



PROYECTO FINAL DE
INGENIERIA INDUSTRIAL

*Optimización del proceso de
presupuestación de pipelines*

Autor: Maximiliano Nicolás Lirusso Irigoyen

Tutor: Ing. Rifat Lelic

*A mi familia y aquellos que me apoyaron
a lo largo de este camino de manera
incondicional*

Gracias

RESUMEN EJECUTIVO

La necesidad de las empresas de permanecer competitivas a nivel global, se ha convertido en una necesidad dentro de cualquier mercado. En particular, en el rubro de la construcción industrial en Latinoamérica, donde se ha generado un mercado emergente generando en aumento en la cantidad de competidores durante procesos licitatorios que anteriormente no ofertaban en la región. Este fenómeno afecta principalmente a las grandes constructoras ya consolidadas como Andrade Gutiérrez, Odebrecht, Camargo Correas y Techint Ingeniería y Construcciones (TEIC). Donde esta última concentra el 80% de su facturación comprometida [Anuario Grupo Techint, 2011] en Argentina y Brasil, y es la empresa en la cual se basa el presente trabajo.

Para hacer frente a la evolución del mercado planteado, se propone presentar una solución para mejorar la calidad de las propuestas económicas presentadas durante el proceso licitatorio planteando una mejora en la metodología utilizada para valorizar los trabajos en esta etapa, en particular mejorar el dimensionamiento de la cantidad de recursos necesarios para ejecutar los trabajos asociados a la construcción de pipelines. Para lograr este objetivo se plantea la incorporación de variables adicionales asociadas a los rendimientos de los recursos definidos para cada fase de construcción.

La estrategia utilizada en el presente trabajo parte de la identificación de las fases constructivas que involucran la construcción de pipelines, para poder identificar en cada una de ellas los procesos involucrados en su desarrollo y la necesidad de recursos, tanto de mano de obra como de equipos mecánicos, para el correcto desarrollo de los trabajos estimados. Una vez identificadas las fases constructivas se analiza la criticidad en base al consumo de recursos de cada una de ellas para identificar las actividades críticas que se analizan a lo largo de este trabajo. A su vez, entendiendo el proceso comercial y como el departamento de presupuestos juega un rol fundamental en la valorización de los trabajos incluidos en la oferta económica al utilizar los rendimientos de los recursos de acuerdo a la metodología empleada en la empresa se identifica como un punto clave la capacidad de poder definir la productividad de los recursos asociados de la manera más exacta posible. Para lograr esto, se plantea el uso de variables adicionales asociadas a las productividades de los recursos que permitan asociar los consumos obtenidos con las mismas con el relevamiento de las condiciones reales de trabajo definidas por la ocurrencia de las variables adicionales planteadas.

Como conclusión se confirma la existencia de ciertas variables adicionales que pueden mejorar la calidad de la información utilizada en el proceso de presupuestación de ductos, de las cuales se destacan las condiciones climáticas que afectan los trabajos, las condiciones geográficas en las cuales se desarrollan los mismos y el impacto que tiene la presencia de centros urbanos en relación a los frentes de trabajo y campamentos de las obras. Para medir el

impacto de las variables identificadas sobre los rendimientos se propone el relevamiento y estandarización de la información utilizando un parte diario de trabajo ampliado, el cual contemple estos aspectos para la posterior carga en sistemas centralizados de la empresa que permita el análisis y su posterior utilización en ofertas comerciales o proyectos en curso.

EXECUTIVE SUMMARY

The need for companies to remain globally competitive has become an obligation in any market these days. In particular, in the field of industrial construction in Latin America where it has developed an emerging market increasing the number of competitors during bidding processes in the region. It affects mainly large construction already consolidated Companies as Andrade Gutierrez, Odebrecht, Camargo Correas, Techint Engineering and Construction (TEIC). Which the latter accounts for 80% of its turnover committed [Yearbook Techint Group, 2011] in Argentina and Brazil and is the company which is based on this work.

To face raising market developments, this paper presents a solution to improve the quality of the economic proposals submitted during the bidding process to improve the methodology used to value the work at this stage, particularly the design of the amount of resources needed to perform the work associated with the construction of pipelines. To achieve this goal, this paper proposes the inclusion of additional variables related to the performance of the resources defined for each phase of construction.

The strategy used in this paper begins with the identification of the phases involving the construction of pipelines, to identify each of the processes involved in its progress and the need for resources, both manpower and equipment related for the proper accomplishment of the estimated work. Having identified the construction significant phases, it analyzes based on the resource consumption of each one of them the critical ones. On the other hand, understanding the commercial process and how the Estimating department plays a fundamental role in the valuation of the works included in the tender offer using the performance of resources according to the methodology used within the company. In this sense, the paper identifies as a key point the ability to define the associated resource productivity the most accurate way. To accomplish this, we propose the use of additional variables associated with the productivity of resources to link the obtained performance with the variables through the survey of actual conditions of work defined by the occurrence of the additional variables.

In conclusion, it is confirmed the existence of some additional variables that can improve the quality of the information used in the tendering process of pipeline construction, which highlights the climatic conditions affecting the work, geographical conditions and the impact of the presence of urban communities in relation to the work sites and camps. To measure the impact of the identified variables on performance is proposed the survey and standardization of information using an expanded daily working report, which considers for these aspects for subsequent loading onto centralized systems of the company to allow further analysis and use in the tendering process or ongoing projects.

INDICE

1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1	ESCENARIO	1
1.2	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	2
1.2.1	Pregunta de investigación	2
1.2.2	Resultados esperados	4
1.2.3	Aplicaciones prácticas	4
1.3	DOMINIO DEL PROBLEMA	4
1.4	ALCANCE DEL TRABAJO	5
1.4.1	Posicionamiento del trabajo	5
1.4.2	Valor del dinero	5
1.4.3	Fases directas / indirectas	5
1.4.4	Recursos y Tecnología	6
1.4.5	Procedimientos y gestión interna	6
1.5	METODOLOGÍA	6
1.6	ESTRUCTURA	8
1.6.1	Capitulo 2 – Actividades en la construcción de ductos	8
1.6.2	Capitulo 3 – Proceso de presupuestación actual	9
1.6.3	Capitulo 4 – Presentación de alternativa de mejora del proceso	9
1.6.4	Capitulo 5 – Conclusiones y recomendaciones.	9
2	ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCION DE DUCTOS	11
2.1	ETAPAS DE LA CONSTRUCCION	11
2.2	PRINCIPALES ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	12
2.2.1	Hitos destacados en la construcción de Ductos	12
2.2.2	Actividades previas a la construcción	13
2.2.3	Utilización de la técnica de Spread	13
2.2.4	Actividades Principales en la construcción	14
2.3	ANALISIS DE COSTO DE LAS FASES CONSTRUCTIVAS	32
2.4	CONCLUSIONES	34

3	PROCESO DE PRESUPUESTACION ACTUAL	35
3.1	EL PRESUPUESTO Y LA OFERTA COMERCIAL	35
3.2	PRESUPUESTO DE OFERTA	38
3.3	PARTICIPANTES DEL PROCESO DE PRESUPUESTACION	39
3.3.1	Ingeniería	40
3.3.2	Suministros	40
3.3.3	Operaciones	41
3.3.4	Presupuestos	41
3.3.5	Programación de proyectos	41
3.3.6	Otras áreas de soporte	42
3.3.7	Flujo de Información	42
3.4	METODO DE PRESUPUESTACION EMPLEADO	44
3.4.1	Estimación analítica	45
3.4.2	Productividad	46
3.5	CONCLUSIONES	48
4	PRESENTACION DE ALTERNATIVA DE MEJORA DEL PROCESO	49
4.1	INTRODUCCION	49
4.2	IDENTIFICACION DE VARIABLES ADICIONALES	50
4.2.1	Impacto de la Economía General	50
4.2.2	Impacto de Aspectos laborales	51
4.2.3	Impacto del Clima	53
4.2.4	Impacto por la Actividad	55
4.2.5	Equipamiento	58
4.2.6	Supervisión	58
4.3	RELEVAMIENTO E INCORPORACION A LOS PRESUPUESTOS	60
4.4	CONCLUSIONES	62
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES	65
5.1	INTRODUCCION	65
5.2	IDENTIFIICACION E INCORPORACION DE VARIABLES ADICIONALES	66

5.2.1	Actividades Críticas	67
5.2.2	Proceso de presupuestación y metodología de trabajo	68
5.2.3	Identificación de variables adicionales	69
5.2.4	Propuesta de Mejora	69
5.3	CONCLUSIONES	71
5.4	CONTRIBUCIONES	72
5.5	FUTURAS INVESTAGIONES	72
6	BIBLIOGRAFIA	75
7	ANEXOS	77
7.1	Fases de la Construcción	79
7.2	Parte diario propuesto completo	99

1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ESCENARIO

La necesidad de las empresas de permanecer competitivas a nivel mundial se ha convertido en una prioridad cada vez más tangible en los últimos años. La inclusión de nuevas tecnologías, materiales y sistemas para el proceso de información han brindado el soporte necesario a las empresas para mejorar su propia gestión.

El rubro de la construcción industrial no ha sido ajeno a estos cambios ya que, en general, las empresas constructoras poseen una cartera de proyectos distribuidos a nivel regional que obliga a competir contra compañías de primera línea que participan en las mismas licitaciones. Es por ello que la necesidad de realizar un benchmark constante con el mercado en materia de productividad y costos se hace necesaria para poder permanecer competitivo.

En los últimos años, debido a la merma de inversiones en mercados desarrollados, como Estados Unidos o Europa, las grandes empresas constructoras se han volcado hacia el mercado Latinoamericano. Empresas como Bechtel, Fluor, CB&I, han ingresado al mercado latino en busca de complementar la caída de su cartera.

Esto ha hecho que la competencia en las licitaciones se haya vuelto más competitiva para las grandes Constructoras regionales como Andrade Gutiérrez, Odebrecht, Camargo Correas, Techint Ingeniería y Construcciones (TEIC). En el caso de TEIC, que concentra sus operaciones en Latinoamérica, fundamentalmente Argentina y Brasil donde posee el 80% de su facturación comprometida [Anuario Grupo Techint, 2011] es de gran importancia mantener la presencia en estos países.

Una de las ramas principales de sus operaciones son los proyectos de pipelines, con experiencia desde 1949 cuando se realizó una de las grandes obras de infraestructura en Argentina y Brasil, la construcción del gasoducto del sur. A partir de ahí, la empresa se expande hasta lograr en 65 años de trabajo 3500 proyectos en más de 45 países. Particularmente en proyectos de pipelines, se han instalado más de 70.000 Km de tubería, el 30% de los mismos se ha realizado sobre la cordillera de los Andes, llegando hasta altitudes mayores a 4.000 msnm.

Entendiendo que este tipo de productos es parte esencial de la cartera de proyectos, se considera crítica la mejora continua en el desarrollo de métodos que mejoren los resultados económicos de este tipo de proyectos.

Para ello, uno de los posibles enfoques para mejorar la competitividad es mejorar los métodos utilizados en la presupuestación de las ofertas, mejorando de esta forma la utilización de recursos y posicionando mejor la propuesta económica. La firma de un contrato de construcción implicará la asociación de recursos y compromisos legales a lo largo de largos periodos de tiempo (dos años en promedio), que debido al contexto dinámico en el que se desenvuelve un proyecto es necesario definir adecuadamente el flujo de ingresos/egresos durante su desarrollo.

Es por ello, que para lograr que los presupuestos de pipelines reflejen la performance más realista de los recursos asociados, a través de este trabajo se propone la utilización de una metodología que permita determinar de manera más eficiente la productividad de los recursos directos involucrados durante el desarrollo de los trabajos de ejecución.

1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta de investigación

Con lo dicho anteriormente, se trata de subrayar la necesidad de estimar de la manera más exacta posible la productividad de los recursos asociados a una obra en una etapa de oferta, ya que estos no solo tendrán un impacto inmediato en la definición del precio de la misma y por ende en la posibilidad de ganarla, sino también, una vez adjudicada la obra será clave para determinar la previsibilidad de los trabajos de construcción.

Por lo tanto, para acotar esta diferencia de previsibilidad entre productividades (presupuestadas y reales) se busca mejorar la metodología de presupuestación actual.

A través de este trabajo se desea responder a la pregunta:

¿Es posible aumentar la previsibilidad entre el rendimiento real y el previsto en las tareas de construcción de un ducto, determinando los recursos necesarios en función de variables adicionales?

En la figura 1.1 se presentan las dos situaciones posibles frente a la implementación de un cambio en la metodología de presupuestación. En primer lugar, la metodología de presupuestación actual y el desvío (D1) existente con los resultados reales y en segundo lugar se muestra la situación posterior a la

implementación de la nueva metodología de presupuestación y el desvío (D2) obtenido por los trabajos ejecutados.

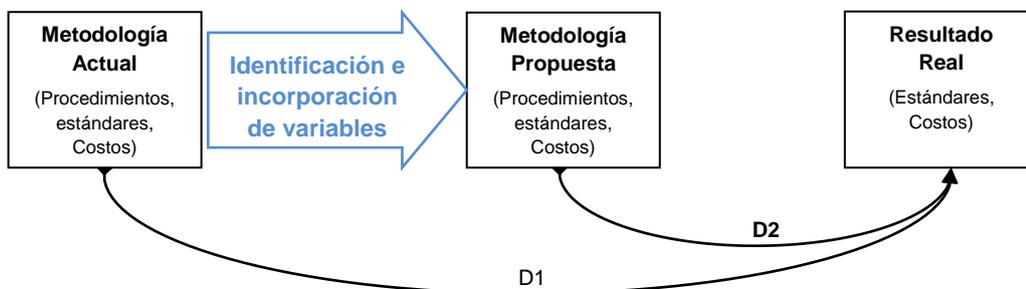


Figura 1.1 - Desvío entre la metodología actual y la propuesta frente al resultado real

El objetivo del presente trabajo es proponer una mejora en la metodología de presupuestación y determinación de estándares (o rendimientos) de los recursos directos de la construcción de un pipeline en base a la incorporación de variables de entorno adicionales para aumentar la previsibilidad durante la etapa de ejecución reduciendo el desvío (D1) durante los trabajos de construcción.

Rogers [1995] divide el proceso de aceptación de una mejora en cinco pasos según la Figura 1.2. En ella se presentan los pasos *Conocimiento* (Difusión del tema bajo estudio), *persuasión* (formación de una actitud hacia el objeto de discusión), *decisión* (se toma una medida sobre la adopción o rechazo mejora basada en la actitud desarrollada), *implementación* (una vez aceptada se ejecuta las acciones correspondientes) y por último la *confirmación* sobre la decisión tomada manteniendo la mejora o postergando su implementación.

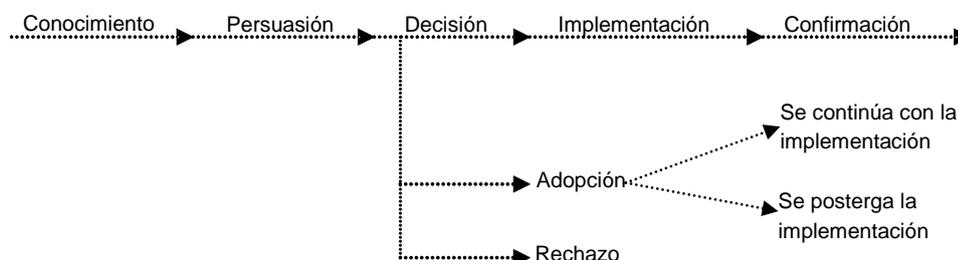


Figura 1.2 – Proceso de adopción de una innovación. [Rogers, 1995]

Teniendo en cuenta este el proceso de adopción descrito el objetivo del presente trabajo se vincula con la fase cuatro, brindando una mejora al proceso en estudio.

1.2.2 Resultados esperados

El resultado del presente trabajo debe permitir ofrecer a través un set de variables que permita aumentar la sensibilidad de la productividad alcanzada en las obras realizadas y permita obtener en base a esta información una fuente más confiable y detallada y estandarizada de información que sirva de base para la estimación de las producciones para proyectos futuros.

Este método debe cumplir con ciertas condiciones básicas: Por un lado, debe de generar resultados coherentes, fundamentados en datos reales y además, ser práctico en el manejo e interpretación de la información obtenida.

Debido al desarrollo tecnológico actual es posible suponer que en el futuro se desarrollaran herramientas que mejoren la calidad y los tiempos de la recolección de datos in situ que las utilizadas actualmente en los proyectos. Por lo tanto, el método debe contemplar futuras mejoras en este sentido manteniendo la validez del modelo conceptual desarrollado.

1.2.3 Aplicaciones prácticas

Es usual pensar que las investigaciones académicas carecen de sentido práctico y no consideran la realidad del tema en estudio. Sin embargo, este trabajo posee la virtud de:

1. Brindar información del método constructivo de pipelines, identificando las tareas involucradas y los recursos principales utilizados en las mismas.
2. Identificación de principales causas que afectan la productividad de las tareas anteriormente mencionadas dentro de la gestión de la empresa.
3. Punto de partida para la estandarización de un registro histórico de las productividades alcanzadas en las tareas de construcción de pipelines incorporando condiciones de entorno.

1.3 DOMINIO DEL PROBLEMA

La pregunta de investigación enunciada anteriormente debe estar incluida dentro de un escenario para su estudio, es decir, antes poder determinar de qué

manera se puede ser más eficiente en el proceso de presupuestación de un ducto y acercar más a la realidad los consumos reales de recursos, es necesario poder entender cuáles son las actividades constructivas que están involucradas en la ejecución de obras de ese tipo.

En cuanto a la forma de determinar cuál es método para definir la mejor estimación del desempeño de la construcción de un ducto, la cantidad de bibliografía es escasa y en general en la industria cada empresa mantiene un registro propio de metodología (y estándares asociados) para cada una de las fases, adecuándolo al tipo de proyecto, recursos disponibles y estrategia constructiva prevista en cada caso.

1.4 ALCANCE DEL TRABAJO

Los trabajos de investigación deben estar definidos dentro de un marco de trabajo que le permita acotar la investigación del tema propuesto. En este sentido se definen los factores que se tienen en cuenta para el desarrollo del presente trabajo.

1.4.1 Posicionamiento del trabajo

El contenido de este trabajo tiene como objeto fundamental de estudio las tareas involucradas en la construcción de ductos y como estas son dimensionadas durante la etapa de oferta para su valoración.

1.4.2 Valor del dinero

En este trabajo no se realizan consideraciones respecto al valor del dinero respecto los costos de personal, equipos u otros gastos. Se entiende que los mismos están sujetos a la región y momento de cada proyecto y estrategias de utilización de recursos utilizadas (recursos propios o subcontratados).

1.4.3 Fases directas / indirectas

En general, las fases asociadas a la construcción se dividen en dos grandes categorías: Fases directas e indirectas. Las directas son todas aquellas que forman parte de la realización física de la obra. En cambio, las indirectas son aquellas que no forman parte del producto final, sino que tienen un carácter de soporte de las anteriores. En el presente trabajo se considera la propuesta de mejora sobre las fases directas.

1.4.4 Recursos y Tecnología

Dentro de un mercado global, es posible encontrar métodos constructivos o disponibilidad de recursos técnicamente más desarrollados que los utilizados por la empresa, sin embargo el análisis de este trabajo se alinea con la disponibilidad de recursos y métodos constructivos utilizados actualmente en la empresa.

1.4.5 Procedimientos y gestión interna

La metodología de trabajo para la confección del presupuesto de la obra y la interacción entre las áreas quedan definidos por los procesos internos establecidos por la empresa. En este trabajo se busca mejorar la calidad de la información utilizada enfocándose en las tareas operativas.

1.5 METODOLOGÍA

Clasificar una investigación en base a su objetivo permite que entender cómo la naturaleza del problema identificado determina la selección de la estrategia de la investigación. Según Yin [2003] la investigación científica consta de tres propósitos fundamentales: exploratorio, descriptivo o explicativo.

Los estudios exploratorios se utilizan para clasificar y para definir la naturaleza de un problema. Generalmente se utilizan estudios exploratorios para analizar una situación, para ganar una comprensión mejor de las dimensiones de un problema. La investigación exploratoria se realiza con la expectativa que una investigación subsiguiente será requerida para determinar la línea de acción más apropiada.

Por otro lado, la investigación descriptiva se basa en una cierta comprensión previa de la naturaleza del problema bajo investigación. El propósito de este tipo estudios es describir las características de un fenómeno o de una población compleja. Aun cuando la respuesta a la pregunta de por qué nunca se da, la información descriptiva en muchos casos resulta suficiente para solucionar problemas de negocios.

Por último, la investigación causal o explicativa es precedida a menudo por la investigación exploratoria y descriptiva. Los estudios causales se refieren a investigaciones realizadas con el fin de identificar relaciones de causa - efecto entre las variables donde el problema de la investigación se ha identificado estrecho.

De acuerdo con la pregunta de la investigación planteada, el presente trabajo es principalmente descriptivo debido al hecho de que me propongo describir el

campo de investigación de los trabajos que son afectados por el problema planteado y a partir de una comprensión exhaustiva del mismo proponer una metodología para mejorar las condiciones que se definen para los recursos durante la etapa de presupuesto.

El propósito del estudio y las preguntas de investigación determinan la mejor forma de realizar el estudio.

Existen dos aproximaciones o métodos - cuantitativos y cualitativos – aplicables a la hora de realizar una investigación. El método cualitativo implica un énfasis en procesos y significados que no se miden en términos de cantidad, intensidad o frecuencia y proporciona una comprensión del fenómeno dentro de su contexto. Por otra parte, las investigaciones cuantitativas acentúan la medida y el análisis de relaciones causales entre las variables, no procesos.

Según lo indicado por Sullivan [2001], la distinción entre los métodos cualitativos y cuantitativos depende sobre todo de dos factores: 1) el estado de nuestro conocimiento en el asunto particular de la investigación, y 2) el juicio del investigador con respecto a la naturaleza del fenómeno que es estudiado. Según Sullivan [2001], cuando no hay ayuda teórica para el estudio de un fenómeno, puede ser imposible desarrollar hipótesis exactas, preguntas de la investigación, o definiciones operacionales. En tales casos, la investigación cualitativa es apropiada ya que resulta de una naturaleza más exploratoria. El método cualitativo se caracteriza por la recopilación de información. La manera más común de para recopilar datos de la alta calidad es hacer uso de estudios, entrevistas y recopilación de información en campo sobre el tema donde no se ofrezcan respuesta predeterminadas.

De acuerdo con la pregunta de la investigación planteada, el presente trabajo es principalmente cualitativo debido al hecho que si se desea cumplir con el objetivo planteado es necesaria una investigación exhaustiva de tema bajo estudio.

Silverman [2000] sugiere que la literatura existente puede ser utilizada para cinco propósitos dentro una investigación cualitativa. Estos cinco propósitos se presentan abajo:

1. Para estimular sensibilidad teórica. Proporcionando los conceptos y las relaciones que luego pueden ser comprobadas mediante datos reales. En el presente trabajo la bibliografía ha sido utilizada con el fin de determinar las principales tareas dentro del proceso de construcción de pipelines.
2. Para proporcionar fuentes secundarias de datos. Estas pueden ser utilizadas para la validación inicial de los propios conceptos y propuestas. En el presente trabajo la bibliografía es también utilizada para la validación preliminar del marco de referencia propuesto y para

encontrar contradicciones y problemas sin resolver en el material publicado.

3. Para estimular preguntas durante la reunión de los datos y el análisis de los mismos.
4. Ser utilizado como validación suplementaria. Para explicar porqué sus resultados apoyan o diferencian de la literatura existente.

El análisis se complementa con la consulta de fuentes de información primaria, profesionales que han desarrollado su carrera laboral en el área de construcción y presupuestación de pipelines. Los cuales en base a su experiencia contribuirán a la evaluación del marco de referencia propuesto.

1.6 ESTRUCTURA

A fin de cumplir con el objetivo planteado en el presente trabajo, el desarrollo del mismo se realiza según el esquema presentado en la Figura 1.3. De esta manera se busca mantener un orden lógico que permita la comprensión de cada aspecto clave presentado.

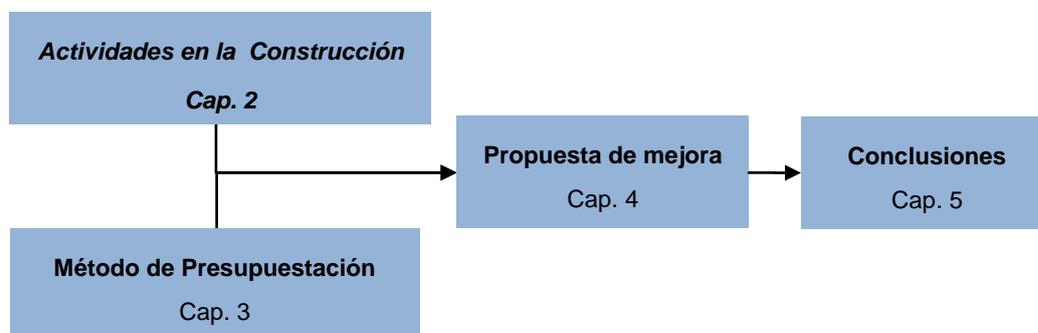


Figura 1.3 – Estructura del trabajo

1.6.1 Capítulo 2 – Actividades en la construcción de ductos

El objetivo de este capítulo es identificar cuáles son los trabajos que forman parte la construcción de ductos, es decir, las tareas que deben ser consideradas en el proceso de presupuestación y estimadas para cada oferta.

El capítulo comienza definiendo los trabajos que componen la construcción de un pipeline, para luego identificar cuáles de ellos son los más críticos y entender

cuáles de ellos se consideran esenciales debido a la sensibilidad que poseen respecto al uso intensivo de recursos y por ende de su costo.

1.6.2 Capítulo 3 – Proceso de presupuestación actual

El objetivo de este capítulo es describir el proceso de presupuestación actual que utiliza la empresa, entender la dinámica entre las áreas involucradas y resaltar el rol fundamental que juega el área de presupuestos y a su vez identificar la metodología de trabajo que desarrolla el área para realizar la correcta valorización de los trabajos de construcción.

1.6.3 Capítulo 4 – Presentación de alternativa de mejora del proceso

El objetivo de este capítulo es presentar la mejora que se propone incorporar al proceso, es decir, se da respuesta a la pregunta planteada al comienzo del presente trabajo.

En primer lugar, se presentan las variables adicionales que se consideran dentro de la nueva propuesta para luego analizar su inclusión dentro del proceso de presupuestación actual.

1.6.4 Capítulo 5 – Conclusiones y recomendaciones.

En este último capítulo se discute si el método desarrollado responde a la pregunta planteada al comienzo del presente trabajo y el grado de cumplimiento del método a los objetivos del trabajo planteados en el Capítulo 1.

Además se enumeran las principales contribuciones del trabajo y las posibles líneas de investigación posibles con el fin de mejorar en el futuro el método de ajuste desarrollado.

2 ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCION DE DUCTOS

El objetivo de este capítulo es identificar cuáles son los trabajos que forman parte la construcción de ductos, es decir, las tareas que deben ser consideradas en el proceso de presupuestación para ser estimadas, y de esta forma obtener una parte del marco de referencia del presente trabajo

El marco de referencia correspondiente a las actividades de construcción de ductos intenta describir una visión comprensible de las principales tareas que comprenden esta actividad. Como conclusión del presente capítulo se obtendrá la lista de actividades que comprenden la realización de un ducto y el peso relativo de los recursos de cada una de ellas dentro de la totalidad del proyecto.

Finalmente se identifican las fases críticas en función de los recursos involucrados en su ejecución.

2.1 ETAPAS DE LA CONSTRUCCION

En el marco de referencia del desarrollo de un proyecto se muestra las diferentes etapas en la construcción de ductos, Desde que es concebido, un proyecto pasa por varios etapas durante su desarrollo, que de manera resumida se pueden esquematizar en las 3 etapas (o ciclos) a continuación descriptos,



Desde el punto de vista de la construcción, el primer Ciclo corresponde al Comercial donde se prepara la oferta y su adjudicación, el Ciclo de Ejecución que corresponde a la fase constructiva y el Ciclo de Ingeniería es aquel que acompaña a los dos anteriores a lo largo de su desarrollo.

Este trabajo se enfoca en realizar una optimización dentro del proceso Comercial, intentando aportar una mejora en el proceso de presupuestación de las fases constructivas de los ductos

Es por ello, que se considera necesario en primer lugar la identificación de los trabajos constructivos involucrados para este tipo de proyectos.

2.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

A lo largo de este capítulo se presentan las tareas (fases) que son realizadas para la correcta construcción de un pipeline.

En primer lugar, se deben diferenciar tres tipos de elementos dentro de la construcción de un pipeline, donde para cada uno de ellos los métodos de construcción son diferentes y por lo cual la valoración de los recursos utilizados para el completamiento de los mismos varía.

- Áreas en campo, donde se utiliza la técnica del “spread”. Usualmente llamada línea regular.
- Cruces, donde cuadrillas especiales y técnicas civiles para realizar los trabajos, por ejemplo cruces viales, ferroviarios, ríos, etc.
- Secciones especiales, donde por las condiciones del entorno, los trabajos se dificultan (trabajos dentro de ciudades, o con restricciones ambientales donde no se puede utilizar la técnica de línea regular).

2.2.1 Hitos destacados en la construcción de Ductos

A continuación se enumeran los hitos fundamentales que definen las etapas más importantes en la ejecución de un Proyecto. En general,

- Liberación de sitios para la construcción
- Obtención del E.I.A. (Estudio de Impacto Ambiental) y los permisos de construcción relacionados
- Obtención de permisos asociados al país donde se ejecutará el Proyecto y las condiciones legales de la construcción correspondientes al mismo
- Entrega de suministros críticos, en el caso de pipelines son las tuberías y las válvulas.
- Cronograma del Proyecto incluyendo los hitos contractuales acordados

El Cliente posee la responsabilidad sobre el cumplimiento de estos hitos, sin embargo es necesario hacer un seguimiento exhaustivo desde el punto de vista del Constructor debido a que un retraso en el cumplimiento de los mismos genera la necesidad de comenzar negociaciones de retraso en los tiempos de ejecución.

Para los hitos de cumplimiento referidos al programa de trabajos, en general, se definen hitos sobre las fechas de comienzo y/o finalización de fases críticas de la ejecución y tests.

2.2.2 Actividades previas a la construcción

Antes de empezar con la construcción en sí, es indispensable desarrollar las actividades incluidas dentro de lo que se conoce como Movilización. Cabe aclarar, que estas actividades deben realizarse posterior al desarrollo de la Ingeniería de detalle y definidos los Suministros (Proveedores y Cronogramas de entrega de los materiales), ya que un adelantamiento en esta etapa puede incurrir en costos por inmovilización de personal y maquinaria.

Una vez comenzada la movilización es fundamental acondicionar las instalaciones para el personal directo e indirecto que las utilizará durante el transcurso de las tareas de la construcción, notificar de la entrada a los propietarios de tierras, entre otras actividades clave.

2.2.3 Utilización de la técnica de Spread

El Método básico para la construcción de ductos utilizados en la industria de oil and gas es el llamado técnica de spread. Esta técnica utiliza el principio de producción en línea pero en el caso de los pipelines, el producto (el ducto) es estático y las estaciones de trabajo (las cuadrillas) se mueven a lo largo del camino (la traza). Esta técnica es utilizada mientras que el ducto pueda ser soldado sobre el piso la mayor cantidad de veces sin tener interferencias o trabajos especiales.

Las interferencias en el método de spread pueden referirse a los cruces por servicios existentes, caminos, vías férreas, acequias, arroyos y cruces de ríos. Los trabajos bajo estas circunstancias se llevan a cabo por equipos de especialistas dedicados a cada singularidad utilizando técnicas de construcción especiales y generalmente se realizan en forma independientes a las cuadrillas asignadas al spread principal.

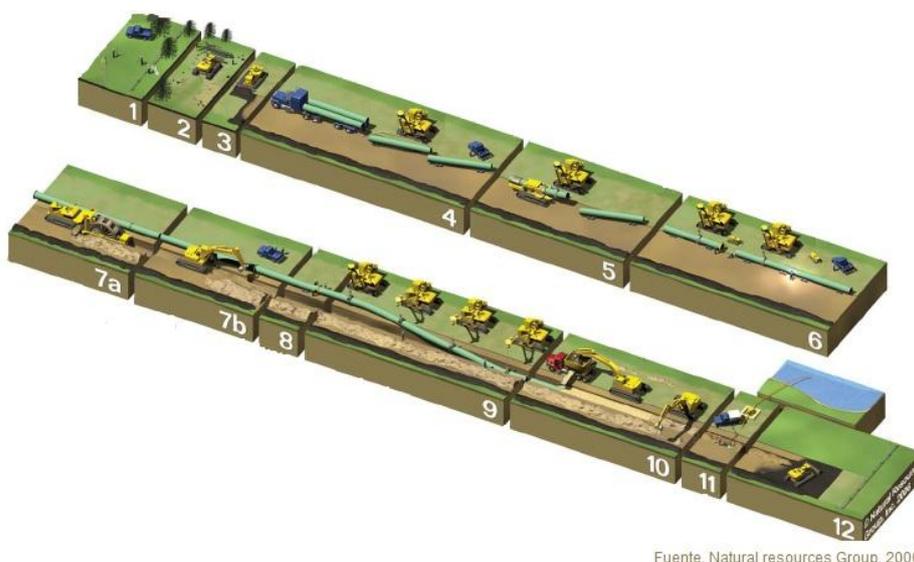
La instalación del ducto principal se lleva a cabo por los equipos dedicados (cuadrillas) a una operación (o fase) a la vez, comenzando en un extremo de la tubería y avanzando continuamente.

Debido a que una tubería es una línea de producción, es esencial que los períodos de tiempo entre las cuadrillas sea tal que ninguna de ellas genere demoras sobre la la cuadrilla subsecuente.

Si la holgura entre cuadrillas no se gestiona, con el foco en el avance diario, entonces un “efecto domino” que puede resultar en un sustancial impacto en los plazos y, consecuentemente, en los costos por stand by (tiempo improductivo) de los recursos asociados.

2.2.4 Actividades Principales en la construcción

Las actividades de construcción se realizan en forma repetitiva (ver Figura 2.1) a lo largo de toda la traza del ducto, estas son realizadas por grupos de trabajos dedicados, cada uno, a una tarea en particular e independiente entre ellos. De esta manera, se logra gran especialización en la tarea lo que ayuda a reducir las improductividades.



Fuente. Natural resources Group, 2006

Figura 2.1 – Secuencia de Construcción de ductos. Natural Resources Group, 2011

Las fases principales del proceso de construcción de pipelines son las siguientes:

- Tareas de soporte - (1,2)
- Pista o Right of Way (ROW) – (3)
- Excavación de Zanja - (7a y 7b)
- Tendido de tubería (Desfile) – (4)
- Soldado y curvado - (5,6,8)
- Instalación del ducto (Bajada) – (9)
- Tapada (Backfill) – (10)
- Obras especiales
- Instalaciones
- Testeado y Comisionado - (11)
- Relleno final y Recomposición – (12)

A continuación se realiza una descripción de cada uno de estos trabajos donde se identifican las actividades asociadas a cada uno y los recursos utilizados en los mismos.

2.2.4.1 Tareas de soporte

2.2.4.1.1 Trazado de las obras

Estos trabajos se llevarán a cabo por pequeñas cuadrillas (4 personas aprox.) que con la ayuda de sistemas de GPS e instrumentos de inspección (ver Figura 2.2) colocaran clavijas para establecer los límites en el terreno, los cambios de dirección y la estimación de la línea media prevista para las actividades de la construcción.



Figuras 2.2 – Trabajos de Topografía

En aéreas a campo abierto, donde haya posibilidad de encontrar roca o resistencia en el suelo no prevista, comienzan las investigaciones del suelo. Por otro lado, se identifican los servicios existentes que crucen a lo largo de la traza para incluirlos dentro del diseño final del ducto.

2.2.4.1.2 Zanja en las zonas rocosas

En zonas donde se ha identificado roca, se adelantan las actividades de zanja antes que cualquier otro trabajo y así asegurarse de que la excavación de la zanja no puede causar ningún daño a la tubería y / o la tubería de revestimiento.

Luego de clasificar según la facilidad de la excavación el suelo, inician las cuadrillas donde el avance de la misma será definido por la dureza del suelo, el terreno, el acceso de maquinaria y la cantidad de recursos utilizados.

2.2.4.1.3 Extracción de capa vegetal

Se realiza el retiro de una capa de 30 cm de profundidad de la capa superior del suelo. Luego, como se puede ver en la Figura 2.3 se descarta la capa vegetal superior (topsoil) y la capa inferior del suelo extraído es almacenada (ver sobre

la izquierda de la foto) en una sola fila continúa en el lado opuesto de la pista si las condiciones lo permiten.



Figura 2.3 – Extracción de la capa vegetal

2.2.4.2 Pista o Right of Way (ROW)

Un equipo de operarios con maquinaria pesada se abre camino a través del terreno virgen. Como todas actividades a continuación, la pista se debe realizar a lo largo del corredor designado para tal fin, manteniendo sus operaciones dentro de los límites aprobados por el cliente y negociados con los propietarios de las tierras.

Estas operaciones involucran un movimiento de suelos intensivo para lograr la nivelación adecuada del terreno que permitirá el correcto desarrollo de las actividades siguientes en la línea de producción. La correcta realización de estos trabajos debe considerar el ancho suficiente para permitir el acceso de los equipos pesados y la manipulación de las secciones de ducto a lo largo de toda la traza. En la Figura 2.4 se muestra el esquema espacial que, en general, se plantea para el desarrollo de los trabajos de construcción.

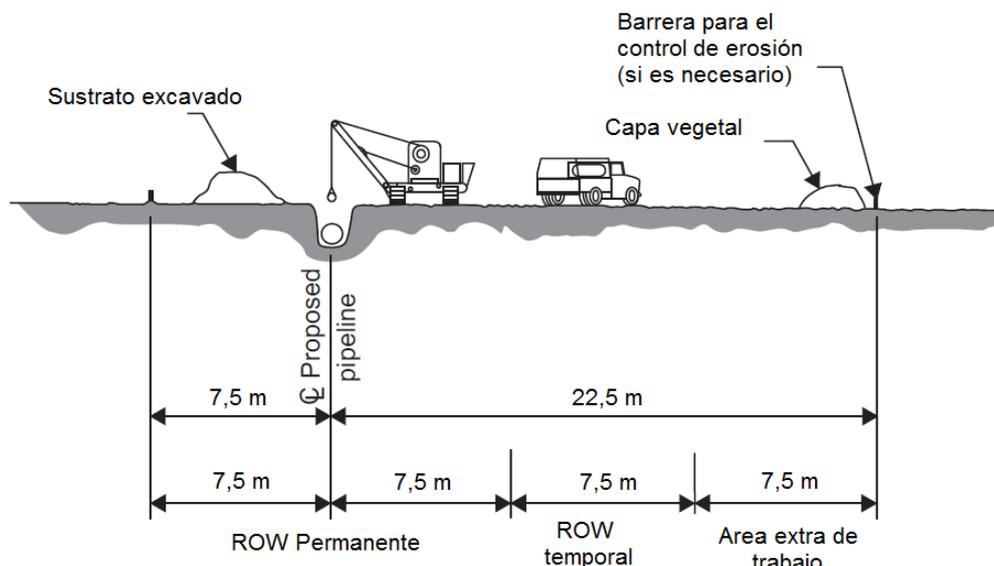


Figura 2.4 – Esquema de Pista (ROW)

Dentro de los trabajos incluidos se pueden identificar la eliminación de todas las coberturas vegetales o de material mineral y su retiro fuera del sitio, la construcción puentes o canales de acceso a través de las irregularidades del camino, la protección de los servicios existentes con colchones de protección específicos, la señalización de seguridad en líneas eléctricas. Puede existir la necesidad de realizar voladuras de forma de asegurarse un nivel de excavación adecuado a lo largo de la traza.

A su vez estos trabajos deben considerar los trabajos que deben realizarse en zonas de pendientes pronunciadas como se ve en la Figura 2.5, cruces de ríos, pantanos o carreteras donde se necesita mayor superficie de trabajo.

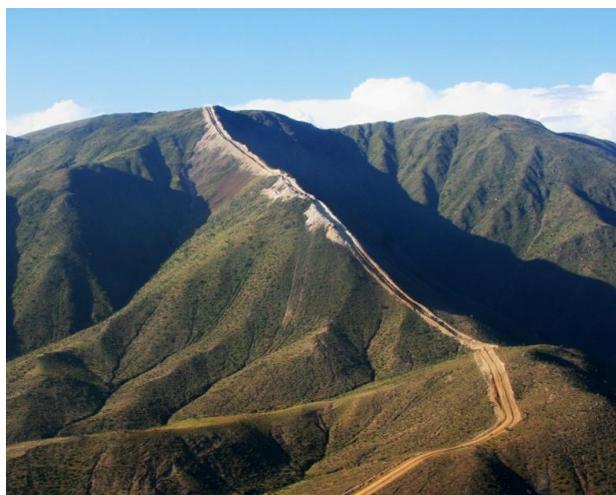


Figura 2.5 – Pista abierta sobre montaña

Los recursos necesarios para estos trabajos son en su mayoría maquinaria pesada como Topadoras, retroexcavadoras, y motoniveladoras como se muestran en la Figura 2.6. La utilización de uno u otro equipo se define por las características del terreno. A su vez, el personal necesario para la operación de los mismos, supervisión y aprendices.



Figura 2.6 – Equipos utilizados durante los trabajos de pista

Por otro lado, durante la ejecución de estas tareas se continúan con las investigaciones de suelo para determinar, la estabilidad de los equipos que se utilizaran durante la instalación del ducto, evaluar los niveles de agua subterránea y la filtración del sustrato.

2.2.4.3 Excavación de Zanja

El equipo de zanja se encarga de la excavación y apertura de la cavidad necesaria para alojar el ducto a lo largo de la pista, debe asegurarse que el fondo de la misma sea lo más regular posible para que la sección de tubería se mantenga constante a lo largo de la traza. En general, la zanja se ubica sobre un costado de la pista, y no en el medio, para permitir un área de trabajo mayor sobre un lado y mantener el otro para tareas de apoyo sobre la operación (ver Figura 2.4).

Estos recursos no se deben utilizar para realizar caminos u otro tipo de obstáculo. Básicamente están compuestos por los equipos pesados para el zanjeo que pueden ser equipos zanjeadores o retroexcavadoras (Ver figura 2.7), camiones de material residual y mano de obra para trabajos manuales y supervisión de las operaciones.

El equipo zanjeador es un equipo específico para este trabajo el cual posee una rueda dentada que extrae el material del suelo y lo deposita a través de una cinta al costado de la pista. Este equipo solo puede utilizarse en áreas llanas y

rectas, ya que en terrenos montañosos o durante las curvas los trabajos se realizan, en general, con el uso de una retroexcavadora por su versatilidad.



Figura 2.7 – Equipos utilizados durante los trabajos zanjeo

2.2.4.4 Tendido de tubería (Desfile)

Las tuberías se entregan en los patios de acopio y luego estas, en la medida que se requieran, son transportadas a la pista para ser alineadas a lo largo de la traza del ducto (ver Figura 2.8). Es clave para la estrategia de los suministros que se asegure suficientes cantidades de tubería de diferentes grados de espesor (definidos en la Ingeniería de detalle) y cubiertas necesarios sean entregados a tiempo para los trabajos siguientes de doblado y curvado. Para mantener la integridad del revestimiento, la tubería debe ser apoyada sobre tacos de madera o bolsas de arena.



Figura 2.8 – Tubería alineada a lo largo de la traza

Dependiendo de las condiciones del proyecto, clima, geografía, permisos de paso, el desfile puede realizarse mediante tramos de tubería más largos, en este caso se requiere que 2 tramos de la misma sean soldados en los patios de acopio (ver Capítulo 2.2.4.5.1) y luego transportados a la pista ahorrando tiempo en los trabajos posteriores.

Como se puede ver en la Figura 2.9 el equipo asociado a estas actividades corresponde a dos grúas, una para el montaje en el patio de acopio y otra en el sitio de instalación que trabajan en conjunto con los trailers de transporte de tubería a lo largo de la traza. Conjuntamente con los equipos se encuentra personal para realizar y coordinar las maniobras de movimiento de tubería.



Figura 2.9 – Equipos utilizados durante los trabajos de desfile

2.2.4.5 Soldado

Anterior a los trabajos operativos, se debe presentar los procedimientos de curvado, soldado, recubrimiento del pipeline ante el cliente, de forma tal de asegurar la calidad de los trabajos a realizar según las normas correspondientes a cada disciplina. A continuación de esto, se deben realizar los testeos e inspecciones correspondientes por parte del cliente para que presente su conformidad y poder dar comienzo a las actividades de la fase.

2.2.4.5.1 Doble Junta

El proceso de doble junta refiere a los trabajos asociados para la unión de dos tubos de 12 metros de largo en uno de 24. Estos trabajos se realizan en los patios de acopio y su ventaja consiste en aumentar la productividad en la actividad de soldadura ya que se duplica el avance de la fase con la misma cantidad de recursos. Debe considerarse que para la realización de estos trabajos, se requieren de transporte especial, ya que el largo del tramo se incrementa. Otra posibilidad es la realización de la doble junta en la pista durante la ejecución de la obra, sin embargo esta estrategia conlleva a mayores

costos por manipulación de las cargas y la necesidad de mover continuamente los equipos especializados para este trabajo por lo que se considera debe analizarse con detalle el impacto de esta estrategia.

2.2.4.5.2 *Curvado en campo (cold bending)*

Una vez que la tubería se ha desfilado a lo largo de la traza, debe determinarse si existen tramos que deben ser doblados, de forma tal que éstos se adapten correctamente al perfil del terreno y manteniendo las especificaciones detalladas en la etapa de Ingeniería.

Existen dos tipos de curvado, el caliente y el frío. El primero se realiza fuera del sitio en una fábrica a través de un proceso independiente del proyecto, mientras que el segundo se realiza en campo mediante la utilización de equipos particulares que acompañan los trabajos a lo largo de la pista.

Para esta actividad se emplea la Curvadora y Sidebooms. La primera es básicamente una maquina hidráulica montada sobre los rodamientos de un bulldozer que posee dos astas (entre 20 y 150 ton) que permiten el doblado del tubo al radio y ángulo requerido en la especificación, en la Figura 2.10 se puede ver a la derecha la misma este equipo con la tubería ya montada para su curvado. Además, para realizar el manejo de tubería se utilizan como apoyo a la operación los Side-Booms (a la izquierda de la Figura 2.10) el cual es una topadora, con un brazo de izaje de un lado y un contrapeso del lado opuesto con la capacidad de levantar entre 15 y 120 Ton dependiendo del modelo.



Figura 2.10 – Equipos utilizados durante los trabajos de curvado

2.2.4.5.3 Soldado de línea regular

El soldado de la tubería se realiza a través de todas las secciones continuas de la traza de la línea regular, evitando los trabajos especiales como cruces de agua, caminos, vías férreas y otros obstáculos subterráneos. Estas soldaduras deben realizarse mediante un procedimiento escrito calificado según las normas API sección 5 o las ASME sección IX.

Existen dos métodos principales, el manual y el automático, los cuales poseen características diferentes desde el punto de vista de la ejecución de los trabajos. La soldadura manual como se puede ver en la Figura 2.11 involucra personal especializado de soldadura, mientras que la automática, como se muestra en la Figura 2.12 se realiza mediante la utilización de un sistema semiautomático de soldadura. No se presentan diferencias en la calidad o productividad entre ambos métodos anteriormente mencionados.

En general, la soldadura manual se aconseja cuando:

- Se cuentan con los recursos capacitados
- Operar en condiciones climáticas o geográficas adversas
- Cantidad de obras especiales o interferencias es grande.



Figura 2.11 – Trabajos de soldadura manual

Mientras que la soldadura automática permite:

- Asegurar la calidad de la soldadura (minimizando el error humano)
- Mantener un alto ritmo de producción
- Reduce el requerimiento de personal directo.



Figura 2.12 – *Proceso de soldadura automática*

El proceso de soldado manual se puede realizar mediante dos métodos denominados GMAW y el SMAW por sus siglas en inglés. El GMAW (Gas Metal arc welding) se realiza utilizando un cable que es consumido a medida que un arco eléctrico se genera entre el cable y el material soldado (el tubo). Por otro lado, el SMAW (Shielded Metal arc welding) se utilizan electrodos que son fundidos a medida que se genera un arco entre los materiales. El segundo es el más utilizado debido a la versatilidad de casos en que puede utilizarse, sin embargo la necesidad de personal capacitado es crítica debido a la tasa de defectos que el proceso manual implica.

Durante el proceso de soldado se requieren de múltiples pasadas a lo largo de la junta, en general se considera un mínimo de 4 pasadas y un máximo que es dependiente del espesor del tubo. Las dos primeras pasadas se consideran las más importantes ya que se forma la primer unión entre las tuberías y son realizadas por un grupo especial de soldadores llamados *pipe gang* (entre 4 y 6 soldadores), luego de estas se realizan las soldaduras de relleno que, como fue dicho anteriormente, se realizan cuantas sean necesarias para completar el espesor del ducto y, por último, se realiza el *cappeado* de la soldadura la cual es la ultima pasada que sella la junta realizada.

En la Figura 2.13 se muestran los recursos utilizados para la fase son un grupo de soldadores, en general cada uno encargado de cada pasada, ayudantes y los operarios de los equipos, donde generalmente son utilizados sidebooms, tractores de apoyo y tractores soldadores y carpas de apoyo en el caso de soldadura automática.



Figura 2.13 – Equipos utilizados durante los trabajos de soldado

2.2.4.5.4 Ensayos NDT y Coating

Luego de la soldadura se realizan los test de calidad para determinar si existen o no fallas sobre la misma. A través de los NDT (ensayos no destructivos) se reparan las juntas identificadas como defectuosas. Dentro de los ensayos realizados se destacan, el test radiográfico (Rayos X), de ultrasonido y visual, éstas son las más utilizadas en la industria.

El test de rayos X es el más utilizado, y generalmente se realiza a lo largo de todas las juntas soldadas. Al igual que el estudio médico, se coloca una placa en el interior del tubo, alineada con la junta y mediante una fuente radiográfica se expone la placa. El resultado, de ser insatisfactorio, se debe realizar el arreglo de forma tal de eliminar la totalidad del defecto, llegando a veces a tener que reemplazar parte de la tubería.

Por otro lado, para tuberías de diámetros mayores a 25”, en general, se realizan también los test de ultrasonido (Figura 2.13) en orden de encontrar defectos de porosidad, inclusiones residuales o falta de fusión en la soldadura. En general, los resultados de este ensayo se obtienen antes que los de Rayos X, por lo que permite tomar acciones correctivas rápidamente.



Figura 2.13 – Equipo para ensayos de ultrasonido

El *Coating* corresponde al recubrimiento del pipeline para prevenir la corrosión del mismo. El tubo se adquiere con el recubrimiento desde su fabricación, sin embargo durante la ejecución de los trabajos, en particular de soldadura, el recubrimiento se daña, por lo que es necesario proteger nuevamente mediante el uso de mantas termocontraíbles de polietileno en las secciones de tubo dañadas, repitiendo este proceso las veces que sea necesario a lo largo de toda la longitud de la tubería como se puede ver en la Figura 2.15.

La necesidad de que el material se encuentre libre de cualquier materia extraña o contaminante es la prioridad principal en este proceso para evitar la corrosión de la tubería, el equipo de trabajo debe asegurarse de eliminar de la superficie:

1. Residuos del proceso de soldadura, polvo, material abrasivo
2. Materiales orgánicos como grasas o aceites
3. Cualquier tipo de material que contenga sales solubles, ya que reaccionan con el hierro durante la corrosión del mismo.



Figura 2.15 – Actividades durante la realización de Coating

2.2.4.6 Instalación del Ducto (Bajada)

Al completarse las soldaduras de las juntas y con la zanja realizada, la tubería debe ser colocada en el interior de la misma. Para estos trabajos se utiliza un grupo de Side-Booms los cuales se alinean a lo largo de la zanja tomando la tubería y bajándola dentro la zanja como puede verse en la Figura 2.16, es de suma importancia que la tubería no quede apoyada sobre las paredes de la zanja para evitar espacios vacíos durante las tareas de relleno que generaran tensiones y vibraciones durante la operación del ducto. Cabe aclarar que en el caso de la presencia de roca en el suelo de la zanja se realiza una cama de 15 cm de altura de arena o sustrato refinado para eliminar el contacto entre la tubería y la roca y evitar posibles daños sobre la tubería.

Una vez bajada la sección, se deben instalar las placas de protección catódica para verificar el potencial de descarga entre el ducto y el suelo. Las placas y los postes de chequeo se instalan cada 1 Km aproximadamente y se buscan zonas de fácil acceso para realizar los chequeos.



Figura 2.16 – Equipos utilizados durante los trabajos de Bajada

2.2.4.7 Tapado de la zanja (Backfill)

Las actividades de tapada se realizan luego de haber bajado el ducto. Durante estos trabajos debe rellenarse la zanja alrededor de la tubería con el material del sustrato extraído durante las actividades de zanjeo de forma tal que las partículas volcadas permitan un buen soporte a la tubería y al mismo tiempo no dañen su integridad, la utilización de rocas con diámetros mayores a 20 cm debe evitarse para realizar estas actividades. A su vez debe asegurarse que sobre la corona superior de la tubería se rellene con partículas de granularidad fina de modo de que pueda ser compactada y no perjudique el revestimiento o genere tensiones sobre el ducto.

Como se muestra en la Figura 2.17 estas actividades son realizadas mediante la utilización de diferentes equipos, dependiendo del sustrato de la zona. Las más utilizadas son retroexcavadoras, padder-machines, topadoras.



Figura 2.17 – Equipos utilizados durante los trabajos de Backfill

2.2.4.8 Obras especiales y Tie-Ins

Existen trabajos, por fuera de la línea regular que se identifican como trabajos especiales. Estos trabajos no comparten la cualidad del proceso de producción continua que se realiza en la línea regular, son particularidades a lo largo de la traza, donde se pueden identificar tres grandes categorías: los cruces, las secciones especiales y los Tie-Ins.

2.2.4.8.1 Cruces

Estos trabajos se realizan con cuadrillas especiales independientes que trabajan simultáneamente durante los trabajos de línea regular a lo largo de toda la traza del ducto.

Los trabajos tienen una fuerte dependencia de factores fundamentales como las restricciones en las condiciones del suelo, el diámetro del tubo, condiciones ambientales y del tipo de obstáculo de que se trate (carretera, cruce fluvial, ferroviario, etc.). Es importante destacar, que los métodos que se utilizan para realizar los cruces deben tener el aval de la jurisdicción local,

Existen varias técnicas para la realización de cruces, siendo las más utilizadas en la construcción de ductos:

- Cruce a cielo abierto
- HAB – Cruce horizontal
- HDD – Cruce dirigido
- Empuje de tubería (Pipe Jacking)
- Push/Pull

El Cruce a cielo abierto es el más eficiente a nivel de costos, requiere principalmente de una excavación a lo largo de todo el obstáculo. Para minimizar el impacto en los tiempos, las tareas de soldadura, NDT y coating. En la Figura 2.18 se muestra su realización sobre el cruce de un río.



Figura 2.18 – Equipos utilizados durante los trabajos de cruce a cielo abierto

Para realizar tareas de cruces también pueden utilizarse métodos sin zanja, que consisten básicamente en desplazar la tubería a lo largo del suelo por debajo de la interferencia a cruzar de forma mecánica. En este sentido, existen varios métodos para lograr tal fin, entre ellos se encuentran en HAB (Horizontal Auger Boring) conocido como cruce horizontal, HDD (Horizontal Directional Drill) llamado cruce dirigido que básicamente consisten en utilizar un cabezal rotativo, el cual avanza en la dirección elegida a través del túnel, junto con el cabezal se desplaza el ducto, el cual llega al lugar deseado del otro lado de la interferencia. La diferencia consiste en que el HAB utiliza una máquina tunelera autónoma que se desplaza a lo largo del túnel debajo de la interferencia, mientras que el HDD utiliza un sistema de 3 pasos de tuberías variables las cuales son direccionadas por maquinaria estática fuera del túnel como se puede ver en la Figura 2.19.

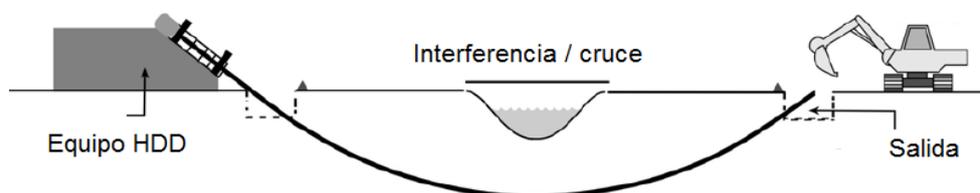


Figura 2.19 – Esquema de trabajo de un cruce mediante el sistema HDD. Menon, 2011

Por otro lado, se encuentra el método de empuje de tubería que consiste en la excavación de dos pozos de empuje enfrentados entre sí de cada lado de la interferencia, donde desde un lado se realiza el cavado del túnel y la soldadura de la tubería que a través de un mecanismo de empuje, como se ve en la Figura 2.20 se desplaza la tubería soldada dentro del túnel realizado por una excavadora rotativa.



Figura 2.20 – Método de Pipe Jacking

Por último, existe el Método Push/Pull el cual es utilizado en áreas donde no es posible movilizar toda la maquinaria necesaria para los trabajos debido a la capacidad de carga del terreno como en pantanos o similares. Los trabajos consisten en ir soldando la tubería, la cual posee una cubierta de concreto para darle peso y elementos adicionales que le brindan flotabilidad a la línea mientras se realizan los trabajos. Esta es empujada la zanja, en general una zona inundada a lo largo de la sección especial como se muestra en la Figura 2.21. En los extremos libres de la sección se colocan grúas o excavadoras para empujar (o tirar) de la sección. Una vez que la tubería ha cruzado toda la sección, se centra dentro de la zanja y los elementos de flotabilidad son desligados, logrando que toda la tubería descienda sobre el lecho y manteniendo su posición debido al peso otorgado por la capa de concreto alrededor de ella.



Figura 2.21 – Equipos utilizados durante los trabajos de Push/Pull

2.2.4.8.2 Tie-Ins

Los Tie-Ins son los trabajos de soldadura que conectan dos tramos de columnas de tubería entre sí una vez instalados como en los cruces de ríos o carreteras, válvulas o aquellas aperturas necesarias para la realización de los test hidrostáticos. Como se puede ver en la Figura 2.22 para estos trabajos se utiliza una cuadrilla especial de soldadores que, en general, trabajan dentro de la zanja por lo que se reduce el estándar de producción en comparación con la línea regular.



Figura 2.22 – Cuadrilla ejecutando la soldadura de Tie-in.

2.2.4.8.3 Instalaciones control del ducto

Para asegurar el correcto funcionamiento y control del ducto y evitar accidentes a lo largo de vida operativo del mismo, es necesario construir instalaciones de superficie y control a lo largo de su traza. Estas instalaciones consisten en Válvulas de Bloqueo, estaciones de bombeo, sistemas de protección catódica, sistemas de detección de derrames, suministro de energía, telecomunicaciones y centros de control (Figura 2.23).

Estas instalaciones, en general, son independientes respecto a los trabajos destinados a la instalación del ducto y no forman parte del alcance de este trabajo.



Figura 2.23 – Estación de control

2.2.4.9 Pruebas de Hermeticidad y Resistencia

Luego de la instalación del ducto se necesita realizar la presurización del mismo para probar la estanqueidad y resistencia mecánica de la instalación del ducto. Por esta razón, se realiza el llamado test hidrostático.

Esta operación se lleva a cabo a través de la inyección de agua a presión (es posible utilizar aires) dentro de una sección de ducto y manteniéndose a presión durante al menos 24Hs para luego desagotarse y continuar con la próxima sección.

2.2.4.10 Relleno final, recomposición y Limpieza.

Finalizados los trabajos de Tie-Ins en la línea regular, la cuadrilla asignada a los trabajos de relleno final comienza su trabajo llevando el nivel del relleno hasta concordar con el nivel del piso del ara circundante al ducto.

Todos los residuos remanentes, orgánicos o no, deben ser eliminados del área de trabajo para mitigar el impacto producido por la operación en el terreno.

Luego del relleno, se procede con la reforestación de las áreas afectadas y trabajos de estabilización contra la erosión tales como taludes, terrazas o pavimentado con piedras para poder asegurar la integridad del área a lo largo de la traza del ducto durante la vida útil del mismo como se ve en al Figura 2.24.



Figura 2.24 – Trabajos de Recomposición

A lo largo de la traza del ducto se mantienen los accesos necesarios a la misma para realizar el control del ducto durante su operación.

En resumen, se pueden identificar las actividades realizadas durante la ejecución de los ductos según el diagrama identificado en la Figura 2.1 dentro de ellas, se destacan la pista, la excavación, el tendido de tubería, la bajada y tapada por la utilización intensiva de maquinaria debida los volúmenes de sustrato o el peso de la tubería que debe movilizar. Por otro lado, se encuentran los trabajos de soldadura donde el recurso crítico resulta ser la mano de obra para cumplir con la realización de los trabajos.

2.3 ANALISIS DE COSTO DE LAS FASES CONSTRUCTIVAS

Definidas las fases que componen la construcción del pipeline, se analiza el impacto económico de éstas sobre el total del costo de la línea regular. Sin embargo, para poder determinar el costo de los recursos que utilizaremos, es necesario pensar en la eficiencia de la productividad de los mismos y que factores afectan a la misma [J. Page, 2000].

Para comprender el impacto económico de cada fase, se debe poner foco en la cantidad de recursos y la permanencia de los mismos en el proyecto hasta finalizar el trabajo. Es por ello que a través de un análisis histórico de los proyectos ejecutados por la empresa, se muestra en la Figura 2.25 el aporte de cada fase de la línea regular, medida en horas consumidas, sobre el total de Horas del proyecto.

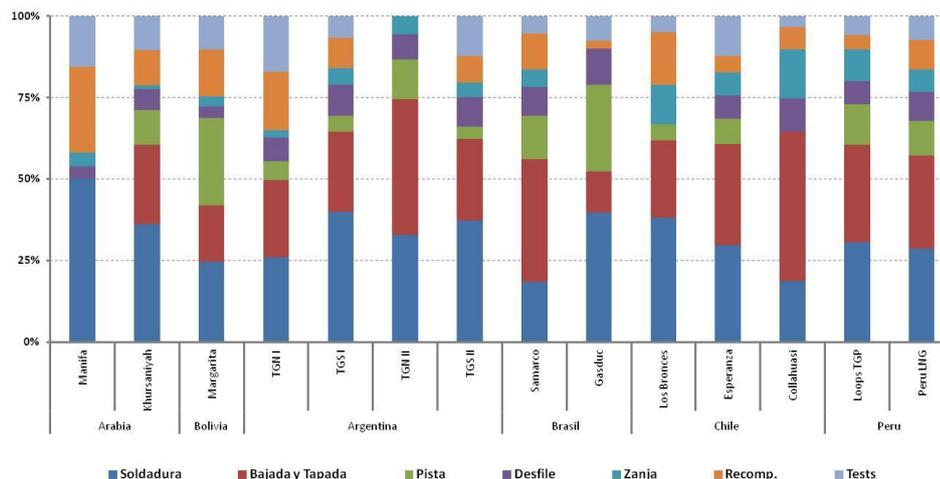


Figura 2.25 – Participación de HH sobre el total de proyecto

Dentro de este análisis se muestran proyectos desarrollados en los últimos años por la empresa ejecutados en diferentes países, donde su construcción ha sido realizada en diferentes condiciones de trabajo. A pesar de esta variabilidad se puede identificar claramente como las fases que aportan mayor consumo de recursos se mantienen constantes en cualquiera de los proyectos elegidos.

Como se muestra en la Figura 2.26 el aporte de Horas de las fases de soldadura y bajada y tapada al total del proyecto supera el 50%. Por lo que se consideran las fases críticas durante el desarrollo de los trabajos y donde se pone mayor foco en su gestión de recursos.

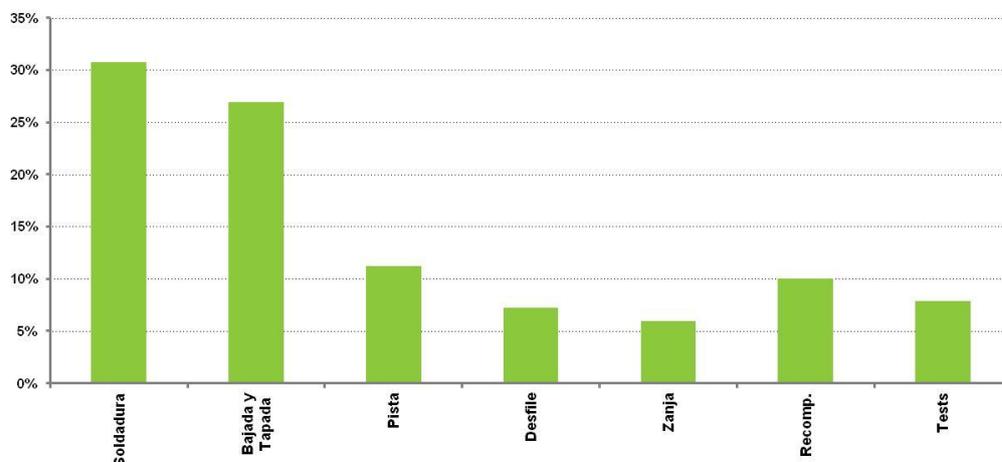


Figura 2.26 – Aporte promedio de HH al total de la línea regular

Como se puede ver en las Figuras 2.25 y 2.26 el comportamiento de los consumos de recursos mantiene cierta relación en función de las fases analizadas, concentrando la mayor cantidad de los mismos en las pertenecientes a Soldadura, Bajada y Tapada.

Teniendo en cuenta que las mismas requieren de más del 50% de los recursos durante la ejecución de los trabajos se considera para el análisis de este trabajo enfocar sobre las variables que puedan impactar sobre el desarrollo de estos de trabajos.

2.4 CONCLUSIONES

El presente capítulo se exponen las principales fases que involucran la construcción. Donde se pueden identificar las actividades realizadas durante la ejecución de los ductos según el diagrama identificado en la Figura 2.1. Dentro de ellas, se destacan la pista, la excavación, el tendido de tubería, la bajada y tapada por la utilización intensiva de maquinaria debido a los volúmenes de sustrato o necesidad de manipular la tubería a instalar. Además, se destaca la fase de soldadura donde se identifica a la Mano de obra como recurso crítico.

A su vez, mediante un análisis de costos se determina la importancia relativa de cada una de estas fases constructivas sobre el costo total directo de las obras analizadas, observando en la Figura 2.26 una diferencia clara entre las fases que aportan mayores recursos a la construcción. En este sentido, se encuentra que para la totalidad del universo analizado las fases de soldadura, bajada y tapada resultan ser críticas debido al consumo horario de los recursos utilizados.

3 PROCESO DE PRESUPUESTACION ACTUAL

El objetivo del capítulo es definir correctamente el proceso de oferta de la empresa y entender cuáles son las aéreas participantes, en particular el area de presupuestos, y la necesidad de información que las vincula para alcanzar valoración de la oferta.

A su vez, se muestra como las áreas involucradas en el proceso de presupuestación deben interrelacionarse para elaborar la propuesta técnico/económica acorde a la capacidad de la empresa.

A su vez, se pone foco en la metodología de presupuestación de la empresa y como esta lleva a cabo la valuación de los trabajos poniendo el foco en la importancia en la determinación de los rendimientos de los recursos para valorizar la cantidad necesaria que deben ser utilizados en la ejecución de los trabajos de construcción.

3.1 EL PRESUPUESTO Y LA OFERTA COMERCIAL

La elaboración del presupuesto dentro de la empresa en análisis se encuentra dentro de la gestión comercial y preparación ofertas dentro de la empresa (Figura 3.1). Las ofertas, en general, deben entregarse en una fecha determinada por el Cliente, y deben ser coordinadas por un referente que mantenga el contacto tanto con éste último como con las áreas internas de la empresa involucradas durante el desarrollo de la oferta.

Dentro del proceso comercial, se destacan 4 etapas fundamentales. En primer lugar, la vinculación entre área comercial y el Cliente que básicamente consiste en la entrega de la documentación pertinente para la elaboración de la oferta. Por otro lado, se realiza el proceso de presupuestación donde quedan involucradas las áreas necesarias para asegurar la correcta valuación de la oferta. Ya con el precio de oferta definido, se entrega la documentación al Cliente, el cual realiza su análisis para determinar cual oferta es la ganadora y por último, una vez conocido el resultado de la licitación y la empresa adjudicada se realiza la entrega de documentación al área que corresponda según el caso.

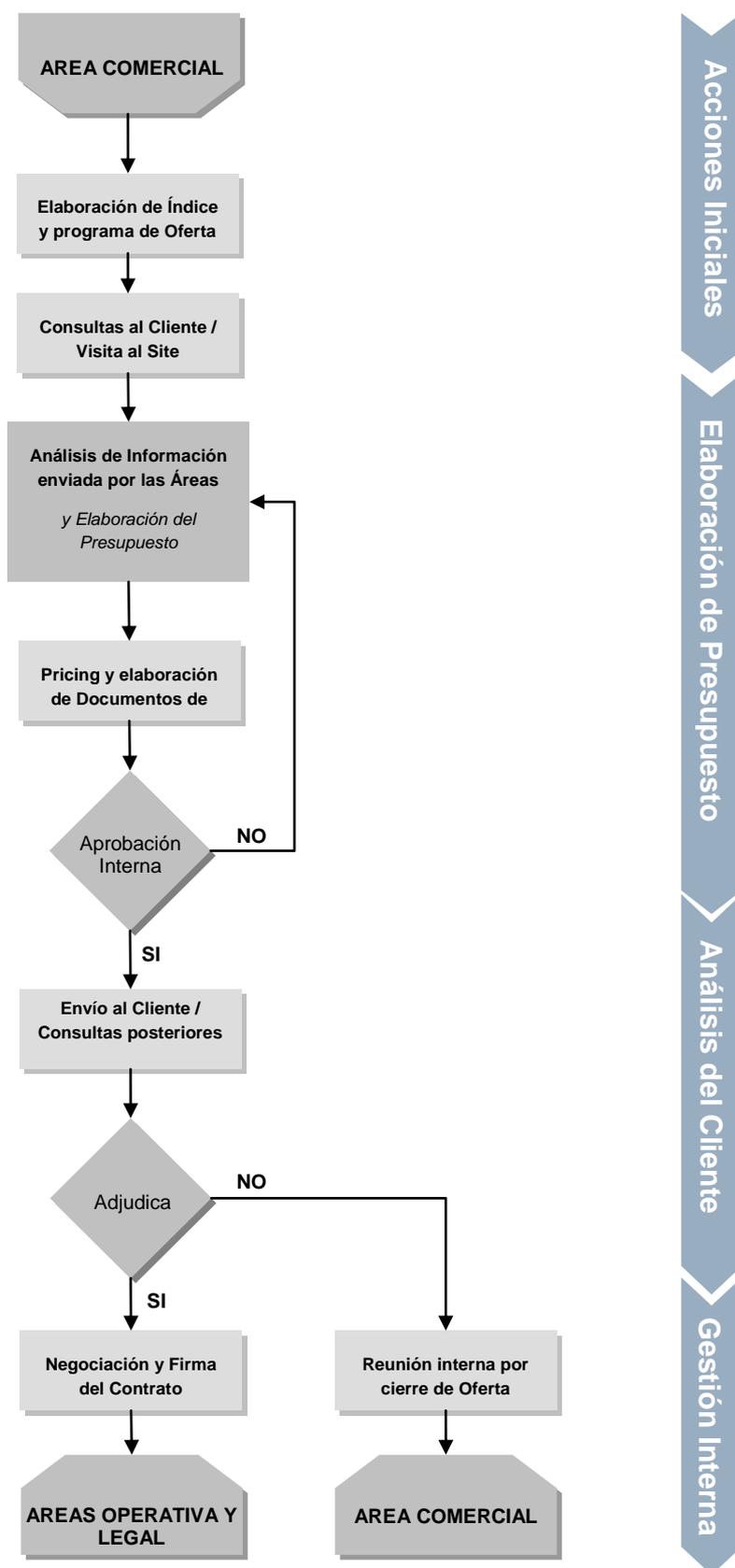


Figura 3.1 – Esquema del proceso comercial de la empresa. Techint, 2010.

Existen ciertos aspectos fundamentales que deben considerarse durante el transcurso de la preparación de la oferta.

1. Luego de recibir la documentación se debe confeccionar un calendario para la presentación de la propuesta y teniendo en cuenta el análisis de los precios de los materiales, la elaboración técnica/económica de la propuesta, tiempo que se requerirá la compaginación, etc.
2. Análisis íntegro de las bases de la licitación y condiciones presentadas en el pliego. Durante todo el transcurso de la oferta se coordinan las áreas involucradas a través de reuniones periódicas.
3. Realizar un listado de cotizaciones de materiales a utilizar, subcontratos necesarios para los trabajos, se debe procurar entregar el máximo de información disponible.
4. Una vez tomado un conocimiento cabal del trabajo a ejecutar y las condiciones impuestas por la entidad contratante es recomendable una visita al lugar, generalmente exigida por el Cliente en el pliego de condiciones. En esta visita al lugar se debe detectar las condiciones en que se deberá efectuar la obra, los accesos, sitios de instalación de faenas, restricciones de paso en puentes y caminos, calidad del terreno, disponibilidad de materiales, maderas, combustible, agua potable, medios de transporte del personal, verificar el mercado de los materiales a utilizar, climatología, etc.
5. Será clave la confección de un listado de precios actualizado de mano de obra y maquinarias, conjuntamente con esta estimación se deben definir la lista de subcontratos y proveedores adjudicados.
6. Con la información de los recursos a utilizar y junto con el programa de trabajos se adicionan los costos adicionales (indirectos, financieros, etc) para llegar al costo estimado total.
7. Por último, se incorpora el margen esperado al costo calculado y se confecciona el resto de la documentación para realizar la presentación formal de la oferta.

Se puede ver claramente que el rol de la presupuestación durante la etapa de ofertas es clave, ya que permite volcar la información de todas las áreas de la empresa sobre la oferta técnico/económica que es enviada al cliente, convirtiendo esta estimación en la pieza clave del proceso anterior.

3.2 PRESUPUESTO DE OFERTA

En la literatura, se encuentran varias definiciones para presupuestos, no solo dependiendo del autor, sino también desde el punto de vista de la organización desde la cual se la mira:

- “... la predicción monetaria que representa realizar una actividad o tarea determinada”.
- “...Cálculo aproximado del costo de una obra”.
- Es la expresión en cifras monetarias del programa de trabajo previsto en un proyecto.
- Es el monto que se autoriza como apropiación para invertir en la materialización de un proyecto específico.

Todas las expresiones se las considera validas, sin embargo pueden identificarse algunas coincidencias implícitas en cada definición. Es por ello, que se puede decir que los presupuestos tienen cuatro atributos fundamentales: es aproximado, singular, temporal y posteriormente una herramienta de control.

El presupuesto se define como aproximado debido a que sus previsiones intentan estimar de manera certera el costo real de la obra. Este objetivo se logra en mayor o menor medida dependiendo de la habilidad (uso correcto de técnicas presupuestales), el criterio (visualización correcta de la ejecución de la obra) y experiencia del grupo de trabajo.

Por otro lado, se lo considera de carácter único de acuerdo a las premisas adoptadas respecto a las condiciones de localización, clima y medio ambiente, calidad de la mano de obra, características del constructor, etc. Toda esta información es considerada y volcada al presupuesto de una manera específica.

La temporalidad del presupuesto viene dada por la validez de los precios utilizados como base de cálculo en el mismo. Los principales factores de variación son: Incremento del costo de los insumos y servicios; utilización de nuevos productos y técnicas; desarrollo de nuevos equipos, herramientas, materiales, tecnología, etc.; descuentos por volumen; reducción en ofertas de insumos por situaciones especiales, cambios estacionales.

Por último, se lo debe entender como la base para una herramienta de control, ya que permite correlacionar el avance presupuestal con el avance físico, su comparación con el costo real permite detectar y corregir fallas y prevenir causas de variación por ajuste de alcances o cambios en actividades. No debe concebirse como un documento estático, cuya función concluye una vez

elaborado. El presupuesto de construcción se debe estructurar como un instrumento dinámico, que además de confiable y preciso sea fácilmente controlable para permitir su actualización sistemática.

En general se pueden identificar los siguientes grandes componentes los cuales participan en los costos básicos de una obra:

- Mano de obra
- Equipos y herramientas
- Materiales
- Gastos generales: administración e imprevistos
- Impuestos y costos financieros

Los tres primeros componentes se denominan costos directos y tienen una relación directa con la ejecución física de la obra. Los costos incurridos por estos rubros están directamente relacionados con las cantidades de obra a efectuar y la cantidad esperada de recursos a utilizar según las premisas adoptadas para poder llevar a cabo la estrategia constructiva elegida.

Los gastos generales también llamados costos indirectos, están directamente relacionados, en general, con el tiempo de ejecución e incluyen todos aquellos gastos relacionados con gastos administrativos, de mantenimiento, financieros, impuestos, pólizas, servicios públicos, comunicaciones, control técnico, campamentos, vías de acceso y otros gastos asociados al soporte de la ejecución del proyecto.

Por lo dicho anteriormente, se identifica al presupuesto como una herramienta que permite establecer la mejor aproximación para la realización de una estrategia constructiva definida según la estimación de una serie de factores de entorno que permite el control de los recursos durante el desarrollo de los trabajos. A su vez, estos recursos quedan vinculados a un costo estimado el cual es dividido en directo o indirecto según su relación con el avance físico de los trabajos.

3.3 PARTICIPANTES DEL PROCESO DE PRESUPUESTACION

Para proyectos industriales, la preparación del presupuesto debe estar formada por un equipo multidisciplinario, que en general es liderado por un Project Manager (PM). En la empresa, el equipo de oferta en general posee la participación de un coordinador por área funcional que luego asigna los recursos que considere necesario para cumplir en tiempo y forma con los requerimientos.

El equipo de oferta debe asegurarse el entendimiento técnico, financiero y económico de la oferta en orden de lograr un presupuesto lo más alineado posible con la realidad de la obra. Para ello se analizan las cantidades físicas de cada oferta y a través de un programa preliminar se identifican posibles ahorros en el desarrollo de los trabajos, histogramas de recursos, layouts.

Debido a la magnitud de las licitaciones a las que le empresa se presenta, todas las aéreas de la misma poseen un participante en la oferta. Las aéreas principales (brindan información básica para dimensionar la oferta) son las correspondientes a Ingeniería, Suministros, Programación y Presupuestación. A continuación se destacan los principales aportes de cada uno de estas áreas.

3.3.1 Ingeniería

Este departamento se encarga de realizar los cálculos para determinar las necesidades de materiales mediante el estudio de los planos de construcción, diagramas de flujo entregados en la licitación y demás información respaldatoria en el pliego. El principal objetivo es poder determinar la cantidad de volúmenes en la obra (cómputos métricos, análisis de precios unitarios, equipos y materiales de instalación) emitiendo una serie de reportes como los Materials take offs (MTO's) y Materials Requisition (MR's) en los cuales quedan establecidos las cantidades y características de materiales y equipos que deberán ser comprados para la realización de proyecto. Por otro lado, se determinan las necesidades técnicas para su instalación y posible contratación de subcontratistas (Service Requisition).

Es por ello, que el sector de Ingeniería brinda las especificaciones de cantidades y características técnicas de los materiales y equipos, dando las bases físicas para la determinación de los recursos que se requieren para su instalación en la obra.

3.3.2 Suministros

El área se encarga de realizar las cotizaciones y determinar las condiciones contractuales de las necesidades de materiales y subcontratos definidos por Ingeniería. Realizan la gestión comercial, la negociación de los términos y condiciones de cada bien o servicio y monitorean las variaciones durante el transcurso de la oferta y en la ejecución de los mismos.

De esta manera, el sector brinda información clave para la determinación de la secuencia constructiva a utilizar mediante la identificación de las fechas y condiciones de entrega de los Materiales y además, permitirá el correcto dimensionamiento económico de los suministros y subcontratos en la etapa de oferta.

3.3.3 Operaciones

Toda oferta posee un referente operativo el cual, de acuerdo a su experiencia, establece los lineamientos básicos para realizar el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP). En este documento se definen y documentan todas las condiciones, presupuestos calculados, estrategias constructivas y contractuales, recursos y capacidades con que se prevé ejecutar el Proyecto si es adjudicado.

3.3.4 Presupuestos

El área se encarga de plasmar en términos económicos la necesidad de recursos necesarios para realizar los trabajos que se desarrollan durante la ejecución del proyecto, es decir el costo industrial de la obra. La experiencia de sus colaboradores es clave debido a que les permite dimensionar de antemano las necesidades de recursos para las diferentes fases involucradas.

Por otro lado, el sector debe tener la capacidad para tomar las cantidades físicas de los diagramas cuando no haya una dimensionamiento de las mismas por parte del cliente o del área de Ingeniería. Cabe aclarar que es indispensable que las cantidades sean chequeadas y acordadas entre las áreas, utilizando referencias de proyectos anteriores, estudios particulares si los hubiese y consulta constante con los referentes del sector.

Este departamento de presupuestos consolida información de todas las áreas involucradas en la ofertas ya que es el encargado de plasmar en términos económicos las necesidades que se deben cubrir durante el desarrollo de los trabajos. Es por ello, que el sector funciona como coordinador en la elaboración del costo industrial durante esta etapa.

En resumen, el sector es el encargado de determinar el costo industrial de la obra, realizando un análisis minucioso de las necesidades de recursos necesarios para el completamiento de las tareas necesarias. Para este trabajo, funciona como coordinador de las áreas involucradas consolidando y procesando la información para traducirla en términos económicos a través de la confección del Costo Industrial, el cual se lo debe considerar como la predicción más realista del costo de la construcción de la obra en cuestión.

3.3.5 Programación de proyectos

El área se encarga de definir el programa de oferta y el programa de ejecución de la obra (elaborado conjuntamente con el PM), la diferencia entre estos dos se encuentra en el nivel de detalle de los trabajos/fases mostradas ya que el correspondiente a la ejecución queda plasmada la estrategia constructiva con mayor detalle que lo requerido en la oferta.

A su vez, debe identificarse la demanda de recursos durante toda la ejecución de manera de nivelar los mismos con el sector de presupuestos para eliminar

periodos de demanda excesiva y mantener coherencia en los niveles de utilización durante el desarrollo de los trabajos. Como método de control, se realiza un histograma de recursos que permite ver de manera grafica este fenómeno.

De esta manera, el área de programación realiza un aporte directo a la documentación de la oferta elaborando el programa de tareas conciliado entre los sectores participantes de la oferta y a su vez, permite alertar al sector de presupuestos el exceso o defecto de recursos, lo que permite la nivelación de los mismos.

3.3.6 Otras áreas de soporte

Las áreas descritas anteriormente son clave para el dimensionamiento técnico/económico y programación de la secuencia constructiva de los trabajos. Sin embargo, para el cierre de la oferta es necesaria la participación de otras áreas, que juegan un rol secundario en el dimensionamiento de los trabajos.

El sector administrativo se debe encargar una vez que se define el costo industrial de la oferta, evaluar el impacto de la devaluación de la moneda en función de cómo se prevé se distribuirán los costos del proyecto. Cabe aclarar que este ajuste es fundamental en economías con alta inflación y no solo afectará al costo, sino que además es posible que en este tipo de economías se contemple una formula de ajuste para la venta. Adicionalmente con esta valoración, el sector debe definir otros conceptos como seguros, garantías y efectos financieros.

Por otro lado, otros sectores de soporte en la coordinación del proyecto deben dimensionar el su dotación para cubrir las necesidades del proyecto. Principalmente, los sectores de Recursos Humanos, Calidad, Mantenimiento de Equipos, Medio Ambiente, Seguridad y Salud; Servicios Generales y Administración de Contratos no forman parte del costo directo del proyecto, sin embargo es a través de ellos que la empresa puede gestionar los recursos y el desempeño de los mismos a lo largo de toda la ejecución por lo que su correcto dimensionamiento es fundamental para el desarrollo del proyecto.

3.3.7 Flujo de Información

Dentro del ciclo comercial, el proceso de presupuestación cobra protagonismo como eje central (Figura 3.2) en la consolidación de la información económica y técnica para valuar el costo industrial de la obra en cuestión. Todas las áreas participantes en la oferta trabajan en conjunto para coordinar lo que se prevé sea la oferta ganadora.

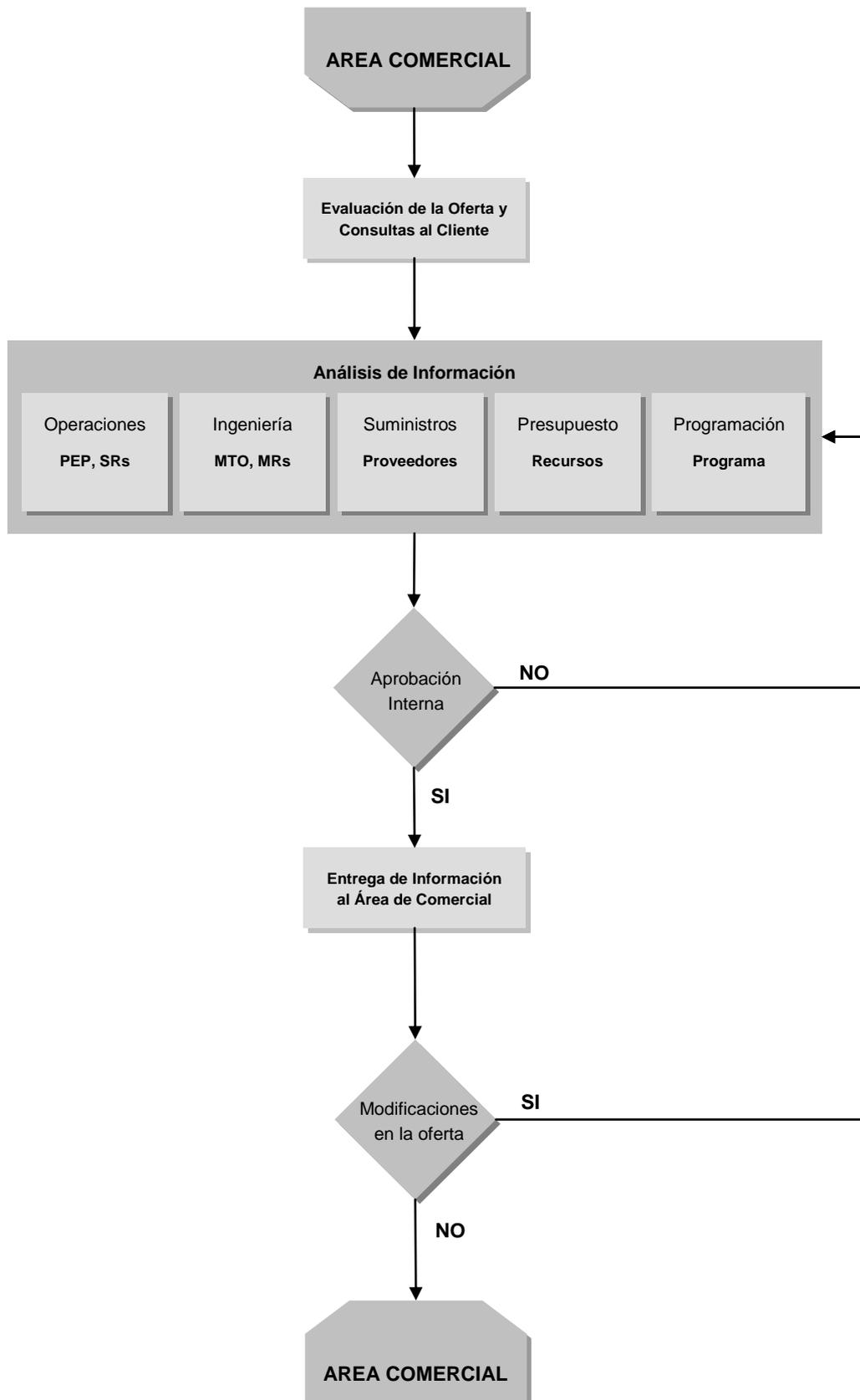


Figura 3.2 - Flujo de información durante la etapa de presupuestación. Techint, 2010.

Este proceso es de carácter iterativo y busca determinar una oferta comercial que permita reflejar la estrategia constructiva, definida por la estimación más realista de los resultados esperados por los recursos empleados en el tiempo establecido en el programa de trabajos.

En resumen, se puede identificar dentro del proceso de presupuestación cuatro sectores claves que aportan información fundamental para permitir el correcto dimensionamiento de los trabajos. La ingeniería, aportando información técnica respecto a materiales y equipos a instalar. Los suministros aportan información respecto a fechas y condiciones de entrega de los Materiales y valoración suministros y subcontratos. Por otro lado, el área de operaciones se encargará de definir la estrategia constructiva que con la ayuda del departamento de programación permitirán nivelar los recursos en función de la información relevada. Por último, el departamento de presupuestos, se encarga de coordinar el proceso y valorizar estos trabajos para definir el costo industrial de la obra.

3.4 METODO DE PRESUPUESTACION EMPLEADO

A lo largo de los años los métodos de presupuestación han evolucionado, en busca de mayor exactitud, hacia una mayor complejidad y detalle en su desarrollo. Los métodos utilizados en etapas tempranas se basaban en la utilización de precios históricos de proyectos similares adaptados por unidad de medida mediante un radio de conversión (m², m³, ml/pulgada en el caso de ductos) para el proyecto completo. Sin embargo, el método por unidades presentado no permite ajustar las variables (cantidades/recursos) para proyectos específicos, por lo que solo es efectivo para una estimación en etapa preliminar del desarrollo del presupuesto donde puede ser de utilidad para determinar el orden de magnitud de los trabajos. Actualmente esta metodología contiene una alta incertidumbre respecto al costo final de la obra que depende de:

- La complejidad y la escala del diseño de la obra
- La calidad de información histórica referente a un tipo de obra particular
- La experiencia del equipo de presupuestación y el método utilizado
- El impacto de las condiciones climáticas en las que se desarrolla el proyecto y su posible estimación
- La presencia de competencia posiblemente modifique los precios de los recursos (mercado en competición)

Debido a la necesidad de cubrir la incertidumbre que generan los puntos anteriormente descriptos las empresas han modificado su forma de presupuestación hacia métodos más exactos que permiten incorporar mayor detalle en el diseño de la oferta, donde surge el método analítico de presupuestación, el cual es utilizado por la empresa.

3.4.1 Estimación analítica

Este método permite determinar precios unitarios evaluando los recursos y cantidades individualmente para cada actividad según lo establecido por CIOB (Code of Estimating Practice), estableciendo los estándares de producción para cada actividad en términos de Costos por HH el personal jornal y los equipos.

La determinación y valoración del estándar es clave en la etapa de oferta, ya que es la base para formar el costo industrial, que junto con la inclusión de costos indirectos, contingencias y ajustes financieros formaran el precio de venta del contrato.

La ventaja de esta metodología radica en que los recursos constituyentes del costo se encuentran identificados para cada tarea / fase. De esta manera, se simplifica la tarea de determinar los costos totales por fase e identificar cuáles de ellos juegan un rol de importancia dentro de las mismas identificando las necesidades de personal (workforce) y permitiendo el análisis de las duraciones de las actividades.

Por otro lado, permite identificar y calcular rápidamente el costo de seguros, transporte de personal, necesidades de Elementos de protección personal y herramientas relacionadas con el personal directo.

Visto desde la empresa constructora, este tipo de análisis permite realizar un benchmark con los subcontratistas y ver no solo como se posiciona en un mercado/región en particular, sino también evaluar la estrategia constructiva del proyecto utilizando personal propio o subcontratado para determinadas tareas.

Por otro lado, si la oferta es adjudicada la estructura generada por la estimación analítica permite un mejor control de los costos del proyecto, debido a que los recursos se tienen identificados por cada fase productiva donde y queda asignado su costo y cantidad correspondiente. De esta manera, durante el desarrollo del proyecto la posibilidad de monitorear e identificar desvíos.

La ventaja de tener desagregados las productividades y costos de los recursos, sin embargo se convierte en un desafío cuando esta metodología debe aplicarse a mas de una oferta en simultaneo, desde la definición del estándar hasta la determinación del precio final de la oferta es necesario realizar cálculos adicionales que por el volumen de información es necesario utilizar un programa informático para que realice los cálculos.

3.4.2 Productividad

La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes producidos y la cantidad de recursos utilizados. Desde un enfoque sistemático, se asocia a este concepto al referirse a la cantidad de recursos (consumo) utilizados para obtener un máximo de producto (resultado). En el ámbito de la construcción, dado que es una industria de consumo de recursos intensiva fundamentalmente mano de obra y maquinaria de trabajo, se utiliza la productividad para evaluar la eficiencia de los rendimientos de los recursos durante la ejecución de los trabajos.

Es importante considerar que debido al tipo de trabajos involucrados en la construcción de pipelines (ver Capítulo 2), las productividades utilizadas para dimensionar el costo y programa de trabajos durante la oferta deben considerar que las actividades no siempre se desarrollan en ámbitos de trabajo ideales. Por esta razón, la utilización de las productividades máximas consideradas en las características técnicas de los equipos o los rendimientos ideales definidos mediante estudios de tiempo de trabajos para actividades de mano de obra intensiva es fundamental para su dimensionamiento la correcta evaluación de las condiciones en las que desarrollan los trabajos y que en consecuencia condicionan las productividades alcanzadas por estos recursos.

La definición de las productividades en la etapa de presupuesto es clave, ya que en función a ellas compiten dos objetivos fundamentales para el desarrollo y correcta valuación de la oferta técnico/económica. Por un lado, existe la necesidad de cumplir con un programa de trabajo donde se busca reducir y optimizar el camino crítico (tiempo), y por otro la búsqueda de una estrategia constructiva de manera de reducir al máximo posible la cantidad de recursos asignados al mismo (costo), incluyendo dentro de éste los relacionados a los trabajos directos, indirectos, financieros, etc.

Es por ello, que para realizar las estimaciones se consultan fuentes de información propias a la empresa, principalmente la utilización del libro de estándares de producción, informes finales de obra, consultas con referentes operativos del área y con referentes de proyectos activos que permitan validar las estimaciones que se están utilizando.

3.4.2.1 Mano de Obra

A pesar de la progresiva mecanización y el empleo cada vez mayor de elementos prefabricados, el correcto dimensionamiento de mano de obra es determinante en la obtención de los costos de fases intensivas en los pipelines. Para la determinación de los mismos se debe considerar el armado de las cuadrillas para cada actividad siendo estas, en general, compuestas por capataces, mano de obra especializada, peones y demás personal necesario.

En general, las cuadrillas no suelen tener grandes variaciones su composición, lo que sí es determinante es la cantidad de las mismas que deben ser consideradas para cumplir con los trabajos y las productividades asociadas a las mismas.

Para hacer un análisis de la productividad, y en consecuencia su costo, se debe tomar en cuenta que el tiempo total de permanencia de los trabajadores en una obra se aprovecha sólo parcialmente, es por ello que se debe considerar los diferentes estados sin embargo su costo es determinado

- **Trabajo productivo.** Corresponden a las actividades que aportan al avance de la producción de la obra (soldadura, por ejemplo).
- **Trabajo contributivo.** Son las actividades de apoyo necesarias para el cumplimiento del trabajo productivo.
- **Trabajo no contributivo (Stand By).** Corresponden a los tiempos no aprovechados, improductividades presentes por diversos factores (espera de materiales, factores climáticos o geográficos que no permiten el desarrollo de los trabajos, etc).

Cabe aclarar que en la realización de trabajos con personal subcontratado, el foco del análisis debe concentrarse en la razonabilidad de las productividades prometidas en función del costo cotizado. Es por ello, que en general para trabajos subcontratados se pone foco en su supervisión y correcta valuación económica de los trabajos realizados dentro de su alcance para que los mismos no comprometan el desarrollo de los trabajos realizados con personal propio.

En consecuencia, para la determinación de la productividad y los costos totales de la mano de obra, el área de presupuestos debe tener en cuenta las consideraciones antes mencionadas ya que la valuación de la necesidad total de recursos debe incluir los tres conceptos descriptos.

Cabe destacar, que en general, las empresas constructivas ponen foco en el logro de objetivos y no en la productividad de los recursos utilizados. Indicadores como Juntas por día o metros lineales por día son los más utilizados, mostrando claramente que la productividad no forma parte de su gestión (Miller, 2002).

3.4.2.2 Costo de los Equipos

En el costo de la maquinaria y equipos se considera a todas las maquinarias como ser: side-booms, zanjeadoras, grúas, retroexcavadoras, volquetes, cargadores frontales y cualquier otro equipo pesado involucrado en los trabajos directos.

Al igual que la mano de obra, para realizar el análisis de productividad se debe considerar el tiempo total de afectación de los equipos a la obra, más allá de que su aprovechamiento (nivel de utilización) y debe incluir el tiempo de Stand By de los mismos.

La valoración de estos recursos, ya sean propios o de terceros, están vinculados a una tarifa de trabajo que no depende del nivel de utilización de los mismos, la ventaja competitiva en la utilización de los equipos propios reside en que este valor es menor, sin embargo dado el carácter multinacional de los proyectos realizados por la empresa, es necesario evaluar para cada proyecto la necesidad de equipos propios, su ubicación, costo de transporte, operación y mantenimiento en comparación con la utilización de equipos locales subcontratados.

3.5 CONCLUSIONES

El presente capítulo se presenta el proceso comercial y como dentro de Éste el área de presupuestación de la empresa juega un rol de coordinador de la propuesta técnico/económica para la valuación de los trabajos asociados a la obra licitada.

A su vez, mediante la utilización del método analítico para la determinación de recursos necesarios en la presupuestación se pone el claro la necesidad tener que determinar para cada tarea de construcción la correcta productividad durante la ejecución de los trabajos de la obra, ya que esta no solo determina el costo de las fases involucradas sino que además es clave para la determinación de la estrategia constructiva ya que permite nivelar los recursos y evaluar diferentes estrategias de ejecución.

Cabe destacar que para la correcta determinación de los recursos de mano de obra y equipos, la productividad de los mismos debe considerar los tres estados posibles que se definen para los recursos; los trabajos productivos, los contributivos y los no productivos, siendo estos últimos fuente de posibles impactos en el rendimiento de los recursos y por ende en el desarrollo de la obra.

4 PRESENTACION DE ALTERNATIVA DE MEJORA DEL PROCESO

El objetivo de este capítulo es presentar la mejora que se propone incorporar al proceso de presupuestación, es decir se busca dar respuesta a la pregunta planteada en la introducción de este trabajo.

En primer lugar, se identifican las variables adicionales que afectan la productividad de las fases involucradas en la ejecución de los trabajos y como estas impactan en el desarrollo normal de los trabajos.

Una vez identificadas las variables, consideradas como críticas, se recomienda una solución posible para el relevamiento e incorporación de las mismas al cálculo de rendimientos de los recursos durante la etapa de oferta.

4.1 INTRODUCCION

Tal como fueran determinadas en el Capítulo 2, donde se identifican las principales actividades a valorizar en la construcción de un ducto se puede ver como en las fases directas analizadas, pueden ser identificadas solo dos de ellas como críticas, las fases de soldadura y de bajada y tapada, ya que en conjunto consumen en más del 50% de las Horas de recursos totales durante la construcción basándose en información de los últimos proyectos realizados por la empresa.

A su vez, en el Capítulo 3, se presentan las áreas que integran el proceso de presupuestación utilizado por la compañía, y la metodología de trabajo utilizado por el área de presupuesto para valorizar las actividades directas. En este sentido, se destaca la utilización del método analítico para valoración de recursos y se pone foco en la variable clave para este proceso, la productividad de los recursos utilizados.

En función de lo dicho anteriormente, y de acuerdo a la pregunta de investigación planteada al comienzo de este trabajo a lo largo de este Capítulo se identifican una serie de variables que afectan la productividad de los recursos durante la ejecución de los trabajos de las fases críticas.

De esta manera, se relacionan las variables identificadas con las productividades alcanzadas en las fases críticas analizadas del presente trabajo, que son utilizadas para la definición de las premisas durante el armado del presupuesto y determina en base a ellas el costo final de cada una de las fases y su impacto en el programa de trabajos. Por lo tanto, puede decirse que las variables adicionales se relacionan con la ejecución de los trabajos a través

de la determinación de los rendimientos, en principio a nivel de presupuesto para luego permitir evaluar durante la ejecución de los trabajos el impacto real en las productividades y de esa manera aumentar la previsibilidad de los trabajos ejecutados.

4.2 IDENTIFICACION DE VARIABLES ADICIONALES

Debido a la importancia que posee la correcta definición de la productividad para la determinación del costo estimado total de una obra, es importante destacar la necesidad de identificar y valorizar correctamente los diferentes factores que afectan a la misma a la hora de realizar los trabajos.

Según el establecido por *Page (1997)*, la productividad de los recursos durante la ejecución de trabajos de construcción puede estar afectada por diferentes factores, considerando que el impacto de los mismos sobre los grupos de trabajo pueden afectar tanto de manera positiva como negativa. A continuación se detallan los factores identificados:

- Economía general
- Aspectos laborales
- Clima
- Actividad
- Equipamiento
- Supervisión

El enfoque para analizar los factores debe estar alineado por la metodología que la empresa posee para realizar la valorización cada ítem.

4.2.1 Impacto de la Economía General

Este punto refiere a la situación Económica de la región donde se desarrolla el proyecto. En general en un entorno de crecimiento y desarrollo Económico la disponibilidad de recursos como mano de obra calificada o de equipos pesados para su contratación comienza a mermar debido a la alta demanda impulsada por el crecimiento. Es por ello, que este factor resulta de suma importancia y su relevamiento debe ser analizado en detalle según para cada proyecto o región de trabajo poniendo el foco en las tendencias del mercado, los volúmenes de contratación, etc.

Sin embargo, se considera que este aspecto ya se encuentra contemplado dentro del proceso de relevamiento de información durante la etapa de oferta (ver Capítulo 3), la disponibilidad de recursos esta relevada de por el área de recursos humanos para la determinación de disponibilidad de mano de obra en

la zonas involucradas y por parte del área de suministros para el relevamiento de la necesidad de maquinaria. En este último punto es importante destacar que la empresa posee su propio parque de maquinas para contingenciar posibles fallas en algún suministro de equipo previsto a realizar por un subcontratista de alquiler de equipos.

Es por ello, que respecto a los factores económicos que pueden afectar las productividades de los recursos se entiende que el impacto de los mismos queda acotado debido a que se entiende que existe una correcta gestión y relevamiento de información durante la etapa de oferta por parte de Recursos Humanos (mano de obra) y Suministros (equipos) para la mejor definición de las condiciones de contratación de los recursos.

4.2.2 Impacto de Aspectos laborales

Por otro lado, existe la posibilidad de que la productividad de la mano de obra este influenciada por las condiciones laborales en las que se desarrolla el proyecto y la necesidad de trasladarse fuera de su lugar de residencia a la que son solicitados los recursos involucrados. Según Page (1997) las variables determinantes son las relacionadas con efectos sindicales y sus consecuencias, relación salario/experiencia de la mano de obra, incentivos por performance y el ambiente de trabajo.

En principio cabe destacar el impacto en las productividades en relación a la distancia que se encuentran los campamentos del proyecto respecto a zonas urbanas. En general, la construcción de pipelines se lleva a cabo a través de zonas con baja densidad poblacional, donde es necesario el armado de los centros comunes para el personal directo e indirecto.

Este alejamiento permite a los trabajadores mantener un clima laboral estable y constante, ya que al no tener la posibilidad de recrearse fuera del horario de trabajo en una zona urbana más desarrollada, las actividades realizadas quedan sujetas a las consentidas por las políticas de la empresa dentro del ámbito de un campamento como el que se muestra en la Figura 4.1. En el caso de mantener a la dotación en un área urbana, el ausentismo pasa a ser un factor clave, dado que el personal al poder desenvolverse en un ámbito urbano tiene acceso a mayores bienes y servicios que, voluntaria o involuntariamente, no le permita cumplir con su jornada de trabajo con la calidad que la empresa requiere.



Figura 4.1 – Instalaciones en el campamento de montaña

En función de lo definido anteriormente las organizaciones sindicales pueden ser consideradas como un foco de posible inproductividad, ya que en presencia del desarrollo de un proyecto en las cercanías de un centro urbano cabe la posibilidad de que exista una organización de trabajadores que vele por los mejores interés de sus afiliados, resultando así en la posibilidad de huelgas y demás protestas que afectan el desarrollo de las fases.

Cabe destacar que a pesar de trabajar en zonas alejadas de centros urbanizados existe el riesgo de que, debido a la cantidad de recursos asociados a los trabajos en un ducto (en un pico de producción puede haber más de 1.000 personas en un solo campamento), se genere una asociación de intereses comunes dentro de la misma fuerza de trabajo produciendo un efecto similar al de un sindicato. Es por ello, que resulta indispensable realizar una gestión de recursos humanos orientada a mitigar los problemas planteados por la dotación del proyecto siendo receptivo a las necesidades presentadas dentro de las condiciones de trabajo existentes.

De acuerdo a lo dicho anteriormente en relación a los aspectos laborales que pueden afectar las productividades de un proyecto, es fundamental considerar el impacto de la cercanía a centros urbanos que puedan fomentar el ausentismo del personal. A su vez, es importante destacar que la presencia de asociaciones sindicales (formales o no) son de vital importancia y es necesario considerar su correcta gestión a lo largo del desarrollo de los trabajos para evitar desvíos en la cantidad de recursos o el tiempo asociado a los trabajos.

4.2.3 Impacto del Clima

Dada la naturaleza de las actividades durante la construcción de Ducto, en general, las mismas se desarrollan afectadas a las condiciones climáticas de cada lugar. El impacto del clima es identificado como una de las causas generadoras de retraso en los proyectos de construcción (Baldwin, 1971; Koehn y Meilhede, 1981; Laufer y Cohenca, 1990), sugiriendo que aproximadamente el 50% de las actividades son sensibles a este factor.

Dentro de las condiciones climáticas que afectan las productividades se encuentran la presencia de lluvias y vientos y la temperatura como factores fundamentales (Page, 1987) para el correcto desarrollo de los trabajos.

A continuación se muestra como estos factores impactan en las productividades de la construcción de ductos, teniendo en cuenta su principal foco en las actividades correspondientes a la soldadura y bajada y tapada.

4.2.3.1 Lluvias

En condiciones adversas se debe mitigar sus efectos, en el caso de las actividades de soldadura en general la medida más utilizada es el armado de carpas de trabajo las cuales permiten aislar el proceso de las condiciones climáticas permitiendo trabajar en un ambiente controlado. De esta forma, no solo las condiciones ambientales mejoran considerablemente, sino también se asegura la calidad de la soldadura evitando reprocesos por la presencia de quebraduras en el material originadas por la mala solidificación debido a la presencia de agua. Esta solución también permite contingencias el riesgo de trabajo en presencia de vientos superiores a 25 Km/h (Gunars Abele, 1996) donde es posible la aparición de fallas en la calidad de la soldadura debido a la inclusión de impurezas contenidas en el mismo o la presencia de contaminantes en el aire.

Por otro lado, se puede decir que el impacto de las lluvias tiene un efecto fundamental sobre las actividades realizadas en la construcción debido a que la misma afecta directamente las condiciones del suelo generando retrasos en las actividades diarias o la suspensión de las mismas hasta que las condiciones mejoren (Laufer y Cohenca, 1990). En este sentido es importante considerar los efectos que trae aparejado este fenómeno en la movilización del equipamiento (soldadoras por ejemplo), en el párrafo anterior se hace referencia a las carpas para soldadura, las cuales permiten asegurar la calidad del trabajo, sin embargo la preparación de estas instalaciones durante condiciones climáticas adversas aumentan los trabajos de preparación, disminuyendo en consecuencia los efectivamente productivos durante la jornada laboral. Por otro lado, en referencia a la movilización y operación de equipos pesados, como sidebooms o retroexcavadoras, también son afectados (Page, 1987) durante las lluvias. Este

punto se desarrolla en el inciso 4.3.1 ya que los retrasos ocasionados están relacionados con el agravamiento de las condiciones existentes de la actividad.

Como se puede ver en la Figura 4.2 los trabajos de bajada son afectados por la lluvia, no solo dificultando la operación de la maquinaria y preparación de los trabajos, sino también afectando las condiciones de la zanja debido a la inundación de la misma, haciendo necesario la suspensión de los trabajos o la utilización de bombas para reducir el nivel de fluido dentro de la misma.



Figura 4.2 – Trabajos de bajada en la línea regular con terreno inundado

4.2.3.2 Temperaturas extremas

Existen países donde las temperaturas extremas juegan un rol fundamental en el desarrollo de las actividades, afectando directamente la productividad, incluso llevando a paralizar las mismas (Laufer y Cohenca, 1990). A pesar de que existe evidencia que los costos de mitigar este impacto son mayores a los ocasionados por tal efecto, valorar este impacto es fundamental para la determinación de las productividades para futuras estimaciones.

Por un lado, es importante destacar el impacto de las temperaturas sobre el comportamiento de la mano de obra. Ya que, en la presencia de temperaturas extremas ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) comienza a evidenciarse un efecto stress impactando en la eficiencia y efectividad de las personas (Wyong, 1984 y Pepler and Warner, 1988) con clara evidencia de la caída de performance de la mano de obra debido al exceso de transpiración o escalofríos durante el desarrollo de los trabajos, impactando directamente sobre la productividad de la tarea.

A su vez, el impacto de las temperaturas no solo influye en la mano de obra, sino también en la rutina de trabajo ya que al trabajar en zonas con alto gradiente térmico es indispensable evitar que las soldaduras queden sin terminar completamente al final de la jornada ya que las deformaciones ocasionadas por la dilatación/contracción de las juntas pueden provocar fisuras sobre llevando a retrabajos. El impacto sobre los equipos por este concepto es menor durante la ejecución de los trabajos, sin embargo es necesario asegurarse que las tareas mantenimiento sean realizadas de forma estricta (Gunars Abele, 1996) para evitar el desgaste o mala utilización de los equipos.

El impacto por las condiciones climáticas es uno de los factores que más afecta las productividades de los trabajos de construcción, llegando a paralizar los trabajos impactando de esta manera en la productividad de las fases afectadas. El efecto de las lluvias es considerado uno de los más importantes en los trabajos de construcción ya que no solo afecta las condiciones ambientales en las que se desarrollan, sino que también pueden afectar la calidad de los trabajos ejecutados. A pesar de que existe la posibilidad de contingenciar parte del riesgo mediante la utilización de equipo adicional, la productividad se ve afectada por lo que se considera crítico a la hora de relevar las condiciones de trabajo. Por su parte, las condiciones de temperatura también poseen un impacto dual, tanto en los recursos como en la calidad de los trabajos realizados afectando directamente sobre el comportamiento de los trabajadores y sobre las tareas de mantenimiento para asegurar la continuidad de los trabajos.

4.2.4 Impacto por la Actividad

La ejecución de los trabajos de construcción de pipelines tienen la particularidad de que son fuertemente dependientes del lugar donde se realizan, a pesar de que las tareas son similares entre los proyectos y el proceso de producción no puede ser alterado, las actividades realizadas pueden ser afectadas por factores determinados por el entorno, el grado de dificultad, el riesgo implícito en la realización de la actividad o el impacto de las condiciones en que la superficie del suelo se encuentran (Pipeline International, 2012).

De lo dicho anteriormente se entiende que los trabajos de construcción de pipelines, en particular la soldadura y la bajada y tapada, al no desarrollarse en condiciones ambientales controladas, a diferencia de una planta industrial, están afectados por las condiciones determinadas por el ambiente externo. Es por ello que se considera a las condiciones geográficas un aspecto crítico para poder evaluar la productividad ya que en función de éstas los resultados obtenidos por los recursos pueden modificarse.

Dentro de los aspectos a tener en cuenta, se analizan los trabajos en pendientes y el impacto de las operaciones en alturas elevadas respecto al nivel del mar.

4.2.4.1 Trabajos en pendientes

La realización de trabajos en pendientes es una de las actividades, en términos de seguridad, donde la necesidad de trabajo en forma ordenada y controlada se hace más evidente. El riesgo implícito de realizar trabajos donde la inclinación requiere cuidado en la operación, y para el caso de las actividades de bajada y tapada de ductos es necesario asegurarse la cantidad necesaria de equipos pesados para la realización de un trabajo seguro durante la movilización de los tubos y la bajada de los mismos (Pipeline Internacional, 2011).

Cabe destacar que las pendientes en zona montañosas pueden presentar diferentes grados de dificultad, por esta razón se define, como regla general durante el presupuesto, que luego de los 30 grados de inclinación del terreno la construcción se realiza como una obra especial y no forma parte de los trabajos ejecutados por el equipo de la línea regular. A pesar de acotar el riesgo para los trabajos de línea regular reduciendo su alcance, es necesario tomar medidas de precaución para la realización de los trabajos de su responsabilidad.

Para la correcta realización de los trabajos de soldadura, bajada y tapada los equipos de izaje son estabilizados mediante cables de acero desde un equipo más pesado, en general una (o más) topadora equipada con un malacate en terreno plano y firme en la cima de la pendiente. Este equipo permite la seguridad durante la operación de bajada de tubería y además ayuda a disminuir la carga de trabajo de los equipos de izaje a lo largo de la pendiente durante el traslado de los mismos en el desfile de la tubería y posterior bajada. Esta operación se la conoce con el nombre de yo-yo debido a la posición de los equipos y su movimiento relativo.



Figura 4.3 – Trabajos de bajada realizados en una pendiente

Por otro lado, el estado del sustrato durante realización de los trabajos en pendiente resulta fundamental ya que impacta directamente sobre la capacidad de carga de la maquinaria definida para el terreno dada un ángulo previsto de

trabajo (Pipeline International, 2011). El caso más habitual es el impacto la presencia de agua que lleva a modificar la consistencia del sustrato en la presencia de los equipos, requiriendo incrementar las condiciones de seguridad en la operación utilizando disminuyendo el ritmo de trabajo y la necesidad de evaluar la utilización de una mayor cantidad de equipos para asegurar el correcto desarrollo de las tareas. De acuerdo a la cantidad de lluvia, el impacto en la ejecución de los trabajos puede paralizar la ejecución, incluso después de haber finalizado las precipitaciones debido a que el estado de suelo es tal que no asegura la condiciones de seguridad necesarias.

Finalmente, se identifica en los trabajos realizados en pendiente factores claves que afectan la productividad durante los trabajos de línea regular, teniendo en cuenta el impacto de la mayor necesidad de recursos (técnica del yo-yo) para asegurar la calidad seguridad. A su vez se hace foco en la necesidad de identificar correctamente las condiciones del sustrato en que se llevaran a cabo los trabajos de izaje fundamentalmente, ya que frente a la presencia de suelos que no permiten gran carga de trabajo sobre los mismos, las condiciones durante la ejecución cuando existe movimiento dinámico de cargas puede llegar a desestabilizar los equipos ocasionando accidentes. Este fenómeno se agrava por la presencia de lluvias.

4.2.4.2 Trabajos en zona montañosa

La necesidad de cruzar zonas de gran altitud, en particular en la zona andina, es ineludible durante la ejecución de un pipeline. Dado el contexto geográfico es de suma necesidad realizar los trabajos de forma adecuada y bajo los estándares de calidad establecidos, tanto por la empresa como por la legislación vigente del país. La necesidad de operar los equipos en zonas con anchos de pista reducidos, o zonas de trabajo muy reducidas en orden de minimizar el impacto ambiental dificultan la operación y obligan a la realización de un programa detallado de trabajo que contemple todos los requerimientos (Pipeline International, 2012).

Por otro lado, la soldadura en alturas arriba de 3.000 metros sobre el nivel del mar, debido a la disminución de presión y de Oxígeno, se identifica la presencia de porosidad de las soldadura realizadas y el incremento en la cantidad de escoria, resultando en retrabajos constantes afectando la productividad (Lincoln Electric, 2010). Este contratiempo debe ser considerado, ya que la calidad de los materiales de soldadura debe ser modificada para asegurar los trabajos en estas altitudes.

Cabe mencionar, que a estas alturas, el fenómeno del *apunamiento* y las restricciones de salud deben ser consideradas, resultando en un posible requerimiento de staffing de recursos particular para estas condiciones.

En resumen, se encuentra que la presencia de regiones de gran altitud dentro de la traza del ducto, deben ser consideradas dentro de la estrategia de construcción, en particular de las fases de soldadura, bajada y tapada. Los efectos de las pendientes y su posible desmejora por fenómenos climáticos debe ser considerados durante el presupuesto para poder incorporar las posibles caídas en la productividad. A su vez, la altura sobre el nivel del mar, juega un papel crítico en el staffing de recursos y programación de tareas, ya sea por la dificultad de trabajar en lugares donde el espacio para los frentes de trabajos es crítico o por la necesidad de trabajar en alturas extremas donde las productividades de los recursos y los materiales a utilizar deben ser consideradas en el análisis.

4.2.5 Equipamiento

Es indispensable disponer del equipamiento indicado para el correcto desarrollo de los trabajos, su estado y mantenimiento impactan directamente sobre la productividad de los recursos (Page (1997)).

Dentro de estos factores se identifican al estado del herramental y equipos menores utilizados, destacando la calidad de sus condiciones preservación. Cabe destacar que dentro de esta categoría se encuentran no solo los elementos necesarios cumplir con el trabajo, además se deben considerar los elementos de protección personal necesarios para cada trabajo. En función de esta necesidad se desataca la necesidad de tener una política de calidad respecto a este tema para asegurarse de que los elementos de soporte de las actividades se encuentren en el estado necesario para su utilización efectiva durante el periodo necesario para completar los trabajos.

Por otro lado, es indispensable la disponibilidad de estos recursos de apoya para asegurarse la productividad de la tarea, la imposibilidad de trabajar con todo el herramental lleva a la presencia de tiempos muertos (stand by) donde la performance de los recursos se ve afectada.

Finalmente se pueden identificar dos factores con posible impacto en la productividad, la calidad y la disponibilidad del herramental y equipos de apoyo para los recursos utilizados. En este sentido se entiende que estos están considerados y calculados dentro de la estrategia y costos en la etapa de presupuestos y no presentan un impacto adicional sobre la productividad de la mano de obra.

4.2.6 Supervisión

Dada la formación específica y experiencia necesaria para el correcto desarrollo de los trabajos es de vital importancia que los mismos se realice según los estándares requeridos por las normas de Calidad (ver Capítulo 2) y criterios de

seguridad necesarios para minimizar el retrabajo y la generación de accidentes. Es por ello que se identifica a la Supervisión como uno de los factores críticos (Page, 1997) para asegurar la productividad durante los trabajos de construcción de ductos.

Dentro de las variables que se deben tener en cuenta en este sentido se encuentran los criterios de aceptación de cada una de las actividades realizadas, la experiencia, la capacitación del personal y la Política de Gestión de Calidad implementada para el correcto desarrollo de los trabajos.

De acuerdo al definido anteriormente la ejecución de las tareas debe realizarse bajo los criterios de aceptación acordes a cada actividad. En este sentido, la empresa posee una Política de Calidad firme en la cual invierte constantemente para difundir y concientizar al personal propio o subcontratado involucrado en la gestión de los trabajos de forma tal de mitigar cualquier impacto que pueda causar la realización incorrecta de los trabajos. La instalación de carcelería en la zona de trabajo, cursos de capacitación al personal de obra, una Política de Gestión de Calidad concreta son algunas de las medidas que permiten mitigar el impacto por este concepto en la productividad de los trabajos.

Durante la preparación del presupuesto se trabaja junto a recursos humanos en realizar un *staffing* de personal de supervisión acorde a las necesidades identificadas. La experiencia acumulada por el personal de la empresa a lo largo de los años permite mantener una base estable y capacitada de supervisores que permite asegurar el conocimiento suficiente de la metodología de trabajo y las posibles consecuencias de la ejecución de una actividad bien o mal realizada. Es por ello que este aspecto no es considerado crítico para la determinación de la productividad en etapa de oferta.

Respecto a la capacitación del personal, a pesar de ser un factor crítico para asegurarse la Calidad de los trabajos y minimizar el retrabajo, la empresa posee herramientas para minimizar su impacto. Según lo establecido anteriormente, la experiencia y disponibilidad de recursos experimentados hacen que este factor tenga bajo impacto ya que la capacitación en las tareas durante la construcción es constante a través de la existencia de una escuela de soldadura interna y la posibilidad de certificar soldadores calificados que hacen posible mitigar el impacto de este factor. Por esta razón, se entiende que el impacto relacionado con una supervisión insuficiente no debe ser considerado un factor de ajuste de la productividad en etapa de oferta.

En resumen, se interpreta que la Economía general, el herramental utilizado y la supervisión de los trabajos se encuentran contemplados dentro de la gestión de la empresa y al tener una estrategia de mitigación de sus efectos no se considera crítico tener identificado su impacto en la productividad durante la etapa de presupuestación. Sin embargo, factores como el clima, las condiciones

físicas en las que se realizan los trabajos y los aspectos laborales que vinculan a la mano de obra con la sociedad tienen la capacidad de afectar la productividad de las tareas asociadas y por ende, surge la necesidad de un mayor entendimiento del comportamiento de la productividad en presencia de estas variables.

4.3 RELEVAMIENTO E INCORPORACION A LOS PRESUPUESTOS

Definidas las variables críticas, para cumplir con el objetivo del trabajo es necesario establecer un método sistemático que permita relevar e incorporar las variables en el proceso de decisión durante la etapa de oferta de proyectos. Para ello se deben vincular los consumos de recursos con la ocurrencia de estos factores durante la ejecución real de los trabajos, pudiendo identificar el impacto de las mismas en la productividad de las tareas.

Este relevamiento debe permitir el almacenamiento de la información de forma tal que permita realizar un análisis estadístico con la información relevada, por lo que se requiere que su confección sea realizada de manera estandarizada para cualquier trabajo y/o proyecto ejecutado. Por otro lado, dada necesidad de obtener la relación entre los trabajos realizados y las variables críticas identificadas, se considera fundamental la realización de un relevamiento de esta información a medida que se desarrollen los trabajos en el campo, identificando la productividad obtenida y el consumo de recursos asociado a la identificación de las variables presentadas en este trabajo.

En resumen, dada la necesidad de obtener de manera sistemática, de forma estandarizada información vinculada con la ejecución de los trabajos, sus consumos y las condiciones de ejecución definidas por las variables adicionales identificadas en el presente trabajo, se propone la utilización de un parte diario modificado en el cual se incorpore el relevamiento de la información presentada en este trabajo.

En la figura 4.1 se presenta un modelo esquemático del mismo, el cual incorpora los cambios planteados

 Proyecto							
REPORTE DIARIO DE SUPERVISION Y CONTROL DE DIRECCION							
Nombre Supervisor / Categoría					Fecha		
Lugar de trabajo					Fase		
					Hoja		1 de 3
A CONDICIONES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL TRABAJO							
A.1	Condiciones climáticas	Hora Inicio	Hora fin	Unidad	Medida	Comentarios	
	Lluvia						
	Nieve						
	Viento						
A.2	Otras condiciones	Hora inicio	Hora fin	Comentarios			
	Problemas sociales						
	Permisos de acceso						
	Interupción de los trabajos						
B PROGRESO DE ACTIVIDADES							
B.1	Actividad Ejecutada	KP inicio	KP Fin	Unidad	Acum. anterior	Prod. Del Día	Acumulado
	Soldadura de tubería 24"			ml			
	Soldadura de tubería 24"			ml			
	Bajada de tubería a zanja 24"			ml			
	Bajada de tubería a zanja 24"			ml			
C.1	Observaciones y Comentarios Generales						
Cantidad de juntas:				Tipo de junta:			
Cantidad de juntas:				Tipo de junta:			

Figura 4.1 – Formato propuesto para parte diario de construcción.

Como se puede ver en dentro de la información relevada del parte diario, se vincula de manera directa las variables de producción y consumos con la ocurrencia y estado de las variables adicionales identificadas. En el Inciso A1 de la tabla se permite identificar la magnitud de lluvias, nieve y viento con su durante los trabajos. Esta medición se puede realizar cómodamente a través de la utilización de una estación meteorológica portátil. Por otro lado, el inciso A2 del parte permite relevar la ocurrencia de interferencias y el posterior impacto en la producción diaria asociada a reclamos sociales/sindicales y medir su impacto en tiempo. Por último, en el inciso B1 se permite el relevamiento de los puntos KP inicio – KP fin que permiten el relevamiento de las condiciones geográficas (pendientes o zona montañosa, según lo identificado en 4.2.4) del lugar anteriormente relevadas durante la etapa de topografía. De esta manera, a través de esta nueva propuesta de parte diario se puede recolectar a lo largo de la ejecución de los trabajos las variables adicionales propuestas.

De esta forma, se cumple con la sistematización y estandarización del relevamiento de la información de avances diarios de producción vinculados al estado de las variables adicionales identificadas en el presente trabajo. Cabe aclarar que al incorporar los campos adicionales dentro del parte diario de los frentes se minimiza el impacto en la carga de trabajo de apuntadores en campo ayudando a implementación del cambio.

Una vez relevados y validados los datos, la información puede ser volcada hacia los sistemas de información de la empresa y generar una base de datos estadística de producciones alcanzadas de los trabajos y en consecuencia realimentar la base de conocimientos utilizada durante el proceso de presupuestación de la empresa ya que como se establece en el Capítulo 3.4.1 la utilización del método analítico para la presupuestación de los trabajos necesita como input de información los rendimientos de los factores de producción de cada fase del presupuesto, información que puede ser relevada a partir del parte diario. Por lo tanto, a través de la creación de la base de datos propuesta, se brinda una solución acorde para vincular las necesidades de la presupuestación en función de los resultados que la empresa obtiene durante la ejecución de los trabajos.

4.4 CONCLUSIONES

En el presente capítulo se identifican cuales son las variables críticas que pueden afectar el normal desarrollo de los trabajos de soldadura, bajada y tapada y como ellas pueden ser vinculadas al proceso de presupuestación de la empresa.

En principio se determina, en base a la literatura existente, una serie de factores críticos:

- Economía general
- Aspectos laborales
- Clima
- Actividad
- Equipamiento
- Supervisión

De los cuales se determina que la Economía, el herramental y la supervisión de los trabajos ya se encuentran considerados dentro de la gestión de la empresa por lo que no se consideran críticos a la hora de determinar el impacto sobre la productividad. Por otro lado, el clima, las condiciones geográficas y los aspectos laborales deben ser tenidos en cuenta en el momento de determinar los rendimientos de las tareas y por ende, surge la necesidad de un mayor entendimiento del comportamiento de la productividad de los recursos en presencia de estos factores.

Es por ello que se presenta como una posible solución la realización de un parte diario ampliado que considere estos factores dentro del relevamiento de la información en campo. Por ende, se obtiene a lo largo de la ejecución de los trabajos la relación entre los factores críticos identificados y la producción de las fases diariamente, permitiendo la sistematización del relevamiento y posterior

carga de la información dentro de un sistema de gestión dentro de la empresa, logrando la realimentación de una base de datos dentro de la empresa utilizada para la determinación de los rendimientos de las fases durante la etapa de presupuestación.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

En el presente capítulo se evalúa si el método desarrollado para el relevamiento y posterior utilización de la información de rendimientos responde a la pregunta planteada y el grado de cumplimiento con los objetivos buscados al comienzo del presente trabajo.

Por otro lado, se listan las principales contribuciones del trabajo y las posibles líneas de investigación futuras con el fin de continuar con la mejora planteada en el presente trabajo.

5.1 INTRODUCCION

Para una empresa como Techint Ingeniería y Construcciones, la cual su cartera de proyectos ha incluido la ejecución de 70.000 Km de pipelines a lo largo de sus más de 60 años de vida resulta fundamental la capacidad de prever con antelación el comportamiento de los recursos durante el transcurso de los trabajos de ejecución. En un ambiente competitivo como resulta ser la licitación de proyectos industriales, la necesidad de reducir la incertidumbre de estos factores resulta indispensable para asegurar el aporte marginal de la venta de los proyectos.

En la figura 5-1 se muestran dos situaciones posibles en función de los rendimientos alcanzados por los proyectos durante la ejecución. En primer lugar el desvío "D1", el resultado obtenido por metodología actual de trabajo del área de presupuestación de ductos y el resultado real del proyecto. Por otro lado, se presenta el desvío "D2" que compara la metodología con los cambios propuestos introducidos con el resultado real obtenido por el proyecto.

En la introducción del presente trabajo se subraya la importancia de vincular los rendimientos de los recursos, mano de obra y equipos, a factores o variables externas que afecten sobre ellos durante la ejecución de los trabajos. En este sentido, resulta clave la identificación de las variables que afecten sobre el rendimiento y que aún no están siendo evaluadas por completo dentro de la gestión interna de la empresa durante el armado del presupuesto.

El objetivo del presente trabajo presentar una mejora en la metodología de presupuestación, enfocada en la determinación de estándares (o rendimientos) de los recursos directos de la construcción de un pipeline en orden de aumentar la previsibilidad de los rendimientos, y por ende de los costos directos finales, durante la etapa de ejecución, resultando en un menor desvío (D2) entre el resultado final del proyecto ejecutado y lo previsto en la oferta.

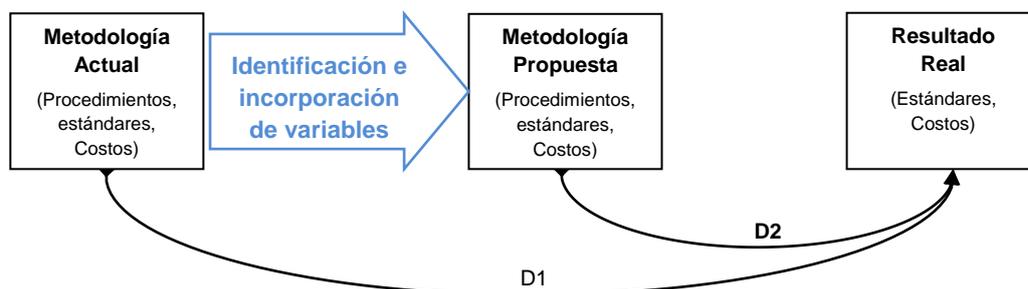


Figura 5.1 - Desvío entre la metodología actual y la propuesta frente al resultado real

Definido el objetivo del trabajo, se plantea la pregunta de investigación:

¿Es posible aumentar la previsibilidad entre el rendimiento real y el previsto en las tareas de construcción de un ducto, determinando los recursos necesarios en función de variables adicionales?

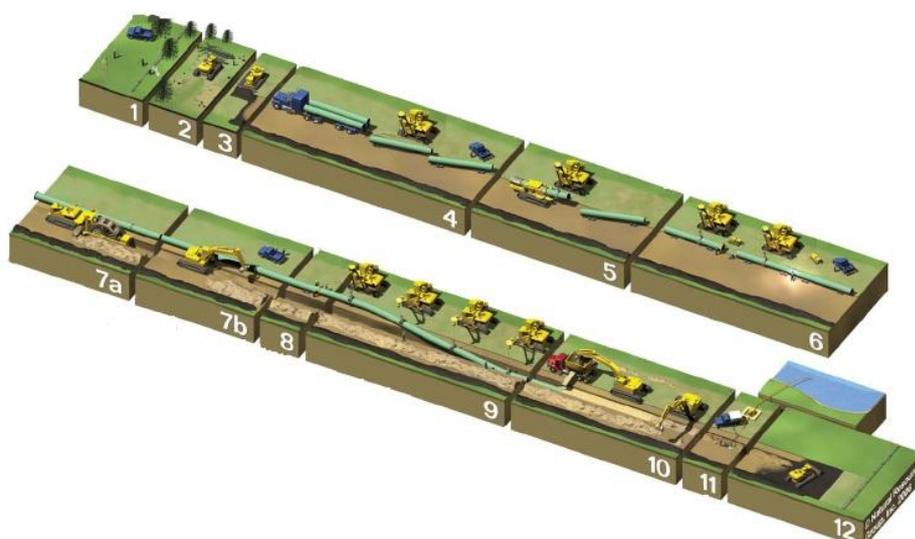
5.2 IDENTIFICACION E INCORPORACION DE VARIABLES ADICIONALES

La propuesta desarrollada en este trabajo busca mejorar el proceso de presupuestos mediante la utilización de variables adicionales que vinculen los rendimientos de los recursos directos previstos para la ejecución de los trabajos realizados durante la ejecución de pipelines de acuerdo al relevamiento de las variables identificadas durante la ejecución de las obras y los rendimientos alcanzados durante las mismas.

Para cumplir con este objetivo se identifican, en primer lugar, las actividades asociadas a la construcción de ductos y se analiza el impacto que los recursos de cada una de ellas tiene sobre el proyecto, de esa forma se determina la criticidad de las mismas en función de los recursos utilizados. A su vez, se analiza el proceso de presupuestación para entender la importancia de definir los rendimientos de manera correcta de acuerdo al método utilizado en la empresa para realizar los presupuestos durante la etapa de oferta. Por último, para poder establecer una mejora sobre el procedimiento actual basado en la utilización de los rendimientos, se identifica un set de variables críticas que impactan en el rendimiento de los recursos durante la ejecución de los trabajos y se realiza una propuesta de mejora para incorporar al proceso de presupuestación.

5.2.1 Actividades Críticas

Las actividades involucradas en el proceso de construcción se identifican en la Figura 5.2 se pueden identificar las actividades realizadas durante la ejecución de los ductos. Dentro de ellas, se destacan la pista, la excavación, el tendido de tubería, la bajada y tapada por la utilización intensiva de maquinaria debida los volúmenes de sustrato o necesidad de manipular la tubería a instalar. Además, se destaca la fase de soldadura donde se identifica a la Mano de obra como recurso crítico.



Fuente. Natural resources Group, 2006

Figura 5.2 - *Secuencia de Construcción de ductos*

Mediante un análisis de costos realizado en función de información histórica de la empresa se elabora un análisis de consumo de recursos (medido en Horas) donde se puede apreciar el aporte de cada fase al costo directo total del proyecto. En la figura 5.3 se identifica el aporte promedio de cada fase al costo directo de la construcción, pudiendo identificar de manera clara las fases con mayor consumo de recursos.

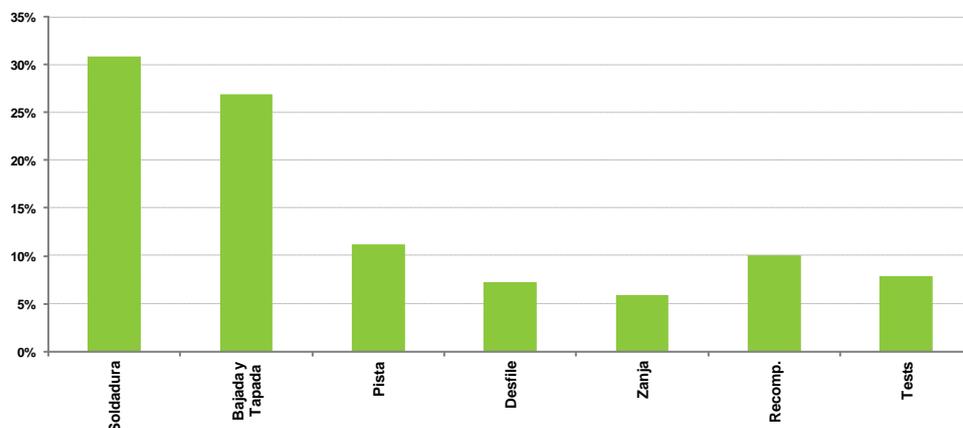


Figura 5.3 – Aporte promedio de HH por fase constructiva

Según la información relevada se pueden identificar las fases intensivas en recursos, la soldadura y la bajada y tapada, las cuales concentran el 50% de las necesidades utilizadas durante el desarrollo de la línea regular.

Por esta razón, el análisis en el presente trabajo, se concentra en identificar las variables críticas que afectan a estas fases en particular.

5.2.2 Proceso de presupuestación y metodología de trabajo

Se puede ver claramente que el rol de la presupuestación durante la etapa de ofertas es clave, ya que permite volcar la información de todas las áreas de la empresa sobre la oferta técnico/económica que es enviada al cliente, convirtiendo esta estimación en la pieza clave del proceso.

La estimación, se la define como presupuesto y es considerada la mejor aproximación realizada por la empresa para la realización de la estrategia constructiva definida para ese proyecto. Dentro de ella, quedan definidos los recursos, y sus consumos asociados, los cuales permiten el control de los costos, directos e indirectos, durante el desarrollo de los proyectos. Esta información es desarrollada en etapa de oferta por los sectores participantes dentro de la empresa.

Dentro de los sectores involucrados se identifican cinco, los cuales poseen un rol fundamental. El sector de Ingeniería que aporta información técnica, Suministros que gestionan las fechas y condiciones de entrega de los Materiales, el área de operaciones que determina la estrategia constructiva en conjunto con Programación para nivelar los recursos y finalmente el

departamento de presupuestos que posee un rol de coordinador y además es el encargado de valorizar los trabajos para definir el costo industrial total de la obra.

Para la valorización de los trabajos, el departamento de presupuestos realiza su estimación mediante el método analítico de valuación de recursos, el cual permite determinar los costos unitarios evaluando los recursos necesarios según las cantidades necesarias identificadas, estableciendo de esta manera los estándares de producción para cada actividad o fase de construcción.

La magnitud de los estándares queda determinada por la evaluación de los factores de entorno que impactan sobre el trabajo realizado para cada fase, donde se debe poner foco en la productividad de los recursos y como el rendimiento para cada fase queda determinado por los tiempos productivos, contributivos (apoyo) y no productivos, siendo estos últimos los causantes de desvío en los rendimientos alcanzados.

5.2.3 Identificación de variables adicionales

Ya identificadas las fases críticas para el estudio de recursos y la metodología de trabajo de la empresa para el análisis y desarrollo de las ofertas se deben identificar las variables adicionales para incorporar la modelo de presupuestación de la empresa. En este sentido, se han identificado una serie de factores que tienen un posible impacto en el desarrollo de la ejecución de la construcción.

En este sentido, se identifican factores como la Economía general, el herramental y equipos menores utilizados y la calidad de la supervisión de los trabajos que son considerados críticos, sin embargo, de acuerdo a la gestión de presupuestos utilizada por la empresa estos se encuentran incorporados a la gestión. Sin embargo, factores como el clima, las condiciones geográficas en las que se realizan los trabajos y los aspectos laborales que vinculan a la mano de obra con las zonas urbanas tienen la capacidad de afectar la productividad de las tareas asociadas y por ende, se plantea en este trabajo la necesidad de un mayor entendimiento del impacto en el rendimiento de los recursos en presencia de estos factores.

5.2.4 Propuesta de Mejora

Definidas las variables críticas, para cumplir con el objetivo del trabajo es necesario vincular los consumos de recursos con la ocurrencia de las variables identificadas anteriormente durante la ejecución de los trabajos de manera sistemática, para poder identificar el impacto real de las variables en la productividad de las fases.

La sistematización del recopilación de la información lleva a pensar en un método estandarizado para obtener la misma que permita con suficiente sensibilidad identificar la información correspondiente a las variables propuestas, a los consumos de recursos y producciones alcanzadas simultáneamente. Es por ello, que se propone la utilización (ver Figura 5.4) de un parte diario en el cual se incorporen las variables adicionales propuestas al relevamiento de la información tomada en campo durante la ejecución de los trabajos de construcción.

 Proyecto											
REPORTE DIARIO DE SUPERVISION Y CONTROL DE DIRECCION											
Nombre Supervisor / Categoría				Fecha							
Lugar de trabajo				Fase							
				Hoja		1 de 3					
A CONDICIONES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL TRABAJO											
A.1		Condiciones climáticas		Hora inicio	Hora fin	Unidad	Medida	Comentarios			
		Lluvia									
		Nieve									
		Viento									
A.2		Otras condiciones		Hora inicio	Hora fin	Comentarios					
		Problemas sociales									
		Permisos de acceso									
		Interupción de los trabajos									
B PROGRESO DE ACTIVIDADES											
B.1			Actividad Ejecutada		KP inicio	KP Fin	Unidad	Acum. anterior	Prod. Del Día	Acumulado	
			Soldadura de tubería 24"				ml				
			Soldadura de tubería 24"				ml				
			Bajada de tubería a zanja 24"				ml				
			Bajada de tubería a zanja 24"				ml				
C.1			Observaciones y Comentarios Generales								
Cantidad de juntas:				Tipo de junta:							
Cantidad de juntas:				Tipo de junta:							

Figura 5.4 – Formato propuesto para parte diario de construcción

De esta forma, se cumple con la sistematización y estandarización del relevamiento de la información de avances diarios de producción vinculados al estado de las variables adicionales identificadas la cual es volcada hacia los sistemas de información de la empresa y generar una base de datos estadística de producciones alcanzadas de los trabajos. De esta manera, se realimenta la base de conocimientos utilizada por la compañía para la determinación de las producciones por fase, necesarios para la utilización del método analítico para realizar la presupuestación de ductos en la empresa.

5.3 CONCLUSIONES

La mejora propuesta en la metodología de presupuestación responde a la pregunta planteada al comienzo del trabajo. Sin embargo, cabe destacar que el análisis planteado deja de lado ciertas cuestiones que deben analizarse al proponer una mejora integral en el proceso de presupuestación:

- *Costo / Beneficio de la implementación.* Si bien la metodología contempla un bajo impacto durante el relevamiento de la información, este no contempla aspectos posteriores relacionados con el mantenimiento de la información.
- *Impacto en otras áreas.* El modelo no contempla el impacto que pueda traer aparejado en el desarrollo de otras actividades durante la presupuestación.
- *Capacitación / Compromiso.* El modelo no contempla el impacto que puede traer el relevamiento deficiente por las causas descritas, obteniendo mayor dispersión de datos en la base de datos.

Respecto a la relación costo/beneficio de de la implementación del método se debe analizar el impacto económico requerido para su implementación, es decir, si las inversiones son factibles para la empresa.

Por otro lado, cabe aclarar que la mayor sensibilidad a la hora de presupuestar recursos puede traer aparejado un mayor análisis y mayor capacidad de procesamiento de información para las áreas involucradas. En principio se puede pensar que para la el área de planificación, mediante esta metodología existe la posibilidad que de que se deba realizar una homogeneización de la información para alcanzar el nivel de detalle requerido.

Más allá de las variables identificadas anteriormente, la metodología cumple con el objetivo de mejorar el proceso de presupuestación aportando información clave a las fases más importantes de la construcción de ductos.

Una de las ventajas del método planteado es que permite analizar, previa modificación de los partes diarios y la base de datos, cualquier variable que pueda definirse como relevante y que no fuese contemplada en este trabajo.

Por otro lado, es posible extender el análisis de las fases críticas consideradas en el trabajo, a las demás fases constructivas de ductos. Permitiendo de esa manera, obtener mayor sensibilidad sobre las necesidades totales.

Por otro lado, permite la consulta a los proyectos de encontrar información estandarizada que permita analizar mejor su gestión. No solo relajando un benchmark interno de los objetivos alcanzados sino también de permitir realizar ajustes durante la gestión de los proyectos activos en base a los resultados obtenidos históricamente.

5.4 CONTRIBUCIONES

En general, se tilda a las investigaciones académicas que las mismas no contemplan la realidad de los temas bajo estudio y por lo tanto el potencial de aplicación en la vida real de las propuestas planteadas es bajo. Sin embargo la contribución del presente trabajo vincula la información obtenida directamente de la línea de producción a los sistemas de información de la empresa, donde quedan a disponibilidad de los sectores de la empresa. Brindando no solo transparencia en la gestión, sino permitiendo análisis mas profundos y permitiendo mejorar la información de gestión.

La propuesta planteada permite al personal de la empresa proponer las variables que se consideren necesarias para mejorar la gestión, permitiendo generar un ámbito de intercambio y mejora continua de los procesos internos de la empresa que aportan a mejorar la previsibilidad de los resultados de la misma.

5.5 FUTURAS INVESTAGIONES

A partir de los conocimientos y experiencia adquirida a lo largo del presente proyecto existen áreas de investigación que pueden utilizar de base la información y propuesta plantada.

La primera propuesta es cuantificar de forma certera el impacto de la implementación del relevamiento de variables adicionales, analizando desde el las necesidades de recursos en campo para realizar estas tareas, el procedimiento de publicación de la misma, los sistemas de gestión de información necesarios para el mantenimiento de esta información online para los sectores q la soliciten.

La segunda propuesta se basa en la ampliación de estudio del presente trabajos, si bien se determinaron los factores críticos que impactan sobre tareas donde los recursos resultan ser de uso intensivos, parece razonable identificar las variables que impactan sobre el resto de las tareas de construcción de ductos que permita centralizar en una sola base de datos la información referida

al comportamiento de los recursos y su sensibilidad frente a presencia de factores críticos identificados en cada fase.

La tercer propuesta de investigación parte como extensión de obtener una base de datos centralizada con la información referida a todas las fases involucradas en la construcción ya que se plantea la programación de un sistema de predicción autónomo donde solo sea necesario la introducción de las variables de entorno, consideradas como críticas para poder estimar la duración de las tareas de construcción y los recursos asociados. Existen trabajos anteriores como el de Moselhi (1996) donde evalúa el impacto del clima en la duración de las actividades de construcción mediante un programa informático.

6 BIBLIOGRAFIA

- Rogers E. 1995. *Diffusion of Innovations*. Editorial: Free Press. Extracto publicado en: <http://www.stanford.edu/class/symbsys205/Diffusion%20of%20Innovations.htm>
– Vigente a Julio, 2007
- Baldwin, J.R., Manthei, J.M., Rothbart, H., and Harris, R.B. 1971. Causes of delay in the construction industry. ASCE Journal of the Construction Division.
- Edwards, D.J., Yang, J., Wright, B.C. and Love, P.E.D. (2007). Establishing the link between plant operator performance and personal motivation. Journal of Engineering, Design and Technology.
- Koehn and Meilhede. 1981. Cold weather construction costs and accidents. ASCE Journal of the Construction Division.
- Laufer and Cohenca. 1990. Factors affecting construction planning outcomes. ASCE Journal of Construction Engineering and Management.
- Page, John. 1997. Estimator's general construction Man Hour. Gulf Publishing company. ISBN 0-87201-708-7
- Page, John. 1997. Cost estimating manual for pipeline and marine structures. Gulf Publishing company. ISBN 0-87201-157-7
- Wyon DP. 1986. Assessing the Effects of Heat and Cold Stress on Human Efficiency.
- Pepler and Warner. 1988. Temperature and Learning. ASHRAE Transactions. Philadelphia.
- Gunars Abele. 1996. Effects of Cold Weather on Productivity. U.S. Army Research and Engineering Laboratory.
- Charles Miller. 2002. Welding-Related Expenditures, Investments, and Productivity Measurement in U.S. Manufacturing, Construction, and Mining Industries. American Welding Society
- Pipeline International. Marzo 2011
- Pipeline International. Marzo 2012
- Lincoln Electric. 2010. Extreme welding in the Andes. Publicado en: <http://www.lincolnelectric.com/en-us/support/application-stories/Pages/extreme-welding-andes.aspx>
- Mohitpour, Golshan, Murray. 2003. Pipeline design and construction: A practical approach. American Society of Mechanical Engineers
- Henry Liu. 2005. Pipeline Engineering Lewis Publishers. ISBN 0-58716-140-0

- E. Shashi Menon. 2011. Pipeline Planning. Elsevier. ISBN 978-0-12-383867-4
- E. W. McAllister. 2009. Pipeline Rules of Thumb Manual. Elsevier. ISBN 978-1-85617-500-5
- Martin brook. 2004. Estimating and tendering for construction work. Elsevier. ISBN 0-7506-5864-9
- Leopoldo Varela Alonso. 2009. Ingeniería de costos – teoría y práctica en construcción.
- Neville, M. 2002. Best Management Practices for Pipeline Construction in Native Prairie Environments. Alberta Environment and Alberta Sustainable Resource Development. ISBN 0-7785-2998-3
- Procedimiento interno de TECHINT Ingeniería y construcciones – Área Comercial - Estudio de Proyectos y Preparación de Ofertas. 2009
- Procedimiento interno de TECHINT Ingeniería y construcciones – Área Comercial - Presupuestación de Proyectos. 2009

Informes Finales de Proyecto:

- Arabia – Manifa. 2010
- Arabia – Khursaniyah. 2008
- Bolivia – Margarita 2011
- Argentina – TGN. 2005
- Argentina – TGS. 2005
- Argentina – TGN. 2010
- Argentina – TGS. 2010
- Brasil – Samarco. 2007
- Brasil – Gasduc. 2007
- Chile – Los Bronces. 2011
- Chile – Esperanza. 2010
- Chile – Collahuasi. 2008
- Perú – Loops TGP. 2009
- Perú – Perú LNG. 2010

7 ANEXOS

7.1 Fases de la Construcción

7.1.1 Tareas de soporte (Campamentos)



7.1.2 Pista o Right of Way (ROW)





7.1.3 Excavación de Zanja





7.1.4 Tendido de tubería (Desfile)





7.1.5 Soldado y curvado







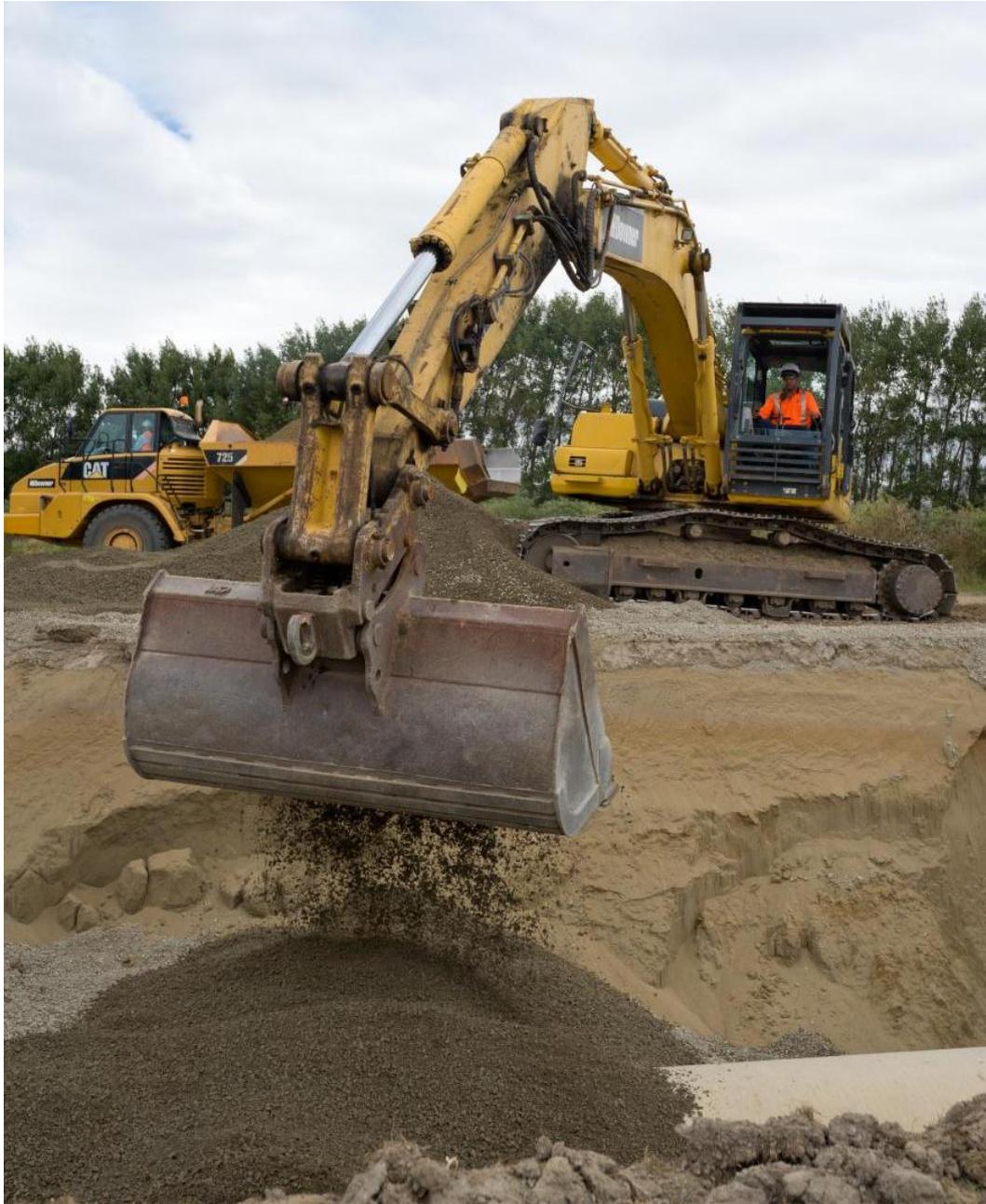
7.1.6 Instalación del ducto (Bajada)





7.1.7 Tapada (Backfill)





7.1.8 Obras especiales









7.1.9 Instalaciones



7.1.10 Relleno final y Recomposición





SOLDADURA DE TUBERIA							
Fecha		Hoja		2 de 3			
C	RECURSOS DE PERSONAL						
C.3	CARGO	NOMBRE, APELLIDO	ID	Cant.	Hs Totales	Hs trabajo	Observaciones
	Acoplador						
	Albañil						
	Apuntador						
	Ayudante general						
	Capataz						
	Chofer vehiculo liviano						
	Chofer vehiculo mediano						
	Chofer vehiculo pesado						
	Oficial alpinista						
	Operador Topadora						
	Operador cargadora con retro						
	Operador excavadora						
	Operador motoniveladora						
	Operador motosierra						
	Topógrafo						
	Operador de grúa						
	Operador multiple						
	Oficial especializado						
	Supervisor						
	Soldador API						
	Amolador						
	Bicelador						
	Cepillador						
	Mecanico						
	Electrico						
	Operador Side Boon						
	Operador Pipe Welder						

