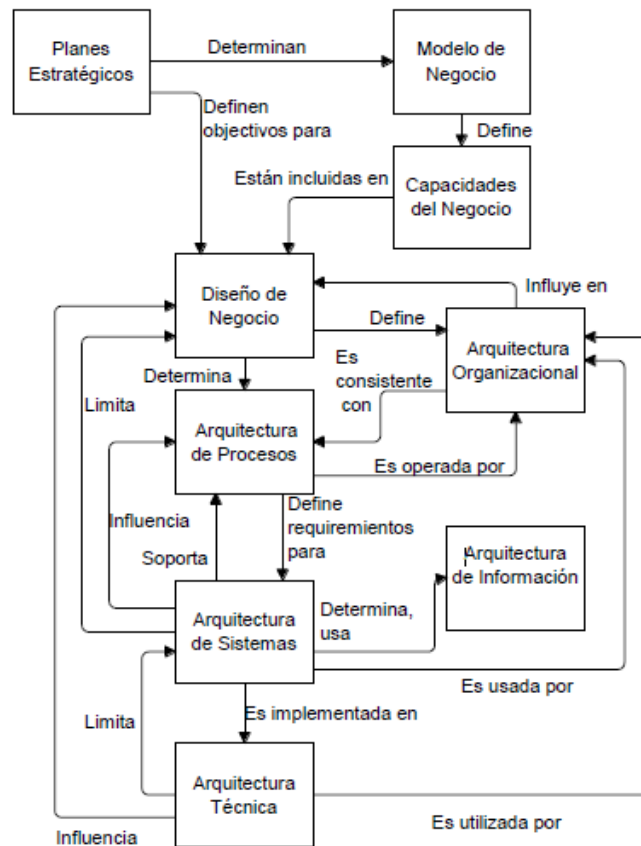


Figura 1 Ontología para el Diseño de Negocio

Teniendo en cuenta la Ontología para el Diseño de Negocio, se pueden abordar los problemas de diseño en los siguientes niveles:

**Nivel 1: Diseño de Negocio** que determina la estructura de componentes y sus relaciones, y la interacción con el medio ambiente que genera una Capacidad de Negocio<sup>1</sup>, la cual provee un servicio valorado por los clientes de acuerdo con la estrategia y el modelo de negocio. Representa lo que debe hacer un negocio y no tiene un mapeo a las unidades organizacionales, área o producto.

**Nivel 2: Diseño de la configuración y capacidad** del negocio que incluye la determinación de los procesos que deben estar presentes para asegurar que el servicio definido en el punto anterior se proporciona en forma eficaz y eficiente.

**Nivel 3: Diseño de procesos de gestión de recursos** que incluye la gestión de personas, equipos y suministros necesarios para proporcionar la capacidad establecida en el punto anterior.

**Nivel 4: Diseño de procesos de gestión de operaciones**, incluye los procesos necesarios para la programación diaria de la demanda sobre los recursos para asegurar el nivel de servicio requerido y optimizar su uso.

Estos niveles pueden efectuarse de manera integral o parcial dependiendo de los objetivos que se persiguen. En el caso del presente trabajo, se aborda sólo el nivel 4 debido a que los niveles anteriores corresponden a la estructura de la organización que está fuera del alcance del proyecto.

Sin embargo, aunque se hagan diseños parciales para algunos de los niveles definidos, el enfoque determina el uso de una metodología común que establece los determinantes de cualquier nivel de diseño según las seis etapas que se presentan en el siguiente diagrama:

---

<sup>1</sup> Capacidad con mayúscula se identifica con el término “Capability” en Inglés que corresponde a la idea de poder hacer algo distintivo, en este caso generalmente es una innovación diferenciadora.

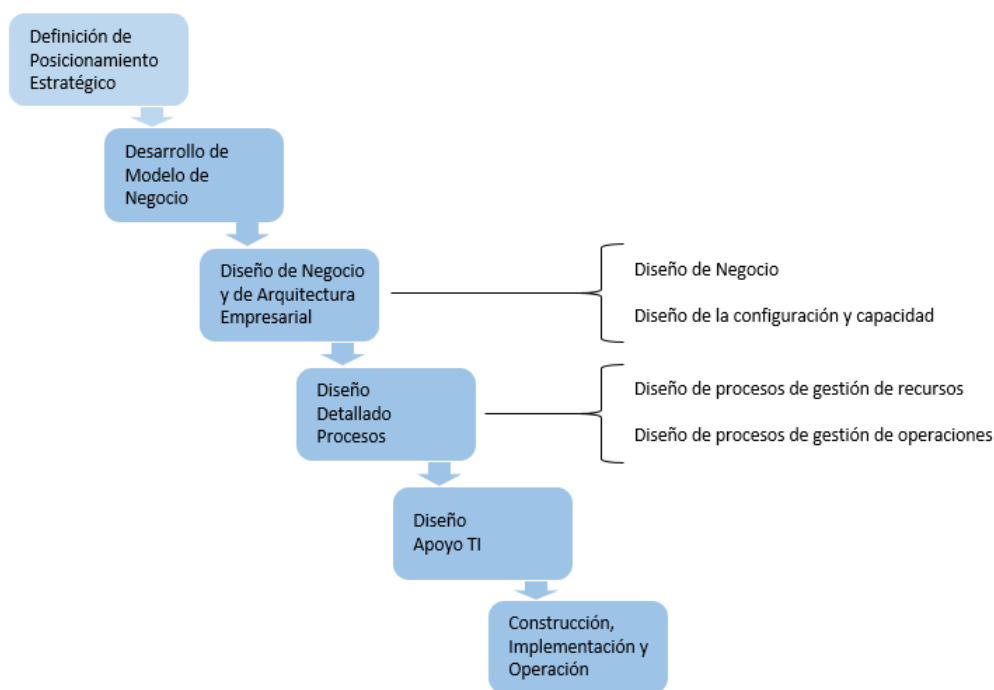


Figura 2 Metodología de Ingeniería de Negocios

**Definición de Posicionamiento Estratégico:** Define el planteamiento estratégico de la organización y cómo ésta se estructura para competir con éxito utilizando metodologías como las cinco fuerzas de Porter (Porter, Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia, 2008) para la Estrategia Competitiva, complementado con el modelo Delta de Hax de posicionamiento estratégico (Hax, 2003). Contempla además el Mapa Estratégico que presenta los objetivos estratégicos ordenados en las perspectivas del Balanced Score Card (Kaplan & Norton, 2004) organizado en un diagrama de causa efecto para dar cumplimiento a la misión.

**Desarrollo de Modelo de Negocio:** Define la propuesta de valor a los clientes respaldada en los procesos claves, recursos claves y la fórmula de utilidades (Johnson, Christensen, & Kagermann, 2008).

**Diseño de Negocio y de Arquitectura Empresarial:** En esta etapa se realiza el diseño del negocio descrito en el nivel 1 en base a los patrones de negocio y se define además la configuración y capacidad según lo descrito en el nivel 2. Corresponde establecer la Arquitectura Empresarial incluyendo la Arquitectura de Procesos (Macroprocesos), la Arquitectura de Sistemas, Arquitectura de la Información y Arquitectura Técnica. Dependiendo de las definiciones organizacionales o del alcance, será necesario solamente especificar la Arquitectura de Macroprocesos alineándose al planteamiento estratégico y al modelo de negocio. Se utilizan los patrones de arquitectura y de procesos de negocio descritos en el libro “Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI” (Barros, 2015).

**Diseño Detallado Procesos:** En esta etapa se incluyen los niveles de diseño 3 y 4. Se describen en detalle los procesos en base al patrón de macroprocesos. Como herramienta se utiliza el método IDEF0 y notación de modelamiento de procesos de negocios BPMN para la descripción de las actividades y flujos de negocio.

**Diseño Apoyo TI:** En esta etapa se diseña el sistema de apoyo o nuevas arquitecturas tecnológicas y de sistemas que apoyarán a los procesos modelados y su ejecución. Los procesos modelados entregan las definiciones de requerimientos funcionales y no funcionales para un correcto diseño en las herramientas tecnológicas. La notación utilizada para los diseños es UML (Unified Model Language).

**Construcción, Implementación y Operación:** Tomando como base los diseños explicados en las etapas previas, se debe construir, implementar y operar tanto los nuevos procesos como las aplicaciones TI con buenas herramientas. El desafío de la gestión del cambio determinará el éxito o fracaso en la implementación de un nuevo proceso que cambia las prácticas de las personas.

Este enfoque de diseño innovador para resolver problemas de negocio de una manera integrada se basa en modelos generales explícitos y formales de negocios, llamados Patrones de Negocio (PN) y Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocio (PPN), que permiten la definición de opciones de diseño de servicios y métodos analíticos que hacen posible la caracterización del cliente y la optimización de recursos en el diseño del servicio.

### **2.1.1 Patrones de Negocio (PN)**

Los Patrones de Negocio (PN) son diseños generales de un negocio abstraídos de la experiencia, que describen como los elementos de un patrón pueden estructurarse en configuraciones de componentes que generan una Capacidad deseada. La necesidad de esa Capacidad se deriva de la Estrategia y del Modelo de Negocio y se relaciona con algún tipo de innovación que la organización desea realizar.

La descripción detallada de los patrones de negocio están el libro “Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI” (Barros, 2015).

PN1: Venta basada en conocimiento del cliente.

PN2: Creación de nuevas Value Streams (flujos de valor).

PN3: Aprendizaje interno para el mejoramiento de procesos.

PN4: Evaluación de desempeño para replanificación y mejora de procesos.

PN5: Innovación de productos.

PN6 Uso óptimo de recursos.



En el presente proyecto se adopta el PN3 debido a que es el más representativo para el contexto del presente proyecto, con énfasis en el uso de Analítica para estudiar sistemáticamente el origen y posibles soluciones para los problemas del proceso utilizando datos del mismo.

### **2.1.2 Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocio**

Cualquier diseño hecho a partir de los Patrones de Negocio (PN) puede ser convertido en un correspondiente diseño de procesos por medio de la instanciación o especialización de uno de los Patrones de Arquitectura y de Procesos de Negocios. Éstos se basan en extensiva experiencia de diseño de procesos realizada en cientos de casos reales y comparten la idea de que existen cuatro agrupaciones de procesos llamados macroprocesos, que existen en cualquier organización, ellos son:

**Macroproceso 1 (Macro 1):** Conjunto de procesos que ejecutan la producción de bienes y/o servicios de la empresa, el cual va desde que se interactúa con el cliente para generar requerimientos hasta que éstos han sido satisfechos. Este macroproceso se asemeja a lo que otros autores denominan cadena de valor, sugerido por (Porter, What is Strategy?, 1996).

**Macroproceso 2 (Macro 2):** Conjunto de procesos que desarrollan las nuevas Capacidades que la empresa requiere para ser competitiva: los nuevos productos y servicios, incluyendo Modelos de Negocios, que una empresa requiere para mantenerse vigente en el mercado; la infraestructura necesaria para poder producir y operar los productos, incluyendo la infraestructura TI; y los nuevos Procesos de Negocios que aseguren la efectividad operacional y creación de valor para los clientes, estableciendo como consecuencia los sistemas basados en TI necesarios. En este macroproceso se lleva a cabo la innovación requerida.

**Macroproceso 3 (Macro 3):** Planificación del negocio, que comprende el conjunto de procesos necesarios para definir el curso futuro de la organización en la forma de estrategias, que se materializan en planes y programas.

**Macroproceso 4 (Macro 4):** Conjunto de procesos de apoyo que manejan los recursos necesarios para que los anteriores operen. Hay cuatro versiones que se pueden definir a priori: para recursos financieros, humanos, infraestructura y materiales.

Los Macroprocesos entregan una estructura integrada y coherente para el buen funcionamiento de la organización.

## **2.2 Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN)**

El Object Management Group (OMG) ha desarrollado un estándar denominado Business Process Model and Notation (BPMN) que su principal objetivo es proporcionar una notación fácilmente comprensible por todos los usuarios de negocio, desde analistas que crean los borradores iniciales de los procesos, los desarrolladores responsables de implementar la tecnología que ejecutará esos procesos, por último, la gente de negocios que administrará y monitorizará esos procesos. De esta manera, BPMN crea un puente entre la brecha del diseño de los procesos de negocio y su implementación.

El modelado en BPMN se realiza mediante diagramas con un conjunto de elementos gráficos que representan actividades, subprocessos, compuertas de control de flujo, conectores, eventos, bandas, objetos de datos y mensajes entre otros.

## **2.3 IDEF0**

Por sus siglas en inglés, Integration Definition for Function Modeling, es un método diseñado para modelar decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema. Es útil para establecer el alcance del análisis y como herramienta de comunicación mejora la participación de expertos en el dominio y apoya a la toma de decisiones a través de elementos gráficos simplificados.

Los elementos de un diagrama IDEF0 muestran una función como una caja y las interfaces hacia o desde la función se representan con flechas que entran o salen de la caja.

Los conceptos de IDEF0 diseñados para mejorar la comunicación incluyen lo siguiente:

- Diagramas basados en gráficos simples de cajas y flechas
- Etiquetas de texto en inglés para describir cajas y flechas; glosario y texto para definir el significado preciso de los elementos del diagrama.
- La exposición gradual de los detalles presenta una estructura jerárquica, con las principales funciones en la parte superior y con los niveles sucesivos de subfunciones que despliegan la salida bien delimitada de los detalles.
- Una "tabla de nodos" que proporciona un índice rápido para localizar detalles dentro de la estructura jerárquica de los diagramas.
- La limitación del detalle a no más de seis subfunciones en cada función sucesiva.

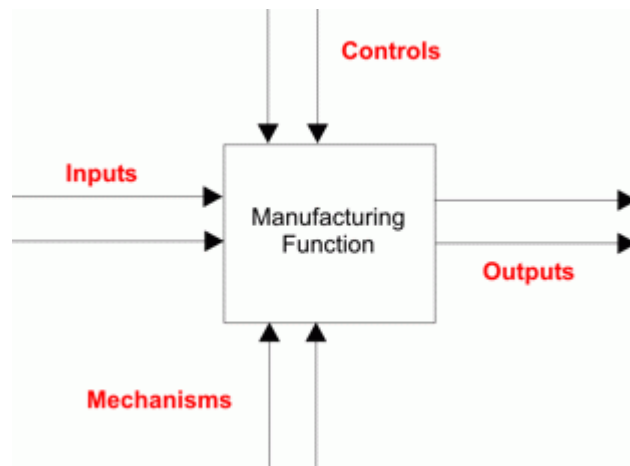


Figura 3 Gráfica IDEF0 de caja y flecha

## 2.4 El proceso KDD

KDD, por sus siglas en inglés Knowledge Discovery in Databases, es un proceso no trivial para identificar patrones válidos, potencialmente útiles y comprensibles en los datos (Fayyad, Piatetsky-Shapiro, & Smyth, 1996). El término proceso implica que KDD consiste en varios pasos que incluyen la preparación de los datos, búsqueda de patrones, evaluación de los resultados y ajustes en múltiples iteraciones. Por 'no trivial', se entiende que no es un cálculo sencillo, sino que involucra una búsqueda o inferencia a través de los datos.

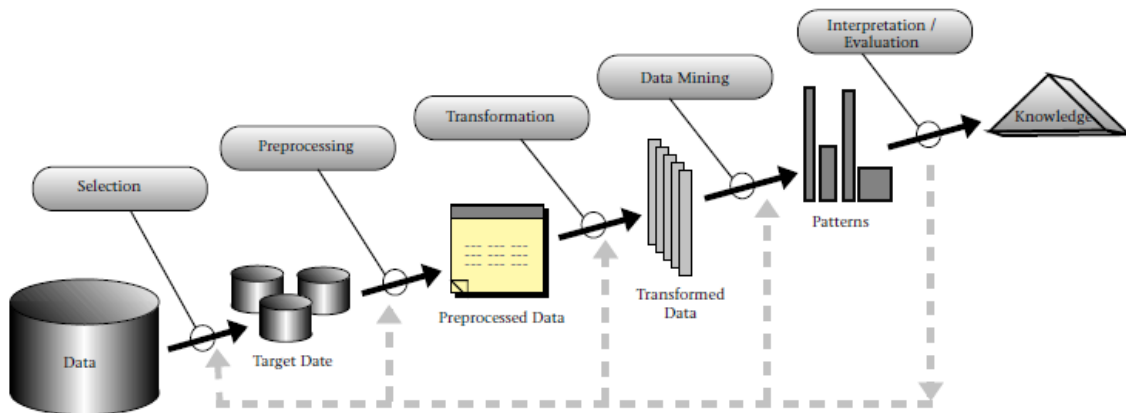


Figura 4 Pasos que componen el proceso KDD

El proceso KDD es interactivo e iterativo, involucra varios pasos con muchas decisiones hechas por el usuario. Brachman y Anand (1996) dan una visión práctica del proceso enfatizando la naturaleza iterativa. A continuación, se resumen los pasos básicos:

Primero: se debe desarrollar una comprensión del dominio de la aplicación y del conocimiento previo relevante e identificar el objetivo desde el punto de vista del cliente.

Segundo: se crea un conjunto de datos que implica una selección de variables o muestra de datos sobre los que se realizará el descubrimiento.

Tercero: consiste en la limpieza de datos y preprocesamiento para determinar la confiabilidad de la información. Las operaciones básicas incluyen el tratamiento de datos perdidos o remover valores atípicos, decidir las estrategias para manejar los campos de datos faltantes y tomar en cuenta la información de secuencia temporal.

Cuarto: consiste en la reducción de los datos mediante formas útiles de representarlos. Con la reducción de la dimensionalidad o métodos de transformación se puede reducir el número de variables.

Quinto: consiste en hacer coincidir los objetivos del proceso KDD (paso 1) con un método de minería de datos. Por ejemplo, clasificación, regresión, agrupación, etc.

Sexto: consiste en el análisis exploratorio y la selección del modelo y de la hipótesis: elegir el o los algoritmos de minería de datos y seleccionar el o los métodos a utilizar en búsqueda de patrones de datos. Este proceso incluye decidir qué modelos y parámetros pueden ser apropiados (por ejemplo, los modelos de datos categóricos son diferentes de los modelos de vectores sobre números reales) y hacer coincidir un método particular de minería de datos con el criterio general del proceso KDD.

Séptimo: es la minería de datos que consiste en la búsqueda de patrones de interés en una forma de representación incluyendo árboles o reglas de clasificación, regresión y agrupamiento.

Octavo: es la interpretación de los patrones, posiblemente haya que iterar volviendo a algunos de los pasos previos. Este paso puede también implicar la visualización de los patrones y modelos extraídos, o la visualización de los datos dado los modelos extraídos.

Noveno: consiste en aplicar el conocimiento encontrado: usando el conocimiento directamente, incorporando el conocimiento dentro de un sistema para acciones futuras o simplemente documentarlo y comunicarlo a las partes interesadas.

El proceso KDD puede implicar una iteración significativa y puede contener bucles entre dos pasos. La mayoría de los trabajos se han centrado en la minería de datos. Sin embargo, los otros pasos son igual o más importantes para la aplicación exitosa de KDD en la práctica.

## 2.5 Minería de datos

El componente de minería de datos del proceso KDD a menudo implica la aplicación iterativa de métodos de minería de datos. Los objetivos del descubrimiento de conocimiento se definen por el uso previsto del sistema. Se puede distinguir dos tipos de objetivos: (1) verificación y (2) descubrimiento. Con la verificación, el sistema está limitado a verificar la hipótesis del usuario. Con descubrimiento, el sistema en forma autónoma encuentra nuevos patrones. El objetivo de descubrimiento se subdivide en predicción y descripción. *Predicción* es donde el sistema encuentra patrones para predecir el comportamiento futuro de algunas entidades y *Descripción* es donde el sistema encuentra patrones para presentar al usuario en una forma comprensible para el ser humano. La mayoría de los métodos de minería de datos se basan en técnicas probadas de aprendizaje automático, reconocimiento de patrones y estadísticas: clasificación, agrupamiento, regresión, etc.

### 2.5.1 Métodos de minería de datos

Los objetivos de predicción y descripción pueden lograrse usando una variedad de métodos de minería de datos clasificados en supervisados y no supervisados según la forma de aprendizaje.

**Aprendizaje Supervisado** es una técnica para deducir una función a partir de datos de entrenamiento. Los datos de entrenamiento consisten en un par de objetos compuesto por los datos de entrada y los resultados deseados. La salida de la función puede ser un valor numérico, como en los problemas de regresión, o una etiqueta de clase, como en los de clasificación. El objetivo del aprendizaje supervisado es el de crear una función capaz de predecir el valor correspondiente a cualquier objeto de entrada válida después de haber visto una serie de ejemplos, los datos de entrenamiento. Para ello, tiene que generalizar a partir de los datos presentados a las situaciones no vistas previamente.

**Aprendizaje No Supervisado:** es un método de aprendizaje automático donde un modelo es ajustado a las observaciones. Se distingue del Aprendizaje Supervisado por el hecho de que no hay un conocimiento previo. En el aprendizaje no supervisado, un conjunto de datos de objetos de entrada es tratado. Así, el aprendizaje no supervisado típicamente trata los objetos de entrada como un conjunto de variables aleatorias, siendo construido un modelo de densidad para el conjunto de datos.

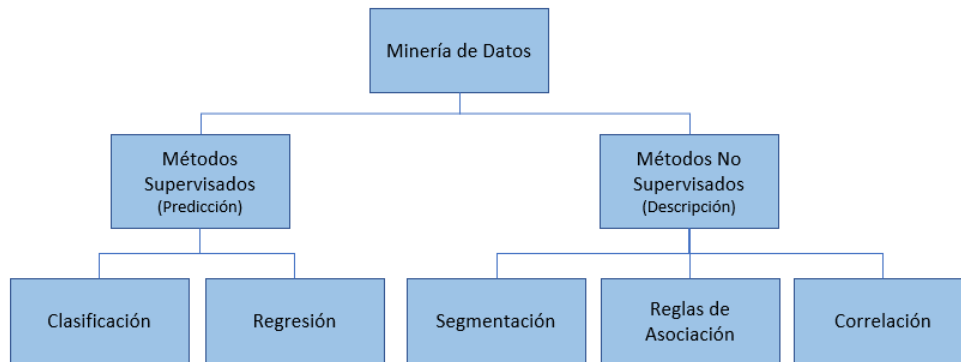


Figura 5 Métodos de Minería de Datos

**Clasificación:** es aprender una función que clasifique un ítem de datos en una de varias clases predefinidas (Weiss and Kulikowski 1991; Hand 1981). Ejemplos de métodos de clasificación incluyen la clasificación de tendencias en los mercados financieros (Apte and Hong 1996).

**Regresión:** es aprender una función que asigne un ítem de datos a una variable de predicción de valor real. Existen muchas aplicaciones de regresión, por ejemplo, estimar la probabilidad que un paciente sobreviva dado los resultados de un conjunto de tests de diagnóstico; predecir la demanda de consumo para un nuevo producto en función de las de publicidad y predecir series de tiempo donde las variables de entrada pueden ser versiones con retraso temporal de la variable de predicción.

**Segmentación:** es una actividad donde se busca identificar un conjunto finito de categorías para describir los datos (Jain and Dubes 1988; Titterington, Smith, and Makov 1985). Las categorías pueden ser mutuamente excluyentes y exhaustivas o consistir en una representación más rica, como categorías jerárquicas o superpuestas. Ejemplo de segmentación puede ser el descubrimiento de subpoblaciones homogéneas para los consumidores en las bases de datos de marketing y la identificación de subcategorías de espectros de mediciones infrarrojas del cielo (Cheeseman and Stutz 1996).

**Reglas de asociación:** implica métodos para encontrar una descripción compacta para un subconjunto de datos. Un ejemplo simple sería tabular el promedio y la desviación estándar para todos los campos. Métodos más sofisticados implican la derivación de reglas, técnicas de visualización multivariadas y el descubrimiento de relaciones funcionales entre variables. Este método se aplica a menudo al análisis interactivo de datos exploratorio y a la generación automatizada de reportes.

**Correlación:** consiste en encontrar un modelo que describe dependencias significativas entre variables. Los modelos de dependencia existen en dos niveles; (1) el nivel estructural del modelo especifica que variables son localmente dependientes de otras y (2) el nivel cuantitativo del modelo especifica la fortaleza de las dependencias usando alguna escala numérica. Por ejemplo, las redes de dependencia probabilística usan

independencia condicional para especificar el aspecto estructural del modelo y las probabilidades o correlaciones para especificar las fortalezas de las dependencias (Glymour et al. 1987; Heckerman 1996).

### **2.5.2 *Machine Learning***

El aprendizaje automático o aprendizaje automatizado o aprendizaje de máquinas es el subcampo de las ciencias de la computación y una rama de la inteligencia artificial, cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan que las computadoras aprendan. De forma más concreta, se trata de crear programas capaces de generalizar comportamientos a partir de una información suministrada en forma de ejemplos.

Es, por lo tanto, un proceso de inducción del conocimiento. En muchas ocasiones el campo de actuación del aprendizaje automático se solapa con el de la estadística computacional, ya que las dos disciplinas se basan en el análisis de datos. Sin embargo, el aprendizaje automático también se centra en el estudio de la complejidad computacional de los problemas. El aprendizaje automático puede ser visto como un intento de automatizar algunas partes del método científico mediante métodos matemáticos.

El aprendizaje automático tiene una amplia gama de aplicaciones, incluyendo motores de búsqueda, diagnósticos médicos, detección de fraude en el uso de tarjetas de crédito, análisis del mercado de valores, clasificación de secuencias de ADN, reconocimiento del habla y del lenguaje escrito, juegos y robótica.

### **2.5.3 *Random Forest***

Se describe este algoritmo debido a que después de revisar y probar diferentes opciones de minería de datos, se definió su uso por la simplicidad y facilidad de uso.

Random Forest es un algoritmo de aprendizaje supervisado. Es flexible y fácil de utilizar. Puede ser utilizado tanto para regresión como para clasificación.

Dado un conjunto de variables predictoras y una variable de respuesta continua, con muy pocos parámetros de ajuste, se construye un modelo para predecir el valor de la respuesta a partir de los predictores y se entiende la relación entre los predictores y la respuesta.

En simples palabras, Random Forest construye múltiples árboles de decisión y los combina para obtener una predicción estable y más precisa.

## **2.6 Estimación de Costos de Proyectos**

A continuación, se presenta la definición del proceso de estimación de costos debido a que forma parte de la temática principal de esta tesis. Se definen las técnicas de estimación de costos utilizadas por la mayoría de las empresas para obtener los costos estimados de proyectos. En el presente trabajo, se desarrollará un modelo predictivo que complementará a las técnicas para obtener una mayor precisión en las estimaciones de costos.

Según la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK, 2008), la estimación de costos es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades de un proyecto.

La estimación de costos en un proyecto consiste en identificar y valorizar cada elemento necesario para la realización de cada una de las actividades del proyecto, por ejemplo, insumos, materiales, mano de obra, servicios, equipamiento, transportes, costos de seguros, arriendos, etc. El conjunto de todas las actividades valorizadas del proyecto dará origen al costo total del proyecto.

El alcance, el tiempo y el costo son las tres restricciones de un proyecto y sobre ellas recaen los riesgos que pueden determinar el éxito o fracaso del proyecto. La identificación de cada uno de los elementos que constituyen el costo del proyecto es una tarea fundamental que requiere del esfuerzo necesario para que sea lo más aproximado a la realidad.

Al definir la estimación de costos como un proceso, se identifican las entradas y salidas de ese proceso en el siguiente diagrama:



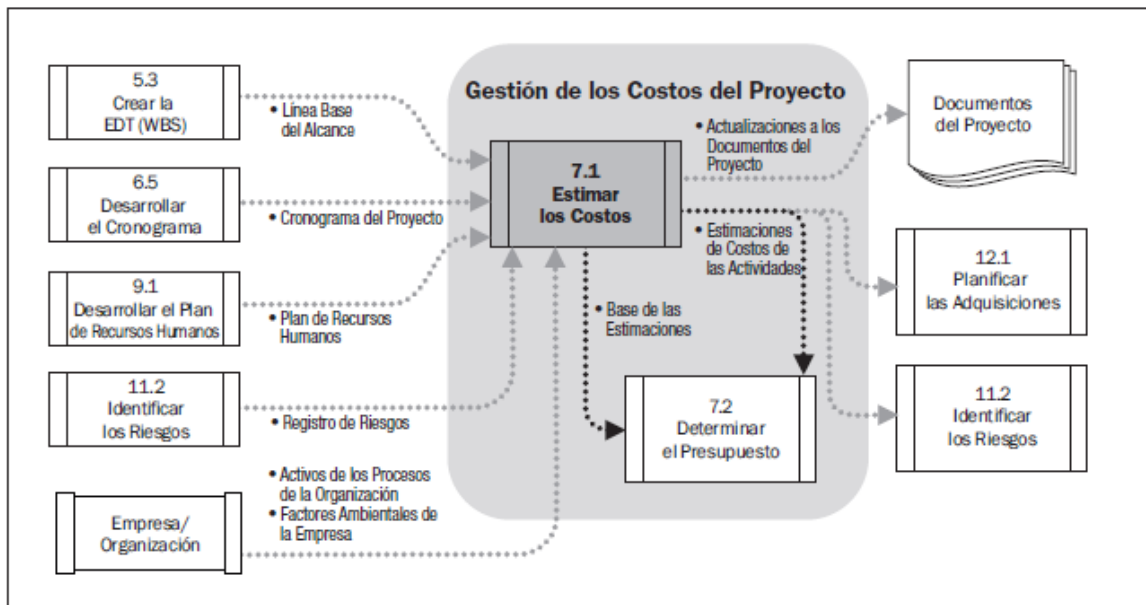


Figura 6 Diagrama de Flujo de Datos del Proceso Estimar los Costos  
Fuente: PMBOK 4th Edition

### 2.6.1 Definición de las entradas del proceso de estimación de costos

**Línea base del alcance:** se compone de los elementos que definen el alcance del proyecto, la estructura de desglose del trabajo y los requisitos contractuales y legales relacionados con la salud, la seguridad, el desempeño, el medioambiente, los seguros, los derechos de propiedad intelectual, las licencias y los permisos.

**Cronograma del proyecto:** El tipo y la cantidad de recursos, así como la cantidad de tiempo que dichos recursos se aplican para completar el trabajo, son los factores principales para determinar el costo del proyecto. El estimado de la duración de las actividades afecta a las estimaciones de costos que incluyen costos variables en función del tiempo.

**Plan de recursos humanos:** Los salarios, las compensaciones y los reconocimientos son componentes necesarios para desarrollar las estimaciones de costo del proyecto.

**Registro de Riesgos:** Implica que se debe tomar en cuenta los costos de mitigación de riesgos.

**Factores ambientales de la empresa:** Se identifican las condiciones del mercado y la información comercial publicada del costo de recursos humanos, insumos, maquinarias y equipos.

**Activos de los procesos de la organización:** Los activos de los procesos de la organización que influyen en la estimación de costos son entre otros: las políticas de

estimación de costos, las plantillas de estimación de costos, la información histórica y las lecciones aprendidas.

### **2.6.2 Herramientas y técnicas de estimación de Costos**

**Juicio de expertos:** Guiado por la información histórica, el juicio de expertos aporta una perspectiva valiosa sobre el ambiente y la información procedentes de proyectos similares anteriores. El juicio de expertos también puede utilizarse para determinar si es conveniente combinar métodos de estimación y cómo conciliar las diferencias entre ellos.

**Estimación análoga:** Esta técnica utiliza los valores de parámetros como el alcance, el costo, el presupuesto y la duración, o medidas de escala tales como el tamaño, el peso y la complejidad de un proyecto anterior similar, como base para estimar el mismo parámetro o medida para un proyecto actual. Es un método de estimación del valor bruto, que a veces se ajusta en función de diferencias conocidas en cuanto a la complejidad del proyecto. Se emplea frecuentemente para estimar un parámetro cuando existe una cantidad limitada de información detallada sobre el proyecto, como es el caso, por ejemplo, en sus fases iniciales. Por lo general, es menos costosa y requiere menos tiempo que otras técnicas, pero también es menos exacta y es más confiable cuando el proyecto anterior es similar, no sólo en apariencia sino en los hechos, y cuando los miembros del equipo del proyecto responsables de efectuar las estimaciones poseen la experiencia necesaria.

**Estimación paramétrica:** La estimación paramétrica utiliza una relación estadística entre los datos históricos y otras variables, por ejemplo, los metros cuadrados de construcción, para calcular una estimación de parámetros de una actividad tales como costo, presupuesto y duración. Con esta técnica pueden lograrse niveles superiores de exactitud, dependiendo de la sofisticación y de los datos que utilice el modelo. La estimación paramétrica de costos puede aplicarse en todo un proyecto o a partes del mismo, en conjunto con otros métodos de estimación.

**Estimación ascendente:** Es una técnica para estimar los componentes del trabajo. El costo de cada paquete de trabajo o de cada actividad se calcula con el mayor nivel de detalle. El costo detallado luego se resume o acumula en niveles superiores para fines de información y seguimiento. En general, la magnitud y complejidad de la actividad o del paquete de trabajo individual influyen en el costo y la exactitud de la estimación ascendente de costos.

**Estimación por tres valores:** La exactitud de las estimaciones de costos de una actividad única puede mejorarse tomando en consideración la incertidumbre y el riesgo. Este concepto se originó con la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas

(PERT) que utiliza tres estimados para definir un rango aproximado de costo de una actividad:

- Más probable ( $C_M$ ). El costo de la actividad se basa en una evaluación realista del esfuerzo necesario para el trabajo requerido y cualquier gasto previsto.
- Optimista ( $C_O$ ). El costo de la actividad se basa en el análisis del mejor escenario posible para esa actividad.
- Pesimista ( $C_P$ ): El costo de la actividad se basa en el análisis del peor escenario posible para esa actividad.

El análisis según el método PERT calcula un costo Esperado (CE) de la actividad utilizando un promedio ponderado de estas tres estimaciones:

$$C_E = \frac{C_O + 4C_M + C_P}{6}$$

Las estimaciones de costos basadas en esta ecuación (o aun en un promedio simple de los tres valores) pueden proporcionar una mayor exactitud, y los tres valores aclaran el rango de incertidumbre de las estimaciones de costos.

**Análisis de reserva:** Las estimaciones de costos pueden incluir reservas para contingencias para tener en cuenta la incertidumbre del costo. La reserva para contingencias puede ser un porcentaje del costo estimado, una cantidad fija, o puede calcularse utilizando métodos de análisis cuantitativos.

A medida que se dispone de información más precisa sobre el proyecto, la reserva para contingencias puede utilizarse, reducirse o eliminarse. Debe identificarse claramente esta contingencia en la documentación del cronograma. Las reservas para contingencias forman parte de los requisitos de financiamiento.

**Costo de la calidad:** Los supuestos relativos a los costos de la calidad pueden utilizarse para preparar la estimación de costos de las actividades.

**Software de estimación de costos para la dirección de proyectos:** Las aplicaciones de software de estimación de costos, las hojas de cálculo computarizadas, y las herramientas de simulación y estadísticas son cada vez más utilizadas para asistir en el proceso de estimación de costos. Estas herramientas pueden simplificar el uso de algunas de las técnicas de estimación de costos, de esta manera, facilitar la consideración rápida de las alternativas para la estimación de costos.

**Análisis de propuestas para licitaciones:** Los métodos de estimación de costos pueden incluir el análisis de cuánto debe costar el proyecto, con base en las propuestas

de proveedores calificados. En los casos en los que los proyectos se otorgan mediante procesos competitivos, se puede solicitar al equipo de proyecto un trabajo adicional de estimación de costos para examinar el precio de los entregables individuales y obtener un costo que sustente el costo total final del proyecto.

### ***2.6.3 Definición de las salidas del proceso de estimación de costos***

**Estimaciones de costos de las actividades:** Son evaluaciones cuantitativas de los costos probables que se requieren para completar el trabajo del proyecto, incluyen todos los costos directos e indirectos.

**Base de los estimados:** Se refiere a la documentación de respaldo que debe proporcionar una comprensión clara y completa de la forma en que se obtuvo la estimación de costos.

**Actualizaciones a los documentos del proyecto:** Se refiere a las actualizaciones a efectuar a los distintos documentos del proyecto considerando como información relevante el resultado de la estimación de costos.

### **3. CAPÍTULO 3: PROYECTO**

#### **3.1 Acerca de la Institución**

La “Empresa Constructora” nace en el año 1978 dedicada a la construcción de proyectos de edificación de casas y edificios de oficinas. La incorporación de nuevas técnicas constructivas y la especialización desarrollada permitieron a la empresa obtener una posición de liderazgo diferenciándose de la competencia. Los altos estándares alcanzados en los proyectos realizados permitieron que la empresa comenzara a desarrollar proyectos de mayor complejidad, como estacionamientos subterráneos, centros comerciales, hoteles, universidades, hospitales y obras aeroportuarias entre otros. La empresa cuenta con certificaciones ISO 9001 y OHSAS 18001, reflejando el énfasis en la calidad de los proyectos y el cuidado en la seguridad y salud de sus trabajadores.

En el año 2012 se crea la filial “Edificaciones”, con el objeto de desarrollar los proyectos habitacionales, de oficinas, centros comerciales, infraestructura educacional, de salud y hotelería. Paralelamente la filial “Ingeniería y Construcción” se concentrará en los proyectos de obras civiles, obras subterráneas e infraestructura pública.

##### ***3.1.1 Participación en la Industria***

La actividad de la industria de la construcción se puede separar en dos sectores: vivienda e infraestructura. El área de infraestructura comprende el total de la inversión en infraestructura pública y privada del país y se divide en dos áreas: pública y productiva. La empresa participa en el área de infraestructura pública a través de sus filiales “Ingeniería y Construcción”, “Pilotes” y “Sistemas Especiales”; en el área de infraestructura productiva a través de las filiales “Montajes Industriales”, “Ingeniería y Construcción”, “Edificaciones”, “Pilotes” y “Sistemas Especiales”. El área de vivienda comprende el total de la inversión pública y privada en vivienda y la empresa participa en este mercado a través de las filiales “Inmobiliaria e Inversiones” y “Edificaciones”.

##### ***3.1.2 Expansión Internacional***

La expansión internacional de la empresa comienza en el año 2001 en Argentina a través de la filial “Sistemas Especiales”, dedicada a la producción de postensados para edificación, pavimentos postensados y muros de tierra retenida.

En el año 2006 la empresa ingresa al mercado peruano a través de la filial “Pilotes” dedicada a las fundaciones especiales.

En el año 2011 se crea una filial en Perú que desarrolla proyectos inmobiliarios y edificios de oficinas.

En enero de 2012, la empresa llega a Colombia a través de la filial “Pilotes” con el fin de desarrollar proyectos de fundaciones especiales.

En febrero de 2012 se crea una sociedad en Brasil con el objetivo de desarrollar proyectos de celulosa y energía.

| Áreas de Negocio          | Segmentos de Negocio        | Especialidad            | Presencia Internacional |              |           |        |          |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|-----------|--------|----------|
|                           |                             |                         | Chile                   | Perú         | Argentina | Brasil | Colombia |
| Ingeniería y Construcción | Montajes Industriales       | Energía                 |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Celulosa                |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Minería                 |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Industrial              |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Ingeniería              |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Proyectos EPC           |                         |              |           |        |          |
|                           | Mantenimiento Industrial    |                         |                         |              |           |        |          |
|                           | Edificación y Obras Civiles | Comercial               |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Habitacional            |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Salud                   |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Educación               |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Fundaciones             |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Postensados             |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Concesiones             |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Obras Públicas          |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Obras Subterráneas      |                         |              |           |        |          |
|                           |                             | Desarrollo Inmobiliario | Desarrollo Inmobiliario | Habitacional |           |        |          |
| Comercial                 |                             |                         |                         |              |           |        |          |

Figura 7 Áreas de Negocio y Presencia Internacional  
Fuente: Memoria Anual de la compañía año 2017

### 3.1.3 Planteamiento Estratégico

La compañía ha definido los lineamientos estratégicos para dirigir sus actividades: Misión, Visión y Valores. De estos lineamientos se dependen los objetivos estratégicos que dan origen al mapa de procesos de las cuatro perspectivas relevantes para la compañía.

#### 3.1.3.1 Misión

Crear valor para los accionistas a través de servicios de excelencia en el ámbito de la ingeniería y la construcción. Entregando soluciones integrales e innovadoras que agreguen valor a los proyectos de nuestros clientes y así convertirnos en el mejor socio para ellos.

### 3.1.3.2 Visión

Nuestra mirada está puesta en que nuestro grupo de empresas se transforme en uno de los tres principales actores de la industria local gracias a la diversificación y solidez de sus áreas de negocio, y a la expansión de sus operaciones hacia los principales mercados de Latinoamérica para consolidarlo como un operador internacional.

### 3.1.3.3 Valores

Nuestro comportamiento se sustenta en la permanente búsqueda de la excelencia en el servicio, en la calidad de nuestros procesos, en el respeto hacia nuestros clientes, proveedores y colaboradores, y en la creatividad para satisfacer las necesidades de quienes nos confían sus emprendimientos.

### 3.1.3.4 Objetivos Estratégicos

Los lineamientos del planteamiento estratégico derivan en los objetivos de la empresa y las estrategias para su cumplimiento.

| # | Objetivos estratégicos   | Perspectiva | Estrategias   |
|---|--|-------------|---|
| 1 | Aumentar la rentabilidad   | Financiera  | <ul style="list-style-type: none"><li>Fortalecer las relaciones comerciales</li><li>Reducir el endeudamiento</li><li>Gestión óptima del recurso financiero: inversiones, control estricto de cobranza</li></ul> |
| 2 | Controlar costos para mejorar la competitividad                              | Financiera  | <ul style="list-style-type: none"><li>Planificación y control de los proyectos</li></ul>  |
| 3 | Desarrollar grandes proyectos de ingeniería                                  | Clientes    | <ul style="list-style-type: none"><li>Entregar servicio personalizado con prestigio y seriedad</li><li>Innovar en los métodos y tecnologías utilizadas</li></ul>  |
| 4 | Posicionarse dentro de los tres principales referentes de la industria       | Clientes    | <ul style="list-style-type: none"><li>Aumentar la cuota de mercado para aumentar el nivel de ingresos</li></ul>   |
| 5 | Ofrecer servicios de excelencia  | Clientes    | <ul style="list-style-type: none"><li>Asegurar la satisfacción de los clientes en los servicios ofrecidos por la empresa</li></ul>  |
| 6 | Expansión de las operaciones hacia los principales mercados de Latinoamérica | Clientes    | <ul style="list-style-type: none"><li>Estudio de mercados internacionales y búsqueda de socios estratégicos</li></ul>   |

|    |  |                           |   |
|----|--|---------------------------|---|
| 7  | Control de presupuestos y costos           | Procesos internos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Control periódico para evaluar resultados y tomar decisiones oportunamente</li> </ul>                |
| 8  | Integración de procesos y tecnología       | Procesos internos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda constante de las tecnologías que apoyen la ejecución de los procesos</li> </ul>             |
| 9  | Alcanzar niveles de excelencia operacional | Procesos internos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar la Calidad</li> <li>Control de Riesgos</li> <li>Rediseño de procesos</li> </ul>             |
| 10 | Gestionar conocimiento                     | Aprendizaje y crecimiento | <ul style="list-style-type: none"> <li>Crear las condiciones necesarias para fomentar la creación y transmisión del conocimiento</li> </ul> |
| 11 | Fortalecer competencias                    | Aprendizaje y crecimiento | <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar permanente al personal</li> <li>Evaluación de desempeño para corregir brechas</li> </ul>   |
| 12 | Desarrollar una cultura organizacional     | Aprendizaje y crecimiento | <ul style="list-style-type: none"> <li>Promover los valores y estrategia de la empresa para el logro de los objetivos</li> </ul>            |

### **3.1.3.5 Perspectivas en Balanced Scorecard**

En base a los objetivos estratégicos de la empresa, se confecciona el mapa estratégico, según las perspectivas del Balanced Scorecard. Este concepto, propuesto por los señores Robert Kaplan y David Norton en el libro Strategy Maps, proporciona una visión macro de la estrategia de una organización y provee un lenguaje común para describirla, antes de elegir las métricas para evaluar su desempeño.

**Perspectiva Financiera:** El objetivo de la perspectiva financiera es mantener o aumentar el rendimiento de la empresa para permitirle obtener los niveles de rentabilidad adecuados para responder a las expectativas de los accionistas.

**Perspectiva del Cliente:** El objetivo de la perspectiva del cliente es aumentar la cuota de mercado para que la empresa se posicione dentro de los tres referentes de la industria ofreciendo servicios de excelencia y que le permitan expandir la operación a los principales mercados de Latinoamérica.

**Perspectiva de Procesos Internos:** El objetivo de la perspectiva de procesos internos es la mejora continua de procesos que permitan alcanzar niveles sobresalientes de excelencia operacional a través del aseguramiento de la calidad y gestión de riesgos. Por otro lado, busca integrar las tecnologías necesarias que den soporte a los procesos de control y seguimiento de los proyectos.



**Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento:** El objetivo de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento es mejorar las capacidades del personal de la empresa para desarrollar una cultura organizacional que permita lograr los objetivos planteados.

El mapa estratégico presenta las cuatro perspectivas para dar cumplimiento a la misión y los objetivos estratégicos de la empresa. Se organiza en un diagrama de causa y efecto que grafica la relación entre las perspectivas.

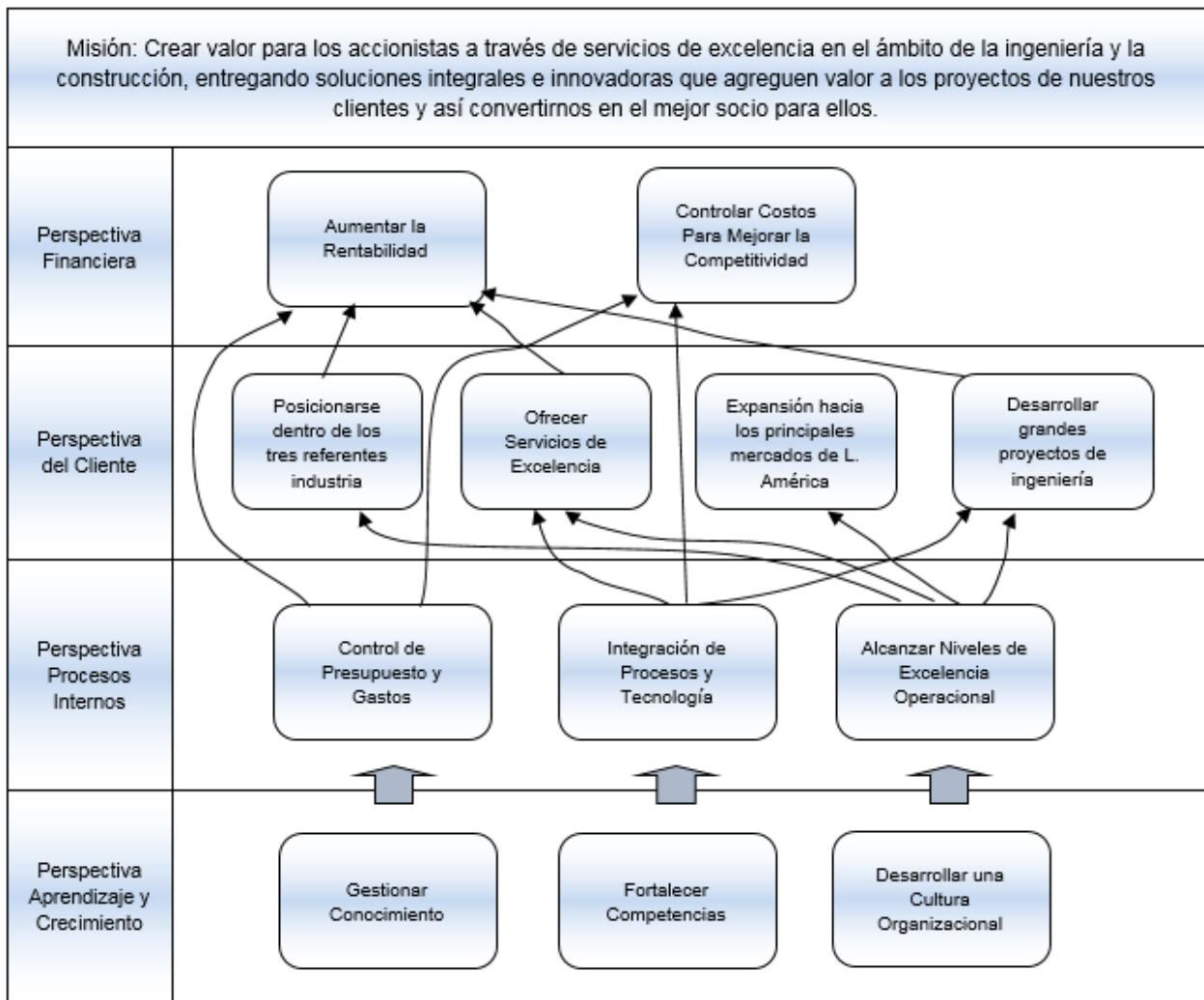


Figura 8 Perspectivas en Balanced ScoreCard  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.3.6 Planteamiento Estratégico basado en el Modelo Delta

Los modelos tradicionales para competir en una industria tienen como actor principal al competidor. La estrategia de Mejor Producto de M. Porter es todavía muy relevante, sin embargo, en la actualidad no describe todas las formas en que compiten las compañías,

ni tampoco ofrece el posicionamiento estratégico más efectivo para competir en la actualidad.

El Modelo Delta sostiene que la vinculación con el cliente es la fuerza motriz en la estrategia. En el centro de la gestión y en el centro de la estrategia está el cliente. Tenemos que servir al cliente de una manera distintiva si esperamos disfrutar de un mayor desempeño. La jugada es atraer, satisfacer y retener al cliente.

El Modelo Delta se representa en un triángulo donde los puntos interpretan las opciones de la posición estratégica deseada.

La empresa compite dentro de la industria con bajos costos, sin embargo, se diferencia por el sello de calidad y otras características que la hacen diferenciar de sus competidores. Por este motivo, es posible determinar que la empresa se enmarca en la estrategia de Diferenciación.

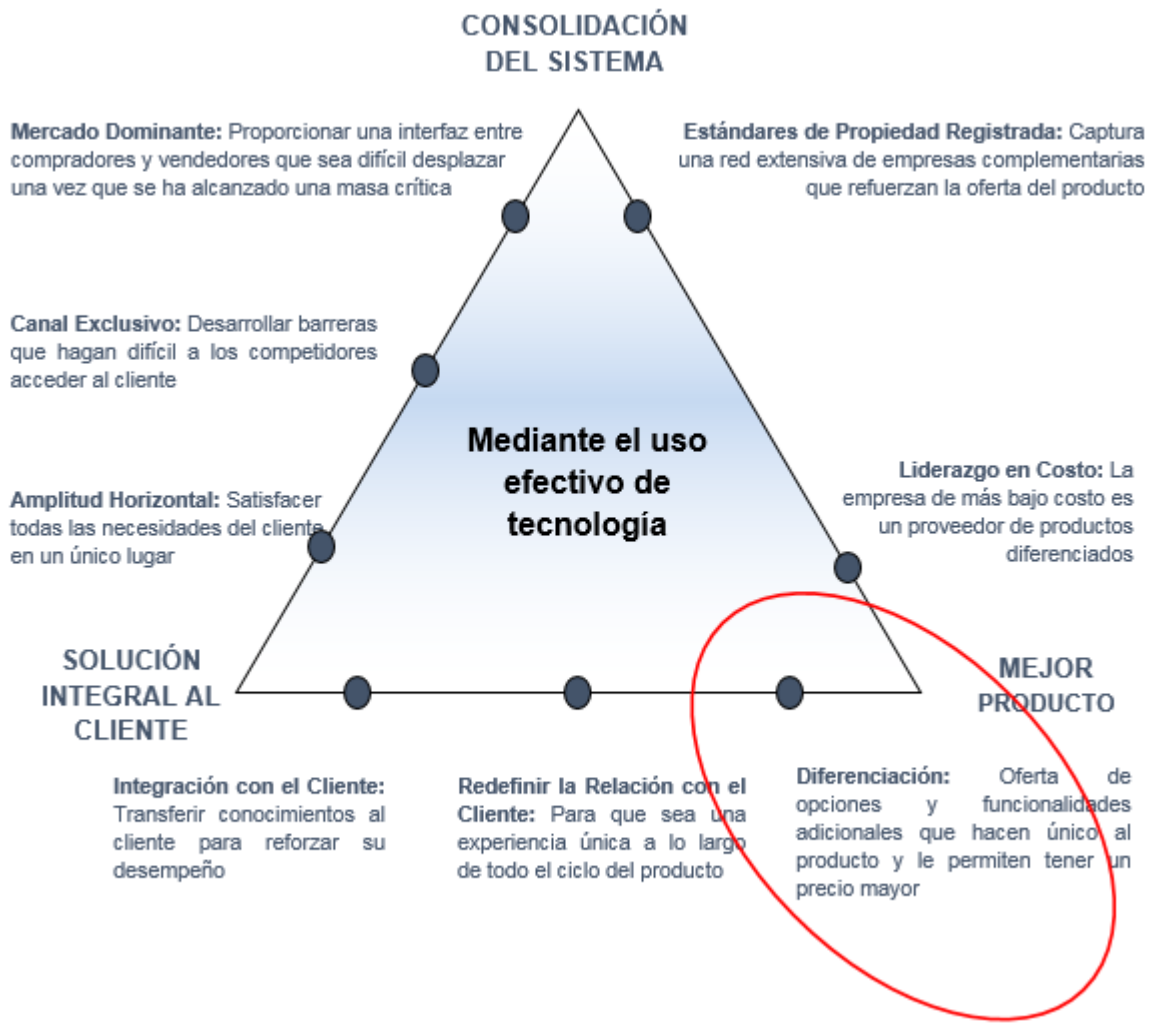


Figura 9 El Modelo Delta de Hax. Las opciones para Posicionamiento Estratégico

### 3.1.3.7 *Análisis Estratégico del Entorno Relevante*

El entorno de la compañía se compone de otras organizaciones, instituciones e individuos que determinan la posición de la empresa en el mercado.

El Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter es un modelo que permite analizar una industria en términos de rentabilidad y permite determinar la situación de la compañía en el mercado.

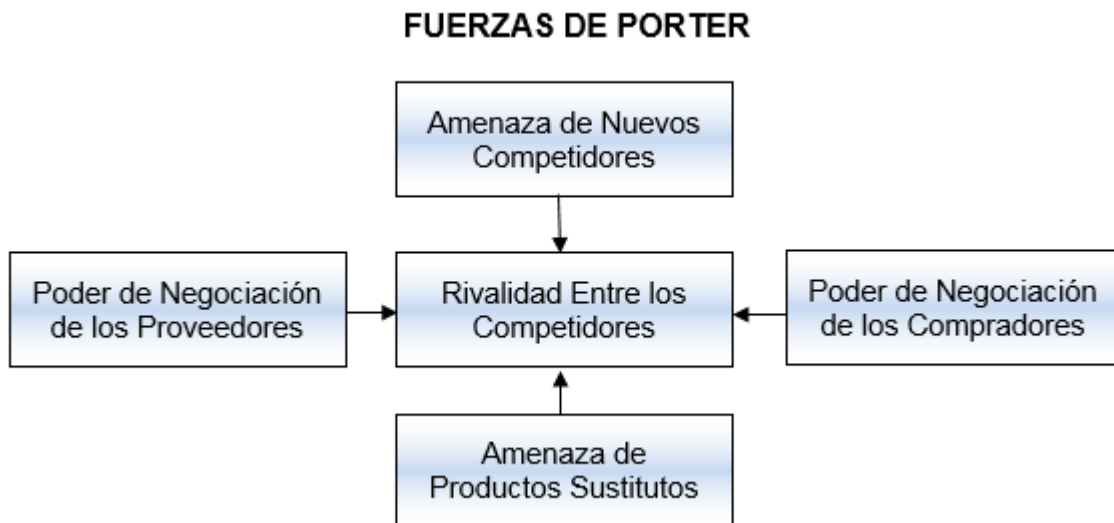


Figura 10 Las Cinco Fuerzas de Porter

#### ***Rivalidad entre los competidores***

La empresa se ubica dentro de las cinco compañías más importantes del país. Posee el mismo prestigio y reconocimiento que sus competidores cercanos, al igual que el posicionamiento en el mercado por su experiencia y calidad de servicio. Estas condiciones hacen que la competencia en las licitaciones sea un factor clave para ganar más cuota de mercado luchando por costos más ajustados sin sacrificar la calidad de los trabajos.

#### ***Amenaza de nuevos competidores***

La industria de la construcción es muy competitiva. Muchas personas o empresas pueden convertirse en competidores. Sin embargo, en el segmento en que se mueve la compañía es difícil la entrada de tales competidores debido Know How y al respaldo financiero.

### ***Amenaza de servicios sustitutos***

Los servicios que ofrece la compañía se efectúan mediante contrato llave en mano, por lo tanto, es difícil identificar sustitutos en el ciclo de vida de los proyectos.

### ***Poder negociador de los clientes***

En términos cuantificables es bajo debido a que el volumen de los proyectos es grande y en diferentes áreas del sector, donde es imposible comparar las tipologías de proyectos y sus respectivos dueños que permitan ejercer algún poder sobre la compañía.

### ***Poder negociador de los proveedores***

La compañía cuenta con diversos proveedores nacionales que suministran la materia prima. Siempre existe la alternativa de comprar directamente a los fabricantes a nivel mundial.

El poder de negociación con los proveedores depende de varios factores. Sin embargo, el más importante es la forma de pago, pues de ésta depende la entrega oportuna de los materiales y la atención expedita para evitar atrasos en las entregas.

### ***Cuadro Resumen: Fuerza Competitiva y su Intensidad***

| Fuerza Competitiva                          | Intensidad de la Fuerza |
|---|-------------------------|
| Amenaza de Nuevos Competidores              | Baja                    |
| Poder Negociador de los Proveedores         | Medio / Alto            |
| Poder Negociador de los Clientes            | Baja                    |
| Amenaza de Servicios Sustitutos             | Baja                    |
| Rivalidad Entre los Competidores Existentes | Alta                    |

#### ***3.1.3.8 Modelo de Negocio***

El modelo de negocios de la empresa está basado en las ventajas competitivas mediante el uso óptimo del recurso financiero, la innovación y creatividad para crecer de manera sostenible, junto con un estricto control de riesgos.

La propuesta de valor de la empresa consiste en ofrecer servicios de excelencia en el ámbito de la ingeniería y la construcción para entregar soluciones integrales e innovadoras que agreguen valor a los proyectos de sus clientes.

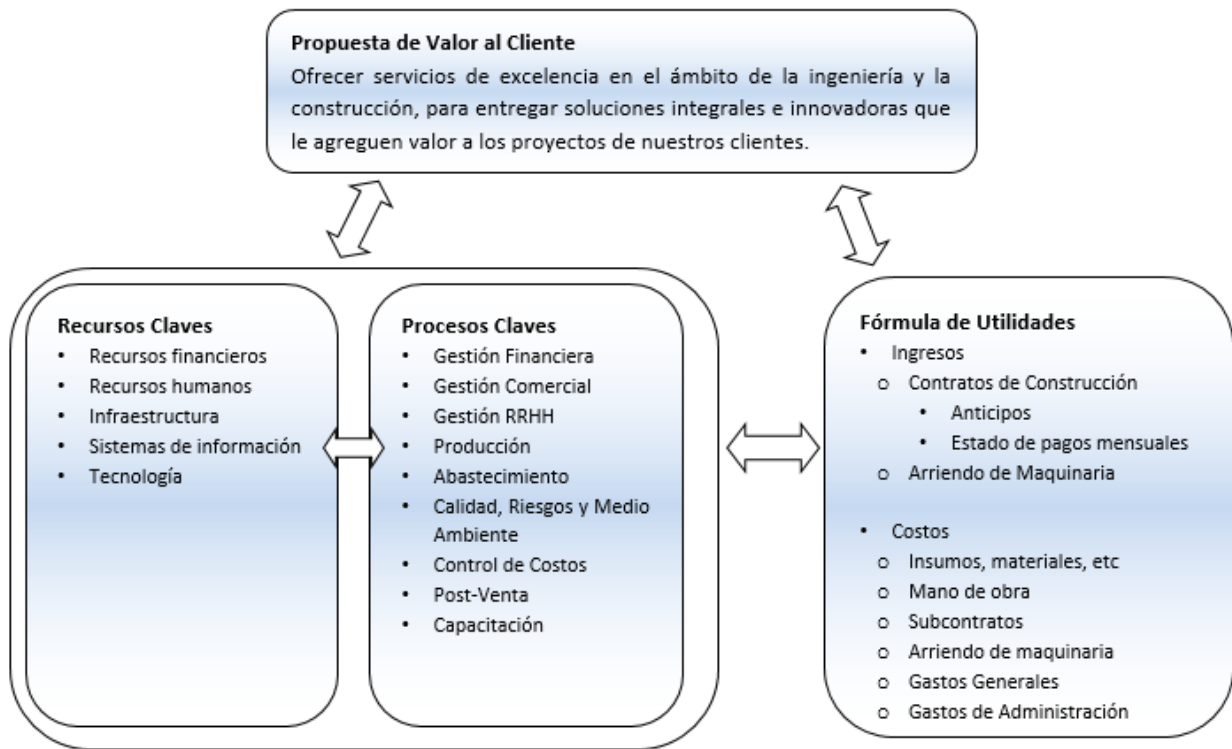


Figura 11 Modelo de Negocio de la Empresa  
Fuente: Elaboración Propia

Como parte del modelo, la empresa busca participar activamente en obras que representen grandes trabajos de ingeniería y que requieran un alto Know-How. Para esto, la empresa ha buscado progresivamente, desde sus inicios, innovar en los métodos y tecnologías utilizadas en cada especialidad que desempeña y enfocar sus negocios en obras más específicas y complejas, entregando un servicio personalizado con prestigio y seriedad a cada uno de sus clientes.

La empresa fundamenta su accionar en valores que dan cuenta de la excelencia en el servicio y alta calidad de los procesos que realiza, siendo un foco crítico las personas, donde la gerencia de Recursos Humanos es un facilitador en el alineamiento del desempeño de su personal, con el logro de las metas y objetivos estratégicos de la organización, formando y potenciando los talentos de sus trabajadores, además de la real preocupación por generar iniciativas que van en directo beneficio del clima organizacional y aportando a la mejora en la calidad de vida de los trabajadores. Los esfuerzos están orientados en alcanzar las metas propuestas en cuanto a la calidad, productividad y seguridad en el trabajo, comprendiendo la importancia del valor de la seguridad en la gestión de los proyectos apuntando a un sistema de capacitación estructurado que atienda y desarrolle las competencias vinculadas a la toma de decisiones, organización, planificación y estrategia, para resolver y corregir desviaciones, manteniendo el excelente servicio que caracteriza a la empresa, la calidad de sus procesos y el producto final.

La empresa utiliza las operaciones de leasing, o bien sus propios recursos para las inversiones en maquinarias y equipos, mientras que el proceso de construcción de obras es financiado en dos etapas: la primera utiliza los anticipos pagados por el cliente al iniciar los proyectos, mientras que en la segunda etapa se facturan los avances al cliente una vez al mes, hasta completar la totalidad del monto del contrato.

En aquellos casos cuando existen contratos que no contemplan anticipo, existe un descalce relevante entre egresos e ingresos, la empresa se financia con recursos propios y con líneas de capital de trabajo que posee para cubrir estas eventualidades.

La fórmula utilidades está compuesta por los ingresos generados por contratos con los clientes cuyos montos incluyen el costo total del proyecto y el margen de utilidad. Mientras que los principales costos están compuestos por los insumos, mano de obra directa e indirecta, subcontratos, arriendo de maquinaria, gastos generales y los gastos de administración.

### 3.2 Levantamiento de la Situación Actual

Para describir la situación actual del negocio se presenta la arquitectura de procesos definida en la metodología de la Ingeniería de Negocios. Se presenta el macroproceso relevante al proyecto con las características del caso particular de la empresa para dar respuesta a los objetivos del proyecto.

La arquitectura genérica de macroprocesos aplicable a cualquier organización se presenta en la siguiente figura.

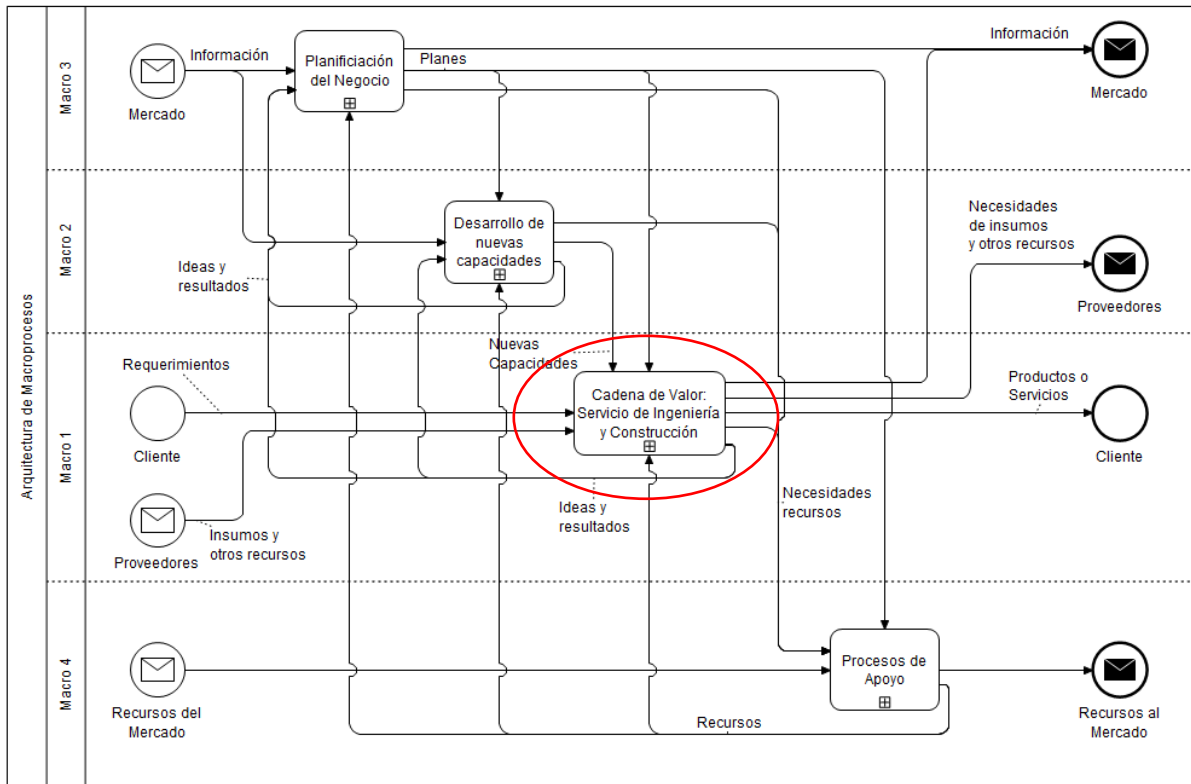


Figura 12 Arquitectura de Macroprocesos

El presente proyecto se sitúa dentro de la Macro 1, Cadena de Valor, debido a que impacta directamente a los procesos de la relación con el cliente.

La Macro 1, consiste en un conjunto de procesos que ejecutan la producción de los bienes y/o servicios de la organización, desde que se interactúa con el cliente hasta que su requerimiento ha sido satisfecho. Para el caso de la “Empresa Constructora”, que se dedica a gestionar proyectos de ingeniería y construcción, se entendería como Macro 1, desde que la empresa participa en una propuesta hasta que se entrega el proyecto de construcción terminado.

El Desarrollo de Nuevas Capacidades consiste en estar permanentemente generando nuevos productos y servicios, como parte de una actividad recurrente. No se profundizará en este macroproceso porque no es parte de la dinámica de la empresa.

La Planificación del Negocio viene dado por la Planificación Estratégica de la Empresa, que establece las directrices para el corto, mediano y largo plazo según los objetivos estratégicos.

Los Procesos de Apoyo son todas las unidades que prestan distintos servicios al negocio, que en este caso lo conforman el área de Administración y Finanzas, Recursos Humanos y las Tecnologías de la Información que proporcionan información a todos los otros macroprocesos y recibe de éstos información para su funcionamiento.

En un nivel de mayor detalle, la Cadena de Valor de la Macro 1 se descompone en cinco procesos, debiendo centrar la atención en la Administración Relación con el Cliente, que contempla todas las actividades involucradas desde la búsqueda de oportunidades de negocio hasta la generación de un servicio de excelencia.

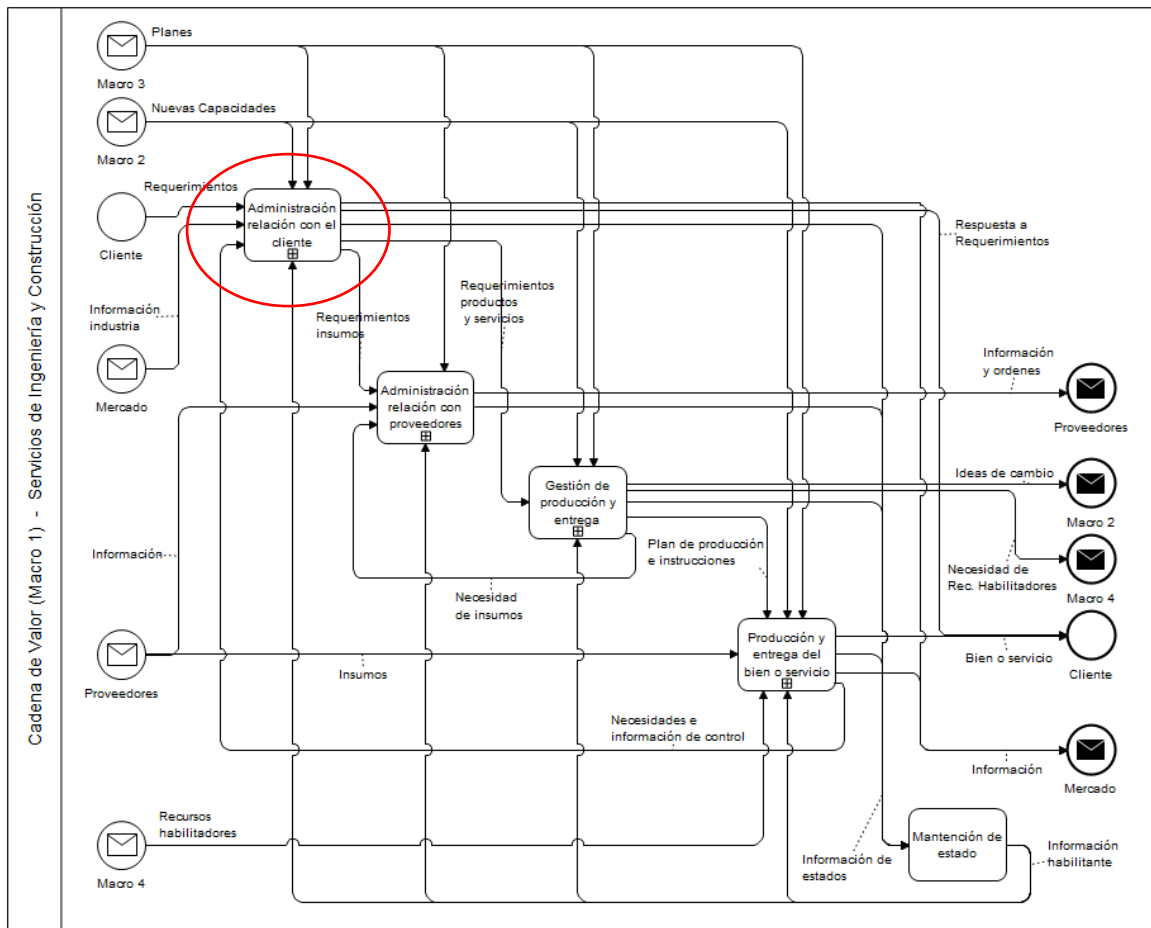


Figura 13 Macro 1 - Cadena de Valor



Los procesos involucran actividades de contacto con el cliente para generar la oportunidad de negocio, la preparación de presupuestos acorde a los requerimientos, la generación de las propuestas técnica y económica para asegurar el cumplimiento de la oferta en términos de costo alcance y plazo.

El proceso Administración de Relación con el Cliente se desglosa de tres subprocesos: Marketing y Generación de Nuevos Negocios, Venta y Atención al Cliente y Decidir Satisfacer Requerimientos. La atención de debe centrar en el primer subproceso que es donde se emplaza el presente trabajo.

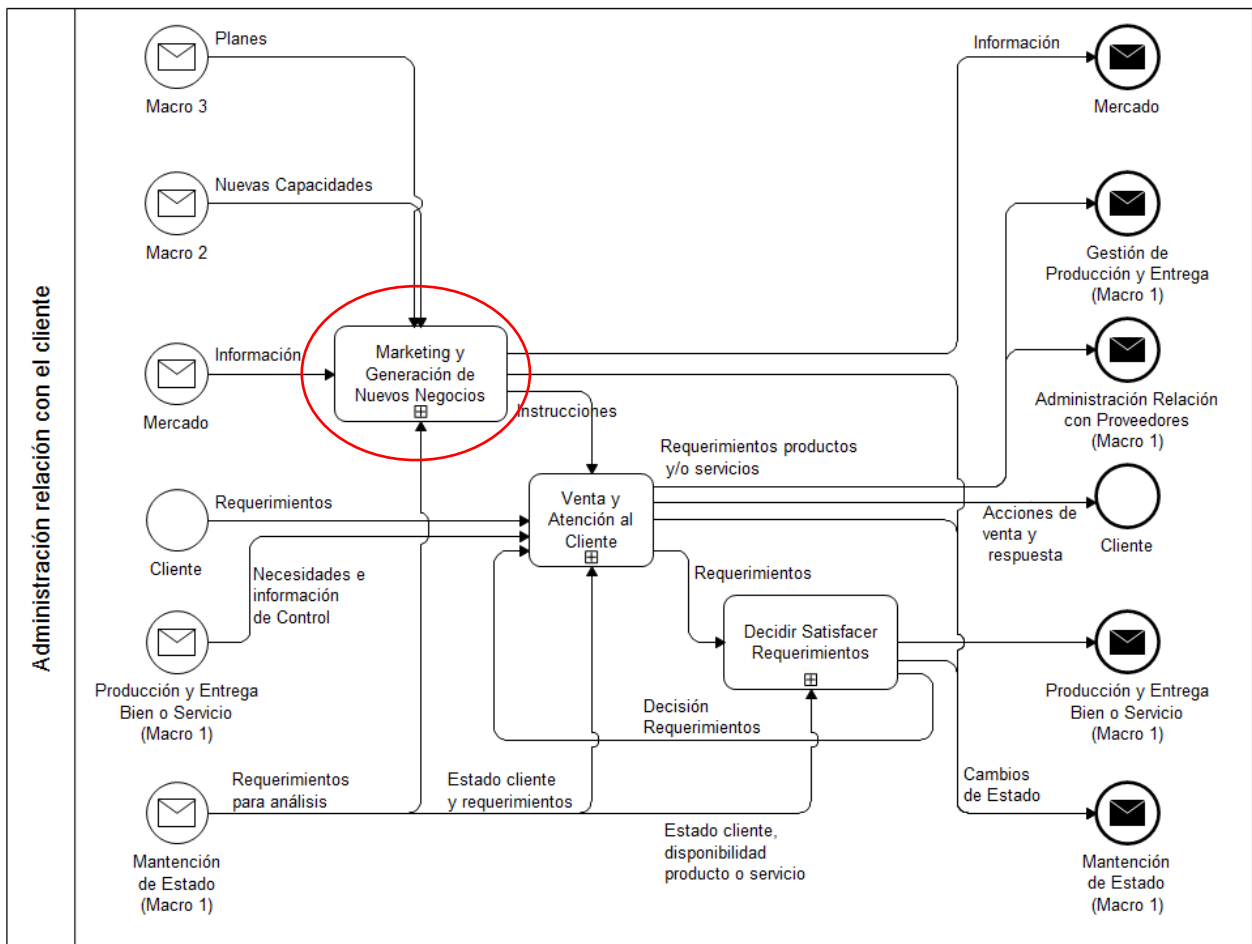


Figura 14 Administración Relación con el Cliente

Las actividades de Marketing y Generación de Nuevos Negocios se inician con la captación de información del mercado y están relacionadas con el estudio necesario del cliente y sus requerimientos para entregar la oferta acorde a sus necesidades.

La generación de nuevos negocios puede efectuarse por la relación con otra empresa relacionada del holding de empresas al que pertenece la 'Empresa Constructora', por la asociación con otras empresas para la conformación de un consorcio o por la invitación de terceros a propuestas privadas o públicas. La empresa efectúa una serie de

evaluaciones para determinar su participación en un nuevo negocio o propuesta, entre ellas se mencionan: análisis de riesgos, prefactibilidad técnica y capacidad económica, entre otros.

Cualquier vía de generación de un nuevo negocio involucra las actividades relacionadas con el subproceso Planificar Ventas que requiere como entradas el análisis de los clientes y la información de marketing.

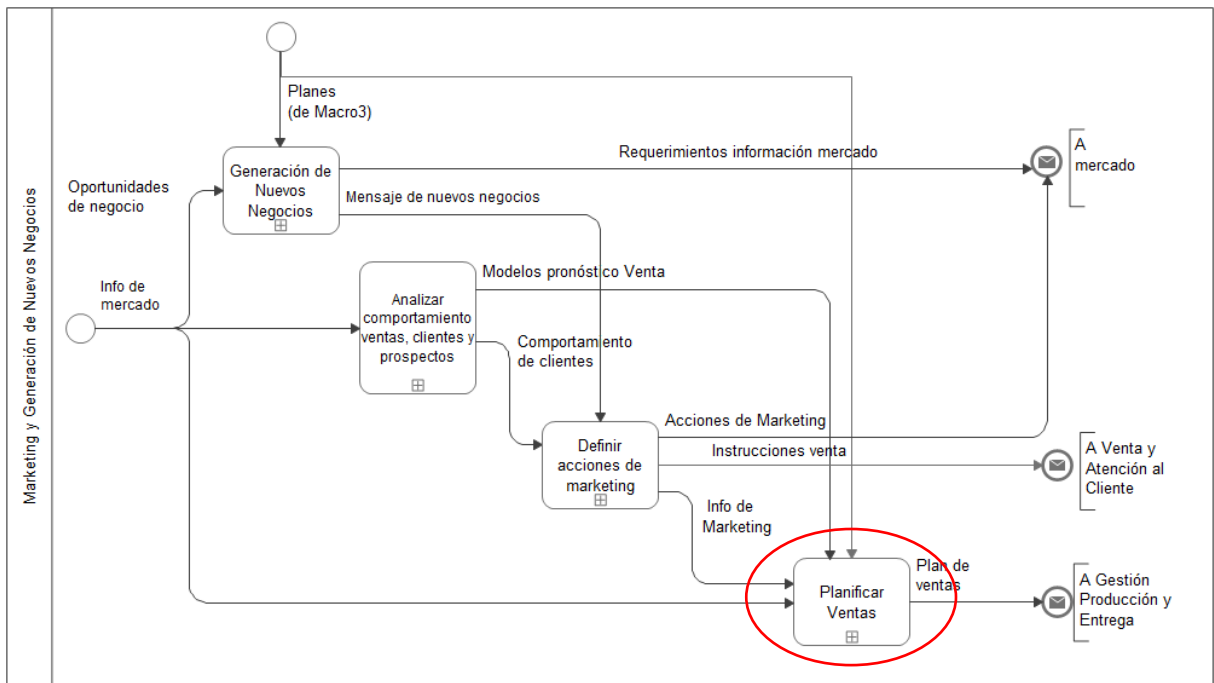


Figura 15 Marketing y Generación de Nuevos Negocios

El subproceso Planificar Ventas se subdivide en otros subprocesos relativos a la gestión de las propuestas para los clientes.

Las salidas de los subprocesos de Generación de Nuevos Negocios, el Análisis de los Clientes y las Acciones de Marketing sirven como entrada para el subproceso Planificar Ventas. Éste último se descompone en nuevos subprocesos que tienen relación con las actividades que se efectúan desde la generación de la propuesta hasta la generación del contrato con el cliente.

El subproceso Generación de Propuesta consiste en varias actividades que efectúan diversas personas que revisan cada característica de un proyecto en base a las especificaciones, planos y bases de la propuesta. Aquí se definen las cubicaciones y precios unitarios de cada actividad de un proyecto que al sumarmas definen el presupuesto total que forma parte de la propuesta técnico-económica.

Una vez definida la propuesta, ésta entra al subproceso Procesamiento de Propuestas, que involucra otras actividades que se efectúan para entregar la propuesta conforme a las condiciones del cliente. Aquí se contempla la espera de un espacio de tiempo hasta obtener el resultado de la participación de la Empresa en la Propuesta. El cliente evaluará la solución técnica y económica de la propuesta y decidirá a cuál de los proponentes adjudicará los trabajos. Cuando la Empresa es comunicada de la adjudicación de la propuesta, se inicia el subproceso Generación de Contrato que involucra nuevas actividades comerciales para gestionar el contrato de construcción con el cliente.

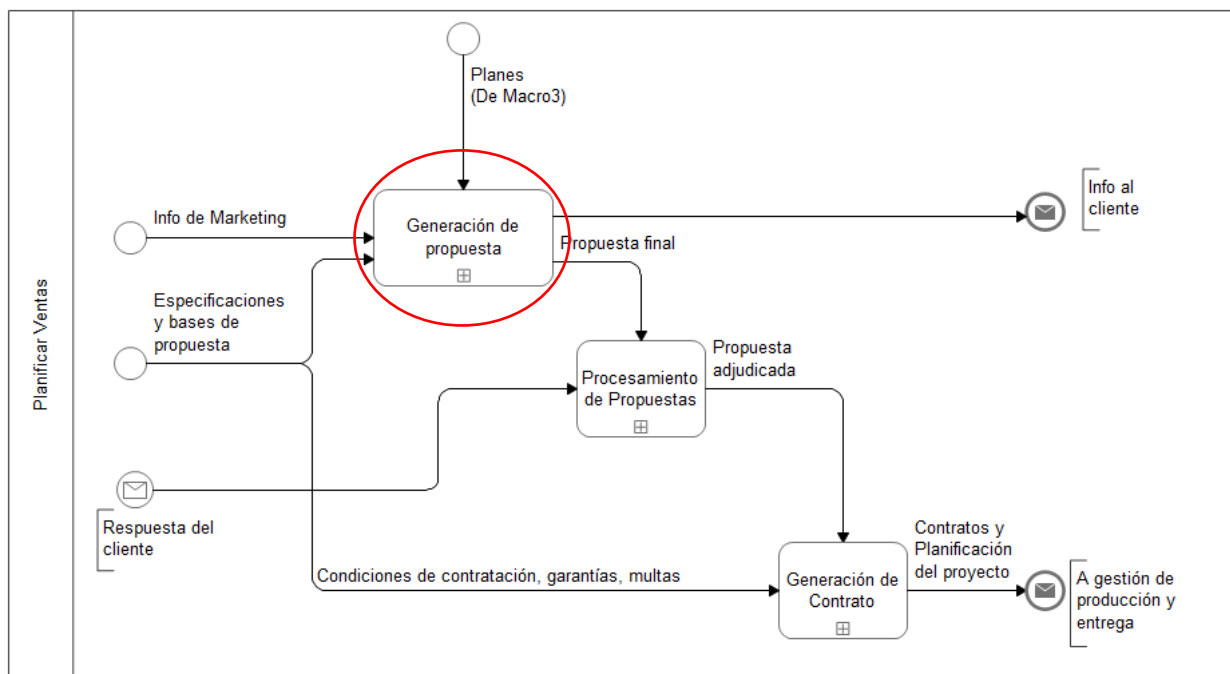


Figura 16 Planificar Ventas

El presente trabajo se sitúa en el proceso Generación de Propuesta, por lo que se procede a describir en forma detallada este nivel conformado por elementos que describen los diferentes actores y las actividades que efectúa cada uno de ellos en una secuencia definida por el negocio para obtener la propuesta que se entregará al cliente.

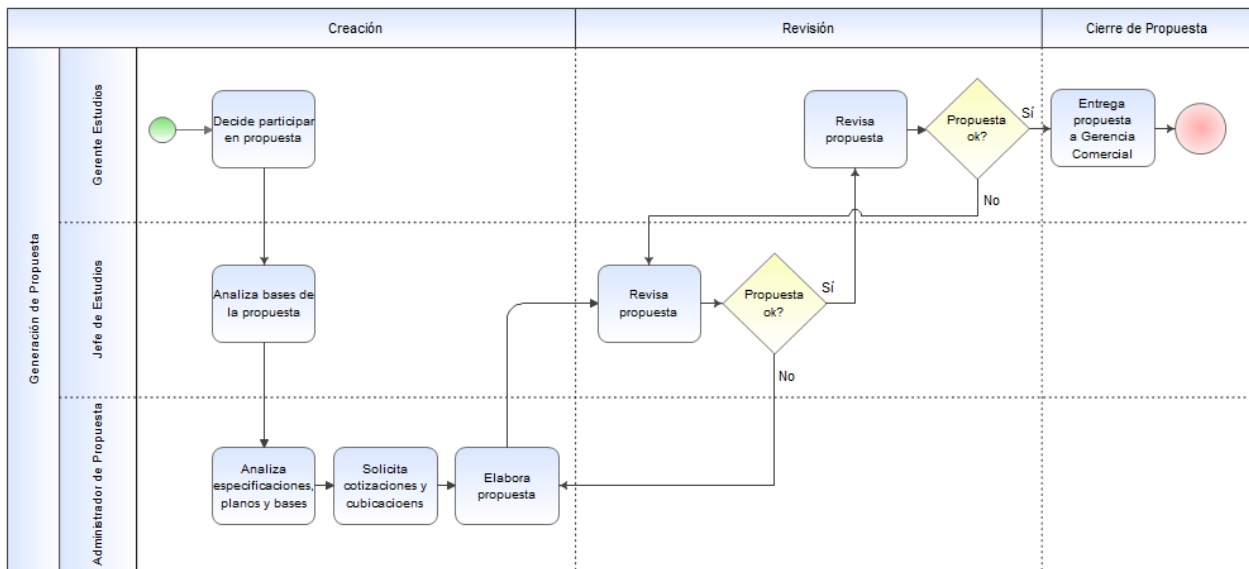


Figura 17 Generación de Propuesta

El proceso Generación de Propuesta se inicia cuando el Gerente de Estudios, después de haber analizado los antecedentes de una propuesta, decide participar en ella. A partir de este evento, el Jefe de Estudios comienza a revisar las bases de la propuesta para asegurarse que cuenta con toda la documentación necesaria como especificaciones, planos, bases administrativas, etc. El Administrador de Propuestas analiza estos documentos para verificar la congruencia entre ellos y solicita la cubicación de los planos y la cotización de insumos que se considerarán en el costo total. El Administrador de Propuestas debe comenzar a elaborar la propuesta que consiste en valorizar cada actividad del proyecto acorde a las especificaciones de materiales y sus respectivos rendimientos por la unidad de medida requerida. En esta actividad es fundamental contar con las cotizaciones de los insumos, aunque no siempre pudiesen obtenerse los precios actualizados de todos ellos. Para resolver esta situación se utilizan los precios utilizados en las propuestas previas o se consultan los precios en el módulo de adquisiciones del ERP de la compañía.

La elaboración de la propuesta es efectuada en un sistema denominado Presto cuyo objetivo es determinar el costo total de la propuesta según los datos ingresados en forma manual por los usuarios. Cabe mencionar que este sistema sirve para el cálculo de propuestas y guarda el historial de las propuestas efectuadas con anterioridad, por lo tanto, el Administrador de Propuesta puede consultar precios y rendimientos históricos. Por otro lado, Presto es independiente del sistema ERP de la Empresa que registra a diario las transacciones de costos de proyectos que están actualmente en construcción.

La propuesta es revisada por el Jefe de Estudios y el Gerente de Estudios, quienes según su experiencia y juicio experto analizan los precios de las actividades más incidentes en el precio final y también verifican la relación de precio por metro cuadrado haciendo comparaciones con otras propuestas presentadas con anterioridad. Una vez revisada la

propuesta por el Gerente de Estudios, éste la entrega a la Gerencia Comercial para proceder con el siguiente subproceso denominado Procesamiento de Propuesta que consiste en preparar toda la documentación exigida en las bases de postulación para la presentación final al cliente. Si la empresa se adjudica la propuesta se comenzará con el siguiente subproceso denominado Generación de Contrato que implica todas las actividades comerciales y preparación de documentación para la firma del contrato de construcción con el cliente.

Desde que la empresa sabe que la propuesta le ha sido adjudicada, el área de estudio de propuestas comienza a reunir todos los estudios efectuados, entre ellos los análisis de precios unitarios, análisis de los gastos generales, cotizaciones de insumos, planos, especificaciones y otros documentos propios del proyecto. Se hace la entrega de estos antecedentes al área de producción de la empresa quienes deben comenzar otro proceso de la cadena de valor denominado Gestión de Producción y Entrega.

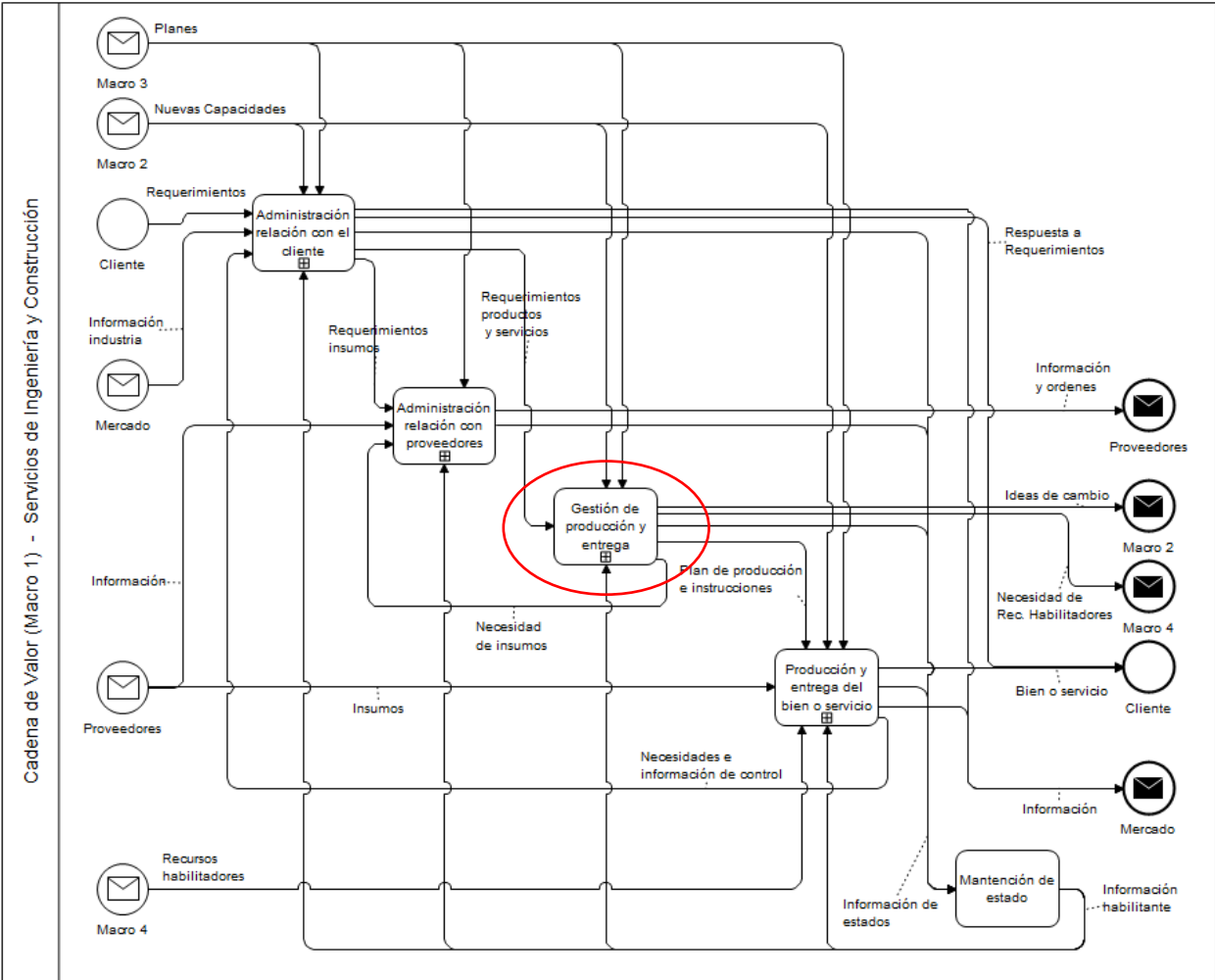


Figura 18 Macro 1 - Cadena de Valor

El área de producción de la empresa comienza el proceso de planificación del nuevo proyecto.

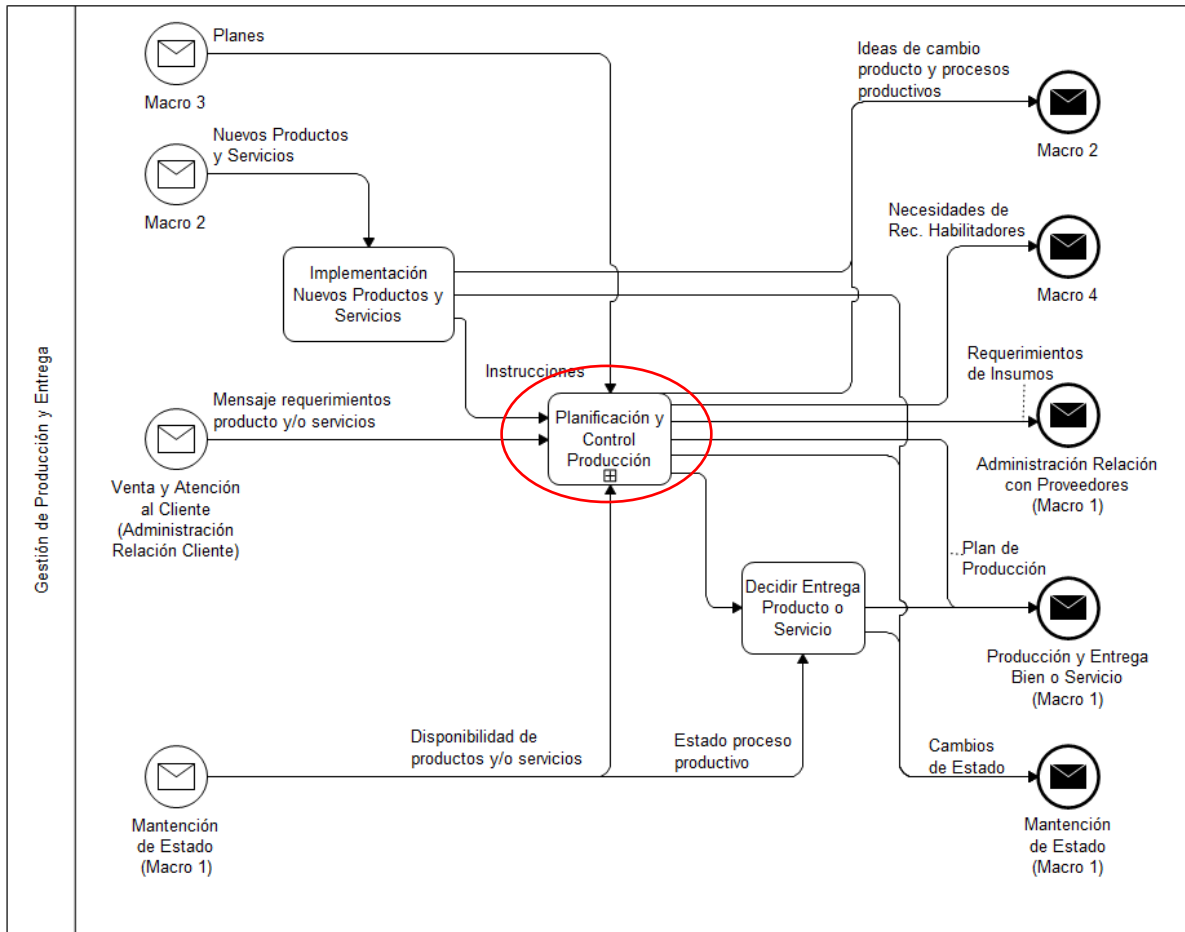


Figura 19 Gestión de Producción y Entrega

En el proceso de planificación existen diversas actividades, pero se procede a describir solamente aquellas que están en el alcance del presente trabajo.

Una actividad de la planificación consiste en generar nuevamente el presupuesto del proyecto de la forma más realista posible. A la nueva versión se le denomina Presupuesto de Construcción y consiste en hacer el análisis de los precios unitarios de todas las actividades del proyecto con todos los insumos y sus respectivos rendimientos. Una vez obtenido el nuevo presupuesto se hacen los cuadros de cierre de las actividades del proyecto donde se determina el costo estimado a término de cada actividad del proyecto. El presupuesto de construcción sirve como base para las proyecciones de flujos de caja, proyecciones de gastos al término de la obra y estimación del resultado del proyecto. El presupuesto de construcción es la base para el control general del proyecto.

### **3.3 Diagnóstico de la Situación Actual**

En el levantamiento de la situación actual se hizo la definición de los procesos de la empresa que están en el alcance del presente trabajo. Se describe en forma detallada el subproceso Generación de Propuesta y posteriormente se describe brevemente el subproceso Planificación y Control Producción que hace uso de la información.

A continuación, se hace un diagnóstico de la situación actual y se presentan las conclusiones clasificadas como a) relacionadas con el planteamiento estratégico de la empresa y b) relacionadas con los procesos y con las tecnologías de información.

#### **3.3.1 Problemas Identificados**

El subproceso Generación de Propuesta generalmente tiene un plazo limitado para determinar el presupuesto y las actividades son variadas. La creación de presupuesto depende por un lado del detalle de las especificaciones entregadas por el cliente, por otro lado, depende de las cubicaciones y de los precios de los insumos. Cuando las especificaciones de algunas partidas del presupuesto no son claras, se efectúa una estimación bajo un supuesto y en lugar de detallar el análisis del precio unitario, se asigna un valor global sin mayor detalle. Debido a la variedad de insumos, se revisan los precios de los más relevantes.

Otra forma de determinar el precio de una propuesta es a través de una estimación análoga con un proyecto similar construido anteriormente. Esta técnica utiliza parámetros como alcance, costo y duración u otras medidas como el tamaño. Es utilizado en etapas preliminares de una propuesta y generalmente se llega a estimar el presupuesto con escasa especificación del proyecto. Cuando se llega a un acuerdo del precio final se procede con el contrato y posteriormente se hace un presupuesto detallado que se ajusta al precio, aunque no siempre con toda la especificación disponible, lo que implica estimar el costo de una actividad bajo un supuesto y con un precio global sin detalles.

Independientemente de la forma como se llegue a determinar el costo de una propuesta, una vez firmado el contrato, la documentación e información es entregada al área de producción para planificar la ejecución del proyecto. El equipo de trabajo del proyecto confecciona el presupuesto de construcción mediante el análisis de precios unitarios considerando todos los precios de insumos en forma detallada. Posteriormente se hace el cuadro de cierre de las actividades del proyecto que incluye la comparación con el presupuesto de la propuesta. El cuadro de cierre revela las diferencias que se originan en los presupuestos haciendo ver las subestimaciones o sobreestimaciones de costos, otras veces son omisiones de insumos sin determinar la causa.

El presupuesto de propuestas y el presupuesto de construcción tienen como objetivo estimar el precio de un proyecto. Sin embargo, la dinámica de las áreas de la empresa involucradas es muy disímil. El área de propuestas debe participar en la licitación y adjudicarse la propuesta para generar ingresos a la empresa, mientras que el área de producción debe planificar la ejecución del proyecto en base al alcance, costo y plazo con el objetivo de hacer rentable el proyecto.

Una vez analizada la situación actual y los procesos subyacentes, se procede a emitir las conclusiones del diagnóstico.

a) Principales conclusiones relacionadas con el planteamiento estratégico de la empresa:

- El área comercial de la empresa, donde se lleva a cabo el estudio de propuestas, se considera como la principal generadora de negocios.
- Como se indicó en el modelo de negocios, la fórmula de utilidades de la empresa está compuesta por los ingresos generados por los contratos con los clientes cuyos montos incluyen el costo total del proyecto y el margen de utilidad. Cuando se originan variaciones negativas entre los presupuestos de propuesta y de construcción, el margen de utilidad de los proyectos se ve afectado debido a que la modalidad del contrato es a suma alzada y no se puede ampliar el monto del contrato sin la justificación de trabajos adicionales.
- Desde la perspectiva financiera, el objetivo de aumentar la rentabilidad está siendo afectado por un mayor costo del proyecto que no está considerado en el presupuesto de propuesta.
- La empresa cuenta con un gran respaldo económico y el volumen de los proyectos ejecutados en forma simultánea le permiten tener flujos de capital que ayudan al cubrir los déficits originados por los presupuestos. Desde la perspectiva del cliente, los objetivos estratégicos pueden verse afectados debido a problemas de liquidez.
- El estudio del proceso revela la falta de retroalimentación entre las áreas de propuestas y de producción. No existen flujos de información automatizados en ambas direcciones que apoyen al proceso de estimación de costos.

b) Conclusiones secundarias relacionadas con los procesos y con las tecnologías de información:

- Existe una alta dependencia del éxito de una propuesta en las personas debido al juicio experto.



- La elaboración de propuestas depende en gran parte de la disponibilidad de precios de insumos. No existe la certeza de la actualización de los precios de insumos para el presupuesto.
- El sistema de apoyo al estudio de propuestas, Presto, funciona en forma separada del ERP de la compañía. Por lo tanto, el área de propuestas hace estimaciones de costo basándose en datos históricos de su sistema, sin considerar los datos de transacciones del ERP que se alimenta a diario del costo real en base a los pedidos de compra y las facturas de proveedores.
- El sistema Presto es considerado estratégico para la empresa. Su uso está restringido sólo a los administradores de propuestas, por lo tanto, no se prevé una integración en el corto plazo con el ERP.

### 3.3.2 Análisis de los datos

El diagnóstico de la situación actual revela la problemática que se ocasiona debido a la diferencia que se detecta entre el presupuesto de propuesta y el presupuesto de construcción. La situación ideal es que el presupuesto de propuesta tenga alguna holgura que permita cubrir diferencias de costos o mejor aún, que permita incrementar el margen operacional del proyecto. Sin embargo, debido al ajustado presupuesto, no queda un margen para absorber diferencias de precios u omisiones, entonces, un escenario complejo es cuando el margen de utilidad es absorbido por mayores costos del proyecto. Un dato relevante, es que los montos de los contratos de construcción generalmente se acuerdan en unidades de fomento. Esta característica de los contratos permite solventar la diferencia ocasionada por el alza en los precios de los insumos. A pesar de contar con este mecanismo de reajuste, se observa que el margen de los proyectos no cumple con la estimación efectuada en la propuesta.

En la siguiente tabla se presentan los proyectos más recientes efectuados por la empresa. Se presenta la información de la propuesta y la información de producción. Es posible apreciar que algunos proyectos con un grado de avance mínimo ya proyectan un resultado desfavorable. En los proyectos terminados, el resultado final también dista de la utilidad estimada y aunque la cifra sea positiva es sólo por el efecto del reajuste de la unidad de fomento.

| # | Proyecto      | Información de Propuesta |                    |                           | Información de Producción |                              |                                       |              |   |
|---|---------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------|---|
|   |               | Costo Total (1)          | Utilidad Total (2) | % de Utilidad (3)=(2)/(1) | % de Avance (5)           | Costo Estimado a Término (6) | Resultado Operacional (7) = (1) - (6) | Reajuste (8) | Resultado del Proyecto (10)=(2)+(7)+(8) |
| 1 | Proyecto 1540 | 8.625.872.116            | 307.889.280        | 3,57%                     | 18,60%                    | 9.278.668.343                | -652.796.227                          | 343.015.915  | -1.891.032                              |
| 2 | Proyecto 1538 | 1.928.801.158            | 40.208.688         | 2,08%                     | 78,24%                    | 1.977.338.970                | -48.537.812                           | 105.194.098  | 96.864.974                              |
| 3 | Proyecto 1537 | 15.233.105.556           | 1.588.392.888      | 10,43%                    | 41,56%                    | 14.217.148.200               | 1.015.957.356                         | 63.911.071   | 2.668.261.315                           |

|    |               |                 |                |       |         |                 |                 |                |                |
|----|---------------|-----------------|----------------|-------|---------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 4  | Proyecto 1536 | 9.421.317.498   | 287.443.360    | 3,05% | 46,09%  | 10.103.617.114  | -682.299.616    | 385.000.000    | -9.856.256     |
| 5  | Proyecto 1532 | 3.124.303.413   | 101.683.811    | 3,25% | 100,00% | 3.136.576.489   | -12.273.076     | 80.600.597     | 170.011.332    |
| 6  | Proyecto 1531 | 6.283.573.054   | 252.972.327    | 4,03% | 100,00% | 7.405.878.329   | -1.122.305.275  | 205.130.136    | -664.202.812   |
| 7  | Proyecto 1530 | 9.279.154.304   | 392.548.065    | 4,23% | 60,11%  | 9.739.751.618   | -460.597.314    | 235.858.528    | 167.809.279    |
| 8  | Proyecto 1529 | 7.536.548.928   | 340.075.573    | 4,51% | 100,00% | 7.854.998.035   | -318.449.107    | 226.344.307    | 247.970.773    |
| 9  | Proyecto 1528 | 9.367.117.389   | 830.404.850    | 8,87% | 99,34%  | 9.276.940.694   | 90.176.695      | 284.583.330    | 1.205.164.875  |
| 10 | Proyecto 1527 | 8.307.557.231   | 363.395.141    | 4,37% | 100,00% | 8.121.053.745   | 186.503.486     | 286.785.706    | 836.684.333    |
| 11 | Proyecto 1526 | 8.890.633.884   | 293.266.005    | 3,30% | 97,35%  | 11.393.683.966  | -2.503.050.082  | 476.550.261    | -1.733.233.816 |
| 12 | Proyecto 1525 | 13.626.743.845  | 588.141.566    | 4,32% | 100,00% | 14.276.926.143  | -650.182.298    | 532.317.800    | 470.277.068    |
| 13 | Proyecto 1524 | 9.080.426.073   | 337.614.603    | 3,72% | 99,80%  | 11.211.471.589  | -2.131.045.516  | 423.324.510    | -1.370.106.403 |
| 14 | Proyecto 1523 | 31.029.524.600  | 704.325.398    | 2,27% | 96,19%  | 33.608.340.361  | -2.578.815.761  | 1.744.234.087  | -130.256.276   |
| 15 | Proyecto 1521 | 9.996.541.681   | 286.615.361    | 2,87% | 99,76%  | 10.289.928.832  | -293.387.151    | 494.961.351    | 488.189.561    |
| 16 | Proyecto 1520 | 11.195.819.337  | 469.001.576    | 4,19% | 99,48%  | 13.317.361.161  | -2.121.541.824  | 798.956.084    | -853.584.164   |
| 17 | Proyecto 1519 | 3.899.094.495   | 139.584.682    | 3,58% | 98,28%  | 4.065.550.637   | -166.456.142    | 176.984.497    | 150.113.037    |
| 18 | Proyecto 1518 | 5.992.653.246   | 170.320.447    | 2,84% | 97,85%  | 6.726.882.284   | -734.229.038    | 578.193.943    | 14.285.352     |
| 19 | Proyecto 1517 | 15.753.366.253  | 1.281.443.045  | 8,13% | 100,00% | 15.994.019.992  | -240.653.739    | 960.557.916    | 2.001.347.222  |
| 20 | Proyecto 1516 | 11.268.128.270  | 478.673.222    | 4,25% | 100,00% | 11.488.133.508  | -220.005.238    | 590.713.710    | 849.381.694    |
| 21 | Proyecto 1515 | 1.570.623.715   | 45.376.798     | 2,89% | 99,44%  | 1.442.105.643   | 128.518.072     | 38.430.473     | 212.325.343    |
| 22 | Proyecto 1514 | 626.145.496     | 14.489.694     | 2,31% | 100,00% | 754.091.927     | -127.946.431    | 14.727.682     | -98.729.055    |
| 23 | Proyecto 1513 | 12.923.680.897  | 337.465.645    | 2,61% | 100,00% | 13.257.810.376  | -334.129.479    | 656.263.682    | 659.599.848    |
| 24 | Proyecto 1511 | 11.277.270.229  | 313.761.517    | 2,78% | 99,83%  | 12.675.878.960  | -1.398.608.731  | 701.634.128    | -383.213.086   |
| 25 | Proyecto 1510 | 15.401.300.530  | 367.929.300    | 2,39% | 99,91%  | 14.974.353.259  | 426.947.271     | 927.374.623    | 1.722.251.194  |
| 26 | Proyecto 1509 | 3.549.934.732   | 262.767.542    | 7,40% | 100,00% | 3.344.713.910   | 205.220.822     | 105.136.814    | 573.125.178    |
| 27 | Proyecto 1507 | 315.185.986     | 25.000.000     | 7,93% | 100,00% | 248.808.934     | 66.377.052      | 9.227.823      | 100.604.875    |
| 28 | Proyecto 1506 | 8.071.944.394   | 236.744.102    | 2,93% | 100,00% | 8.688.109.605   | -616.165.211    | 598.036.086    | 218.614.977    |
| 29 | Proyecto 1505 | 1.850.969.754   | 128.835.931    | 6,96% | 99,99%  | 2.048.871.615   | -197.901.861    | 49.103.936     | -19.961.994    |
| 30 | Proyecto 1504 | 16.108.250.165  | 1.022.754.303  | 6,35% | 97,92%  | 16.125.805.305  | -17.555.140     | 822.129.199    | 1.827.328.362  |
| 31 | Proyecto 1503 | 6.994.481.192   | 426.246.582    | 6,09% | 100,00% | 7.377.318.035   | -382.836.843    | 260.282.596    | 303.692.335    |
| 32 | Proyecto 1501 | 3.543.907.409   | 242.730.780    | 6,85% | 100,00% | 4.889.829.266   | -1.345.921.857  | 163.020.328    | -940.170.749   |
|    | Sumas         | 282.073.976.830 | 12.678.102.082 |       |         | 299.311.966.845 | -17.237.990.015 | 13.338.585.217 | 8.778.697.284  |

Figura 20 Proyección de Resultados de Proyectos

Del presente análisis, se desprende que el problema afecta enormemente a la empresa debido a que reporta su información a la SVS haciendo público los resultados de su gestión. Se generan riesgos para los accionistas que pudieran ver afectados sus dividendos. También habrá repercusiones para los trabajadores ya que podrían ver afectada su fuente laboral. Por otro lado, los proveedores pudieran verse afectados por una eventual falta de liquidez de la empresa que no le permita cumplir con sus compromisos financieros. Los clientes pudieran sentir la incertidumbre de no concretar sus proyectos. En fin, todas las personas y entidades relacionadas con la empresa pudieran verse afectados por resultado económico adverso.

### **3.3.2.1 Relevancia de los datos**

Después de analizar los datos, se debe hacer una mayor reflexión debido a que la empresa es una de las principales empresas de la industria y participa en propuestas al igual que sus competidores. Generalmente la competencia es muy pareja en relación a los precios, además que éstos están dados por el mercado. Entonces, para entender la causa del problema, se investigó un poco más acerca de la competencia.

Una publicación de la revista Pulso, del diario La Tercera de agosto del 2017, explica el complejo escenario que enfrenta el sector de la construcción. Las ganancias de las seis empresas constructoras que reportan sus balances a la Superintendencia de Valores y Seguros mostraron un aumento de sólo 1,4% semestral respecto del año previo. Se trata de la menor alza semestral desde 2013. Los ingresos de las compañías subieron 9%, sin embargo, los costos aumentaron en un 10% alcanzando el mayor monto en seis años. La razón de esta alza de costos se atribuye a que los gastos en administración y ventas de las firmas aumentaron en un 7% en comparación al año previo. Las consecuencias se reflejan en la disminución de las utilidades en algunos casos y pérdidas en una de las empresas.

Se puede deducir que una de las principales causas del resultado negativo de los proyectos de la empresa, es la alta competitividad en el sector de la construcción, lo que lleva a la empresa a ajustar sus precios de venta implicando un menor margen de ganancias y dejando poco espacio para cubrir el alza de los costos.

### **3.3.2.2 Limitaciones**

En el contexto de la situación actual y del problema se identifican las limitaciones que condicionan la óptima ejecución de los procesos.

- Limitaciones de los procesos: El análisis revela la falta de retroalimentación entre las áreas de propuestas y de producción debido a que no existen flujos de información automatizados para un apoyo mutuo.
- Limitaciones de las aplicaciones de software porque no tienen funcionalidades para integrarse con otros sistemas. Por ejemplo, el sistema para el estudio de propuestas es cerrado y requiere de costosos desarrollos para la salida de datos que permitan integrarse con el ERP. Otra característica es que no existe homologación de los maestros de datos entre ambos sistemas.
- La resistencia al cambio debido a que la cultura organizacional se presenta como un gran desafío para implementar alguna mejora a métodos que han sido aplicados históricamente.

### **3.3.2.3 Oportunidades**

En el contexto del problema identificado y de las limitaciones surgen las oportunidades con un enfoque de apoyo a la gestión del negocio.

- Mejorar los flujos de información entre el proceso Generación de Propuestas y el proceso Planificación y Control Producción.
- Mejorar el proceso con la incorporación de una herramienta tecnológica para análisis de datos.
- Introducir técnicas de inteligencia de negocios en la empresa, para aprender acerca del uso y las potenciales aplicaciones a otras áreas de empresa.

## **3.4 Generación de Alternativas**

Una vez vista de la realidad de la empresa en los procesos descritos en la situación actual y su diagnóstico, sabemos que existe un problema y que debe existir una forma de ser abordarlos. Sin embargo, debemos considerar que existe una cultura conservadora y un tanto ajena a efectuar cambios en la forma de hacer las cosas debido a que hay años de experiencia que respaldan su actuar y que además han sido rentables. Es probable que no se han tomado las medidas necesarias frente a los cambios que ha tenido la industria, pero también debemos considerar que las empresas por naturaleza deben seguir generando trabajo y que el actual escenario económico esté previsto por un corto periodo como parte de una estrategia.

En este contexto, se proponen las siguientes alternativas para abordar los problemas detectados con un menor costo posible y con un mayor beneficio.

### **3.4.1 Alternativa 1: Re-Implementación del software de propuestas**

El actual software para estudio de propuestas, basado en el análisis de precios unitarios para determinar el costo de un proyecto, no está integrado con el ERP de la empresa que procesa las transacciones de costos de proyectos a diario. Además, no tiene la información homologada en su maestro de artículos, lo que hace difícil la búsqueda automatizada de precios entre los sistemas no permitiendo hacer comparaciones en línea al estimar el costo de las propuestas.

Esta alternativa consiste en la homologación de los maestros de artículos entre los sistemas y la implementación de roles de seguridad para restringir la creación deliberada de nuevos códigos con la finalidad de mantener los sistemas sincronizados. La idea es implementar los mecanismos adecuados para la actualización de los precios de artículos

para efectuar estimaciones de costos con información actualizada. Adicionalmente, las áreas involucradas puedan mantener una fuente de información homologada.

### **3.4.2 Alternativa 2: Diseño detallado del proceso con apoyo TI**

Mediante la metodología de la ingeniería de negocios, poniendo énfasis en las últimas tres etapas que consisten en el Diseño Detallado de Procesos, Apoyo TI y Construcción Implementación y Operación, proponiendo un diseño innovador como apoyo a la toma de decisiones del proceso de generación de propuestas, complementando las actuales técnicas de estimación de costos con la incorporación de métodos analíticos con apoyo de las tecnologías de información.

Esta alternativa se considera como una mejora del proceso que requiere un rediseño para incorporar las nuevas características de análisis mediante diversas fuentes de datos, apuntando a una solución comparativa de precios totales.

### **3.4.3 Alternativa 3: No efectuar cambios**

Ante grandes cambios siempre existe la alternativa de mantener el estado actual de los procesos y las tecnologías debido a la complejidad en términos técnicos y económicos.

Esta alternativa considera no modificar los sistemas ni los procesos.

## **3.5 Evaluación de Alternativas**

Una vez identificadas las alternativas utilizaremos un método de evaluación para seleccionar la más apropiada, mediante la definición de criterios y las ponderaciones asignadas objetivamente sin perder de vista los objetivos de la empresa.

### **3.5.1 Definición de los criterios de evaluación**

La definición de los criterios de evaluación se ha efectuado considerando los aspectos más relevantes del proyecto. Se inicia la identificación desde el planteamiento estratégico de la empresa hasta la evaluación del cambio.

| # | Criterio de evaluación                           | Definición  |
|---|--|---|
| 1 | Alineación con el planteamiento estratégico      | Consistente con los objetivos estratégicos.<br>Alineado con las cuatro perspectivas del BSC |
| 2 | Consistencia con otras estrategias de la empresa | Relacionado con estrategia de I+D+i y los proyectos relacionados                            |

|   |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| 3 | Riesgo de cambio tecnológico     | Falta de capacidad o cultura organizacional frente a nuevas tecnologías |
| 4 | Factibilidad técnica y económica | Disponibilidad de recursos para el cumplimiento                         |
| 5 | Costo                            | Costo económico   |
| 6 | Tiempo de desarrollo             | Tiempo requerido hasta la puesta en marcha.                             |
| 7 | Gestión del cambio               | Nivel de gestión para facilitar y conseguir la implementación exitosa   |

### 3.5.2 Puntuación y priorización de los criterios

Una vez identificados los criterios de evaluación se procede a priorizar cada uno de ellos asignando un peso expresado en porcentaje y una puntuación de 1 a 10 a cada alternativa.

| # | Criterio   | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | Priorización Peso % |
|---|--|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1 | Alineación con el planteamiento estratégico      | 1             | 10            | 1             | 20%                 |
| 2 | Consistencia con otras estrategias de la empresa | 1             | 10            | 1             | 20%                 |
| 3 | Riesgo de cambio tecnológico                     | 5             | 5             | 1             | 15%                 |
| 4 | Factibilidad técnica y económica                 | 10            | 10            | 10            | 15%                 |
| 5 | Costo  | 5             | 5             | 1             | 10%                 |
| 6 | Tiempo de desarrollo                             | 5             | 5             | 1             | 10%                 |
| 7 | Gestión del cambio                               | 5             | 5             | 1             | 10%                 |

### 3.5.3 Selección de la alternativa

A continuación, se presenta el resultado de la ponderación de cada alternativa según la puntuación efectuada y la priorización.

| # | Criterio   | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 | Priorización Peso % |
|---|--|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1 | Alineación con el planteamiento estratégico      | 0,2           | 2             | 0,2           | 20%                 |
| 2 | Consistencia con otras estrategias de la empresa | 0,2           | 2             | 0,2           | 20%                 |
| 3 | Riesgo de cambio tecnológico                     | 0,75          | 0,75          | 0,15          | 15%                 |
| 4 | Factibilidad técnica y económica                 | 1,5           | 1,5           | 1,5           | 15%                 |
| 5 | Costo  | 0,5           | 0,5           | 0,1           | 10%                 |
| 6 | Tiempo de desarrollo                             | 0,5           | 0,5           | 0,1           | 10%                 |
| 7 | Gestión del cambio                               | 0,5           | 0,5           | 0,1           | 10%                 |
|   | <b>Puntuación de cada alternativa</b>            | <b>4,15</b>   | <b>7,75</b>   | <b>2,35</b>   | <b>100%</b>         |

La alternativa 2, diseño detallado del proceso con apoyo TI, obtuvo un mayor puntaje ponderado. Se fundamenta como una alternativa alineada totalmente con el planteamiento estratégico de la empresa con un enfoque de apoyo a los objetivos financieros y a los procesos internos. Es consistente plenamente con otras estrategias relacionadas con investigación desarrollo e innovación, con una visión en la transformación digital de la empresa. A pesar de que se observa una actitud optimista frente al cambio continuo como resultado de la aplicación de la tecnología, se observa que aún existe una cultura organizacional con una falta de capacidad para comprender los cambios que las tecnologías producen. Existe una alta factibilidad técnica y económica que garantiza el cumplimiento de esta opción en términos de costo y un tiempo razonable para su implementación.

### **3.6 Propuesta de Solución**

El negocio de la construcción requiere un trabajo eficiente para obtener una mayor rentabilidad en un mercado altamente competitivo.

El resultado de un proyecto de construcción involucra a todos los procesos que intervienen desde su concepción hasta su término. El presente trabajo está enmarcado en una de las etapas iniciales de un proyecto que es la estimación de costos.

Después de revisar la situación actual, se generaron alternativas de solución al problema que fueron evaluadas con algunos criterios relacionados con la estrategia de la empresa y otros propios de la opción. Como resultado de esa evaluación, la alternativa “Diseño detallado del proceso con apoyo TI” obtuvo una mayor valoración por estar alineada con el planteamiento estratégico y es consistente con otros proyectos de innovación.

El diseño del proceso espera producir una diferenciación sin mayores cambios en la arquitectura de procesos, introduciendo herramientas tecnológicas de apoyo a la toma decisiones, con el enfoque en la colaboración para obtener una estimación de costos más realista y obtener un mejor resultado en los proyectos que efectúa la empresa.

El marco de referencia será el diseño de procesos. Para ello, se plantean las variables para la dirección del cambio, el detalle del rediseño de procesos, las lógicas de negocio y el alineamiento del proyecto con la estrategia de la empresa.

### **3.6.1 Diseño de proceso**

#### **3.6.1.1 Dirección de cambio**

Para dar un marco de referencia que permita un diseño del proceso a partir de la estrategia, modelo de negocio arquitectura y situación actual, se plantean las variables asociadas a las innovaciones que se pueden efectuar en el proceso.

Se resume la estrategia, modelo de negocio y arquitectura del caso.

- El posicionamiento estratégico está dado por la diferenciación. Esto es, la participación con bajos costos, pero con características que hacen diferenciar a la empresa de sus competidores.
- El modelo de negocio consiste en crear valor a los accionistas a través de servicios de excelencia en el ámbito de la ingeniería y la construcción, entregando soluciones integrales e innovadoras que agreguen valor a los proyectos de sus clientes y así convertirse en el mejor socio para ellos.
- La arquitectura corresponde a la cadena de valor, presentada en los diagramas de la situación actual.

A continuación, se presenta el análisis de las variables que orientarán el diseño.

#### **3.6.1.1.1 Estructura de la empresa y mercados**

Esta es la variable de mayor impacto sobre el proceso y está presente cuando, al nivel de estrategia, modelo de negocio y de arquitectura, se ha decidido hacer cambios significativos en la estructura de negocio y los procesos y/o en las relaciones con clientes y proveedores. Pero también hay decisiones de estructura interna que afectan el diseño de los procesos. Estas tienen que ver fundamentalmente con la centralización o descentralización de las actividades que conforman el negocio.

Aunque el rediseño no pretende modificar la estructura de la empresa, sí se pretende dar un enfoque de procesos empresarial integrando métodos y herramientas tecnológicas de apoyo.

Esta variable especifica los cambios que pudieran efectuarse en la empresa con la implementación del proyecto. Se descompone en 5 variables donde se especifica la situación actual y la propuesta por el presente trabajo.



| Variables de diseño                                   | Actual       | Propuesto  |
|---|--------------|--|
| a. Servicio integral al cliente                       | No           | Rediseño respaldado con herramientas TI                                  |
| b. Lock-in sistémico                                  | No           | No   |
| c. Integración con proveedores                        | No           | No   |
| d. Estructura interna: centralizada o descentralizada | Centralizada | Centralizada   |
| e. Toma de decisiones: centralizada o descentralizada | Centralizada | Descentralizar decisiones con lógicas de negocio aprobadas centralmente. |

### 3.6.1.1.2 Anticipación

Una de las ideas más importantes de esta variable, es la de anticiparse a eventos futuros. En este ámbito, las necesidades de anticipación de la empresa tienen relación con la planificación de la venta, en la estimación de los costos llevada a cabo en el proceso de generación de las propuestas a los clientes. Anticiparse a errores de estimación busca evitar los efectos negativos de una subestimación de costos.

La anticipación en el presente trabajo está presente en incorporar un proceso formal para la toma de decisiones en el proceso de estimación de costos y permitiendo además que otras áreas de la empresa dispongan de esa información.

| Variables de diseño          | Actual  | Propuesto  |
|------------------------------|---|--|
| a. Planificación de la venta | Basado en conceptos de gestión de proyectos con soporte de sistema básico | Planificación basada en conceptos de gestión de proyectos que incluye herramientas de inteligencia de negocios |

### 3.6.1.1.3 Coordinación

La coordinación tiene que ver con la teoría correspondiente, incluyendo otras variables complementarias, además de planificación, tales como el uso de reglas, jerarquía, colaboración y partición (O. Barros, 2011).

| Variables de diseño | Actual            | Propuesto  |
|---------------------|-------------------|--|
| a. Reglas           | Reglas informales | Reglas formales con apoyo computacional mediante |

|                 |                               |   |
|-----------------|-------------------------------|---|
|                 |                               | flujos de información permitirá compartir información relevante para el negocio entre las áreas de la empresa |
| b. Jerarquía    | Aprobaciones de las gerencias | Se mantienen  |
| c. Colaboración | Informal                      | Formal con herramientas y sistemas que permitan compartir información de proyectos                            |
| d. Partición    | No                            | No  |

#### **3.6.1.1.4 Prácticas de trabajo**

Las prácticas de trabajo materializan y detallan las opciones de diseño expresadas en los puntos anteriores. Deben permitir ejecutar las tareas del proceso de manera que se cumpla con el diseño, por lo que los participantes del proceso deberán considerar los esfuerzos adicionales para cumplir con la sistematización del proceso.

| Variables de diseño  | Actual   | Propuesto   |
|--|--|---|
| a. Lógica de negocio<br>Estimación de costos y planificación de ventas | No   | Lógica semi-automática con modelo de minería de datos de clasificación como apoyo a la toma de decisiones |
| b. Lógica de apoyo a actividades tácitas                               | No   | Revisión y ajustes a modelos predictivos  |
| c. Procedimientos de comunicación e integración                        | No   | Definición de flujo de información y de documentación para incentivar la colaboración                     |
| d. Lógica de procedimientos de medición de desempeño y control         | Indicadores de venta y producción para monitorear las estimaciones versus realidad | Se mantiene   |

### 3.6.1.1.5 Integración de procesos conexos

Esta variable define el grado de interacción entre los procesos dentro de uno o diferentes macroprocesos. El proceso de generación de propuestas interactúa con el proceso de planificación y control de la producción, pero éste último no será rediseñado.

A continuación, se presentan los grados de relación entre los procesos.

| Variables de diseño  | Actual   | Propuesto   |
|--|--|---|
| a. Proceso aislado   | No.<br>Se integra con proceso de planificación y control de la producción. | Se mantiene   |
| b. Todos o la mayor parte de los procesos de un macroproceso | No   | Rediseño del proceso de administración y relación con el cliente de la Macro1. Específicamente el proceso Planificar Ventas |
| c. Dos o más macros que interactúan                          | No   | Se mantiene   |

### 3.6.1.1.6 Mantención consolidada de estados

Esta variable existe para proveer todos los datos necesarios para ejecutar las prácticas de trabajo y comunicar las actividades y procesos. Actualmente, la información de propuestas se maneja en un sistema aislado para el análisis de precios unitarios y las planillas Excel necesarias de apoyo al análisis.

| Variables de diseño                                      | Actual                               | Propuesto   |
|--|--------------------------------------|---|
| a. Datos propios   | Sí.<br>Análisis de precios unitarios | Los datos serán generados especialmente para el proceso                                   |
| b. Integración con datos de otros sistemas de la empresa | No                                   | Integración con sistema ERP de la empresa para obtener información de costos de proyectos |
| c. Integración con datos de sistemas de otras empresas   | No                                   | No  |

### **3.6.1.1.7 Apoyo computacional**

Esta variable es el resultado de las opciones que se han tomado respecto de las variables descritas previamente que definen requerimientos precisos de lógica de negocio a automatizar, flujos computacionales que comunicarán y coordinarán las actividades y los procesos y datos necesarios.

El desarrollo del presente trabajo requerirá para su funcionamiento el apoyo de las tecnologías de información que provean las nuevas prácticas de trabajo en la cadena de valor de la empresa.

Se requerirá el desarrollo y uso de aplicaciones y de tecnologías habilitantes, tales como: aplicativos web, herramientas de minería de datos e integración con otros sistemas.

### **3.6.1.2 Diseño detallado de procesos**

En el levantamiento de la situación actual se describió la arquitectura de procesos que presenta el macroproceso Cadena de Valor, con las características del caso particular de la empresa. En la figura 17 se ilustra el proceso Planificar Ventas, compuesto por tres subprocesos: Generación de Propuestas, Procesamiento de propuestas y Generación de Contrato. Posteriormente, en la figura 18, se describió en detalle el proceso Generación de Propuestas, identificando a los actores del proceso y las actividades que se llevan a cabo para dar cumplimiento a las tareas en la forma tradicional.

Como se determinó en las variables del diseño, la arquitectura de macroprocesos no sufre cambios, es decir, los modelos se mantienen. Sin embargo, existen cambios en el proceso Generación de Propuestas, que contempla la incorporación de herramientas tecnológicas para el apoyo a la toma de decisiones mediante la aplicación de un modelo de minería de datos. Se introduce un algoritmo que ejecuta parte de la actividad y somete los resultados a un actor del proceso que decide un curso de acción.

A diferencia de la situación actual, la fase Revisión del proceso Generación de Propuestas incorpora nuevas actividades que son efectuadas por dos nuevos actores: un analista de propuestas y el sistema. El cambio se introduce una vez que el administrador de propuestas entrega la propuesta al jefe de estudios, quien la revisa con juicio experto y que una vez aprobada preliminarmente solicita al analista de propuestas que analice los datos en el sistema que intentará predecir el precio de la propuesta para ser comparado con el precio determinado mediante la estimación de costos tradicional. Aquí el jefe de estudios podrá seguir un curso de acción dependiendo de los resultados obtenidos.

La lógica anterior puede expresarse en su ejecución por medio de un diagrama de pistas que muestra como participan los diferentes actores del proceso. Éstos son el gerente de estudios, el jefe de estudios, el administrador de propuestas, el analista de propuestas y el sistema.

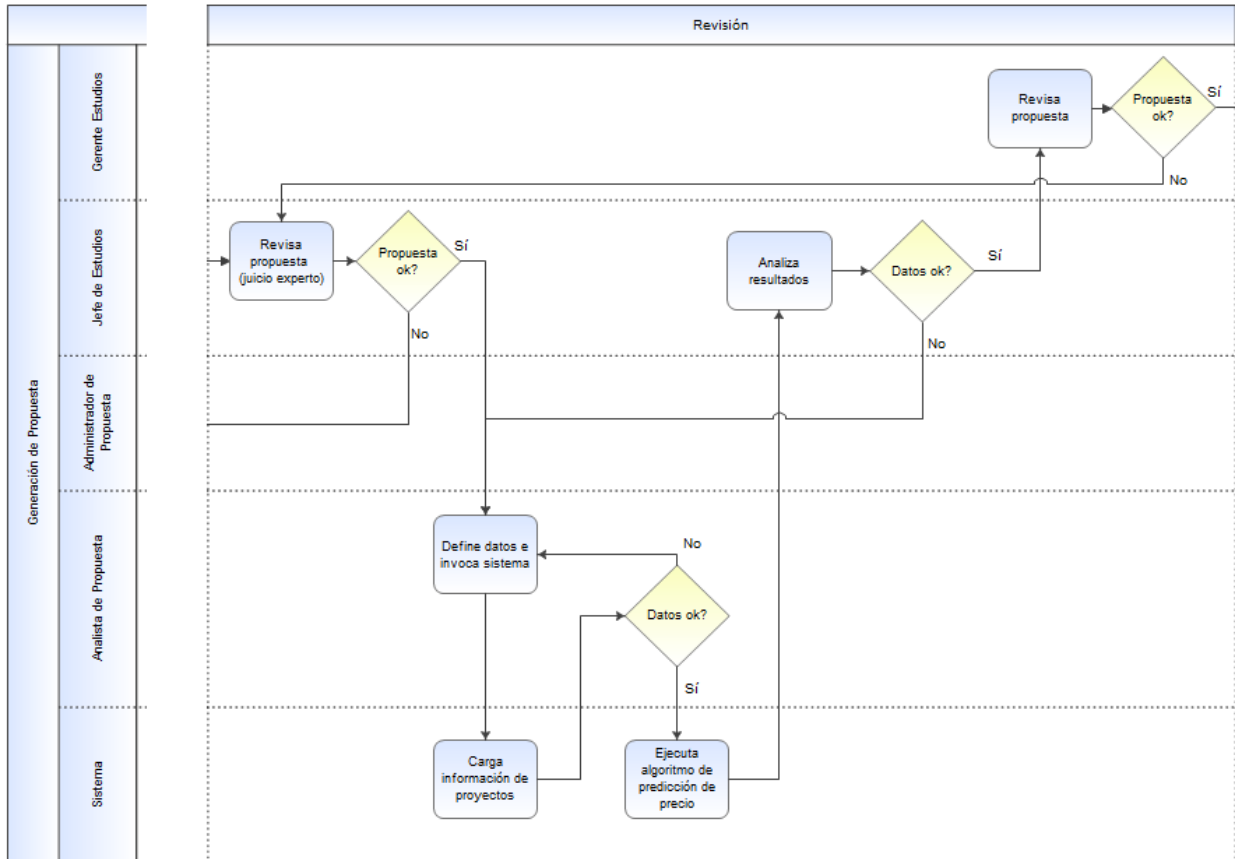


Figura 21 Diseño detallado del proceso Generación de Propuesta

### 3.6.2 Descripción del modelo

En el presente trabajo se desarrolló un modelo para estimar el costo de un proyecto basado en un conjunto de variables e información histórica de proyectos efectuados por la empresa. El modelo se hizo basado en el proceso KDD, que describe su primer paso como la comprensión del dominio de la aplicación, es decir, el entendimiento del problema mediante el análisis de la situación actual de la empresa. Luego, se hizo la selección de variables en función de la información disponible de proyectos y de lo que se pudo recopilar de diversas fuentes. Se seleccionaron las variables que se consideraron más significativas y que pudieran explicar el costo estimado a término de un proyecto, es decir la variable objetivo.

A continuación, se describen las variables seleccionadas para el modelo:

| Variable             | Descripción   |
|----------------------|---|
| TipoObra             | Tipo de obra  |
| Cliente              | Identificados del cliente                               |
| AdministradorObra    | Identificador del administrador del proyecto            |
| GerenteProyecto      | Identificador del gerente del proyecto                  |
| Ubicación            | Comuna donde está ubicado el proyecto                   |
| TipoContrato         | Tipo de contrato  |
| SuperficieM2         | Superficie construida expresada en metros cuadrados     |
| MontoUFContrato      | Monto del contrato expresado en unidades de fomento     |
| CostoUFM2            | Costo del metro cuadrado expresado en unidad de fomento |
| CostoEstimadoTermino | Costo estimado a término del proyecto                   |

Se obtuvo información de cincuenta proyectos que fue validada para tratar los datos faltantes y atípicos. En un preprocesamiento se pudo verificar la correlación de algunas variables que fueron descartadas.

Posteriormente se revisó la información de los diversos algoritmos de clasificación de minería de datos y se determinó que se pudiera evaluar un par de alternativas para validar qué técnica entregaría una predicción más precisa. Se concluyó que las técnicas de Deep Learning y Random Forest entregan un resultado más preciso para predecir una variable continua.

La evaluación de las técnicas se efectuó con el software RapidMiner Studio

Se confeccionó un modelo común con todos los operadores. Posteriormente se generaron dos instancias, una para Random Forest y otra para Deep Learning con sus respectivos parámetros.

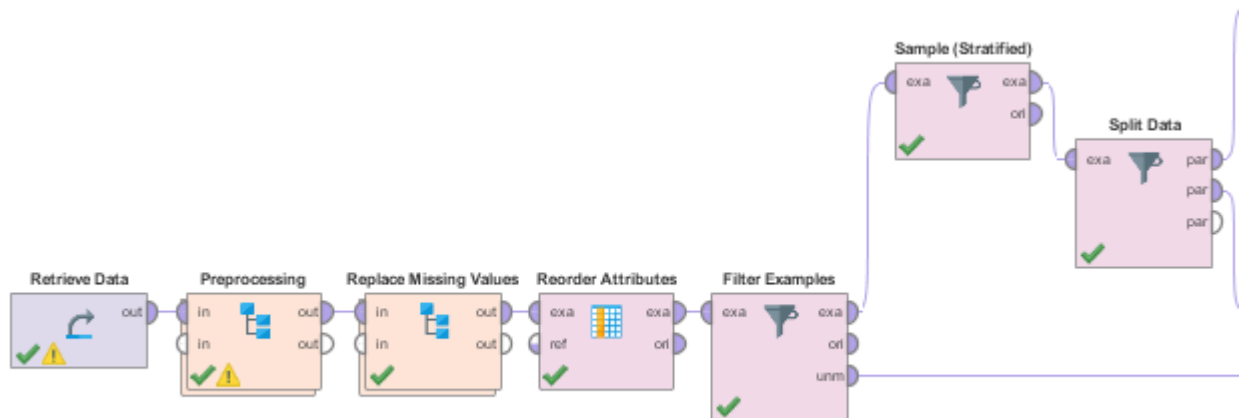


Figura 22 Modelo General Parte 1

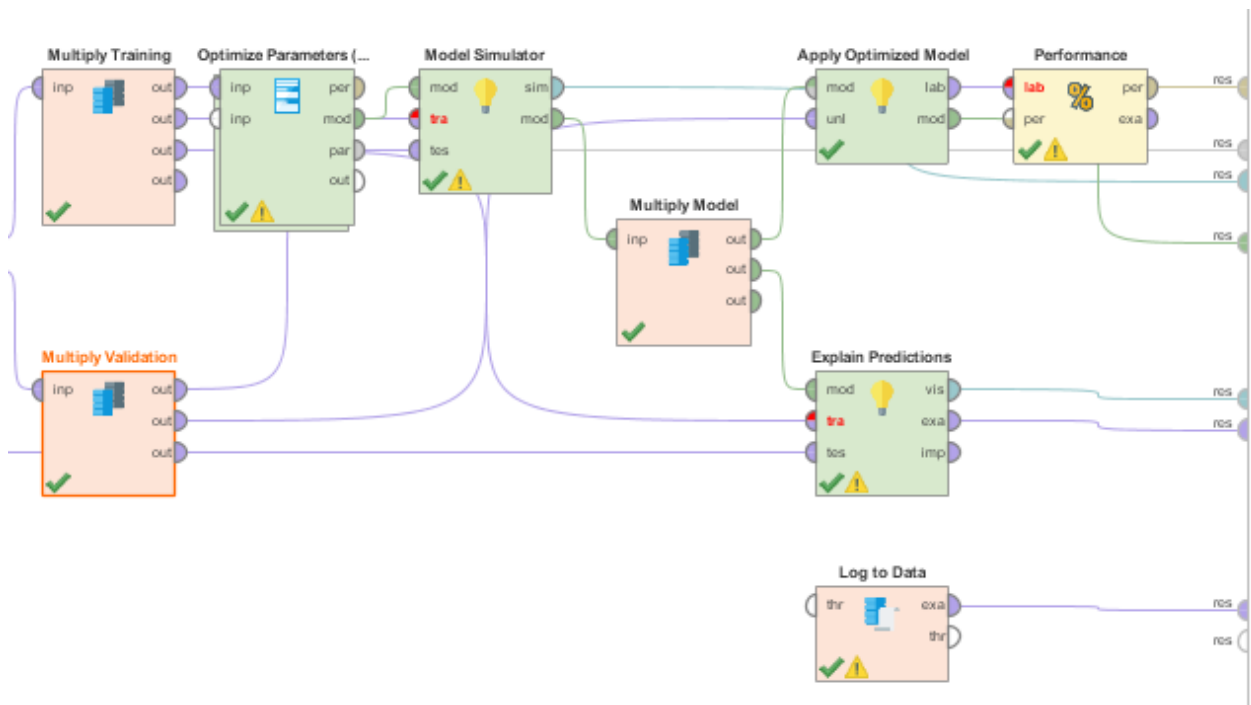


Figura 23 Modelo General Parte 2

A continuación, se describen los principales operadores del modelo.

| Operador               | Descripción  |
|------------------------|--|
| Retrieve Data          | Carga el conjunto de datos al proceso  |
| Preprocessing          | Es un subproceso que efectúa varias operaciones, entre ellas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir la variable objetivo para el modelo predictivo</li> <li>• Selecciona las columnas del set de datos seleccionado</li> <li>• Discretizar variables</li> </ul> |
| Replace missing values | Subproceso que reemplaza los valores faltantes   |
| Split Data             | Produce dos conjuntos de datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Set de datos con 80% para entrenar el modelo</li> <li>• Set de datos con 20% para validar el modelo</li> </ul>  |
| Optimize parameters    | Subproceso que encuentra los valores óptimos de los parámetros seleccionados. Contiene una validación cruzada y el registro del rendimiento del operador Random Forest o Deep Learning.  |
| Model Simulator        | Este operador provee los métodos para cambiar los datos de entrada al modelo y ver el resultado de la predicción.  |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Apply optimized model | Este operador aplica el modelo al conjunto de datos   |
| Performance           | Este operador se utiliza para la evaluación estadística del rendimiento de las tareas de regresión y entrega una lista de valores de criterios de rendimiento de la tarea de regresión. |

### 3.6.2.1 Modelo Random Forest

**Parameters** ✕

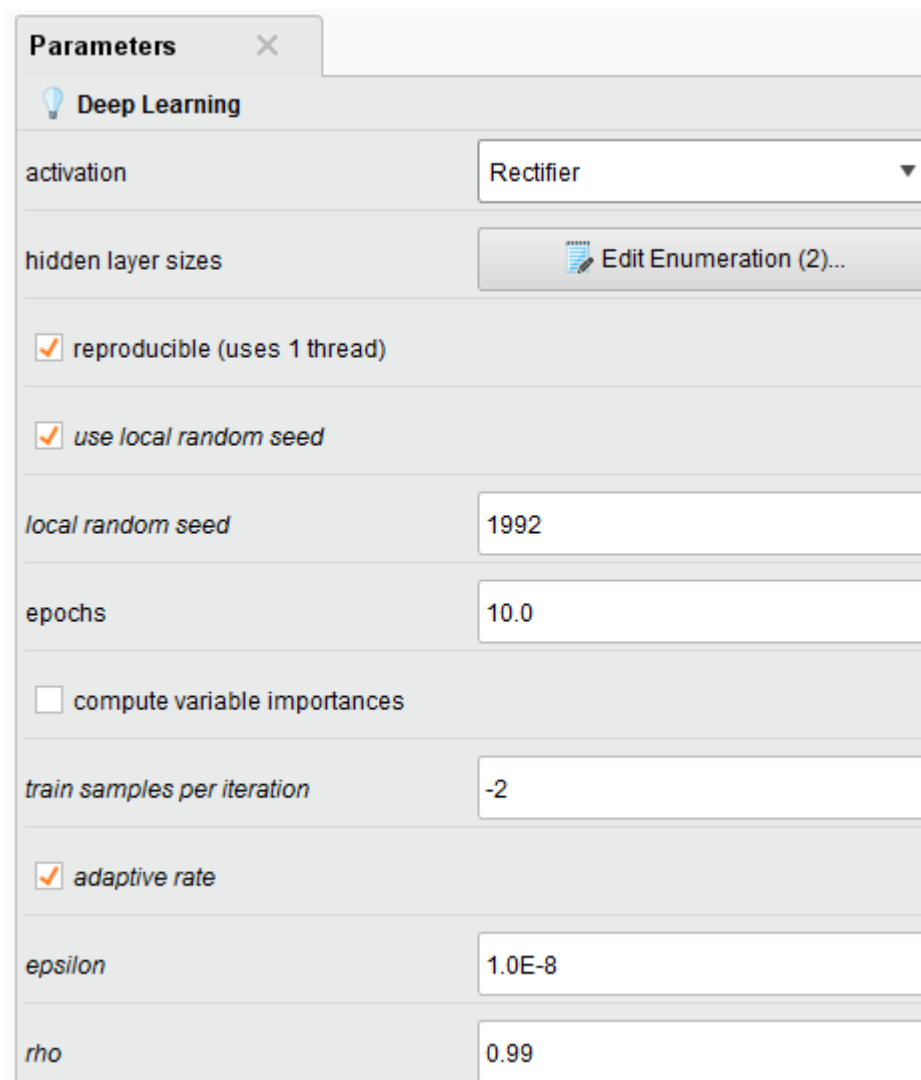
💡 **Random Forest**

|  |  |
|--|--|
| number of trees  | <input style="width: 90%;" type="text" value="10"/>  |
| criterion  | <input style="border-bottom: 1px solid #ccc; border-right: 1px solid #ccc; border-left: 1px solid #ccc; border-top: 1px solid #ccc; text-align: right; font-size: small; color: #666; font-family: sans-serif; padding: 2px 5px;" type="text" value="least_square"/> ▼ |
| maximal depth  | <input style="width: 90%;" type="text" value="20"/>  |
| <input checked="" type="checkbox"/> apply prepruning   |  |
| minimal gain   | <input style="width: 90%;" type="text" value="0.01"/>  |
| minimal leaf size                                      | <input style="width: 90%;" type="text" value="2"/>   |
| <i>minimal size for split</i>                          | <input style="width: 90%;" type="text" value="4"/>   |
| <i>number of prepruning alternatives</i>               | <input style="width: 90%;" type="text" value="3"/>   |
| <input type="checkbox"/> <i>random splits</i>          |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> guess subset ratio |  |
| <input type="checkbox"/> <i>use local random seed</i>  |  |

Figura 24 Parámetros del operador Random Forest



### 3.6.2.2 Modelo Deep Learning



**Parameters** ×

Deep Learning

activation: Rectifier

hidden layer sizes: Edit Enumeration (2)...

reproducible (uses 1 thread)

use local random seed

local random seed: 1992

epochs: 10.0

compute variable importances

train samples per iteration: -2

adaptive rate

epsilon: 1.0E-8

rho: 0.99

Figura 25 Parámetros del operador Deep Learning

### 3.6.2.3 Resultados obtenidos

Debido a que se está prediciendo una variable continua, no es posible obtener una matriz de confusión donde se determine la precisión de los resultados. Sin embargo, el sistema provee otras variables que sirven para validar los resultados.

#### Random Forest - Performance



Criterion

- root mean squared error
- absolute error
- relative error lenient**
- squared error
- squared correlation

**relative\_error\_lenient**

relative\_error\_lenient: 5.90% +/- 7.15%

## Deep Learning - Performance



### 3.6.2.4 Simulador de la predicción

En el diseño del proceso se incorporó un operador para simular los resultados de la predicción. El simulador contiene los controles necesarios para asignar valores a las variables del modelo y determinar la predicción. Adicionalmente muestra un gráfico donde muestra la relevancia de las variables en la predicción.

#### Random Forest - Simulator

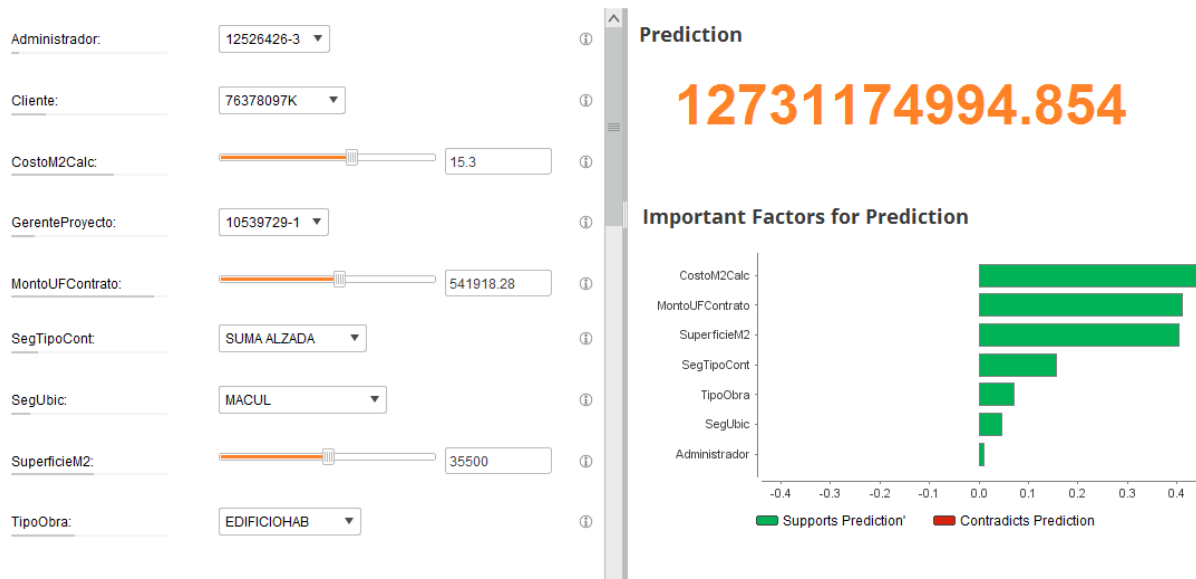


Figura 26 Simulador de Predicción

## 3.7 Plan de Implementación y Acción

Para poner en funcionamiento el rediseño del proceso es necesario establecer un plan de implementación para coordinar las actividades necesarias con el fin de asegurar el éxito del desarrollo y de la implementación.

### **3.7.1 Propósito de la solución**

El propósito de la solución es la implementación del proceso de generación de propuesta, que contempla la incorporación de un modelo analítico para predecir el costo de una propuesta en base a la información histórica de proyectos efectuados por la empresa. Se concibe el modelo como una herramienta de colaboración complementaria a las actuales técnicas aplicadas en el proceso de estimación de costos de proyectos. Con esta solución se pretende entregar al usuario una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que le servirá como guía para determinar el curso de una acción dependiendo del resultado obtenido por el modelo.

### **3.7.2 Supuestos y Restricciones**

Los supuestos son factores que para propósitos de la planificación del proyecto se consideran verdaderos, reales o ciertos. A continuación, se presentan los supuestos del proyecto:

- Se cuenta con el personal necesario para llevar a cabo las tareas de dirección del proyecto, así como también para dirigir los desarrollos e implementaciones informáticas necesarias para dar cumplimiento a los requerimientos del proyecto.
- El proyecto se mantendrá dentro del grupo de proyectos con prioridad en su ejecución para asignar los recursos necesarios.

Las restricciones son factores que limitan la implementación, el rendimiento o las opciones de planificación. Pueden afectar a los objetivos del proyecto o a los recursos que se emplean. A continuación, se presentan las restricciones del proyecto:

- El presupuesto no puede exceder el monto de 1000 unidades de fomento.
- El plazo de implementación no puede exceder el año calendario, de lo contrario habrá que presentar presupuesto para el próximo año.

### **3.7.3 Riesgos Involucrados**

A continuación, se mencionan los riesgos involucrados en la implementación del proyecto:

- Cancelación del proyecto por no estar acorde a nuevos lineamientos

Dimensión: Alineamiento organizacional

Probabilidad de ocurrencia: Bajo

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Desarrollar narrativas y ofertas para los actores del proyecto

- Reducción de presupuesto para implementar nuevas tecnologías

Dimensión: Alineamiento organizacional

Probabilidad de ocurrencia: Medio

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Implementar con tecnologías alternativas

- Perder el interés y apoyo al proyecto

Dimensión: Involucramiento

Probabilidad de ocurrencia: Bajo

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Mantener el proyecto dentro de las prioridades de la empresa

- Postergación o retraso por falta de liderazgo

Dimensión: Liderazgo

Probabilidad de ocurrencia: Medio

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Realizar reuniones periódicas y controlar los entregables

- Falta de personal para desarrollo de aplicaciones

Dimensión: Soporte al desempeño

Probabilidad de ocurrencia: Medio

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Buscar desarrollador externo

- Pérdida de credibilidad por entrega de información errónea

Dimensión: Soporte al desempeño

Probabilidad de ocurrencia: Medio

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Revisión de los datos / Ajuste del modelo

- Cultura organizacional

Dimensión: Involucramiento

Probabilidad de ocurrencia: Alto

Impacto: Alto

Medida de mitigación: Definición de estrategia de gestión del cambio

### **3.7.4 Principales tareas a desarrollar**

Entre las principales tareas a efectuar para la implementación del modelo, se mencionan las siguientes:

- Replicar el modelo obtenido en el presente trabajo en tecnologías Microsoft Azure
- Generar los datamarts necesarios
- Desarrollar la interfaz de usuario
- Capacitación al usuario final
- Difundir la nueva herramienta tecnológica

### **3.7.5 Requerimientos Funcionales y no Funcionales**

La implementación del rediseño del proceso incorpora herramientas tecnológicas que deben cumplir los siguientes requerimientos.

#### **3.7.5.1 Requerimientos Funcionales**

| Requerimiento | Descripción   |
|---------------|---|
| RFU-01        | Se integrará a la plataforma MS Azure para consultar directamente los datamarts que proveerán de los datos de proyectos.                      |
| RFU-02        | Desplegará la interfaz del usuario que contendrá el simulador con los controles necesarios para introducir datos para efectuar la predicción. |
| RFU-03        | Aplicará los datos de introducidos a través de la interfaz de usuario y generará el resultado de la predicción.                               |
| RFU-04        | Guardará un registro de los resultados obtenidos con el nombre del usuario, fecha y hora de consulta.   |

#### **3.7.5.2 Requerimientos no Funcionales**

| Requerimiento | Descripción   |
|---------------|---|
| RNF-01        | Requisitos de seguridad de la información<br>Se requiere el acceso bajo las normas establecidas por la empresa para el acceso a los sistemas con los roles respectivos. |

|        |  |
|--------|--|
| RNF-02 | El sistema debe ser compatible con las aplicaciones actuales.                                  |
| RNF-03 | La interfaz debe ser intuitiva, con lenguaje simple para facilitar la experiencia del usuario. |

### **3.7.6 Hardware, software, instalaciones y materiales propuestos**

La empresa utiliza tecnologías Microsoft en la nube, denominada Azure. Esta tecnología evita la compra de costoso hardware que en la mayoría de las veces está sobredimensionado y al poco tiempo queda obsoleto. Para la implementación de este proyecto se recomienda el uso de tecnología Microsoft para integrar la solución con la granja de servidores y de aplicaciones que darán soporte a este sistema.

Se deberá evaluar el costo de nuevas licencias por el uso de software y el arriendo de servidores que pueden comenzar con una configuración básica en la etapa inicial del proyecto y que podrá ir incrementándose la capacidad en la medida que se requiera un mayor rendimiento para soportar a los diversos usuarios que utilicen el sistema.

### **3.7.7 Plan de cambio**

Todo proyecto tecnológico tiene un impacto en la cultura organizacional de una empresa como también un impacto en las emociones de las personas. Por este motivo, se debe generar una estrategia para lograr una implementación exitosa del proyecto. Se identificará a los actores del proyecto, su nivel de poder y su relación con el proyecto. Posteriormente, se describen narrativas dedicadas a cada actor dependiendo de su rol en el proyecto para comunicar adecuadamente y lograr el apoyo necesario. Durante este proceso se debe generar las instancias de comunicación y escuchar a los distintos actores como una manera de fortalecer las conversaciones.

Se debe determinar los hitos del proyecto para programar la difusión del proyecto, las capacitaciones internas que sean necesarias.

#### **3.7.7.1 Identificación de los actores del proyecto**

| Actor y su relación con el proyecto  | Nivel de Poder | Relación con el proyecto  |
|--|----------------|---|
| Gerente General<br>Autoridad máxima de la compañía con poder de decisión para financiar proyectos. | Alto           | Impulsa la dirección hacia la transformación digital con un enfoque en los proyectos que generen una ventaja comparativa con otros actores del mercado. |

|  |       |  |
|--|-------|--|
| Gerente de planificación<br>Es el principal gestor de proyectos de innovación en el holding de empresas. | Alto  | Visualiza una oportunidad de mejora de procesos a través del uso racional de las tecnologías de información que estén alineadas al planteamiento estratégico de la empresa y a proyectos de I+D+i. |
| Gerente Comercial<br>Es el gerente del área donde se implementará el proyecto.                           | Medio | Puede cuestionar el proyecto. Sin embargo, deberá entender que la solución es atractiva y estratégica para la empresa y especialmente para su área.  |
| Gerente de Estudios  | Medio | Puede cuestionar el proyecto debido a que es una nueva forma de control a las actividades de su área.  |
| Jefe de Estudios   | Medio | Puede cuestionar el proyecto debido a que es una forma de control y de doble chequeo a la labor que realiza. Puede considerar que el proyecto es un obstáculo.                                     |

### 3.7.7.2 Narrativas y ofertas a los actores

| Actor                    | Narrativa   |
|--------------------------|---|
| Gerente General          | Esta es una solución innovadora dentro de la industria. Su implementación generará una ventaja comparativa con otros actores del mercado.   |
| Gerente de Planificación | Este es un proyecto que está enmarcado dentro de la transformación digital que efectúan las empresas para lograr eficiencia en su operación y una diferenciación con los otros actores del mercado.   |
| Gerente Comercial        | Esta solución apoyará directamente la gestión dentro de su área. Será un gran aporte para detectar oportunamente desviaciones en las propuestas a los clientes que puedan afectar a los objetivos de rentabilidad de la empresa.                  |
| Gerente de Estudios      | Esta solución apoyará directamente a la toma de decisiones en el área de propuestas pues podrá anticiparse a las variaciones de precios de las propuestas con el objetivo de hacer las correcciones necesarias antes de enviarlas a los clientes. |
| Jefe de Estudios         | Esta solución está diseñada para ayudar al usuario a efectuar su trabajo de una manera amigable y eficiente. Con un par de datos de entrada podrá obtener resultado   |

|  |  |
|--|--|
|  | en una fracción del tiempo en comparación a hacer el análisis en forma manual. |
|--|--|

### 3.7.8 Criterios de Aceptación

La aceptación del proyecto y de los entregables estarán sujetos al cumplimiento de los siguientes criterios definidos como estándares dentro de la empresa.

| Criterio          | Descripción   |
|-------------------|---|
| Compatibilidad    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatible con tecnologías Microsoft</li> </ul>  |
| Desempeño         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que el margen de error en las predicciones no exceda +/-10%</li> <li>• Que acepte una cantidad mínima, por definir, de sesiones simultáneas sin disminuir el rendimiento en la entrega de resultados.</li> </ul> |
| Interoperabilidad | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración con sistemas de la empresa</li> <li>• Que permita importar y exportar datos en formatos estándar</li> </ul>  |
| Usabilidad        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso intuitivo de las aplicaciones</li> <li>• Con las herramientas necesarias para el manejo del usuario final</li> </ul>   |
| Diseño            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño consistente con la gráfica de la empresa</li> </ul>   |



## **4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Este capítulo resume los resultados obtenidos y las implicaciones del trabajo realizado en el enfoque preliminar de estimación de costos basado en el costo total de proyectos de construcción. Después de una revisión de los objetivos iniciales del proyecto, se presentan las conclusiones, las contribuciones de este estudio y las recomendaciones para futuros trabajos a realizar para lograr mejores resultados.

### **4.1 Revisión de los objetivos**

El objetivo general del presente trabajo consiste en proponer mejoras en el proceso de estimación de costos de los proyectos de la Empresa Constructora en la etapa de propuestas. Se propone desarrollar un enfoque basado en el precio total que incluya las variables que identifican y que explican el resultado histórico de los proyectos, con el fin de complementar las actuales técnicas de estimaciones de costos utilizadas por la empresa.

Los objetivos particulares fueron definidos de acuerdo a los lineamientos estratégicos y apuntan directamente a la mejora del resultado operacional de los proyectos desarrollados por la empresa.

### **4.2 Conclusiones**

La estimación de costos es un proceso clave en el negocio de la construcción. En ocasiones implica trabajar bajo ciertos supuestos debido a la falta de información y de especificaciones en la etapa inicial de un proyecto. A pesar de estas restricciones, se debe determinar el presupuesto de un proyecto que será la base para las proyecciones de flujos de caja, planificación de la producción y abastecimiento, entre otras actividades. Para la empresa es muy importante que las estimaciones de costos sean precisas y que tengan la holgura suficiente para hacer frente a alzas de precios de los insumos para no afectar al margen de la utilidad proyectada.

Se detectó una oportunidad de mejora de un proceso y mediante la metodología de Ingeniería de Negocios se hizo el levantamiento de la situación actual y el diagnóstico para detectar las causas del problema. Posteriormente, se presentaron alternativas de solución que fueron evaluadas bajo ciertos criterios y ponderación de puntajes. Se seleccionó la alternativa de rediseño de procesos con apoyo de las tecnologías de información que incluye técnicas de minería de datos para el apoyo a la toma de decisiones en el proceso de generación de propuestas.

Los últimos avances en las tecnologías de la información han llevado al desarrollo de variadas técnicas de Machine Learning avanzadas y con diferentes niveles de precisión en la obtención de los resultados. Sin embargo, para la industria de la construcción y específicamente para el problema desarrollado en este trabajo, no existe una técnica específica para aplicar directamente. Por ello, fue necesario investigar y probar cual técnica pudiese entregar una respuesta más precisa de acuerdo a los datos entregados por la empresa. Varias técnicas fueron evaluadas, entre ellas, regresiones, redes neuronales y random forests. Esta última puede utilizarse para manejar un gran volumen de datos con diferentes atributos, permite la predicción de una variable continua sin la necesidad de discretizar los valores y tiene pocos parámetros de ajuste disminuyendo la complejidad de su aplicación.

Para el desarrollo del modelo se utilizó la técnica random forests, la información de cincuenta proyectos y diez variables, obteniendo resultados satisfactorios al momento de hacer las simulaciones. El modelo facilita el análisis de datos complejos y la incorporación de nuevas variables, para identificar tendencias y analizar escenarios “what-if” para tomar decisiones informadas.

En el presente trabajo se validó que, mediante el uso de técnicas de minería de datos, es posible predecir el costo de un proyecto basándose en la información histórica de otros proyectos efectuados. Se debe destacar, que esta medida pretende complementar las actuales técnicas de estimación de costos utilizadas en la empresa con el objetivo de hacer más precisas las estimaciones y en ningún caso se pretende reemplazar los actuales métodos donde siempre será necesario un juicio experto.

El negocio debe evaluar los beneficios versus los costos de construir una herramienta tecnológica más acabada que disponga de una interfaz de usuario y conexión a los sistemas de información actuales. De esta manera el modelo podrá ser utilizado por los usuarios para tomar decisiones bien documentadas e identificar las diferencias entre los costos esperados y los estimados.

### **4.3 Trabajos futuros**

En la medida que se desarrolla un proyecto según una especificación inicial, se van vislumbrando los posibles trabajos futuros o mejoras, pues no será posible incorporar todo en la actual versión por restricciones de alcance, costo y tiempo.

Son varios los trabajos que deberán evaluarse como nuevos proyectos pues se requerirá una cantidad de recursos para llevarlos a cabo.

Considerando que el actual trabajo se enfoca en la estimación de costos por un precio total, debe ser factible hacer la estimación al nivel de la estructura de descomposición del proyecto para hacer estimaciones más precisas aún.

En el desarrollo del presente trabajo, se mencionó la interacción del proceso Generación de Propuestas con el proceso de Planificación y Control Producción. Éste último requiere de una herramienta tecnológica que les permita hacer estimaciones de costo periódicamente en niveles más detallados aún como es el nivel de actividades y de insumos de proyectos, para introducir mejoras en la gestión del valor ganado de los proyectos.

Finalmente, cabe señalar que este tipo de proyectos son de una complejidad mayor debido a que aún no existen estudios que abarquen a todas las industrias. Por lo tanto, se requiere de una mayor cantidad de tiempo para evaluar modelos que puedan ajustarse a los casos particulares.

## 5. CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA

- Barros, Ó. (2015). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI*.
- Brachman, R., & Anand, T. (1996). THE Process of Knowledge Discovery in Databases: A First Sketch. *AAAI Technical Report*.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). *From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases*.
- Hax, A. (2003). The Delta Model - A New Framework of Strategy. *Journal of Strategic Management Education*.
- Hossein Iranmanesh, S., & Zarezadeh, M. (2008). Application of Artificial Neural Network to Forecast Actual Cost of a Project to Improve Earned Value Management System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*.
- Johnson, M., Christensen, C., & Kagermann, H. (2008). Reinventing your Business Model. *Harvard Business Review*, 11.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2004). *Mapas Estratégicos*. Harvard Business School Publishing Corporation.
- KBSI. (s.f.). *Integrated DEFinition Methods (IDEF)*. Obtenido de <http://www.idef.com>
- Kislauskis, D., & Lerner, A. (10 de Abril de 2018). *El impacto del cambio tecnológico en las empresas*. Obtenido de <https://home.kpmg/ar/es/home/Tendencias/2018/04/el-impacto-del-cambio-tecnologico-en-las-empresas.html>
- Kotter, J. (1995). Liderando el Cambio: Por qué los esfuerzos de transformación fracasan. *Harvard Business Review*.
- Min, P. (2006). Item Level Quantity-Based Preliminary Cost Estimating System for Highway Structures and Miscellaneous Construction. *Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Austin In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philisophy*. Texas, Austin. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.634.1617&rep=rep1&type=pdf>
- Object Management Group. (January de 2011). *Business Process Model And Notation (BPMN)*. Obtenido de <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
- PMBOK. (2008). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Project Management Institute.
- Porter, M. (1996). What is Strategy? *Harvard Business Review*.
- Porter, M. (2008). Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. *Harvard Business Review*, 1-18.