



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA
MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA PLANIFICACIÓN Y
CONTROL DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA
EMPRESA DE PIPING**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

HUGO ANDRÉS OLGUÍN TOLEDO

PROFESOR GUÍA:
JORGE OMAR ARAVENA SALAZAR

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
DANIEL VARELA LÓPEZ
IVÁN DÍAZ CAMPOS

SANTIAGO DE CHILE

2015

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial
POR: Hugo Andrés Olguín Toledo
FECHA: 26/01/2015
PROFESOR GUÍA: Jorge Aravena Salazar

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE UNA EMPRESA DE PIPING

El presente Proyecto de Título fue realizado en la empresa FASTPACK S.A., especializada en la fabricación, suministro y distribución de productos y servicios asociados a la industria del piping (soluciones en distintos tipos de acero para la conformación de redes de tuberías para faenas y plantas). Una de las complejidades de esta industria, en conjunto con el proceso de fabricación mismo, es que las empresas clientes exigen la trazabilidad de la pieza durante todo su ciclo de vida. Adicionalmente, no existen soluciones en el mercado de software para abordar satisfactoriamente todas las aristas de dicha gestión, lo cual involucró el diseño de un software a medida. Dicha decisión se justificó en base al análisis de distintos tipos de sistemas de información disponibles en el mercado y en base a la generación de un estudio del estado del arte de la industria. Este proyecto se justifica en la necesidad por parte de la compañía de mejorar la eficiencia en el control de su producción, en base a la gestión de la información generada a través de sus procesos productivos. Como antecedente de lo anterior, alrededor del 40% de los costos totales para el año 2013 que asumió la compañía se debió a reprocesos y en cancelaciones de multas por incumplimiento de plazos de entrega.

Este trabajo comprendió el modelamiento y análisis de los procesos productivos de la empresa, sumado al análisis del actual sistema de información inserto en determinadas actividades del ciclo de producción, en base a una elección previa de una metodología que justificó este procedimiento. Posterior a dicha etapa se llevó a cabo el proceso de análisis y levantamiento de los requerimientos críticos para la mejora del actual sistema de control de producción de la empresa, en conjunto con un equipo multidisciplinario de rediseño conocido como **Spool Machine**. Es así como finalmente se dio forma a la propuesta final de rediseño del sistema de información inserto en el ciclo de producción, en base a un análisis técnico sobre el tipo de sistema a implementar, considerando en todo momento los requerimientos de los usuarios, justificando a su vez el modelo de sistema más adecuado para la empresa.

En conjunto con la elección de la alternativa más conveniente para la compañía, en términos económicos y funcionales, se realizó una valorización que arrojó una recuperación de la inversión inicial en menos de seis meses, permitiendo a la vez una cifra estimada de disminución en los tiempos de operación cercanos a un 42%. De manera paralela, se desarrolló un plan de implementación de manera tal de considerar todos los factores críticos de éxito para una efectiva implementación y puesta en marcha del nuevo sistema.

Agradecimientos

A mi sagrada familia por estar siempre conmigo, de alguna u otra forma. Aún con nuestros pros y nuestros contras, hemos avanzado juntos y hemos crecido juntos. Seguiremos viviendo grandes momentos para recordar por siempre.

A mi bella y amada Amala Kamala, por ser mi compañera de vida durante ya varios años, y por brindarme su incondicional amor y apoyo en todo momento. Eres una gran mujer, te mereces siempre lo mejor.

A mi profesor guía, don Jorge Aravena, por su paciencia y disposición cercanas al infinito. Agradezco demasiado cada mensaje respondido y cada documento leído. Su orientación y experiencia han sido claves en el avance de mi proyecto.

A mi profesor co-guía, don Daniel Varela, especialmente por haber enderezado el camino de mi proyecto en un momento clave. Aquel momento fue el punto de inflexión de mi trabajo, y siempre le estaré muy agradecido por ello.

A los dueños y trabajadores de la empresa FASTPACK S.A., por haberme brindado la gran oportunidad de realizar este proyecto. El haber trabajado con cada uno de ustedes no solamente ha sido un privilegio, sino además una gran experiencia. Gracias por brindarme su apoyo, confianza y cordialidad.

Finalmente, quisiera enviar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que, en algún momento de mi vida, contribuyeron a mi crecimiento como persona y como profesional. Después de un largo camino solamente me queda dar las gracias... y seguir caminando, pues nuevos desafíos me esperan.

Dedicatoria

“Para todas las personas que me han impulsado a ser mejor día a día...”

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Estructura del Trabajo de Título	2
1.3. Situación Actual de la Industria Minera en Chile	3
1.4. La Compañía	5
1.4.1. Misión, Visión y Valores	5
1.4.2. Historia	5
1.4.3. Principales Productos y Servicios	6
1.4.4. Situación Actual General de la Empresa	7
1.5. Estado del Arte de la Industria del Piping	10
2. JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
2.1. Descripción del Problema y Justificación	14
2.2. Descripción del Proyecto de Título	21
2.2.1. Objetivo General	22
2.2.2. Objetivos Específicos	22
2.2.3. Alcances	23
2.3. Metodología	24
3. MARCO CONCEPTUAL	28
3.1. Metodologías para el Mejoramiento de los Procesos	28
3.2. Business Process Re-Engineering (BPR)	34
3.2.1. Descripción del BPR	34
3.2.2. Inserción de BPR en una organización	34
3.2.3. Objetivos de BPR	36
3.2.4. Metodología genérica de BPR	36
3.2.5. Beneficios y Resultados Esperados	37
3.2.6. Diferencias entre BPR y BPM	37
3.2.7. Criterio de Elección de BPR	38
3.3. Características del Flujo de Procesos	39
3.4. Clasificación del Producto por Tipo de Pedido del Cliente	42
3.5. Análisis del Flujo de Procesos	43
3.6. Sistemas de Información	44
3.6.1. Concepto de Sistema de Información	44
3.6.2. Actividades y Elementos de un Sistema de Información	44
3.6.3. Sistema Enterprise Resource Planning (ERP)	45
3.6.4. Sistema Project Management Software (PMS)	48
3.6.5. Sistema A Medida	49

4. ANÁLISIS, MODELAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS Y SISTEMAS DEL CICLO PRODUCTIVO	51
4.1. Descripción de la Compañía	51
4.2. Descripción y Análisis Preliminar del Ciclo Productivo	53
4.3. Sistemas de Información Involucrados en el Ciclo Productivo	57
4.4. Evaluación de Funcionalidad de Sistemas de Información	61
4.5. Modelamiento y Análisis de Procesos del Ciclo Productivo	63
4.5.1. Terminología	63
4.5.2. Fase de Prefabricación Post Licitación	65
4.5.3. Proceso de Corte de Materiales	77
4.5.4. Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza)	81
4.5.5. Proceso de Revestimiento Interior de Spools	88
4.5.6. Proceso de Revestimiento Exterior de Spools	96
4.6. Sistema de Información de Producción	104
4.6.1. Estructura Actual del Sistema	104
4.6.1.1. Módulo Ingreso de Proyecto	104
4.6.1.2. Módulo Detallamiento de Spool	104
4.6.1.3. Módulo Control Documental	104
4.6.1.4. Módulo Control de Materiales	105
4.6.1.5. Módulo Planificación	105
4.6.1.6. Módulo Producción	105
4.6.1.7. Módulo Control de Calidad	106
4.6.2. Principales Problemas y Falencias del Sistema	108
4.6.2.1. Módulo Ingreso de Proyecto	108
4.6.2.2. Módulo Detallamiento de Spool	109
4.6.2.3. Módulo Control Documental	109
4.6.2.4. Módulo Control de Materiales	110
4.6.2.5. Módulo Planificación	110
4.6.2.6. Módulo Producción	111
4.6.2.7. Módulo Control de Calidad	112
4.6.2.8. Consideraciones Adicionales	113
5. PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA	114
5.1. Proyecto Piloto: Sistema de Control de Rendimientos de Soldadores	115
5.1.1. Introducción	115
5.1.2. Marco Teórico	115
5.1.3. Justificación del Proyecto	121
5.1.4. Proceso de Extracción y Procesamiento de Información	123
5.1.5. Resultados de la Implementación de Prueba	124
5.2. Proyecto Piloto: Panel de Control Operacional de Proyectos	125
5.2.1. Definición del Proyecto	125
5.2.2. Proceso de Extracción y Procesamiento de Información	126
5.2.3. Proceso de Interfaz de Usuario	127
5.2.4. Beneficios, Limitaciones y Consideraciones Futuras	128
5.3. Justificación de Elección de Tipo de Sistema de Información	129
5.3.1. Sistema ERP	129
5.3.2. Sistema Híbrido	130
5.3.3. Alternativa Escogida	132

5.4. Propuesta de Rediseño de Sistema de Información de Producción	135
5.4.1. Clases del Sistema	135
5.4.2. Estructura Modular del Sistema	135
5.4.2.1. Módulo Ingreso de Proyecto	136
5.4.2.2. Módulo Detallamiento de Spool	138
5.4.2.3. Módulo Control Documental	140
5.4.2.4. Módulo Control de Materiales	142
5.4.2.5. Módulo Planificación	146
5.4.2.6. Módulo Producción	149
5.4.2.7. Módulo Control de Calidad	156
5.4.2.8. Módulo Utilitarios	169
5.5. Valorización del Nuevo Sistema	173
5.5.1. Estimación de Costos Involucrados	173
5.5.2. Estimación de Beneficios Cuantitativos	173
5.5.3. Estimación de Beneficios Cualitativos	175
5.6. Plan de Implementación y Puesta en Marcha del Nuevo Sistema	176
5.6.1. Certificación de Calidad del Software	176
5.6.2. Estrategia de Implementación e Inclusión de Usuarios	178
5.6.3. Protocolo de Mantenimiento	180
6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	184
7. BIBLIOGRAFÍA	186
8. ANEXOS	190

Capítulo 1

Introducción y Antecedentes Generales

1.1. Introducción

El presente trabajo correspondiente al curso de Trabajo de Título para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial se realizó en una empresa perteneciente a la industria del piping, la cual comprende la fabricación y montaje de redes de cañerías y otros accesorios, para su posterior aplicación en diversas industrias que requieran estos tipos de instalaciones.

Específicamente, este proyecto está enfocado en el trabajo realizado en la empresa FASTPACK S.A., compañía fundada en el año 1992, y especializada en la fabricación y distribución de spools, además de la comercialización de válvulas y otros accesorios destinados a la confección de redes de piping. Las dependencias de la compañía se encuentran ubicadas en Calle Santa Isabel 850, Sector Empresarial de Valle Grande (Lampa), lugar en donde se encuentran las oficinas comerciales y todos los departamentos asociados al Área de Producción y Logística.

El método de producción de la compañía es bajo la modalidad Make To Stock (MTO): cada spool producido en la planta productiva posee un proceso de fabricación único de acuerdo a sus dimensiones, geometría y tipo de material, entre otros factores. Debido a lo anterior, el proceso de fabricación de spools es caracterizado por poseer una elevada rigurosidad al momento de su fabricación, el cual tiene que contar con mano de obra altamente especializada y con el equipamiento necesario para llevar a cabo el proceso de fabricación. Además, es en este punto en donde radica la complejidad de implementación de cualquier solución de software.

La vía principal de ingresos de la compañía es la adquisición de proyectos de fabricación a través de licitaciones. Cabe destacar que alrededor del 90% de dichos proyectos adjudicados por la empresa corresponden a proyectos de la industria minera, por lo cual la compañía está inserta principalmente en dicho rubro. De todos modos, la compañía también ha trabajado a lo largo de su historia con clientes de la industria de la celulosa y la industria petroquímica.

1.2. Estructura del Trabajo de Título

El presente informe contempla la siguiente estructura:

- El primer capítulo introduce tanto el contexto general del presente trabajo como el contexto de la industria en la cual está inserta la empresa, para luego describir las características principales de la compañía, realizando además un primer acercamiento a los antecedentes que dan pie a la justificación del proyecto.
- El segundo capítulo describe en primera instancia las dimensiones del problema que abarcará el trabajo de título, junto con identificar los factores que contribuyen a la existencia de dicho problema. Luego, en base al punto anterior se especificarán los objetivos y alcances del presente trabajo, así como la metodología adecuada para abordar el problema analizado inicialmente, incluyendo el razonamiento que antecede a la elección de dicha metodología.
- El tercer capítulo aborda exhaustivamente el marco conceptual en el cual se sustenta el presente trabajo, recopilando todos los antecedentes teóricos analizados durante el proceso de revisión bibliográfica que son necesarios para la realización del proyecto. En este capítulo se introducen además diversos conceptos que serán utilizados en capítulos posteriores.
- El cuarto capítulo abarca el amplio espectro de análisis realizados para describir y entender todos los procesos pertenecientes al ciclo de producción de la compañía, y ver la manera en la cual los distintos sistemas de información interactúan con los procesos clave de dicho ciclo. Es importante destacar que un objetivo fundamental de los análisis presentados en el presente capítulo es el de vislumbrar las dimensiones del problema descrito en el segundo capítulo.
- El quinto capítulo corresponde al desarrollo de la propuesta de rediseño del sistema de información inserto en el ciclo de producción de la compañía, abordando en primera instancia el diseño, desarrollo e implementación de dos prototipos específicos que formarán parte de dicha propuesta, para luego describir los procedimientos necesarios para justificar la elección del tipo de sistema propuesto. Finalmente, se detallará la estructura del sistema rediseñado, para luego plantear las directrices adecuadas para los procesos de implementación y evaluación del sistema.
- Finalmente, el sexto capítulo recopila las conclusiones principales obtenidas de los resultados de la elaboración del presente trabajo, incluyendo consideraciones futuras en base a la escalabilidad de este trabajo, recomendaciones para la realización de esta clase de proyectos y otros comentarios.

1.3. Situación Actual de la Industria Minera en Chile

La minería ha sido durante las últimas décadas la columna vertebral económica de Chile, siendo en la actualidad la extracción del cobre el eje de la minería nacional. No solamente nuestro país es el principal productor del mineral rojo en el mundo (con un 32% de participación en la producción mundial), sino que además los ingresos de las exportaciones mineras de cobre correspondieron al 91,4% del total de exportaciones mineras de nuestro país durante el año 2013, ascendiendo a un valor total de 40.158 millones de dólares [1]. Esta situación, como muestra la Figura 1, hace referencia al acentuado protagonismo de la industria cuprífera nacional.

EXPORTACIONES INDUSTRIA NACIONAL COBRE: 2006-2013								
(Cifras en Millones de Dólares FOB)								
Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Cobre Total	34.069	39.204	31.755	29.695	41.361	44.670	41.987	40.158
Total Minería	36.438	42.445	34.294	31.877	44.552	49.083	46.302	43.937
(%)	93,50%	92,36%	92,60%	93,15%	92,84%	91,01%	90,68%	91,40%

*Figura 1: Exportaciones Industria Nacional Cobre: 2006-2013.
Fuente: Sociedad Nacional de Minería & Banco Central de Chile.*

Sin embargo, durante los últimos años se ha observado una tendencia decreciente del aporte de la minería a las exportaciones totales nacionales y al Producto Interno Bruto (PIB). En particular, desde el año 2010 hasta el año 2013 la participación del sector minero en el PIB nacional disminuyó en un 4,9% [2]. Esta pérdida de competitividad de la industria minera se debe a diversos factores, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

- a) Continuas alzas en las tarifas de electricidad

Durante los últimos años nuestro país se ha mantenido dentro del listado de los países con las tarifas de electricidad más altas de América. Por otra parte, y según un estudio realizado por el *World Economic Forum* a fines del año 2013, Chile apareció en el ranking mundial de los 20 países con las tarifas de electricidad más altas para la industria, ocupando la decimotercera posición. Este indicador afecta particularmente a la industria minera, pues este rubro es el principal consumidor de energía eléctrica a nivel nacional, con el 32,4% de la distribución total de energía (Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas & COCHILCO).

- b) Mayores costos totales de la industria del cobre respecto a la industria mundial

De acuerdo a las cifras reportadas por la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), los costos totales de la Industria Minera del Cobre a partir del año 2009 han sido mayores al promedio de la industria mundial, reportando un nivel de costos totales 11,1% superior desde el año 2009 hasta el año 2013, y sin presentar una contrapartida en la productividad compensatoria [3].

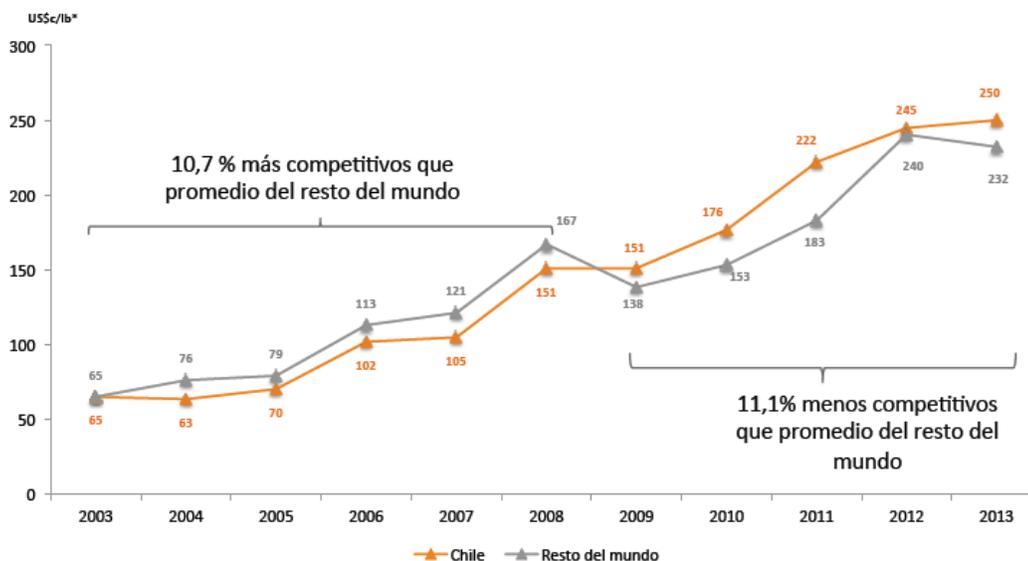


Figura 2: Costos Totales Industria Minera Cobre y Mundial: 2003-2013.
Fuente: COCHILCO & Consejo Minero.

- c) Incertidumbre en regulaciones ambientales y jurídicas para la concreción de proyectos mineros

Este factor, asociado a la obstaculización de un proceso eficaz de obtención de permisos y aprobaciones, ha impactado directamente con el atractivo que presenta nuestro país para la inversión minera. Según el estudio *Survey of Mining Companies*, realizado por la organización *Fraser Institute*, nuestro país apareció ubicado en la posición número 30 del ranking de los países con mejor percepción para la inversión minera para el período 2013-2014, retrocediendo siete puestos con respecto al resultado obtenido en el período 2012-2013. Cabe destacar además que para el período 2009-2010 Chile se ubicó en la séptima posición [4].

La pérdida de competitividad del sector minero nacional relacionada con los factores anteriormente mencionados ha tenido como consecuencia la disminución en el valor de la cartera de inversiones vigentes proyectadas para el año 2020: según las cifras presentadas por la *Sociedad Nacional de la Minería (SONAMI)*, de los US\$ 110 mil millones estimados en la cartera en el año 2012 se redujo dicha cifra a un valor de US\$ 50 mil millones para el presente año; las inversiones correspondientes a los US\$ 60 mil millones restantes están postergadas o en un nuevo proceso de revisión [5]. La contracción del volumen proyectado de inversiones en esta industria ha afectado notoriamente a las empresas relacionadas con la minería, debido a la disminución de la oferta afectada por la evidente pérdida de competitividad del rubro. La posible reversión de esta situación dependería principalmente de la evolución futura tanto de los escenarios económicos como de los marcos institucionales vigentes que condicionan las concreciones de los proyectos mineros.

1.4. La Compañía

1.4.1. Misión, Visión y Valores

MISIÓN <i>Ser considerado el referente principal de la industria en soluciones integrales de piping.</i>
VISIÓN <i>Entregar soluciones integrales en piping, a través de los mejores productos y servicios, con los mejores estándares técnicos y de calidad según las necesidades de cada cliente.</i>
VALORES <i>Cercanía, Seguridad, Calidad, Confiabilidad, Innovación y Comportamiento Ético.</i>

*Figura 3: Misión, Visión y Valores de la Compañía.
Fuente: FASTPACK S.A.*

1.4.2. Historia

FASTPACK S.A. fue fundada en el año 1992 por don Pedro Cofré y don Pedro Urzúa, sociedad que se enfocó inicialmente en la comercialización de repuestos industriales importados. Sin embargo, al año siguiente decidieron enfocarse gradualmente en el rubro de las cañerías de acero inoxidable y, más tarde, en la comercialización de válvulas. A comienzos de la década del 2000 la sociedad se traslada hacia Valle Grande (Lampa), en donde se proponen como misión el ser líderes en el suministro de cañerías, fittings en aceros inoxidables y aleaciones especiales. Es en este punto en donde jugó un rol crucial la generación de alianzas estratégicas con importantes fabricantes de cañerías a lo largo de todo el mundo. En el año 2001, y dado a que la cartera de clientes de la compañía estaba mayormente compuesta por empresas mineras, se inaugura la primera sucursal en la ciudad de Antofagasta con la finalidad de posicionarse de manera más estratégica en dicho mercado. Dos años más tarde, la empresa inaugura su segunda sucursal en la ciudad de Concepción.

A partir del año 2007 se inicia la consolidación definitiva de la empresa en el mercado, participando en importantes proyectos mineros. Un año más tarde, la compañía inaugura sus nuevas instalaciones en Valle Grande, abarcando una superficie aproximada de cinco hectáreas y con un nivel de stock avaluado en US\$15MM.

En el año 2010, antes de cumplir 18 años de vida, la empresa formaliza la adquisición de SpoolTech, empresa dedicada a la fabricación de spools en aceros inoxidables, lo cual permitió a la compañía ofrecer una línea de abastecimiento más

completa para el desarrollo de un proyecto, sumando además un grado mayor de calidad, mejores tiempos de respuesta y precios más competitivos. Por otra parte, la empresa implementó su nueva línea de spools en aceros al carbono, granallado, revestimientos interiores de poliuretano y caucho, y servicios de pintura. Tras esta adquisición, el personal de la compañía aumentó en un 140%, ampliando a la vez sus instalaciones aproximadamente en 10.000 m².

En la actualidad, FASTPACK S.A. se encuentra consolidada en el mercado como especialista en la fabricación, suministro y distribución de productos y servicios asociados a la industria del piping. No solamente la empresa se ha especializado en la fabricación de spools a medida, sino que además cuenta con un stock amplio de cañerías (de acero al carbono y de acero inoxidable), fittings, flanges y válvulas. Por otra parte, la compañía ofrece además servicios de montaje y mantenimiento en terreno, con una cobertura amplia a nivel nacional.

1.4.3. Principales Productos y Servicios

La especialización de la compañía FASTPACK S.A. es la fabricación de spools. Un spool, en términos generales, es una tubería especial compuesta por una o más cañerías, accesorios (fittings) y bridas (flanges). Dicho spool pasa a conformar una red de piping, apta para el flujo de diversos tipos de fluidos.

Componente	Definición
Cañería	Conducto usualmente cilíndrico utilizado para el transporte de toda clase de fluidos.
Fittings	Accesorios de cañerías que permiten la unión de ellas en distintas direcciones, además de direccionar el flujo de la red de piping.
Flanges	Accesorios que permiten la unión de dos cañerías o spools.

*Figura 4: Definición de componentes de un spool.
Fuente: FASTPACK S.A.*

A su vez, cada cañería se diferencia una de otra según el tipo de acero (al carbono, inoxidable o acero especial), según su diámetro en pulgadas y según la norma de fabricación que se determine. Por otra parte, cada tipo de fitting varía principalmente según su funcionalidad (en base a su forma y dimensiones), el tipo de acero y el tipo de conexión con el cual se fabrica. La empresa cuenta con la certificación ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) para el proceso de fabricación de spools. En base a este código, los dos requerimientos usuales por parte del cliente son la norma ASME 31.3 (para trabajos y movimientos de fluidos en planta) y la norma ASME 31.11 (para traslado de fluidos a campo travieso). Cabe destacar que el cliente es el que determinará en primera instancia bajo qué código de fabricación se llevará a cabo la realización de un determinado proyecto.

Además de contar con la certificación internacional ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) para el proceso de fabricación de spools, todos los procesos asociados a la fabricación de productos y a los procedimientos de inspección de los productos se aseguran de cumplir con los estándares de la norma internacional de calidad ISO 9001 (Norma de Sistema de Gestión de Calidad), certificación vigente hasta diciembre del año 2016. En base a lo anterior, la compañía busca asegurar a sus clientes productos y servicios de alta calidad en la realización de todos sus proyectos, preocupándose además por la trazabilidad de cada uno de los spools fabricados. Por otra parte, todos los procedimientos internos de la compañía referentes a los distintos procesos productivos se basan en los estándares que exige dicha norma.

1.4.4. Situación Actual General de la Empresa

Durante esta última década FASTPACK S.A. se ha adjudicado importantes proyectos de la industria minera. En particular, durante el año 2013 la compañía participó en importantes proyectos mineros, tales como el proyecto *OGP-1* de Minera Escondida y el proyecto *Piritas* de Minera Esperanza. Sin embargo, el haber abarcado una cantidad no menor de megaproyectos (y varios de ellos de manera simultánea) conllevó un desgaste operacional considerable para la compañía, desnudando las falencias existentes en su ciclo de trabajo. Por otra parte, la demanda de dichos proyectos superó su capacidad máxima de producción, lo cual involucró varias entregas atrasadas y, por consecuente, pagos de multas que golpearon financieramente a la compañía. Este factor, sumado a los reprocesos en los cuales tuvo que invertir la compañía por errores diversos de fabricación, contribuyó a que el margen porcentual de ingresos obtenido para el año 2013 fuese un 8% menor al margen porcentual obtenido para el año 2012, aun así tras haber obtenido un total aproximado de ingresos 40% mayor (con respecto a dicho año). Por otra parte, los sistemas de información actuales no permitieron en ese entonces un control eficiente del ciclo productivo, lo cual se vio evidenciado principalmente en la gestión de planificación global de los proyectos. Debido a lo anterior, durante el año 2014 la compañía ha decidido atender con especial énfasis el tema del control de costos.

Debido a que FASTPACK S.A. abarca principalmente proyectos de la industria minera, y dada la compleja situación actual de la industria minera (explicada en el subcapítulo 1.1), la compañía en estos momentos está enfrentando un ciclo bajo de demanda, sumado a que varios de los megaproyectos que actualmente está abarcando la compañía ya están cercanos a la fecha de entrega. Debido a lo anterior, la compañía establecido como primera prioridad la disminución los costos globales y de producción, sobre todo considerando el volumen de costos adicionales en los cuales se incurrió el año pasado, principalmente debido a la falta de eficiencia de la planificación realizada.

De acuerdo a las observaciones realizadas en terreno a lo largo de todas las áreas y departamentos de la empresa, la mayoría de los procesos correspondientes al ciclo de trabajo de la empresa se desarrollan de manera secuencial, es decir, dichos procesos no pueden comenzar sin un *input* que, a su vez, corresponde al *output* de la etapa que le precede. Por ende, toda irregularidad presente en alguna etapa del ciclo tiene que ser detectada en dicho punto, o de lo contrario se generaría un efecto dominó con

consecuencias negativas sobre el costo total de producción y, más aún, sobre los tiempos de entrega.

Como se describió inicialmente, todos los proyectos que abarca la compañía se realizan bajo la modalidad *make to order* (“a pedido”). Existen dos tipos de pedidos catalogados, dependiendo del tamaño de la orden y de su modo de adjudicación:

a) Megaproyectos

Proyectos adjudicados mediante alguna licitación por parte de una empresa de Ingeniería, quien está encargada a su vez de llevar a cabo el desarrollo integral de algún megaproyecto (como por ejemplo, la ampliación de una faena minera). Dicha licitación se realiza en el caso que dicha empresa requiera externalizar la fabricación y/o montaje de alguna red de piping. El resumen de dicha secuencia se inicia al publicarse una licitación por parte de un cliente. Tras lo anterior, se lleva a cabo un proceso de análisis y cotización del proyecto (en base a los mismos planos que facilita el cliente en dicha licitación). Mientras que el equipo del Departamento de Propuestas (en conjunto con la información comercial brindada por el Área de Abastecimiento) se encarga de la valorización preliminar del proyecto, se lleva paralelamente a cabo una especie de diálogo entre el Gerente de Cuentas Claves (*Key Account Manager*) de la compañía y el representante de la empresa cliente, en el cual dicho ejecutivo se encarga de responder todas las dudas de origen técnico y comercial que puedan surgir desde las oficinas de Ingeniería del cliente. Finalmente, se presenta una oferta formal como respuesta a la licitación original del megaproyecto, tomando en cuenta la precaución de respetar la fecha límite del plazo de recepción de ofertas.

Una vez que el proyecto es formalmente adjudicado, el Departamento de Propuestas se encarga de traspasar el control del proyecto a la Subgerencia de Contratos, quien designará a un administrador que estará encargado de coordinar las actividades necesarias para cumplir con la realización del proyecto dentro del plazo establecido, y respetando cada una de las condiciones técnicas y comerciales estipuladas por el cliente. Por otra parte, dicho ejecutivo está usualmente en contacto con el cliente, atento a cualquier duda o modificación que pudiera surgir en el transcurso de la fabricación de spools, y comprometido además a enviar reportes de avance semanales sobre el status del proyecto.

Finalmente, cabe destacar que un megaproyecto para la compañía es aquél que requiere una fabricación de una orden, en promedio, superior a 1.000 unidades o, en su defecto, superior a un millón de dólares. En base a lo anterior, son proyectos que (tras ser adjudicados) pueden tardar como mínimo dos meses solamente en el proceso de producción, y con una valorización que usualmente es del orden de unidades de millones de dólares.



*Figura 5: Proceso habitual de la apertura de la licitación de un megaproyecto.
Fuente: FASTPACK S.A.*

b) Proyectos Operacionales

A diferencia de los megaproyectos, los proyectos operacionales corresponden básicamente a situaciones de eventualidades o imprevistos que pueden surgir en las instalaciones de un cliente. Los pedidos, en este caso, son más bien puntuales y concretos, asociados principalmente a la adquisición de nuevas piezas (con la finalidad de sustituir piezas dañadas o destinadas a ser reemplazadas en el corto plazo (por desgaste de material). En este caso el pedido es recogido mediante alguna visita a terreno por parte de un vendedor, o bien llega directamente a las oficinas comerciales de la compañía. Dado que son órdenes con un listado reducido de materiales, el tiempo promedio del ciclo de trabajo es menor al de los megaproyectos, así como la valorización de dicho proyecto (en promedio, no mayor a unos 15-20 millones de pesos). Esta clase de proyectos, de todos modos, igualmente es administrada bajo un similar modus operandi que un megaproyecto.

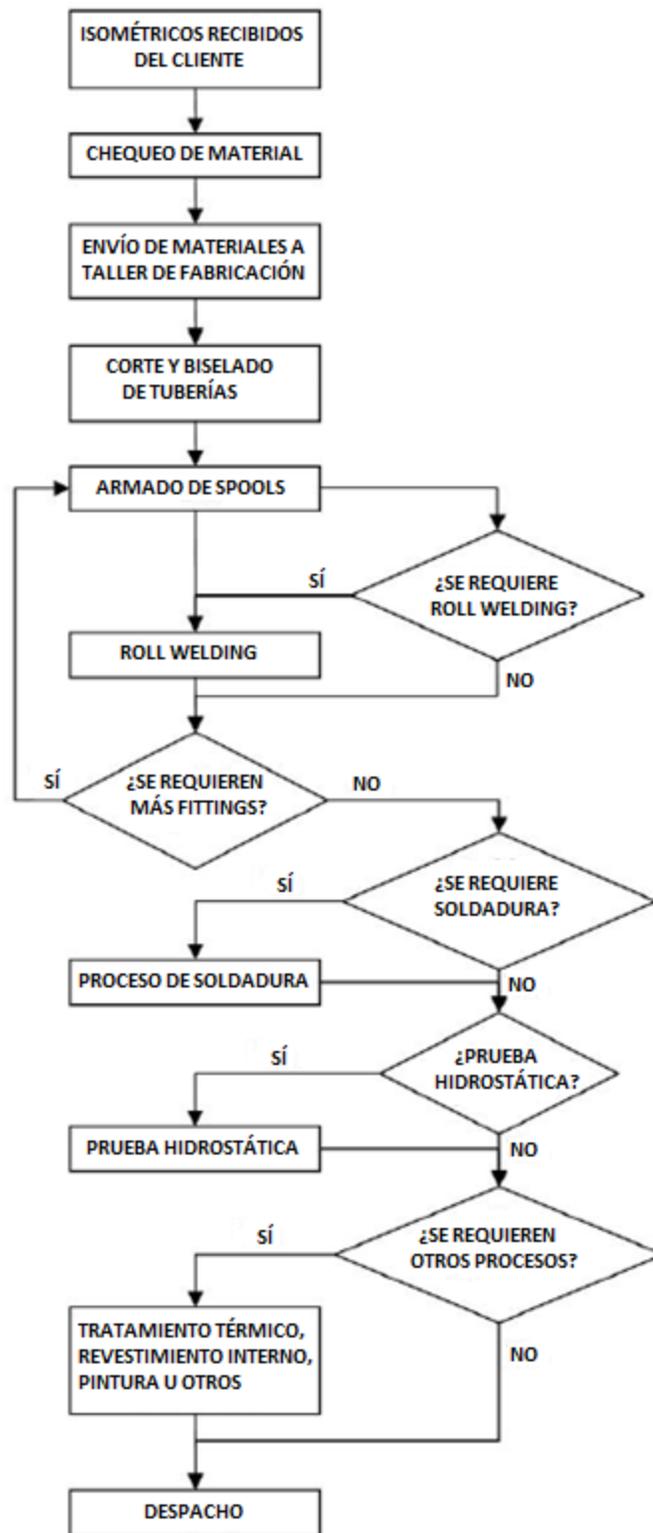
La aparición de los megaproyectos mineros es variable, y depende en parte de qué tan auspicioso es el panorama de crecimiento macroeconómico de la industria minera. En cambio, los proyectos operacionales aparecen frecuentemente debido a que las eventualidades en un sistema de piping tienen que ocurrir en algún momento, incurriendo posteriormente (y necesariamente) en la sustitución de una o más piezas averiadas, ya sea por el desgaste natural del material de las mismas después de un cierto período, o bien como consecuencia de alguna falla estructural no detectada al momento de su fabricación.

1.5. Estado del Arte de la Industria del Piping

La industria del piping posee un grado de complejidad bastante alto y particular, en comparación con otras industrias de manufactura Make To Order (MTO) y Engineering To Order (ETO). La fabricación de spools y cañerías es una etapa esencial de las grandes construcciones y proyectos industriales. En particular, desde el año 2010 la compañía FASTPACK S.A. ha participado principalmente en importantes proyectos mineros tanto en Chile como en Perú. Debido a la unicidad de sus productos, la fabricación de spools es un proceso muy complicado de estandarizar en base a modelos, considerando además la complejidad de cada una de las etapas que componen dicho ciclo [6]. La Figura 6 (en la siguiente página) muestra el proceso general de fabricación de spools, el cual abarca la recepción de los planos isométricos del spool enviados por el cliente, la preparación de los materiales que compondrán el spool, el proceso de corte de cañerías y fittings, las etapas de armado y soldadura del spool, para luego concluir con los detalles adicionales de revestimiento y su posterior despacho. Todo proceso de fabricación de spools sigue usualmente dicha estructura general. Con respecto a FASTPACK S.A., su ciclo de producción será detallado y analizado extensamente en el Capítulo 4.

Una de las medidas más utilizadas en la industria del piping para medir el costo de la fabricación de spools es el concepto de *pulgada diámetro* (unidad de medida utilizada para la valorización del trabajo a realizar en un spool), el cual se utiliza además para determinar la cantidad de horas hombre a utilizar para el desarrollo de un proyecto de fabricación en particular. Aun cuando este concepto es un factor confiable de producción, debido a que considera varios de los aspectos físicos de un spool (tipo de espesor de material, diámetro y tipo de unión de soldadura a realizar), no existe una directa y/o única relación con los demás factores externos al material que también interceden en el proceso de fabricación, conocidos como factores de productividad. Entre dichos factores, se pueden mencionar los siguientes [7]:

- La complejidad de trabajo, la cual se relaciona principalmente con la geometría del spool: dos spools de distinta forma (por ejemplo, un tramo recto y un tramo curvo con distintos componentes) pueden contar con la misma cantidad de pulgadas diámetro, aunque el spool más complejo podría tomar hasta un 50% más de tiempo en su fabricación y soldadura de uniones que en el caso de un tramo recto.
- La habilidad de cada soldador: de acuerdo a su calificación y años de experiencia, varía tanto la rapidez de su trabajo como la probabilidad de incidir en un reproceso por alguna imperfección en la ejecución del cordón de soldadura. Se estima, en promedio, que un soldador considerado como experimentado podría finalizar un trabajo de soldadura de un spool en particular hasta un 25% más rápido que un soldador promedio.
- La probabilidad de reprocesos (reworks). Se estima que, en promedio, la tasa de reprocesos en la fabricación de spools tiene un 10% de incidencia.



*Figura 6: Proceso general de fabricación de spools en la industria del piping.
Fuente: S. Mosayebi et al., “Factors Affecting Productivity of Pipe Spool Fabrication” (2012).*

Factor de productividad	¿Representable en pulgadas diámetro (PD)?	Proceso al cual afecta	Impacto en la productividad	Método de medida
Soldadura posicionada	No	Soldadura	Hasta en un 100%	Tiempo de proceso.
Complejidad	No	Armado y soldadura	Hasta en un 50%	Escala de 1 a 5.
Atributos físicos	Parcialmente	Armado y soldadura	Hasta en un 20%	Largo del spool.
Manejo	Parcialmente	Manejo	Hasta en un 10%	Forma del spool.
Habilidad de soldadores	No	Corte, armado y soldadura	Hasta en un 50%	Escala de 1 a 5.
Reprocesos	Parcialmente	Proceso entero	Hasta en un 20%	PD del spool reprocesado.
Cambio en las prioridades de fabricación	No	Proceso entero	Hasta en un 20%	Porcentaje de spools (en PD) que han sido cambiados.
Configuración	No	Proceso entero	Hasta en un 50%	Porcentaje de spools (en PD) que han sido reconfigurados.
Diseño de la planta	No	Proceso entero	Variable	Modelo de simulación.
Equipamiento y herramientas	No	Corte, armado y soldadura	Variable	Modelo de simulación.

Figura 7: Factores de productividad que afectan el proceso de fabricación de spools. Fuente: S. Mosayebi et al., “Factors Affecting Productivity of Pipe Spool Fabrication” (2012).

Tal como muestra la Figura 7, existen otros factores que también influyen en el proceso de fabricación de spools, tales como el manejo y transporte adecuado de los spools (usualmente, la discriminación se realiza de acuerdo a su forma y tamaño) y el cambio de prioridades por parte del cliente en la fabricación de spools. Cada uno de los factores identificados puede afectar a una parte específica de la etapa de fabricación o al proceso en su conjunto, considerando también que cada factor tiene un nivel de impacto en la productividad.

Esta aproximación conceptual da a entender el alto nivel de complejidad de la industria del piping, principalmente debido a la gran cantidad de variables que pueden incidir en el proceso de fabricación de spools. Todos estos factores tienen que ser considerados al momento de analizar tanto la productividad del ciclo de producción de la compañía como el costo final de fabricación de cada spool que es procesado en la planta productiva. De acuerdo a lo anterior, el conjunto de información generado por spool tras el ciclo completo de fabricación es extenso y variable, tomando en cuenta que cada spool de un determinado proyecto es sometido a distintos procesos y tratamientos (de acuerdo a las especificaciones técnicas del cliente).

Bajo las circunstancias mencionadas anteriormente, es indicado determinar el mecanismo más adecuado para capturar, almacenar y procesar dicha información. El motivo es el siguiente: se requiere contar con la *trazabilidad* del spool durante todo su ciclo de vida. A cada spool, durante su etapa de diseño preliminar en las oficinas de ingeniería de la empresa cliente, se le asigna un código único y particular (*pipe spool number* o *TAG*) que permitirá identificarlo en una red de piping para su posterior montaje. Sin embargo, no solamente basta con conocer el diseño, la estructura y el código distintivo de un spool, sino que es necesario también tener una referencia concreta sobre el conjunto de materiales que lo componen, es decir, se requiere también contar con la trazabilidad de la materia prima para asegurar que el spool fue fabricado en base a los materiales indicados por el cliente en las especificaciones técnicas del plano. En efecto, se indica en el Capítulo 4 que cada material que compone un spool posee un código propio de identificación designado por su fabricante, conocido como *Heat Number* o *colada*.

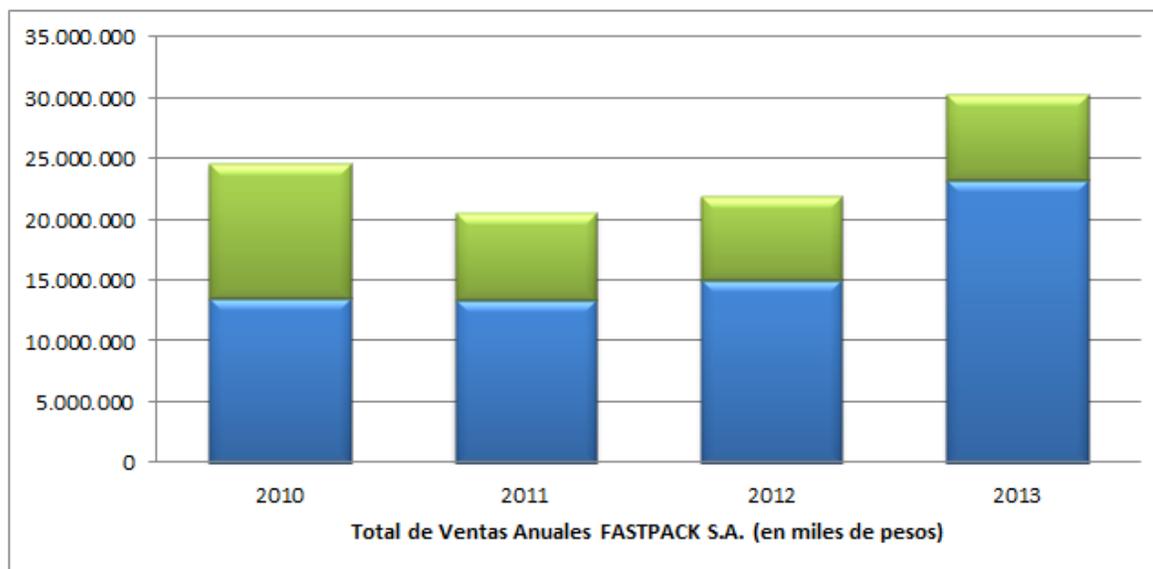
Capítulo 2

Justificación y Descripción del Proyecto

2.1. Descripción del Problema y Justificación

Durante el presente año la empresa ha enfrentado una compleja situación económica por la escasa demanda de proyectos, debido a las circunstancias actuales de la industria minera. Pero además la compañía ha contado con sus propias dificultades internas al momento de planificar y gestionar sus proyectos.

El inicio de este complejo periodo se remonta al año 2011, en donde la empresa reportó una disminución de un 16,4% en sus ingresos totales con respecto al año anterior, sumado a un margen bruto equivalente a un 36% menor al obtenido en el año 2010. Si bien la tendencia de ingresos totales fue creciente para los dos años siguientes, la tendencia de los márgenes porcentuales de los ingresos siguió el camino opuesto, tal cual muestra el resumen de las cifras reportadas por la compañía en la Figura 9.



	2010	2011	2012	2013
Ventas Anuales	24.598.989	20.555.261	22.021.938	30.399.557
Margen Bruto	10.992.420	7.047.797	6.870.845	7.154.356
Margen (%)	44,69%	34,29%	31,20%	23,53%

Figura 9: Resumen de Ventas Anuales Totales FASTPACK S.A. 2010-2013.
Fuente: FASTPACK S.A.

Para el año 2013, período en el cual la compañía obtuvo sus más altos ingresos reportados a lo largo de su historia, la diferencia absoluta entre el margen porcentual de ingresos obtenido en aquel año y el margen obtenido en el año 2012 fue cercana al 8%. Los principales factores que contribuyeron a dicha situación fueron: las cancelaciones de multas en determinados megaproyectos por concepto de entregas fuera de plazo, y los gastos en reprocesos de spools producto de errores de fabricación que ha asumido la compañía. De acuerdo a una estimación entregada en primera instancia por la compañía, alrededor del 40% de los costos totales para el año 2013 corresponden exclusivamente a lo gastado en procesos adicionales de fabricación y en cancelaciones de multas. Dicho porcentaje equivale a una cifra cercana a los 9.300 millones de pesos.

La complicada situación financiera que ha enfrentado la empresa durante este último tiempo tiene como causa raíz el gran problema que ha enfrentado la compañía en la actualidad: la falta de eficiencia en la gestión de sus procesos productivos. Dicha falencia comenzó a adquirir forma en la medida que la compañía comenzó a abordar más proyectos de gran envergadura, varios de ellos de manera simultánea.

Para adquirir la total comprensión de esta problemática, es necesario descomponerla en los siguientes factores:

a) Planificación en la producción

Actualmente en la compañía la gestión de la planificación de actividades en la compañía no ha sido eficiente al momento de coordinar la interacción de actividades entre varios proyectos, así como en las instancias que se ha necesitado estimar valores más precisos y realistas de tiempos de producción y de capacidad productiva. Si bien la responsabilidad de levantar los tiempos de producción puede ser delegada a las correspondientes jefaturas de cada departamento del Área de Producción, dicha información no se encuentra integrada en un sistema de planificación, ni tampoco es información de público conocimiento. Por otra parte, las medidas que se han tomado en el Departamento de Planificación son principalmente reactivas, haciendo frente a las complicaciones o imprevistos que puedan surgir en uno o más proyectos. Si bien se lleva un monitoreo general de las actividades productivas, este proceso no considera de antemano todas las variables pertinentes que puedan atrasar con cierta probabilidad un proyecto, ni tampoco posibles planes de acción para los proyectos actuales frente a la inminente aparición de un nuevo proyecto en el ciclo de producción.

El horizonte de tiempo que maneja dicho departamento para la gestión de la planificación de la planta de producción es, en promedio, inferior a seis meses. Sin embargo, este intervalo de tiempo no ha sido lo suficientemente amplio frente a megaproyectos en donde la adquisición de determinados materiales ha presentado un periodo de importación cercano a los tres meses desde la emisión de la orden de compra al proveedor. Otro aspecto importante relacionado con esta situación es que el Departamento de Planificación solamente maneja en su cartera los proyectos que están actualmente adjudicados, y en fase de ejecución en la compañía. El no incluir en su planificación a los nuevos proyectos que están en una etapa de cotización en el Departamento de Propuestas (Área Comercial) le

resta capacidad de respuesta a la compañía, dado que los distintos departamentos del Área de Producción solamente se han alimentado con información de planificación con un alcance a corto plazo. Lo más serio de todo esto es que el Área Comercial cuenta con información preliminar sobre el volumen de producción demandado de los proyectos en fase de cotización, y es en este punto en donde una planificación más eficiente de la planta de producción de la compañía es el factor determinante para entregar una oferta más eficaz, competitiva y acorde a la real capacidad operativa actual de la planta de producción.

En cuanto al sistema de información de producción que utiliza la compañía, conocido como **BES**, aunque fue creado y diseñado originalmente en base a las necesidades del Departamento de Planificación, éste no permite una gestión de planificación eficiente. Si bien el sistema comenzó a funcionar oficialmente a mediados del año 2012, no ha registrado históricamente una alta usabilidad. Por otra parte, el sistema no ha incluido hasta la fecha todos los casos o excepciones que puedan permitir (o rechazar) el paso de un spool en el sistema desde un módulo a otro. Finalmente, este sistema no permite llevar a cabo en algún módulo un monitoreo dinámico y global de algún proyecto, considerando o no la interacción con otros proyectos en curso.

Las características de gestión de planificación mencionadas anteriormente también corresponden a necesidades de los altos administrativos del Área Comercial, en particular del Departamento de Administración de Contratos, al momento de evaluar las posibles variables que podrían afectar el normal transcurso de un proyecto dentro de los márgenes de tiempo establecidos. Por otra parte, el sistema BES no conversa naturalmente con el software modular SAP, el cual utiliza el Área Comercial tanto para la apertura de órdenes de compra como para las actividades de contabilidad y facturación. Lo anterior dificulta un tránsito fluido de información entre ambas áreas, considerando que existe información que requiere un área de la otra para la ejecución de determinados procesos del ciclo de trabajo. Se abordará con mayor detalle este último punto en el Capítulo 4.

Como se destacó anteriormente, un sistema más eficiente de planificación permitiría al Área Comercial (en particular, al Departamento de Propuestas) ofrecer una propuesta de plazo más acorde a la capacidad de la empresa. En caso de requerir la presentación de una oferta más competitiva en cuanto a tiempos de entrega (y que no pudiera cubrir la capacidad actual de la planta), entonces se podrían considerar planes de acción para invertir en capacidad adicional de producción (externalización de servicios de revestimiento, subcontrato de escuadrillas de trabajo de maestranza, etc.) y así tener mayor probabilidad de cumplir con el plazo ofrecido. Es en esta etapa en donde la interacción entre el Departamento de Planificación y el Área Comercial jugaría un rol fundamental no solamente en aumentar la probabilidad de adjudicación de la oferta, sino también en el posterior cumplimiento a cabalidad de la propuesta de valor ofrecida.

b) Consolidación de la información para la gestión

Otro gran problema que ha tenido la compañía en este último tiempo ha sido la falta de eficiencia en el manejo de la información generada a través de los procesos productivos de la compañía. En particular, en varios departamentos del Área de Producción se han llevado a cabo diversos controles de información en plataformas anexas al sistema **BES**, modificando o agregando nueva información que el mismo sistema no ha permitido agregar a través de él, para luego realizar una solicitud de carga masiva al sistema de determinados datos, o bien, para almacenar la información en repositorios para control interno de cada una de las áreas (físicos y/o digitales). Este factor apunta directamente a la gestión de planificación que realiza (o debería realizar) directamente cada Departamento del Área de Producción sobre su información generada, lo cual a la vez permite tener una visión global más detallada sobre el rendimiento de la planta de producción en un determinado momento.

El no poder obtener información sobre uno o más procesos críticos del Área de Producción de manera directa, sino que reuniendo información de distintas fuentes de información de distintos sistemas, ha generado discordancias al momento de cuadrar resultados. Un proceso crítico dentro del Área de Producción, y que estaba dentro de dicha categoría, era el de la *evaluación de rendimientos de soldadores*, debido a lo siguiente:

- Un paso crucial para la asignación de un equipo de trabajo a una estación y/o spool es la asignación misma de los soldadores en base a los siguientes parámetros:
 - *Welding Procedure Specification (WPS)*, relacionado con los procedimientos de soldadura requeridos para cada tipo de aleación y para cada tipo de trabajo de soldadura.
 - *Welding Performance Qualification (WPQ)*, relacionado con la calificación del soldador que certifica sus capacidades para realizar un trabajo específico de soldadura.
 - *Porcentaje de Rendimiento del Soldador*, parámetro de control interno asociado directamente a los resultados de los ensayos requeridos para certificar la calidad de los cordones de soldadura realizados por algún soldador en particular.
- Antiguamente, el Departamento de Control de Calidad emitía reportes sobre el rendimiento de los soldadores en uno o más proyectos. Sin embargo, dichos reportes no eran emitidos periódicamente ni tampoco se mostraba información sobre todos los proyectos de la compañía. Por otra parte, la Jefatura de Maestranza (la misma que está a cargo de asignar las escuadrillas de trabajo) no tenía acceso al detalle de los datos, de manera tal de poder verificar la información emitida en los reportes.
- El no poder contar con un sistema de monitoreo de las estadísticas de rechazo de los soldadores por proyecto no le permitía al Departamento de

Maestranza contar con un panorama más detallado del rendimiento de cada soldador, y así tomar decisiones con mayor eficacia. En particular, considerando las siguientes eventualidades:

- Dependiendo de su rendimiento en algún WPS en particular, se puede solicitar la reevaluación de algún soldador para determinar si mantiene su calificación correspondiente.
- En determinados proyectos la empresa cliente correspondiente ha estipulado que un soldador debe ser apartado de un determinado proyecto si alcanza un porcentaje de rechazos mayor a un 5%.

Se retomará con mayor profundidad este proceso crítico en el Capítulo 5, en donde se abordará el diseño y puesta en marcha de un proyecto piloto que resolverá el problema de la consolidación de información para la gestión del rendimiento de soldadores por parte del Departamento de Maestranza.

Por otra parte, existen procesos en los cuales se genera información que hasta la fecha no ha sido gestionada formalmente, o bien no ha sido gestionada en lo absoluto. Un aspecto fundamental en este punto, y hasta ahora no desarrollado por la compañía es el de indicadores claves de rendimiento asociados al Área de Producción. Si bien el Departamento de Sistema de Gestión de Calidad generó un listado de diez indicadores de rendimiento asociados a los distintos procesos de la compañía (en su procedimiento *Metas, Objetivos e Indicadores de Calidad*), hay solamente dos indicadores pertenecientes al Área de Producción.

Área	Proceso Asociado	Indicador	Meta	Frecuencia de Medición
Producción Maestranza	Soldadura	(Cantidad de uniones de soldadura rechazadas/cantidad de uniones de soldadura ejecutadas) * 100	No obtener más de: 3% de uniones de soldadura rechazadas mat. Ac Carbono 1% de uniones de soldadura rechazadas material inox.	Mensual
Producción	Soldadura	Cantidad de PD'S Soldadas por mes	Soldar: 26000 PDS en Acero Carbono 5000 PDS en Acero inoxidable	Mensual

Figura 10: Indicadores de Área de Producción definidas en Procedimiento SGC Metas, Objetivos e Indicadores de Calidad.

Fuente: FASTPACK S.A.

Tal como muestra la Figura 10, ambos indicadores están asociados al proceso de soldadura. Si bien el primer indicador se relaciona con el control del rendimiento de los soldadores, cumple más un rol de meta del Sistema de Gestión de Calidad que como un indicador de control en tiempo real. Por otra parte, el segundo indicador se relaciona con el volumen de producción del Departamento de Maestranza, el cual se mide en una unidad característica conocida como *pulgada diámetro* (PD). El gran problema, sin embargo, de este indicador es que mide la

producción como variable absoluta y no el nivel de eficiencia de la planta de producción. Por otra parte, en la construcción de este indicador no se consideró la variable exógena de la cantidad de proyectos en el mercado; en particular, el periodo comprendido entre los meses de julio y septiembre se ha caracterizado por contar con una ausencia notoria de proyectos de gran tamaño. En resumen, la meta propuesta en el segundo indicador es rígida y poco adaptable para los meses de baja demanda, lo cual torna al segundo indicador en una medida inaplicable.

En conclusión, un sistema que mejore la eficiencia en la gestión de la información generada en los procesos del ciclo productivo es un factor fundamental, tanto para el control realizado por las jefaturas de cada departamento del Área de Producción como para el desarrollo de los procedimientos definidos por el Sistema de Gestión de Calidad de la compañía. De acuerdo a lo analizado por Claude E. Shannon en su libro *A Mathematical Theory of Information* (1948), el contar con información de calidad mejorará todo proceso de toma de decisiones, debido a que mejorar la calidad de la información implicará necesariamente la reducción de la incertidumbre no deseable en todo conjunto de datos. De esta manera surge un elemento clave para los diseños de sistemas: la consideración de una etapa de análisis de datos que origine una estructura de información de baja redundancia, carente de inconsistencias, accesible y útil para la gestión de los procesos involucrados [8][9].

c) Gestión de los tiempos de entrega

Este factor corresponde más bien a la consecuencia de la interacción de los factores que originan los problemas de gestión de los procesos productivos. Si bien pueden existir ciertas eventualidades que no dependan de la empresa (como por ejemplo, envío de piezas incorrectas por parte de algún proveedor del extranjero), se asume que la mayoría de las veces que se incurre en fallas se debe a problemas asociados a errores de la compañía, como por ejemplo:

- Determinación de plazos de proyectos que no van de acuerdo con la capacidad productiva actual de la planta productiva.
- Errores de fabricación.
- Detección tardía de anomalías en alguna pieza.

Lo anterior obliga a la compañía a incurrir en costos de reprocesos que asume la empresa (salvo que el mismo cliente solicite algún cambio o modificación en una o más piezas, costo adicional traspasado a su cuenta), y además volver atrás con el proceso de fabricación (lo cual involucra un retraso considerable en la entrega del proyecto, más aún si el proceso se detiene en las últimas etapas). Por otro lado, cuando la empresa está a cargo de un megaproyecto (encargado por una determinada compañía de Ingeniería), en caso de haber un incumplimiento en los plazos de entrega se cobra una multa por concepto de incumplimiento de plazos (determinada por contrato). En particular, el año pasado las utilidades de la compañía se vieron muy afectadas por las multas que tuvieron que cancelar, debido a la cantidad de infracciones por concepto de incumplimiento en los

plazos de entrega. Lo anterior, y en base a diversos testimonios recogidos en terreno, condujo a pensar en haber analizado de mejor manera los recursos y capacidades de la compañía antes de presentarse a la licitación de los megaproyectos adjudicados en el año 2013. En otras palabras, es necesario tener una visión amplia (y a la vez detallada) de la capacidad operativa de la compañía, frente a las capacidades que exige y requiere un determinado megaproyecto.

Tras describir detalladamente las dimensiones del gran problema que ha enfrentado la empresa, se pueden comprender las razones que han impedido que la compañía lleve a cabo un control de gestión eficiente sobre sus procesos. Como consecuencia directa de esto último, se ha incurrido inevitablemente en costos más altos de producción, debido a los gastos asociados a pagos de multas por incumplimiento de plazos y los costos adicionales de reproceso de spools, debido a errores de fabricación por parte de la misma empresa en cuanto a determinadas especificaciones técnicas. De acuerdo al análisis realizado al comienzo del presente capítulo, fueron finalmente estos dos factores los que impactaron negativamente sobre los ingresos obtenidos en el año 2013, y que paralelamente contribuyeron a una pérdida de prestigio de la compañía en el mercado, debido a la pérdida de confianza de varios de sus clientes.

Las circunstancias actuales de la industria y de la empresa han impulsado a los dueños de la empresa a tomar la decisión de reducir en más de un 50% el personal de la compañía. Considerando y comprendiendo las dimensiones del gran problema que la empresa ha enfrentado, durante el pasado mes de julio se dio inicio al periodo de reingeniería de la empresa, cuya primera etapa finalizaría a comienzos del año 2015.

Como parte de los requerimientos de la Gerencia General y la Gerencia de Producción, se ha solicitado para la primera etapa un levantamiento y modelamiento de procesos productivos, con la finalidad de analizar los puntos críticos del ciclo de trabajo y las oportunidades de rediseño. Por otra parte, no había existido hasta la fecha un conocimiento público y detallado de la interacción entre los sistemas actuales de información de la compañía y sus procesos productivos.

2.2. Descripción del Proyecto de Título

El proyecto realizado en la compañía FASTPACK S.A. comprenderá el desarrollo de una nueva propuesta de diseño del actual sistema de información que intercomunica los procesos productivos de la compañía. Este trabajo se llevará a cabo desde la perspectiva de la gestión de la planificación y control de los procesos pertenecientes al ciclo de producción.

El presente proyecto comprenderá, en primera instancia, el levantamiento y análisis de información correspondiente a los procesos productivos de la empresa, junto a los departamentos que participan en dicho ciclo. A través de entrevistas y trabajos realizados en terreno también serán determinados los requerimientos críticos de cada departamento con respecto a sus procesos y a los sistemas de información involucrados.

La segunda parte del Proyecto de Título contemplará el análisis de la estructura modular del actual sistema de gestión del ciclo de producción, con la finalidad de detectar los factores críticos que inciden en la ineficiencia de su rendimiento y en la ineficacia de su inserción en determinadas actividades del ciclo productivo. Para ello, se llevará a cabo el modelamiento en diagramas de flujo de las etapas que conforman el ciclo de producción de la compañía, de manera tal de entender las interacciones existentes entre las diversas etapas del ciclo de producción y los sistemas de información involucrados. En esta instancia del presente proyecto se definirán formalmente todos los procesos del ciclo de producción, junto con todos los actores y departamentos involucrados, y sus responsabilidades asignadas en cada etapa perteneciente al ciclo de fabricación de spools. La conjugación de ambos trabajos es fundamental, dado que esta conexión podrá permitir el hallazgo de las oportunidades de mejora necesarias para llevar a cabo el posterior trabajo de rediseño.

Finalmente, la tercera parte del Proyecto de Título está orientada a la elaboración formal de la propuesta de rediseño como tal, especificando todos los requerimientos necesarios que componen el nuevo diseño, y especificando los objetivos orientados al aumento de la eficiencia en la planificación de los procesos productivos de la compañía. En esta etapa se analizará además el tipo de sistema de información más adecuado para los procesos de la compañía, llevando a cabo posteriormente un análisis de beneficio y costo de la solución a implementar. Finalmente, se especificarán las directrices que permitirán llevar a cabo un adecuado proceso de implementación y posterior evaluación del nuevo sistema.

2.2.1. Objetivo General

El objetivo general del presente Proyecto de Título es generar una propuesta de diseño de un sistema de información para mejorar la eficiencia en la planificación y control de los procesos productivos de una empresa de piping, inserta en la industria minera nacional.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Generar un estudio del estado de arte de la industria del *piping*, de las metodologías para el mejoramiento y rediseño de los procesos, y de los distintos tipos de sistemas de información, con la finalidad de identificar los factores de complejidad de la industria y el nivel de información utilizado en este tipo de manufactura.
- Desarrollar un estudio del funcionamiento actual de los procesos generales de la compañía para definir de manera general los procesos pertenecientes al ciclo de producción.
- Realizar un análisis del estado actual de los sistemas de información de la compañía para determinar cómo dichos sistemas se insertan en los procesos del ciclo de producción (y en qué etapas específicas).
- Analizar los procesos pertenecientes al ciclo de producción de la compañía en diagramas de flujos, especificando los actores responsables de cada componente de la cadena (y sus responsabilidades asignadas) y la interacción de los distintos sistemas de información en el ciclo. Lo anterior, con la finalidad de contextualizar las relaciones previamente detalladas entre los procesos productivos y los sistemas de información, lo cual permitirá dimensionar a futuro el alcance de las futuras propuestas de mejora.
- Levantar la estructura modular actual del sistema de la planta de producción de la compañía, con la finalidad de identificar las oportunidades de mejora en base a las deficiencias del actual sistema y los requerimientos realizados por sus usuarios.
- Diseñar, desarrollar e implementar prototipos de sistemas de control de operaciones para evaluar la eficacia en la satisfacción de los requerimientos de determinadas actividades del Área de Producción.
- Generar una propuesta de diseño del nuevo sistema de información de la compañía, en base a los análisis realizados de los procesos productivos y de los sistemas de información actuales, y de acuerdo a los estudios de estados del arte realizados previamente.

- Valorizar la propuesta de diseño del nuevo sistema, en base a sus costos involucrados y beneficios estimados (cuantitativos y cualitativos), con la finalidad de estimar el retorno a la inversión del proyecto y el impacto estimado en la disminución de los tiempos de operación de los módulos críticos del sistema.
- Proponer un plan de implementación del nuevo sistema de información, considerando los factores claves a considerar al momento de su realización, para mencionar y determinar todos los aspectos necesarios a considerar al momento del desarrollo externo, evaluación y posterior puesta en marcha del sistema, incluyendo los puntos relacionados con los protocolos de mantenimiento y soporte.

2.2.3. Alcances

El presente Proyecto de Título comprenderá la elaboración de una propuesta de diseño del sistema de información del Área de Producción, relacionada con la gestión de la planificación de los procesos productivos. Este proyecto ha contado con el apoyo de la Gerencia General de la compañía, bajo la supervisión directa de la Gerencia de Producción.

Debido a que la decisión de la empresa de llevar a cabo una etapa de reingeniería en sus procesos ya fue tomada de antemano, las propuestas elaboradas en el presente trabajo corresponden a un nivel táctico y operacional. Por ende, el Proyecto de Título dará por realizado el paso previo que determinaría si la compañía requiere la realización de una etapa de reingeniería. Dado lo anterior, el presente trabajo se centrará en abordar los pasos que sugiere esta metodología, justificando adecuadamente la elección de esta disciplina para efectos de desarrollo del proyecto.

Dado que el Proyecto de Título abarcará los procesos pertenecientes al ciclo de producción de la compañía, quedarán fuera del estudio todos los procesos y procedimientos ajenos a dicho ciclo. En particular, todos los procesos del Área Comercial que no estén involucrados con el ciclo de fabricación de spools estarán fuera del alcance del presente trabajo. Tampoco serán evaluados los procedimientos y etapas de los procesos de ventas, evaluación de proveedores y clientes, cotización y compra de materiales de stock, facturación y cobranza.

Dado que el objetivo principal del Proyecto de Título se aborda en base al estudio y análisis de los procesos productivos de la empresa, el alcance de este trabajo no contempla, por su extensión, el proceso de construcción del software como tal. Por lo tanto, la inclusión de análisis de certificaciones y modelos (como CMMI) en el presente trabajo escapa de los objetivos y alcances del mismo.

Finalmente cabe destacar que está fuera del alcance del Proyecto de Título la etapa de implementación de la propuesta de diseño, principalmente debido a que el inicio de la evaluación de los nuevos procesos implementados está fuera del alcance del intervalo de tiempo que comprende este trabajo. De todos modos, se dejarán establecidas las directrices para la realización exitosa de dicha etapa.

2.3. Metodología

Se dejó establecido inicialmente que la compañía ha decidido de antemano llevar a cabo un proceso de reingeniería. Lo anterior, sin embargo, no está relacionado con la reestructuración de sus procesos de fabricación como tal, debido a que los procesos productivos están consolidados y normados por códigos internacionales de fabricación. Y dichas normas también son exigidas por los clientes. La aplicación de la reingeniería va, más bien, por cambiar la manera en la cual los procesos y los departamentos asociados se comunican. Esto es, lograr la inserción de un sistema integrado de información que permita una mayor eficiencia en la planificación y desarrollo de los procesos productivos de la compañía.

La metodología a utilizar para el presente trabajo consistirá en la aplicación de una metodología *Business Process Re-Engineering* adaptada al formato de la compañía. Dicho formato cuenta con las siguientes características:

a) Serie de procesos por pedido

Los procesos de producción de la compañía se llevan a cabo de acuerdo a los requerimientos exigidos de antemano por el cliente. Cada proyecto ejecutado por la empresa cuenta con sus propias especificaciones técnicas. Esta característica será abordada con mayor profundidad en el siguiente capítulo.

b) Flujo de producción en base a proyectos

Debido a que cada proyecto cuenta con sus propias especificaciones técnicas y requerimientos especiales, cada lote de spools perteneciente a dicho proyecto sigue su propio conducto dentro del ciclo de producción. Dado lo anterior, se exige un alto nivel de control de producción y de mano de obra especializada. En el siguiente capítulo se estudiarán todas las variables involucradas en este tipo de flujo de producción.

c) Sistema de manufactura Make to Order (MTO)

A diferencia de otros sistemas de manufactura, en este tipo de escenario se realiza la fabricación de productos bajo pedido, pero con el diseño preliminar ya realizado y levantado por las oficinas de ingeniería de las empresas cliente. Éste es el único detalle que mantiene a la compañía formalmente a un par de metros de distancia del sistema Engineer to Order (ETO). De todas maneras, la compañía cuenta con su propia oficina de Ingeniería, la cual levanta y analiza los requerimientos efectuados de antemano por el cliente para detectar posibles especificaciones que no sean factibles de realizar.

Es necesario aclarar que si bien existe un proceso de reingeniería de antemano en ejecución, no es ésta la condición suficiente que sugiere la elección de la metodología de BPR. En el siguiente capítulo, específicamente en el punto 3.2.7, se detallarán los criterios conceptuales que condujeron a la presente elección.

Dentro de las metodologías estudiadas, se utilizará como primera referencia la metodología propuesta por los académicos N.S. Cameron y P.M. Braidon, de la Universidad de Newcastle. Si bien esta metodología de BPR contempla un especial énfasis para empresas con un sistema de manufactura ETO, es la más adecuada al tipo de proceso de manufactura de la compañía. Por otra parte, dicha metodología va de acuerdo con los pasos metodológicos de la clásica metodología BPR planteada por Michael Hammer y James Champy (los impulsores a nivel global de este concepto) en su libro *Reingeniería* (1994).

La presente metodología está conformada por once pasos para la realización de la etapa de rediseño de procesos. En cada paso se indicará si el presente proyecto abarcará su realización o no, justificando las razones en base al alcance del mismo.

i. Disposición a la reingeniería

Idea clave: Obtener el apoyo de la Gerencia para la realización del proyecto, analizar la dirección estratégica y las operaciones existentes, e identificar los objetivos y desarrollar metas de mejora.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, pues ya está de antemano la iniciativa de reingeniería por parte de la Gerencia General.

ii. Plan de acción

Idea clave: Planificar la visión global del estado futuro ideal de la empresa, asentar las bases para el cambio y definir las implicancias en los sistemas de negocio, organizar un equipo BPR con un programa de trabajo definido, y determinar los principales obstáculos para la implementación exitosa.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, pues el análisis ya fue realizado de antemano por la Gerencia General.

iii. Entrenamiento del equipo y la comunicación hacia la organización

Idea clave: Preparar a la empresa para el proceso de BPR y comunicar el proyecto a toda la organización.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, pues el proceso de preparación ya fue organizado de antemano por la Gerencia General, y llevado a cabo por el Encargado del Sistema de Gestión de Calidad de la compañía.

iv. Evaluación de la cultura de la organización

Idea clave: Realizar reuniones y talleres que motiven una participación activa, y analizar la resistencia de la organización al cambio.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, pues ya fue realizado de antemano por la Gerencia General, y llevado a cabo por el Encargado del Sistema de Gestión de Calidad de la compañía.

v. Benchmarking y apoyo externo

Idea clave: Realizar reuniones y talleres que motiven una participación activa, y analizar la resistencia de la organización al cambio.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, pues esta responsabilidad fue asumida por la Subgerencia de TI. No fueron considerados los servicios de consultores externos.

vi. Evaluación de la organización

Idea clave: Identificar los procesos más críticos del ciclo de trabajo, así como los factores críticos de éxito. Identificar los beneficios claves del proyecto.

Observación: Este paso será abordado en el presente trabajo, debido a que este paso es crucial para el éxito del posterior rediseño de procesos.

vii. Mapeo de la ruta

Idea clave: Diagramar los procesos existentes, estableciendo los flujos de trabajo, actividades y tecnologías de soporte. Definir las condiciones y límites del proceso.

Observación: Este paso será abordado en el presente trabajo, debido a que es necesario el estudio de los procesos del ciclo de producción y de los sistemas de información involucrados en él.

viii. Rediseño de procesos

Idea clave: Identificar los nuevos procesos, considerando los sistemas de información adecuados para abordar los procesos críticos. Comparar la situación actual con los nuevos requerimientos de los procesos.

Observación: Este paso será abordado en el presente trabajo, como parte esencial del proceso de reingeniería en la empresa.

ix. Rediseño de los sistemas de la organización

Idea clave: Establecer los roles y responsabilidades de los miembros de la organización que participan en los nuevos procesos. Establecer los sistemas de información requeridos en dichos procesos.

Observación: Este paso será abordado en el presente trabajo, correspondiendo al diseño del nuevo sistema de información, e identificando a los responsables de cada actividad clave.

x. Implementación del rediseño BPR

Idea clave: Desarrollar el plan de implementación del rediseño propuesto. Capacitación del personal de la organización. Incorporación de controles para evaluar el impacto de la implementación de los nuevos procesos en la organización y en el servicio final al cliente, a través de métricas e indicadores apropiados para monitorear la productividad y el rendimiento de los procesos.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, debido a que el período planificado para la implementación de un sistema rediseñado estaría fuera del plazo de entrega del presente trabajo. De todos modos, se plantearán las directrices necesarias para llevar a cabo este paso en el plan de implementación del nuevo sistema..

xi. Medición y monitoreo (mejora continua)

Idea clave: Evaluar los efectos de la implementación realizada. Monitorear la satisfacción al cliente y las métricas de los procesos. Introducir métricas e indicadores para analizar los procesos.

Observación: Este paso no será abordado en el presente trabajo, debido a que este paso está fuera del plazo de entrega del presente trabajo. De todos modos, se plantearán las directrices necesarias para llevar a cabo este paso en el plan de implementación del nuevo sistema.

Por otra parte se considerará la metodología propuesta por Santiago Aguirre Mayorga en su publicación *“Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos”* (2007), dado que los pasos que sugiere dicha metodología son los que más se adecúan al trabajo realizado por el equipo de la compañía que está coordinando las actividades de la etapa de rediseño de procesos. Se abordará con mayor profundidad este marco conceptual en el siguiente capítulo.

Capítulo 3

Marco Conceptual

El marco conceptual presentado a continuación permitirá introducir el contexto teórico del proyecto realizado en FASTPACK S.A.

3.1. Metodologías para el Mejoramiento de los Procesos

Antes de llevar a cabo el proceso tal de levantamiento y rediseño de procesos, es importante conocer las distintas metodologías existentes de mejoramiento de los procesos. Las diversas tendencias que componen este marco llevaron a las empresas japonesas durante la década de 1990 a lograr un éxito consolidado en los distintos mercados nacionales y mundiales. A partir de desarrollos conceptuales y técnicos durante las últimas dos décadas del siglo pasado, tales como el trabajo de Michael Porter relacionado con el entendimiento de la empresa como organización en términos de procesos de la cadena de valor (1985), se han originado diversas metodologías de mejoramiento de procesos [10]:

- a) Reingeniería (BPR): técnica administrativa utilizada para realizar cambios radicales en el funcionamiento y desempeño de la compañía. Lo anterior conlleva a su vez un cambio radical en los procesos y/o en el modelo de negocio como tal.

Pasos generales de la metodología [11]:

- Selección de la estrategia adecuada para el rediseño de procesos.
- Identificación de los procesos estratégicos.
- Desarrollo de la visión de los nuevos procesos mejorados.
- Creación y rediseño de procesos.
- Implementación piloto de los nuevos procesos.

- b) Rediseño de procesos: técnica metodológica con el rango más amplio de aplicación en las organizaciones, debido a que trata el rediseño de procesos productivos o de servicios. Este proceso es de mucha utilidad para detectar y modificar procesos considerados como críticos, y previa a una implementación de nuevos sistemas de información o nuevas tecnologías.

Pasos generales de la metodología [12]:

- Planeamiento del proyecto.
- Análisis y levantamiento de los procesos.
- Diseño o rediseño del proceso.
- Desarrollo de los recursos necesarios para el proceso mejorado.
- Gestión de la transición hacia la implementación del nuevo proceso.

- c) **Mejoramiento continuo de procesos:** esta metodología trata específicamente de cambios relacionados en una serie de procesos específicos. Si bien usualmente se tratan de cambios graduales (y, por ende, de alcance limitado a nivel organizacional), su impacto es continuo en el tiempo.

Pasos generales de la metodología [13]:

- Organización del procedimiento de mejoramiento.
- Entendimiento del funcionamiento de los procesos.
- Mejoramiento de los procesos.
- Medición, control y retroalimentación.
- Proceso de mejoramiento continuo.

- d) **Six Sigma:** esta metodología está enfocada en la utilización de herramientas estadísticas basadas en el control de gestión de los procesos. Debido a sus características, lo anterior se aplica principalmente en procesos de manufactura.

Pasos generales de la metodología [14]:

- Definir.
- Medir.
- Analizar.
- Mejorar.
- Controlar.

- e) **Business Process Management (BPM):** esta metodología se asocia principalmente a la introducción de herramientas tecnológicas para la automatización de los procesos. Lo anterior permitirá, entre otras cosas, contar con indicadores de control de gestión de los procesos mismos para su posterior monitoreo, evaluación y mejoramiento. Esta metodología está fuertemente asociada a la tecnología informática, por lo cual es necesaria una inversión considerable en este ámbito.

Pasos generales de la metodología [15]:

- Diseño y modelamiento del proceso.
- Definición de las reglas y condiciones del negocio.
- Asignación de recursos.
- Período de prueba del proceso.
- Análisis de indicadores.

Junto con la elección de la propuesta metodológica, Santiago Aguirre Mayorga propone un marco metodológico para la gestión de proyectos de rediseño y mejoramiento de procesos [16]. Dicha propuesta está fuertemente ligada a las metodologías anteriormente descritas, y está compuesta por seis pasos:

a) Alineación estratégica

Etapa en la cual se identifican la misión, la visión y los objetivos estratégicos en la empresa. A partir de esto último se identifican los factores críticos de éxito, que corresponden a los atributos y capacidades que necesita la compañía para ser sustentablemente competitiva y lograr los propósitos planteados. A su vez, dichos factores permitirán determinar los aspectos críticos y las oportunidades de mejora para alcanzar los objetivos planteados inicialmente.

Una manera de evaluar la alineación estratégica en base a sus factores críticos es utilizar el modelo propuesto por el autor exhibido en la Figura 11. En base a su estructura, se puede determinar la influencia de cada proceso en el cumplimiento de determinados factores críticos mediante una calificación, ponderada por el grado de importancia (determinado de antemano) que se le otorgue a cada factor. De esta manera se podrá determinar el proceso (o conjunto de procesos) más crítico para el cumplimiento del objetivo estratégico que esté sujeto a análisis.

OBJETIVO ESTRATÉGICO				
Ser el líder de la industria regional en la fabricación y suministro de productos y servicios de piping, con los mejores estándares técnicos y de calidad.				
FACTOR CRÍTICO DE ÉXITO	MEJORA DE TIEMPOS DE ENTREGA	AUMENTAR TASA DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	FIDELIZACIÓN DE CLIENTES ACTUALES	PONDERACIÓN TOTAL
Importancia	5	2	4	
Innovación & Desarrollo	5 25	4 8	3 12	45
Manufactura	5 25	5 10	4 16	51
Distribución	5 25	3 6	3 12	43
Servicio de Venta y Postventa	3 15	1 2	5 20	37

Figura 11: Determinación de procesos críticos en la alineación estratégica.
Fuente: Santiago Aguirre Mayorga, “Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos” (2007). Ejemplo aplicado para la empresa FASTPACK S.A.

En la Figura 11 se puede observar el análisis de la empresa asociado a un objetivo estratégico en particular: “ser el líder de la industria regional en la fabricación y suministro de productos y servicios de piping, con los mejores estándares técnicos y de calidad”. En base a lo anterior se definen tres factores críticos de éxito con sus correspondientes importancias asignadas (en paréntesis), en una escala de valoración de 1 al 5:

- Mejora de tiempos de entrega (5).
- Aumento de tasa de desarrollo de nuevos productos (2).
- Fidelización de clientes actuales (4).

Luego, a cada proceso definido en la figura (I&D, Manufactura, Distribución y Servicio de Venta y Postventa) se le asignó una valoración de influencia a los factores críticos de éxito anteriormente mencionados, en una escala de valoración de 1 a 5. Dicha cifra se pondera por el valor de grado de importancia de cada factor crítico y el resultado colocado en la última columna corresponde a la suma de los tres productos. Como se puede apreciar en el ejemplo, los dos procesos más influyentes son los de Manufactura e I&D.

b) Autoevaluación general de los procesos

Etapa de evaluación de los procesos críticos en la alineación estratégica, mediante la creación de indicadores globales de desempeño de dichos procesos, con la finalidad de medir su desempeño actual (versus el desempeño esperado). Este análisis de brechas permitirá tener una visión general del rendimiento de los procesos globales de una organización en un intervalo de tiempo determinado y determinar los aspectos que presentan un mayor margen de mejoramiento. En cuanto a esto último, análisis tales como el análisis de tendencias y los diagramas radiales son útiles para analizar la posición actual de la compañía con respecto a sus principales competidores en base a variables de comparación previamente definidas [17].

En el caso de FASTPACK S.A., la compañía es altamente calificada en la industria en cuanto a la calidad y variedad de sus productos y servicios, pero con una menor calificación comparativa en el tiempo de respuesta (asociado a plazos de entrega, entre otros factores). Este último punto no solamente es el que se destaca como el aspecto crítico a mejorar, sino que además es la principal causa de la pérdida de participación y prestigio de la empresa en el mercado.

c) Planeación del proyecto de mejoramiento

Esta etapa comprende, en términos generales, el paso previo a la formalización del proyecto de rediseño y mejoramiento. Lo anterior comprende el definir un conjunto de metas y objetivos asociados al proyecto (en un horizonte de tiempo dado), sumado a la formación del equipo de trabajo con responsabilidades y actividades definidas. Es necesario incluir además un cronograma de trabajo que incluya todas las actividades pertenecientes a las distintas fases del proyecto.

El autor distingue en este ámbito tres tipos de equipos de trabajo, con sus roles y actividades bien definidas:

- Equipo Gerencial: a cargo de establecer las metas y objetivos del proyecto, liderando además la toma de decisiones de carácter estratégico. Además lleva a cabo el control de avance del proyecto y la asignación de recursos para la realización del mismo.
- Equipo de Mejoramiento: a cargo de coordinar el proceso de mejoramiento, trabajando exhaustivamente en el levantamiento, análisis y rediseño de procesos.
- Equipo Implementador: a cargo de la implementación y ejecución del nuevo proceso.

En el caso del presente proyecto, el Equipo de Mejoramiento corresponde a un equipo de mejoramiento multidisciplinario, nombrado **Spool Machine**. Dicho equipo de trabajo está conformado por las siguientes personas:

- Sissi Alcayaga, Encargada del Sistema de Gestión de Calidad.
- **Hugo Olgún.**
- Leonardo Quezada, Encargado de Control de Producción.
- Iván Rivera, Subgerente de Planificación y Control de Producción.
- Paola Ramos, Jefa de Tecnologías de Información.
- Carolina Toro, Jefa de Planificación Comercial.

El equipo **Spool Machine** se encargó de levantar los requerimientos de los distintos departamentos con respecto al actual sistema de información del ciclo productivo de la compañía, a través de diversas entrevistas y *focus group* que abarcaron un periodo de duración de una semana (y cuyos resultados son detallados en el subcapítulo 4.6). Tras la realización de dichas actividades, se requirió un periodo adicional de un mes para el análisis de antecedentes y desarrollo de propuestas, para así finalmente desarrollar la propuesta del nuevo sistema de información (subcapítulo 5.4).

La Gerencia General y los administradores de las jefaturas de Producción conforman, por otra parte, el Equipo Gerencial. Al momento de realizarse la implementación de la propuesta de rediseño, la Jefa de Tecnologías de la Información será la principal responsable de supervisar la implementación y puesta en marcha del nuevo sistema. Para ello, será sugerido el plan de implementación detallado en el subcapítulo 5.6.

d) Análisis y rediseño de los procesos

Esta etapa comprende la generación de alternativas de mejoramiento de los procesos actuales, además de determinar los responsables de la ejecución de los procesos mejorados. Los procesos rediseñados deben ser presentados y documentados mediante diagramas de flujo detallados. Se puede efectuar un rediseño en el aspecto estructural de los procesos, en la asignación de responsabilidades o en los flujos de información interprocesos.

Esta etapa ha sido esencial en el trabajo realizado en FASTPACK S.A., pues no se había llevado a cabo anteriormente un levantamiento y modelamiento detallado del ciclo de producción. Si bien se abarcaron los procesos productivos con un gran nivel de detalle, el foco del proyecto está puesto sobre los sistemas de información y el flujo de información de los procesos más críticos. En los capítulos siguientes se abarcará este tema con mayor profundidad.

e) Implementación de los cambios

En esta etapa se determina el éxito de la propuesta de mejoramiento. Para lograr lo anterior, es necesario contar de antemano con un plan adecuado de acción, considerando factores tales como las posibles capacitaciones para el personal involucrado en las áreas sujetas a dicha implementación (para así garantizar el funcionamiento adecuado de los procesos mejorados).

Esta etapa no está abarcada dentro de los alcances del presente trabajo de título, debido a la incerteza de la fecha de partida de la reestructuración del actual sistema de control de gestión productivo, lo cual se debe principalmente a la actual situación financiera de la compañía.

f) Evaluación del mejoramiento

Después de la implementación del proyecto de mejoramiento corresponde realizar la evaluación de los resultados obtenidos. Junto con documentar toda la información obtenida en la evaluación, también es importante rescatar la retroalimentación sobre buenas y malas prácticas, y lecciones aprendidas.

3.2. Business Process Re-Engineering (BPR)

3.2.1. Descripción del BPR

La reingeniería de procesos [18] es una disciplina que involucra cambios notorios tanto en los procesos como en las estructuras de una organización; tanto el entorno humano y organizacional como el entorno tecnológico pueden ser abordados mediante esta disciplina. Juega un rol fundamental la inclusión de las Tecnologías de Información (TI), debido a las facilidades que éstas pueden brindar al momento de integrar y consolidar información, permitiendo así la automatización de determinados procesos y la eliminación de procesos duplicados o redundantes.

La reingeniería de procesos apunta a una mejora en la eficiencia y en la productividad de los procesos, mejorando la eficiencia de los canales de flujo de información y mejorando los tiempos de respuesta al cliente. Para lograr aquello es fundamental que la cúpula organizacional oriente al resto de la organización al cambio, cimentando las bases estratégicas y planes de acción bien definidos para la implementación gradual de la reingeniería, consolidando a un equipo de trabajo que coordine y lidere este proceso, y con metas y objetivos bien entendidos.

3.2.2. Inserción de BPR en una organización

La metodología BPR puede ser implementada por cualquier tipo de empresa, aunque suelen surgir consideraciones adicionales para cierto tipo de empresas, tales como empresas con sistema de manufactura MTO o ETO [19]. De todos modos se han identificado a través de los distintos estudios relacionados con metodologías BPR conceptos y consideraciones transversales al tipo de empresa. En particular, es recomendable implementar esta disciplina en las empresas que enfrenten los siguientes tipos de problemas:

- Altos costos operacionales.
- Baja calidad de servicio a los clientes.
- Alto nivel de procesos “cuello de botella” en ciclos de alta demanda.
- Rendimiento deficiente de las jefaturas intermedias, quienes son los encargados de supervisar directamente los procesos.
- Distribución inadecuada de recursos y de puestos de trabajo.

Para llevar a cabo la implementación de la metodología BPR es fundamental una organización orientada al rediseño de procesos y con una infraestructura de TI que ayude a mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

El primer paso esencial es entender que la disciplina BPR tiene como principal foco el satisfacer las necesidades del cliente. Por ende, la manera más apropiada de entender la mejora en la eficiencia de los procesos (y de los sistemas TI involucrados en dichos procesos) es que el cliente obtendrá mejores tiempos de respuesta, viendo a la vez satisfechos todos sus requerimientos. De esta manera se podrá visualizar de mejor manera los posibles impactos y riesgos de alguna intervención en determinados procesos, considerando el desempeño de los correspondientes actores internos involucrados y el impacto de dicha gestión en la cadena de valor.

El segundo paso esencial es visualizar las barreras físicas y comunicacionales que sean posibles brechas de eficiencia. Para ello el rol de los sistemas TI involucrados es crucial para facilitar el trabajo en equipo, aun cuando los distintos departamentos estén ubicados en distintos sitios.

Empoderar a los miembros de la organización significa brindarles todos los medios necesarios para realizar un trabajo más eficiente: la información adecuada, las herramientas apropiadas y el entrenamiento necesario para el uso de sistemas de información. La elección de un adecuado sistema de información es fundamental para facilitar el empoderamiento de las personas y un mejor desempeño de sus procesos.

Proveer la información adecuada ayuda a los miembros de la organización a entender y visualizar con mayor eficacia el rendimiento de sus procesos. Este punto es el objetivo primario de la mayoría de los sistemas de información.

Proveer las herramientas apropiadas permitirá llevar a cabo una consolidación más eficiente de la información, permitiendo que ciertos procesos tengan un cierto grado de automatización, permitiendo así que cada responsable pueda brindar mayor atención al posterior análisis de la información, en pos de un aumento de la productividad.

Eliminar tiempos improductivos de trabajo tales como la doble digitación o las depuraciones adicionales de información aumenta la eficiencia de los procesos y la productividad de los encargados de los mismos.

Eliminar el papel innecesario permitirá un traspaso más fluido de la información, más aún si ésta alimenta a un sistema de información adecuado que, a su vez, alimentará a otros participantes en la cadena de valor. No solamente el manejo de la información se vuelve más flexible, sino que además permite un análisis más fácil y fluido.

La manera más práctica de entender los componentes claves de la disciplina BPR es a través de las **tres R de la reingeniería**. A través de ellas se podrá lograr una inserción de BPR con mayor probabilidad de éxito. En la Figura 12, presentada en la siguiente página, se explican las aristas de cada dimensión.

REDESIGN	RETOOL	REORCHESTRATE
Rediseñar	Reorganizar	Sincronizar
Simplificar Estandarizar Capacitar Medir	Redes Intranet Extranet WorkFlow	Procesos TI Recursos Humanos

*Figura 12: 3R de Reingeniería.
Fuente: Sotiris Zigiariis, “Business Process Re-engineering” (2000).*

3.2.3. Objetivos de BPR

- i. Los procesos deben enfocarse en el servicio al cliente como el objetivo primario.
- ii. Aumento en la productividad y la eficiencia de los procesos intervenidos.
- iii. Aumento en la flexibilidad de los procesos frente a cambios en el mercado.
- iv. Monitorear y asegurar un alto nivel de calidad en todos los procesos.

3.2.4. Metodología genérica de BPR

De acuerdo a la versión clásica de la metodología BPR planteada por Michael Hammer y James Champy, el proceso de reingeniería contempla de manera general los siguientes pasos:

- i. Selección de la estrategia adecuada para el rediseño de procesos.
- ii. Identificación de los procesos estratégicos.
- iii. Desarrollo de la visión de los nuevos procesos mejorados.
- iv. Creación y rediseño de procesos.
- v. Implementación piloto de los nuevos procesos.

Para asegurar la exitosa implementación de la metodología BPR, adicionalmente se tienen que considerar las siguientes acciones claves:

- Simplificar complejidad de procesos.
- Optimizar la eficiencia de los procesos.
- Levantamiento y modelamiento de flujogramas.
- Asignar roles y responsabilidades para cada proceso.
- Automatización de procesos claves mediante el uso de TI.
- Capacitar al equipo de trabajo encargado de los nuevos procesos.
- Dar a conocer el proceso de diseño en la estructura organizativa empresarial.

3.2.5. Beneficios y Resultados Esperados

- Reasignación de procesos y de puestos de trabajo, con la finalidad de mejorar la eficiencia de los procesos críticos.
- Mayor eficacia en la gestión de la información, de acuerdo a las necesidades del cliente y de cada departamento.
- Mayor flexibilidad y dinamismo en la ejecución de los procesos.
- Mayor grado de empoderamiento de los empleados.

3.2.6. Diferencias entre BPR y BPM

Ambas disciplinas comparten el mismo enfoque en los procesos de negocios y el mismo objetivo de optimizar la efectividad y la eficiencia en los procesos de la organización [20]. Sin embargo, al analizar la manera de inserción de cada disciplina en una empresa, los detalles diferenciadores aparecen a la vista. Las principales diferencias entre ambas disciplinas son mostradas a continuación.

Business Process Re-engineering (BPR)	Business Process Management (BPM)
Rediseño de procesos.	Automatización y reutilización de los procesos existentes.
Proceso grande, único y radical.	Proceso continuo de cambio.
Alto riesgo.	Bajo riesgo.
Inserción de TI opcional.	Inserción de TI necesaria.
Basada en flujos de trabajo.	Tecnología basada en BPMS/BRE.
Resultados drásticos.	Resultados continuos e incrementales.
Más costoso.	Menos costoso.
Durante la implementación la cultura organizacional es un factor crítico.	No tiene impactos en la cultura organizacional.
Tiempo de implementación intensivo.	Tiempo de implementación comparativamente menor.
Durante el proceso puede haber despido de personal.	El proceso se orienta a la optimización de activos.
Se trabaja en un gran proceso global durante un buen tiempo.	Se trabaja en uno o más procesos locales simultáneamente.

Figura 13: Diferencias entre Metodología BPR y Metodología BPM.
Fuente: Sweta Anand, "Business Process Management Versus Business Process Reengineering" (2011)

3.2.7. Criterio de Elección de BPR

De acuerdo al subcapítulo 3.1, existen cinco metodologías principales para el desarrollo de mejoramiento de procesos. Estas disciplinas se adecúan, en distinto grado, al contexto de negocios de la compañía y a su actual momento de reestructuración. Sin embargo, la metodología BPR ha sido considerada como la más adecuada para conducir las etapas del proyecto de título. A continuación se presentarán las etapas del criterio de elección de la metodología BPR:

- i. La metodología Six Sigma es utilizada principalmente para mejorar los procesos de manufactura. Sin embargo, dicha metodología no es aplicable al presente trabajo de título, debido a las siguientes razones:
 - La finalidad de control estadístico de esta metodología no corresponde al enfoque que plantea el presente proyecto de título.
 - El objetivo de esta metodología no es compatible con las necesidades de la compañía detectadas en el capítulo anterior.
 - Esta metodología no tiene como foco principal la mejora en la gestión de planificación de los procesos productivos, sino en la productividad manufacturera como tal.
- ii. La metodología de rediseño de procesos no fue descartada como tal, sino que está incluida por defecto como parte de la metodología BPR.
- iii. La metodología de mejoramiento continuo de procesos está principalmente enfocada a la gestión de calidad de los procesos. Por ende, esta metodología fue descartada por dos razones:
 - La finalidad de esta metodología es incompatible con el enfoque que plantea el presente proyecto de título.
 - Esta metodología es actualmente abarcada por el Departamento de Sistema de Gestión de Calidad de la compañía. La evaluación de la eficacia en su funcionamiento, sin embargo, puede proponerse como materia de investigación para el desarrollo de un futuro trabajo formal.
- iv. En la Figura 13 del punto 3.2.6 se especificaron las diferencias entre un sistema BPR y un sistema BPM, aun existiendo similitudes en su enfoque y en su objetivo. Finalmente, la necesidad del rediseño de determinados procesos (como consecuencia del rediseño mismo del sistema de información de producción) y las circunstancias actuales de la compañía (despido de personal, reestructuración organizacional y el énfasis global en mejorar la eficiencia de los procesos productivos de la compañía) fueron los factores determinantes en la elección de BPR como la metodología a utilizar en el desarrollo del presente trabajo.

3.3. Características del Flujo de Procesos

El flujo de procesos corresponde a la primera dimensión al momento de clasificar la composición de los procesos en una empresa [21]. La primera clasificación general de los flujos de proyectos se basa en cuanto a las características del mismo, la cual se compone en tres categorías: flujo lineal, flujo intermitente y flujo por proyectos.

a) Flujo lineal

Flujo caracterizado por una secuencia operacional de comportamiento lineal, característico de rubros que requieren una fabricación secuencial de sus productos (por estaciones de trabajo), tales como las líneas de ensamble. Esta característica antes descrita supone necesariamente la estandarización de los productos, y con un flujo de movimiento adecuado desde una estación de trabajo hacia otra. Dicho flujo posee una secuencia prescrita de antemano, y que debe respetarse. Por otra parte, el acoplamiento entre las distintas etapas del flujo es crucial para evitar cuellos de botella en este sistema. Los flujos lineales, a su vez, pueden dividirse en dos tipos:

- Producción en masa (en línea)

Operación que posee como principales características el trabajo de ensamble de productos a través de estaciones. Debido a que este tipo de producción suele presentar un alto grado de inflexibilidad en sus procesos, la clave para un alto nivel de producción radica en la eficiencia de la línea de ensamble.

- Producción continua

Operación muy similar a la producción en línea, pero con procesos más automatizados y, por ende, dependientes de una menor proporción de mano de obra (con respecto al caso anterior). Las industrias que operan bajo este tipo de producción son consideradas como “industrias de proceso”, tales como la industria química, acerera y eléctrica. Por otra parte, no solamente sus procesos son más automatizados sino que además sus productos tienden a ser aún más estandarizados.

b) Flujo intermitente

También conocido como “taller de trabajo”, este flujo se caracteriza por la organización de la mano de obra en distintas estaciones o centros de trabajo, contando con personal lo suficientemente calificado para constituir alguna de dichas estaciones. Debido a la estructuración de este tipo de flujo, este sistema presenta un alto grado de flexibilidad. Pero a la vez puede presentar un alto grado de ineficiencia, debido al patrón de flujo poco estructurado de los procesos de los centros de trabajo. Esto a su vez impacta directamente en el control de inventario si la compañía está en un ciclo de alto nivel de capacidad operativa, debido a que se pueden presentar centros de trabajo con muy poca actividad operativa, al

momento de necesitar en particular algún centro de trabajo en particular. Esto último favorecería un nivel de acumulación alto de inventario.

c) Flujo por proyectos

Este flujo se caracteriza por la producción de productos únicos, usualmente abarcando un producto por proyecto. Un claro ejemplo de este tipo de flujo es un proyecto inmobiliario. A pesar de no existir un flujo de productos como en las categorías anteriores, tiene que existir una organización minuciosa y detallada de la secuencia de operaciones del ciclo de trabajo. Por otra parte, dada la unicidad de un proyecto con respecto a otro es prácticamente inviable estandarizar procesos, además de contar con una complejidad estratégica mayor y estar sometido a futuros cambios, dependiendo de las circunstancias que pueda estar atravesando dicho proyecto.

En base a las tres categorías descritas anteriormente, en la página siguiente se podrá apreciar una tabla a modo de resumen, que describe las características de cada uno de estos tipos de flujos, en base al tipo de producto y a la descripción de la mano de obra requerida, entre otros aspectos fundamentales.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FLUJO DE PROCESOS			
Características	Línea	Intermitente	Proyecto
Producto			
Tipo de pedido	<i>Lotes grandes</i>	<i>Lotes normales</i>	<i>Una unidad</i>
Flujo del producto	<i>En secuencia</i>	<i>Desordenado</i>	<i>Ninguno</i>
Variedad del producto	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Muy alta</i>
Tipo de mercado	<i>Masivo</i>	<i>Por cliente</i>	<i>Único</i>
Volumen	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Una unidad</i>
Mano de obra			
Habilidades	<i>Bajas</i>	<i>Altas</i>	<i>Altas</i>
Tipo de tarea	<i>Rutinaria</i>	<i>No rutinaria</i>	<i>No rutinaria</i>
Salario	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>
Capital			
Inversión	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
Inventario	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>
Equipo	<i>Fines especiales</i>	<i>Fines generales</i>	<i>Fines generales</i>
Objetivos			
Flexibilidad	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>
Costo	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>
Calidad	<i>Constante</i>	<i>Variable</i>	<i>Variable</i>
Servicio	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>
Control y planeación			
Control de producción	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>	<i>Difícil</i>
Control de calidad	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>	<i>Difícil</i>
Control de inventario	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>	<i>Difícil</i>

Figura 14: Características de los distintos tipos de flujos de proceso.
Fuente: R. Schroeder, "Administración de Operaciones: Toma de Decisiones en la Función de Operaciones" (1993). Ed. McGraw-Hill.

3.4. Clasificación del Producto por Tipo de Pedido del Cliente

Una empresa no solamente puede enmarcarse en base a cómo se constituye su flujo de procesos, sino además de acuerdo al destino de los productos fabricados: si el producto es fabricado para venta de stock o, en su defecto, responde a las características particulares de la solicitud de un cliente. En base a este contexto, el proceso de fabricación puede ser clasificado en dos categorías distintas: proceso para inventario y proceso por pedido [22].

a) Proceso para inventario

Proceso caracterizado por fabricar una o más líneas estandarizadas de productos. Dichos ítems son colocados para su posterior venta, en donde el cliente decidirá finalmente en base a sus criterios si adquirir alguno de dichos productos o no. El objetivo de la disponibilidad de los productos es el venderlos al cliente manteniendo un cierto nivel satisfactorio de calidad de servicios (medido principalmente en base a la disponibilidad del inventario). En base a lo anterior, el enfoque de este tipo de proceso radica en lograr un control eficiente del inventario, considerando las oscilaciones y proyecciones de la demanda, así como las capacidades de producción.

b) Proceso por pedido

A diferencia de la categoría anterior, este tipo de proceso se caracteriza por satisfacer los requerimientos del cliente. Lo anterior incluye el identificar todas las características del pedido por parte del cliente, así como las necesidades adicionales que se deben satisfacer. Por ende, todas las actividades productivas se relacionan estrechamente con la solicitud del cliente. De esta manera se busca satisfacer en un 100% los requerimientos iniciales del cliente. Dada la descripción anterior, el factor clave en este tipo de proceso es el satisfacer los tiempos de entrega, los cuales son acordados en el momento de la cotización. Si el cliente está de acuerdo con el plazo de entrega prometido, la compañía debe coordinar todas sus actividades y procesos de manera tal de cumplir con lo requerido por el cliente, cumpliendo con el plazo estipulado.

En base a las dos categorías descritas anteriormente, en la página siguiente se podrá apreciar una tabla a modo de resumen, que describe las características de cada uno de estos tipos de procesos, en base al tipo de producto y otros aspectos fundamentales a considerar.

FABRICACIÓN PARA INVENTARIO (FPI) VERSUS FABRICACIÓN POR PEDIDO (FPP)		
Características	FPI	FPP
Producto		
Especificación	<i>Productor</i>	<i>Cliente</i>
Variedad del producto	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>
Costo	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>
Objetivos		
Aspectos fundamentales	<i>Balancear inventarios, capacidad y servicio.</i>	<i>Administrar tiempos de entrega y capacidad</i>
Problemas		
Principales problemas	<i>Pronósticos. Planeación y control de inventarios y producción.</i>	<i>Promesas de entrega. Tiempos de entrega.</i>

Figura 15: Fabricación para Inventario (FPI) versus Fabricación por Pedido (FPP). Fuente: R. Schroeder, "Administración de Operaciones: Toma de Decisiones en la Función de Operaciones" (1993). Ed. McGraw-Hill.

3.5. Análisis del Flujo de Procesos

Un paso trascendental para la creación y evaluación de alternativas de mejora de los procesos productivos es la realización de diagramas de flujo. La idea básica de lo anterior es llevar a cabo dicha diagramación, identificando no solamente todos los procesos del ciclo de trabajo, sino además cómo se relacionan dichos procesos y los actores responsables que participan en cada uno de ellos [23].

Dentro de las utilidades de los diagramas de flujo se encuentra la facilitación del estudio del diseño y la capacidad operativa de un flujo de procesos. Por otra parte, los diagramas de flujo permiten además analizar el flujo de la información requerida para la comunicación efectiva de los procesos.

Finalmente, el análisis de diagramas de flujo permite a los gerentes entender y visualizar más fácilmente todas las componentes del proceso de la empresa. Por otra parte, tras analizar a los agentes a cargo de cada proceso se puede analizar si cada tarea en particular está asignada a un perfil de profesional adecuado para la realización y/o supervisión de dicha tarea.

3.6. Sistemas de Información

3.6.1. Concepto de Sistema de Información

Un sistema de información es definido como un conjunto de componentes que recopilan, almacenan, procesan y distribuyen información para facilitar la toma de decisiones de los altos ejecutivos de una organización [24].

3.6.2. Actividades y Elementos de un Sistema de Información

Las tres actividades claves que permiten la eficaz obtención de información de este tipo de sistemas por parte de un miembro de una organización para la toma de decisiones y el análisis de problemas son las siguientes [25]:

- a) Entrada: recolección de datos en bruto.
- b) Procesamiento: conversión de la entrada de datos en una forma particularmente significativa.
- c) Salida: transferencia de la información procesada a los miembros objetivo.

A la vez, el usuario final es quien brinda la retroalimentación que requiere el sistema para corroborar la validez de la entrada. De acuerdo a lo anterior, un sistema de información está conformado por los siguientes elementos [26]:

- Base de datos: lugar en donde se almacena la información organizada e indexada en registros identificables y específicos.
- Transacciones: conjunto de elementos que permiten al usuario manejar algún registro específico de información.
- Informes: conjunto de elementos de interfaz que permiten al usuario obtener registros e información estadística en base a criterios específicos.
- Procesos: conjunto de elementos que permiten la obtención de información de la base de datos, generando nuevos registros de información de acuerdo a una lógica predefinida.
- Usuario: miembro de la organización que interactúa con el sistema.
- Procedimientos administrativos: conjunto de políticas y reglas internas que regulan el comportamiento de los usuarios frente al sistema.

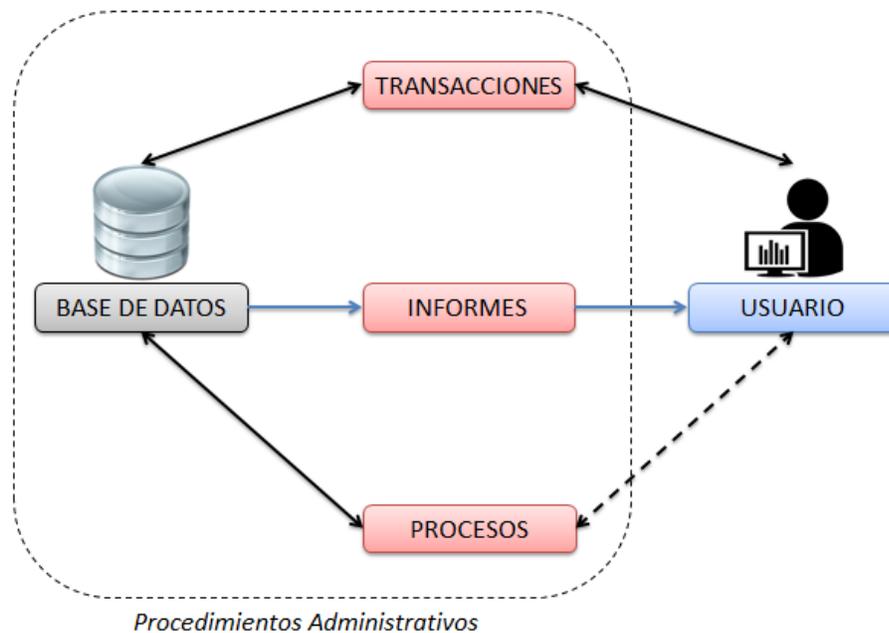


Figura 16: Elementos de un Sistema de Información.
 Fuente: José Miguel Santibáñez, apuntes del curso “Sistemas de Información” (2000).
 Universidad de Ciencias de la Información, Santiago de Chile.

3.6.3. Sistema Enterprise Resource Planning (ERP)

Sistema de gestión de información y planificación de recursos que, a través de una estructura predefinida, integra y automatiza los procesos medulares de una compañía. Este tipo de software dispone de un conjunto de módulos que permiten atender a los requerimientos de cada una de las áreas funcionales de la empresa, y permitiendo una comunicación fluida entre ellas, en base a un flujo de trabajo (*workflow*) [27].

La estructura básica de un ERP está compuesta por unidades independientes de trabajo llamadas *módulos*. Al momento de adquirir un sistema ERP existen módulos de adquisición obligatoria llamados *módulos básicos*, y otros componentes opcionales diseñados para procesos y funciones particulares, llamados *módulos verticales*.

Si bien existen muchas compañías de la industria del software que desarrollan y comercializan sistemas ERP, existen características transversales a cada uno de los distintos productos finales:

- **Arquitectura Cliente/Servidor**
 Un computador central (servidor) tiene la capacidad para atender a varios usuarios de manera simultánea.
- **Alto número de funcionalidades**
 Gracias a esta característica los sistemas ERP pueden abarcar generalmente la totalidad de los procesos de negocio de las empresas.

- **Grado de abstracción**
Un sistema ERP permite manejar objetos transversales para toda la compañía, independiente del contexto en el cual el proceso es demandado. De esta manera, cada departamento cuenta con su propio conjunto de datos relevantes e irrelevantes para cada objeto.
- **Adaptabilidad**
Un sistema ERP es capaz de adaptarse a los requerimientos particulares de cualquier empresa, independiente de la industria en la cual esté inserta.
- **Modularidad**
Un sistema ERP está conformado por un conjunto de módulos, intercomunicados e independientes entre sí. El grado y la calidad de dicha intercomunicación aumentan el nivel de adaptabilidad de un sistema ERP a cualquier tipo de empresa.
- **Orientación a los procesos de negocio**
Las funcionalidades de un sistema ERP están diseñadas de manera tal de obtener una visión unificada y panorámica del negocio, utilizando un modelo de referencia a alto nivel de dichas funcionalidades de acuerdo a la lógica del negocio.
- **Tiempo real**
En un sistema ERP las transacciones y procesos se ejecutan de manera instantánea.
- **Trazabilidad**
Permite el control y monitoreo de los artículos ingresados al sistema.

Entre los beneficios más importantes de la implementación de un sistema ERP en una compañía se pueden mencionar los siguientes:

- Automatización y simplificación de procesos.
- Aumento de productividad en base al ahorro de tiempos de operación.
- Integración de las distintas áreas medulares de la compañía, facilitando la comunicación y la cooperación entre ellas.
- Mayor control sobre los distintos procesos y transacciones de la compañía.
- Al contar con una base única y centralizada se facilita el proceso de la toma de decisiones.

Sin embargo, la implementación de un sistema ERP conlleva a su vez una serie de desventajas. Los principales inconvenientes son mencionados a continuación:

- Dependiendo del tipo de sistema ERP, los costos de adquisición pueden ser elevados. Por otra parte, existen costos adicionales en los cuales tiene que invertir la compañía, tales como los costos de implementación, soporte y capacitación, entre otros.
- El proceso de implementación de un sistema ERP requiere un uso de tiempo intensivo, lo cual podría afectar la eficiencia temporal de las operaciones de la compañía. Debido a lo anterior, usualmente la correcta implementación de este tipo de sistemas abarca un período de varios meses, lo cual también dependerá del tipo de estrategia de implementación y del nivel de cambio requerido en estructura de la organización para llevar a cabo este proceso.
- Debido a la automatización de los procesos que abarca un sistema ERP, se requiere que los usuarios estén bien entrenados y capacitados para el manejo correcto de sus actividades. El éxito de un sistema ERP en la compañía es altamente sensible a esta variable.
- Un sistema ERP usualmente tiene dificultades para integrar información externa proveniente de sistemas independientes a dicho sistema con un modelo de estructura de datos no compatible al del sistema ERP.
- En general, los sistemas ERP no son eficientes para proveer información complementaria y personalizada para la toma de decisiones. Lo anterior, en gran parte debido a que el proceso de elaboración de reportes en un sistema ERP carece de flexibilidad en cuanto a su personalización.

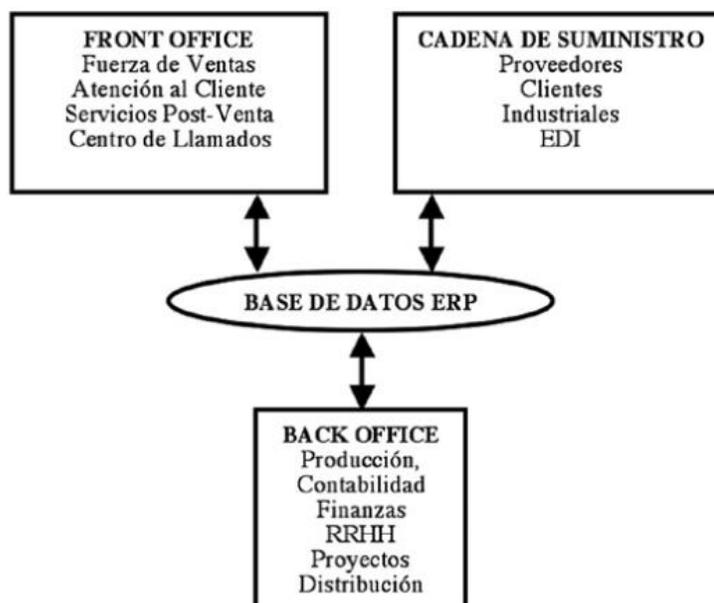


Figura 17: Arquitectura Básica de un Sistema ERP.

Fuente: Colomina Climent, "Sistemas de Información en la Empresa Versión 2.0" (2001).

3.6.4. Sistema Project Management Software (PMS)

Sistema de gestión de proyectos que permite la planificación y asignación de tareas y recursos, con la finalidad de completar el desarrollo de un determinado proyecto dentro del plazo previamente establecido. Para lograr lo anterior, este tipo de sistema permite el manejo de las principales variables a considerar en la descripción de la complejidad de un gran proyecto. Las dos aristas distintivas de un sistema PMS son las siguientes [28]:

a) Planificación de Proyectos

Las principales cinco actividades que componen el desarrollo de la planificación de proyectos son las siguientes:

- Definición de productos.
- Definición de actividades y responsables.
- Estimación de recursos y duración de proyecto.
- Definición del programa y canal de actividades.
- Definición del costo total del proyecto.

b) Detección de Riesgos o Caminos Críticos

La gestión de proyectos tiene que contemplar la detección y manejo de los riesgos que puede enfrentar un proyecto, los cuales pueden ir asociados a eventos o actividades consideradas como críticas, dado que su duración impactaría considerablemente sobre la duración total del proyecto. Varios softwares PMS permiten visualizar dichas actividades con eventuales riesgos, de manera tal de definir un plan de contingencia para abordar la amenaza (e implementarla, en caso de concretarse). De esta manera, la gestión de proyectos se va enfocando además en ir minimizando las probabilidades de riesgo o amenaza durante el transcurso de sus distintas etapas.

Sin embargo, este tipo de sistema no es el que actualmente la compañía requiere para mejorar la eficiencia de sus procesos productivos, debido a lo siguiente:

- El gran problema de la compañía no radica en la administración comercial de sus proyectos, sino en la planificación de sus procesos productivos y en la eficiencia de su sistema informático de producción.
- Los sistemas PMS no alcanzan a satisfacer el conjunto de requerimientos del Área de Producción de la compañía.
- Un sistema PMS funcionaría en la práctica como un tercer sistema de información, y no como un sustituto del actual sistema de producción de la compañía.

3.6.5. Sistema A Medida

Un sistema a medida, como su nombre lo indica, consiste en el desarrollo de una solución diseñada especialmente en base a los requerimientos específicos de un cliente, considerando además la política particular de su empresa u organización.

La arquitectura del software se compone de tres elementos básicos, los cuales tienen que ser determinados al momento del diseño de un sistema a medida:

a) Lenguaje de Programación

Lenguaje artificial utilizado para la creación de programas o procesos diseñados para controlar el comportamiento de una máquina, en especial el de una computadora, mediante un conjunto de instrucciones. A su vez, un lenguaje de programación está compuesto por un conjunto de símbolos y reglas semánticas y sintácticas, las cuales permiten la expresión (y posterior interpretación) de instrucciones [29].

b) Base de Datos

Conjunto de información asociada a un determinado contexto, y disponible para su posterior uso. Dicha información es almacenada de manera sistemática, de acuerdo a algún modelo de administración de datos en particular. [30]

c) Framework

Estructura tecnológica de soporte definido, la cual permite la organización y desarrollo de algún proyecto de software. Sus componentes permiten unir y desarrollar los distintos módulos de un proyecto, entre los cuales están:

- Conjunto de librerías.
- Soporte de programas.
- Bibliotecas.
- Lenguaje de scripting.

La ventaja de la utilización de un framework es que facilita el desarrollo de un proyecto de software, permitiendo omitir los detalles secundarios y así enfocarse en la identificación de los requerimientos propios del software [31].

En particular, el sistema utilizado en el proceso de fabricación de spools, **BES**, es un ejemplo de sistema a medida. Desarrollado por la empresa *BES Consulting*, este sistema posee la arquitectura definida en la Figura 18.

	ARQUITECTURA SISTEMA BES
LENGUAJE	Microsoft Visual Studio
BASE DE DATOS	Microsoft SQL Server 2008
FRAMEWORK	.NET Framework 3.5

Figura 18: Arquitectura Sistema BES
Fuente: *BES Consulting & FASTPACK S.A.*

En resumen, de acuerdo a la descripción realizada sobre los sistemas a medida es posible inferir el siguiente conjunto de beneficios [32]:

- Diseñado específicamente en base a los requerimientos específicos de la organización, excluyendo así la instalación de módulos innecesarios.
- Sistema plenamente integrado a la infraestructura informática y a la cultura organizacional de la compañía.
- Mayor grado de flexibilidad y personalización en comparación con los paquetes de software prediseñados.
- Existencia de la posibilidad de realizar modificaciones futuras según los cambios en los requerimientos de la compañía.

Sin embargo, el optar por el desarrollo de un sistema a medida también conlleva los siguientes riesgos o desventajas:

- Un mayor grado de personalización, dependiendo del número de requerimientos y/o personal de la compañía, involucraría un costo elevado. Quizás un costo mayor al de un paquete de software.
- Un grado muy elevado de personalización del software podría ser perjudicial para la interacción con otros sistemas de información de la compañía o con sistemas de otras organizaciones.

Evidentemente, y dada la naturaleza del proceso a implementar, resulta mucho más lógico conveniente optar por una solución a medida por sobre la implantación de una solución estándar ya existente en el mercado. Este punto será retomado y justificado detalladamente en el subcapítulo 5.3.

Capítulo 4

Análisis, Modelamiento y Evaluación de los Procesos y Sistemas del Ciclo Productivo

4.1. Descripción de la Compañía

FASTPACK S.A. es una empresa que lleva más de veinte años activa en la industria del piping, y consolidada desde el año 2010 en la fabricación y suministro de spools. La mayor parte de los proyectos que ha abarcado la compañía corresponde a la industria de la minería, aunque la aplicación de sus productos y servicios abarca además otras industrias (tales como la petroquímica y la forestal). Las dependencias de la compañía están ubicadas en el sector industrial de Valle Grande, Lampa.



*Figura 19: Casa Matriz FASTPACK S.A.
Fuente: FASTPACK S.A.*

En dichas instalaciones, la compañía cuenta con un total de cinco plantas para el proceso de fabricación de spools:

a) Planta Spools Acero Carbono

Planta del Departamento de Maestranza en donde se fabrican los spools de acero al carbono en todas sus variedades. Este galpón cuenta con un total de 20 estaciones de trabajo para el armado y soldado de las piezas.

b) Planta Spools Acero Inoxidable

Planta del Departamento de Maestranza en donde se fabrican los spools de acero inoxidable y/o aleaciones especiales. Se trabaja por separado de los spools de acero al carbono para evitar efectos de contaminación cruzada del material. Este galpón cuenta con un total de 6 estaciones de trabajo para el armado y soldado de las piezas.

c) Planta Poliuretano

Planta del Departamento de Revestimiento en donde se lleva a cabo del proceso de revestimiento interior de las piezas con poliuretano, contando con los implementos necesarios para la cocción y colado del polímero, para el posterior recubrimiento del spool.

d) Planta Caucho

Planta del Departamento de Revestimiento en donde se lleva a cabo del proceso de revestimiento interior de las piezas con caucho, contando con dos autoclaves de capacidad de hasta 30” de diámetro y hasta 13 metros de largo para el proceso de vulcanizado de la goma. También el galpón cuenta con un sector especial para el trabajo de imprimación y terminaciones.

e) Planta Pintura

Planta del Departamento de Revestimiento en donde se lleva a cabo del proceso de pintura de la superficie externa del spool, contando con un total de cuatro naves para llevar a cabo este proceso.

Además, la compañía cuenta con un Búnker RX en donde se llevan a cabo exámenes radiográficos, para certificar la calidad y buen estado de las uniones de soldadura de las piezas fabricadas. Por otra parte, FASTPACK S.A. cuenta con un sector de Bodega para la recepción y almacenaje de material (fittings, cañerías y válvulas), y oficinas comerciales y de Ingeniería.

La vía principal de ingresos de la compañía es la adquisición de proyectos de fabricación, la cual usualmente se lleva a cabo de la siguiente manera: una empresa cliente desea llevar a cabo un proyecto de piping, para lo cual realiza una licitación en un portal electrónico. En ella se especifican todas las características técnicas de los spools a construir. Luego, FASTPACK S.A. presenta, a través del Área de Propuestas, una oferta formal al cliente (especificando todas las características técnicas y comerciales requeridas de antemano). El primer filtro por parte de la empresa cliente para la elección de algún candidato es el aspecto técnico, es decir, si la empresa candidata ofrece en su propuesta de valor las condiciones técnicas necesarias para llevar a cabo la exitosa fabricación de las piezas del proyecto (capacidad operativa, materiales, etc.). Finalmente, el segundo filtro aplicado por parte de la empresa cliente es el aspecto comercial, en donde básicamente la empresa candidata propone el costo del proyecto y el plazo ofrecido para la realización del mismo. En caso que FASTPACK S.A. sea la empresa que logre la adjudicación de un proyecto, se lleva a cabo una reunión de formalización de las condiciones del proyecto, para luego pasar al ciclo de trabajo como tal, el cual a grandes rasgos comprende el proceso de detallamiento de planos, la etapa de planificación del proceso de fabricación, el proceso mismo de fabricación y revestimiento de spools, para luego pasar a la etapa de despacho de los spools ya terminados.

4.2. Descripción y Análisis Preliminar del Ciclo Productivo

i) Apertura formal del proyecto

Previo al ciclo de producción y fabricación del spool, se da inicio al ciclo de trabajo oficialmente tras el traspaso oficial del proyecto adjudicado, desde el Departamento de Propuestas hacia la Subgerencia de Contratos. Luego, la coordinadora del Departamento es la que designa, bajo la supervisión del Gerente Comercial, al Administrador de Contratos que se hará cargo del proyecto. Dicho administrador debe organizar un proceso de formalización de acuerdo del contrato, *Kickoff Meeting*, en donde los representantes enviados por la empresa cliente se reunirán con el administrador y con los altos administrativos que el mismo cliente considere que deben participar en la reunión. En este encuentro se acuerdan y se formalizan todas las condiciones técnicas y comerciales de la realización del proyecto, para así finalmente continuar con el desarrollo del proceso. De manera paralela, se le asigna al proyecto una bodega virtual en el sistema del Área Comercial, **SAP**, para la posterior asignación de los materiales para la construcción de los spools. Este proceso de creación de bodega es solicitado por el Administrador de Contratos al supervisor del Departamento de Control de Materiales, quien a su vez envía la solicitud al Área de Finanzas, quien formaliza la creación de la bodega. Tras ello, el proyecto es creado en el sistema de control de gestión de producción **BES** por el Administrador de Contratos, quien avisa a los altos administrativos de las distintas áreas sobre la realización de este proceso.

ii) Proceso de Ingeniería y Detallamiento

Paralelamente al proceso anterior, el Administrador de Contratos está a la espera del envío de los planos isométricos por parte del cliente, asociados al proyecto en desarrollo. Cuando esto finalmente ocurre, el administrador envía físicamente los planos (previamente timbrados por el ente fiscalizador de los archivos de los proyectos, el Departamento de Control Documental) al Departamento de Ingeniería y Detallamiento. Tras la recepción conforme de los planos, el jefe del área se encarga de revisar los planos para detectar posibles incongruencias en el modelamiento de los spools (dimensiones no factibles, errores en valores, secciones no coherentes con las normas y lógicas de construcción, etc.). En caso de ocurrir lo anterior se canalizan las dudas y observaciones a través del Administrador de Contratos, quien formaliza el envío de las consultas al cliente a través del Departamento de Control Documental. En caso contrario, el jefe del área designa los planos que serán detallados a cada uno de los miembros de su equipo de trabajo. A partir de los isométricos enviados por el cliente, esta área diseña los llamados *planos de fabricación*, los cuales tienen que ser aprobados por el cliente. Tras la validación correspondiente, se generan además las *datas*, archivos que detallan el listado de materiales necesarios para la fabricación, pieza por pieza. Además se especifican las uniones a ser soldadas y los cortes necesarios que deben realizarse a las cañerías. En resumen, en este proceso se capturan detalladamente todas las especificaciones técnicas para cada spool del proyecto.

iii) Proceso de compra e importación de materiales

Una vez que el Departamento de Control de Materiales recibe la información sobre los materiales a ser utilizados en el proyecto, el encargado del área revisa el listado de materiales para determinar qué insumos están en stock y qué insumos tienen que ser adquiridos. Lo que se encuentre en bodega será reservado para el proyecto en curso, y se lleva a cabo el siguiente procedimiento para el material que no está en bodega y que, por ende, tendrá que ser adquirido en el mercado:

- El Encargado de Control de Materiales envía una oferta de compra al Administrador de Contratos, indicando la cantidad y las características del total de materiales a ser comprado.
- El Administrador de Contratos completa y formaliza la oferta de compra recibida inicialmente, para luego encargar la adquisición a la Subgerencia de Compras. Luego del proceso de cotización, el Administrador de Contratos elige el material a comprar entre las opciones disponibles. Cuando algún insumo se debe adquirir desde un proveedor extranjero, el Departamento de Comercio Exterior se encarga de supervisar el proceso de importación.

iv) Proceso de recepción del material y planificación de la fabricación

Cuando los materiales llegan a la bodega, son revisados por el Departamento de Control de Calidad para revisar las características de los insumos, y si cumplen con las condiciones técnicas requeridas. Para ello, todo producto adquirido debe venir con su *Mill Test Report (MTR)*, documento que certifica las propiedades físicas y químicas del material de acuerdo los estándares de calidad requeridos. Luego, todos los insumos son registrados en la bodega física asignada al proyecto. Finalmente, cuando se cuenta con todos los materiales disponibles, el Departamento de Planificación procede a formalizar la planificación de la fabricación de spools. Luego, los planos de fabricación y las datas están listas para ser entregadas al Área de Producción.

v) Proceso de corte del material

A esta área pasan todas las cañerías que requieren cortes, de acuerdo a lo exigido por los *listados de corte*, documentos que detallan las dimensiones de los niples que deben obtenerse de los cortes de las cañerías. Lo anterior, debido a que en el mercado solamente pueden adquirirse cañerías de seis y de doce metros de largo (independiente de las pulgadas). Luego de realizarse los cortes designados, todo el material se deja en un sector designado para el posterior retiro por parte de un designado del Departamento de Maestranza.

vi) Proceso de fabricación del spool

Esta etapa es crucial en el ciclo de trabajo, pues corresponde al proceso de armado y soldado del spool. Luego que el material es retirado desde el sector de bodega, se traslada hasta el sector de mecanizado, si es que el cliente lo ha requerido de antemano. Luego, el conjunto de materiales es enviado hasta una estación de trabajo (previamente designada) en donde el maestro armador de dicha estación recibe el material, para luego llevar a cabo el proceso de armado del spool. Luego que todas las piezas son colocadas de acuerdo a las indicaciones de los planos, se lleva a cabo un control dimensional para corroborar el correcto armado del spool. Después del proceso de armado sigue el proceso de soldado de las uniones del spool, realizada por el maestro soldador designado. Dados los distintos tipos de materiales y uniones existentes, este proceso es altamente complejo y exige una alta rigurosidad. Finalmente, el spool pasa a ser marcado con su código de identificación distintivo (TAG).

El proceso de fabricación de un spool es supervisado en terreno por un Capataz de Producción, designado previamente por el Jefe del Departamento de Maestranza. Al final de dicho proceso, un subconjunto de los spools fabricados recibe una inspección adicional por parte del Inspector de Control de Calidad de Armado. En caso de ser rechazado, el spool tiene que ser reprocesado.

vii) Ensayos no Destructivos (END)

En caso que a un spool recientemente fabricado se le asigne, por requerimiento del cliente, un examen que certifique que el proceso de soldadura ha cumplido con los estándares de calidad exigidos, dicha pieza es sometida a algún examen en particular (también especificado de antemano por el cliente) que corrobore el buen estado de las uniones. El procedimiento de toma y revisión de los END, el cual será explicado con mayor detalle más adelante, se rige bajo la norma de fabricación indicada por el cliente.

Finalmente, en caso que el cliente haya requerido de antemano una Prueba Hidrostática (PH), el spool es llevado al sector designado para realizar el examen correspondiente. A través de este procedimiento se certifica la hermeticidad del producto.

viii) Proceso de revestimiento del spool

Posterior al proceso de fabricación del spool, la pieza es trasladada al Departamento de Producción Revestimiento, proceso que contempla regularmente la siguiente secuencia:

- Granallado interno del spool: etapa en la cual la superficie interna de la pieza es limpiada con chorros abrasivos, de acuerdo al estándar de calidad requerido de antemano por el cliente.
- Revestimiento interno del spool: etapa en la cual la pieza es sometida a un proceso de recubrimiento de sus paredes internas, lo cual asegurará una mayor durabilidad de la pieza al momento de la posterior interacción con el flujo del correspondiente fluido cuando la red de tuberías esté funcionando en terreno.

Dependiendo de los requerimientos del cliente y del tipo de fluido, la pieza puede ser revestida con caucho o con poliuretano.

- Granallado externo del spool: etapa en la cual la superficie externa de la pieza es limpiada con chorros abrasivos, preparando así la superficie del spool para el posterior pintado.
- Proceso de revestimiento exterior del spool: etapa en la cual la superficie externa de la pieza es pintada, de acuerdo a los requerimientos exigidos por el cliente en cuanto a color de pintura, tipo de pintura y número de capas. Luego de este proceso, el spool permanece en el galpón hasta que la pintura esté completamente seca.

Todas las etapas del proceso de revestimiento del spool se llevan a cabo en galpones separados, para asegurar que la pieza sea procesada bajo óptimas condiciones de acuerdo a las exigencias de cada una de las etapas.

Al concluir cada etapa del proceso de revestimiento del spool, un inspector designado del Departamento de Control de Calidad debe certificar que la pieza cumple con todas las condiciones y características necesarias para pasar a la siguiente etapa. Al final del proceso de pintura se lleva a cabo la liberación final de la pieza. Dependiendo del proyecto y de los requerimientos del cliente, dicha liberación se lleva a cabo en conjunto con un inspector externo enviado por la empresa cliente. Si la pieza es aprobada, ya está lista para ser embalada y despachada, culminando así el ciclo de producción.

Tras el ciclo de producción del spool, y una vez que ya la pieza está disponible para ser enviada a terreno, se lleva a cabo el proceso de liberación final del spool en el sistema. Cuando la pieza ya está liberada, se genera una *Guía de Despacho* correspondiente. Tras ello, el Departamento de Logística lleva a cabo un exhaustivo control de la rotulación de los productos. Luego, se lleva a cabo el proceso de embalaje de la pieza, para su posterior colocación en el transporte de carga. Dicho camión puede ser enviado por la empresa cliente o solicitado por FASTPACK S.A., de acuerdo a lo acordado de antemano entre el cliente y la compañía. Por otra parte, dependiendo del volumen de la pieza, variará el número de spools que pueden ser despachados en un transporte de carga. De manera adicional, se revisa que el transporte cumpla con las condiciones de seguridad requeridas por el cliente.

Tras la emisión de la *Guía de Despacho* (con las correspondientes copias para asuntos tributarios y de control documental interno), el spool es finalmente despachado. Si el cliente es quien retira el producto, el transportista designado por él tiene que dar su conformidad con su firma en la Guía de Despacho. En caso en que el cliente reciba el producto en sus instalaciones (o en otro lugar que él haya designado previamente), el cliente tiene que aprobar formalmente la recepción conforme.

4.3. Sistemas de Información Involucrados en el Ciclo Productivo

De acuerdo al análisis exploratorio realizado durante los primeros meses en la compañía, se han identificado procesos del ciclo productivo en donde se realizan determinadas actividades en algún sistema de información en particular. En la actualidad, existen dos software que participan en el ciclo productivo de la compañía:

a) SAP Business One

Este software ERP es una aplicación de gestión empresarial diseñada para compañías de tamaño medio (Tier II), derivada del conjunto SAP Business Suite. Dicha aplicación se divide en varios módulos, los cuales han sido habilitados para distintas actividades del Área Comercial y del Área de Logística, siendo las principales:

- Ventas.
- Contabilidad.
- Gestión financiera de proyectos.
- Tesorería.
- Gestión de material (stocks).

La razón principal por la cual no hay módulos de SAP habilitados para los procesos del Área de Producción es porque sus funcionalidades son insuficientes para satisfacer los requerimientos de dicha área. De todos modos, el sistema no ha presentado inconvenientes para los departamentos que realizan sus actividades en dicha aplicación.

b) BES

Este sistema diseñado a medida para el Área de Producción fue implementado en el año 2012. Dicho sistema fue diseñado en base a los requerimientos del Subgerente de Planificación que estaba a cargo en aquél entonces. Esta aplicación a través de sus módulos abarca las siguientes actividades del ciclo productivo:

- Generación de órdenes de fabricación.
- Control de armado y soldadura.
- Control de Calidad de Producción.
- Control de Ensayos No Destructivos (END).
- Control de revestimiento de piezas.

A pesar de lo anterior, hasta la fecha no ha registrado un alto índice de usabilidad, debido a que existen funcionalidades y procedimientos que el sistema no aborda eficazmente todos los requerimientos del Área de Producción. Las funcionalidades y limitaciones de este sistema serán objeto de estudio en el subcapítulo 4.6.

Las limitaciones del actual sistema de gestión de producción BES han motivado la utilización de sistemas y herramientas externas. El software más utilizado para el registro y control de datos ha sido Microsoft Excel, seguido de Microsoft Access.

A continuación, se enumerarán en las Figuras 20, 21 y 22 las actividades del ciclo productivo que se ejecutan en alguno de los sistemas de información descritos anteriormente o en su defecto, en algún sistema anexo.

Apertura Formal del Proyecto		
SI	Actividad Clave	Responsable
Mail	Kickoff Meeting	Administrador de Contratos
SAP	Creación de Bodega del Proyecto	Área de Finanzas
BES	Creación de Proyecto	Administrador de Contratos
Proceso de Ingeniería y Detallamiento		
SI	Actividad Clave	Responsable
Mail	Envío de Planos del Cliente a Jefe de Ingeniería y Detallamiento	Administrador de Contratos
-	Detallamiento de Planos	Detallador
-	Generación de Datas	Detallador
Mail	Asignación de Datas	Administrador de Contratos
Proceso de Compra e Importación de Materiales		
SI	Actividad Clave	Responsable
SAP	Revisión de Materiales en Stock	Encargado de Control de Materiales
SAP	Reserva en Bodega de Materiales	Supervisor Operaciones Logísticas
Mail	Solicitud de Orden de Compra de Materiales Faltantes a Administrador de Contratos	Encargado de Control de Materiales
Mail	Formalización de Orden de Compra de Materiales Faltantes a Subgerencia de Compras	Administrador de Contratos
SAP	Proceso de Cotización y Compra de Materiales Faltantes	Comprador
SAP	Proceso de Supervisión y Control de Importación de Materiales desde el Extranjero	Ejecutivo Comercio Exterior

Figura 20: Sistemas de Información Involucrados en Procesos del Ciclo Productivo (Parte 1). Fuente: El autor.

Proceso de Recepción del Material y Planificación de la Fabricación		
SI	Actividad Clave	Responsable
-	Gestión de Recepción de Materiales en Bodega	Jefe de Bodega
-	Revisión de Materiales	Inspector Control de Calidad
SAP	Traspaso de Materiales a Bodega Virtual	Supervisor Operaciones Logísticas
Excel BES	Consolidación de Pack de Materiales para Planificación	Encargado de Control de Materiales
BES	Generación de Órdenes de Fabricación de Spools	Encargado de Planificación
Proceso de Corte del Material		
SI	Actividad Clave	Responsable
Mail	Liberación Interna de Proceso de Corte	Asistente de Control de Materiales
Proceso de Fabricación del Spool		
SI	Actividad Clave	Responsable
BES	Liberación Interna de Proceso de Armado de Spool	Asistente de Control de Producción*
BES	Liberación Interna de Proceso de Soldadura de Uniones de Spool	Asistente de Control de Producción*
-	Liberación de Proceso de Fabricación por Control de Calidad	Inspector Control de Calidad
Proceso de Ensayos no Destructivos (END)		
SI	Actividad Clave	Responsable
Mail	Liberación de Proceso de Ensayos No Destructivos	Supervisor END Control de Calidad
BES		Asistente de Control de Producción
BES Excel Access	Registro y Control de Base de Datos de Control de Calidad	Área Control de Calidad

(*): Responsabilidad será designada próximamente al Capataz de Producción.

Figura 21: Sistemas de Información Involucrados en Procesos del Ciclo Productivo (Parte 2). Fuente: El autor.

Proceso de Revestimiento del Spool		
SI	Actividad Clave	Responsable
BES	Liberación Interna de Etapa de Revestimiento	Capataz Producción Revestimiento**
BES	Liberación de Etapa de Revestimiento por Control de Calidad	Inspector Control de Calidad**
Proceso de Despacho de Spools		
SI	Actividad Clave	Responsable
BES	Liberación de Spool de Ciclo de Producción	Asistente de Control de Producción
SAP	Valorización Final de Spool	Valorizador
SAP	Liberación Final de Spool	Administrador de Contratos
SAP	Generación de Guía de Despacho	Encargado de Documentación Logística

(**): En la actualidad, estos procesos están a cargo del Asistente de Control de Producción.

Figura 22: Sistemas de Información Involucrados en Procesos del Ciclo Productivo (Parte 3). Fuente: El autor.

Se puede observar que, de acuerdo a la información de las Figuras 20, 21 y 22, existen varios procesos que se realizan adicionalmente en plataformas ajenas al sistema de producción. Esto se debe a que hay actividades cuyos requerimientos de ejecución no pueden ser cubiertos por dicho sistema. Por otra parte, si bien hay actividades que se realizan en **BES**, se ha detectado en terreno que algunas de ellas distan de ser eficientes debido a la construcción misma del registro de la información en el sistema. Debido a lo anterior, varios procesos se han controlado internamente en planillas externas al sistema. Dichos documentos alimentan al Departamento de Control de Producción, el área encargada de la liberación de un spool de una respectiva etapa (y su posterior traspaso hacia la correspondiente etapa siguiente). Sin embargo, esta responsabilidad surgió en realidad como consecuencia del bajo nivel de uso activo en aquél entonces del sistema **BES** por parte de los departamentos del Área de Producción.

En base a lo mencionado anteriormente, se abordará en el siguiente subcapítulo un análisis más detallado sobre los sistemas de información involucrados, y los principales reparos detectados por parte de sus usuarios.

4.4. Evaluación de Funcionalidad de Sistemas de Información

Tal cual se mencionó anteriormente, la empresa cuenta con el software **SAP Business One**, implementado principalmente para el soporte de los procesos del Área Comercial. Y por otra parte, la empresa cuenta con el software **BES** para el soporte del ciclo de fabricación de spools.

Durante la investigación realizada en la etapa de análisis exploratorio de los procesos productivos, y tras la identificación de las actividades claves realizadas en ambos sistemas, se estudió la funcionalidad de los dos sistemas de información mencionados anteriormente. Los resultados de la evaluación son presentados a continuación.

a) SAP Business One

A pesar que este sistema fue implementado para la realización de todas las actividades del Área Comercial, existen algunas actividades de determinados procesos del ciclo productivo en donde este sistema interactúa. De todos modos, este sistema no estará sujeto a estudio en el presente trabajo, debido a las siguientes razones:

- El sistema se adecuaba a los requerimientos de cada una de las áreas de la Gerencia Comercial y de la Gerencia de Finanzas.
- Los usuarios que tienen acceso al sistema han reportado un alto nivel de usabilidad del sistema.
- No ha habido reportes sobre procesos en estado crítico debido a una posible ineficiencia del sistema.
- El pago total anual de las licencias (US\$ 18.000) está considerado dentro de los márgenes del presupuesto anual de la compañía.
- La Gerencia General no considerará la reevaluación del rendimiento del sistema, ni tampoco un posible sistema sustituto.

b) BES

Este sistema de información se inserta activamente en el ciclo productivo tras la generación de los órdenes de fabricación de los spools. Es a partir de esta etapa en donde el sistema recoge la información desde las datas generadas por el Departamento de Ingeniería. Aparte de cumplir la funcionalidad de repositorio de información de producción, el sistema permite el paso de un spool desde una etapa en particular hacia la siguiente, a través de los canales de información existentes entre sus módulos. De esta manera, el historial de un spool a lo largo del ciclo productivo queda registrado en el sistema.

Sin embargo, muchos de los requerimientos declarados por los usuarios de los distintos departamentos del Área de Producción apuntan a la actual imposibilidad del sistema para satisfacer dichas solicitudes, lo cual influyó enormemente en que el sistema **BES** haya tenido hasta la fecha un nivel de uso menor al esperado inicialmente. En efecto, en base a las cifras que fueron levantadas por la Jefa del

Departamento de Tecnologías de Información, se registró un nivel de uso activo de un 48%, del total de cuentas activas en la compañía (al día de hoy). Cabe destacar que por *uso activo* se entiende como el uso constante del sistema por parte de un determinado usuario para la ejecución de sus procesos.

Todos los alcances realizados con respecto al funcionamiento actual del sistema **BES** serán descritos y detallados en el subcapítulo 4.6.

c) Sistemas Anexos

Microsoft Excel

Éste es el software más utilizado dentro de las actividades de la compañía. Prácticamente la mayoría de los controles internos de los distintos departamentos de la compañía se llevan a cabo mediante planillas de Microsoft Excel. Por otra parte, a través de archivos particulares de Excel es posible exportar un conjunto particular de información de la base de datos del sistema BES a través de consultas o queries al sistema.

Microsoft Access

Este sistema es utilizado por el Departamento de Control de Calidad para el registro de las actividades relacionadas con los Ensayos No Destructivos (END). La razón principal por la cual no es utilizado el sistema BES para el registro de datos es porque el módulo del software relacionado con el control de soldadura no muestra toda la información necesaria para gestionar eficazmente los ensayos.

4.5. Modelamiento y Análisis de Procesos del Ciclo Productivo

De acuerdo a lo fundamentado en el subcapítulo 3.5, la realización de diagramas de flujo de los procesos del ciclo productivo permitirá identificar las relaciones entre los distintos componentes de dicho ciclo, facilitando además la comprensión de los distintos canales de traspaso de la información que es requerida para el funcionamiento eficaz de cada uno de los procesos. De esta manera, la realización de diagramas de flujo es un paso crucial para el diseño de alternativas de mejora.

El modelamiento y análisis realizado en este subcapítulo, por otra parte, permitirá distinguir los distintos puntos de interacción entre los sistemas de información de la compañía, descritos en el subcapítulo anterior, y los procesos del ciclo productivo. Esta distinción será importante para comprender el origen de cada uno de los alcances realizados por los distintos departamentos de la compañía con respecto al funcionamiento del actual sistema de información de producción **BES**.

4.5.1. Terminología

A modo de guía e introducción al análisis de cada uno de los procesos del ciclo productivo, se detalla a continuación la terminología presente en la descripción de los procesos del ciclo de trabajo de la compañía.

Término	Definición
Nota de Venta (NV)	Documento interno de la compañía asociado a la gestión de un proyecto, y que contiene el conjunto de condiciones comerciales y especificaciones técnicas acordadas con el cliente. Cada Nota de Venta posee un código característico, el cual representa la principal vía de identificación de cada proyecto.
Orden de Fabricación (OF)	Conjunto de operaciones que formaliza la planificación de la producción de un conjunto o lote de spools de un determinado proyecto. Cada Orden de Fabricación posee un código característico.
TAG	Código maestro distintivo de cada spool, asignado y especificado de antemano por el cliente en su correspondiente plano isométrico.

*Figura 23: Terminología del Ciclo Productivo de la compañía (Parte 1).
Fuente: Sistema de Gestión de Calidad FASTPACK S.A.*

Término	Definición
Orden de Trabajo (OT)	Código interno distintivo de cada spool, compuesto por el código de la Nota de Venta, seguido por un guion y el correlativo del plano isométrico enviado por el cliente, sucedido a su vez por un guion y el número del spool correspondiente a dicho isométrico.
Heat Number (HT)	Código de identificación única y permanente de un material componente de un spool, el cual debe permanecer intacto a lo largo de todo el proceso de fabricación del spool.
Trazabilidad	Capacidad sistematizada para trazar una materia prima desde su origen (es decir, desde el productor de dicha materia prima) hasta la utilización de dicho material en los posteriores procesos de fabricación, hasta formar parte de un producto terminado.
Pulgada Diámetro (PD)	Unidad de medida utilizada para la valorización del trabajo a realizar en un spool, el cual dependerá del tipo de unión de soldadura que intervendrá el material, del diámetro en pulgadas de la cañería principal y del espesor de la misma.

*Figura 24: Terminología del Ciclo Productivo de la compañía (Parte 2).
Fuente: Sistema de Gestión de Calidad FASTPACK S.A.*

4.5.2. Fase de Prefabricación Post Licitación

Actor	Roles y responsabilidades
Cliente	Entidad que solicita los servicios de fabricación de spools a la compañía. Dicha entidad se encarga de brindar a la empresa todas las especificaciones requeridas y las condiciones comerciales para la realización satisfactoria de un determinado proyecto.
Encargado de Propuestas	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Ingresar el código de Nota de Venta (NV) del proyecto en el sistema de información SAP. - Preparar la carpeta física y/o digital de la Nota de Venta del proyecto para su posterior traspaso al Departamento de Administración de Contratos.
Jefe de Administración de Contratos	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Recibir y revisar la documentación archivada en la carpeta correspondiente a la Nota de Venta de un proyecto. - Asignar al Administrador de Contratos que administrará y supervisará la realización del proyecto.
Administrador de Contratos	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar el cumplimiento satisfactorio de las etapas del proyecto en cada uno de los departamentos y áreas, de acuerdo a las condiciones comerciales y especificaciones técnicas requeridas por el cliente. - Informar a cada departamento involucrado de la empresa sobre los requisitos y condiciones del contrato, así como sus posibles desviaciones posteriores. - Identificar y suministrar la información requerida por el cliente sobre cada uno de los hitos del proyecto, gestionando además la documentación relacionada con el proyecto. - Mantener informadas a las áreas de la compañía sobre las fechas de entrega de todos los ítems de un contrato, notificando además los posibles problemas que podrían afectar el cumplimiento del mismo.

Figura 25: Roles y responsabilidades de los actores participantes en la Fase de Prefabricación Post Licitación (Parte 1).

Fuente: El autor.

Actor	Roles y responsabilidades
Encargado de Control Documental	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo el control, archivado y distribución de todos los documentos técnicos relacionados con un proyecto. - Establecer el canal de comunicación formal entre el cliente y la compañía para la recepción y envío de documentación sobre un proyecto.
Asistente de Costos	Es el responsable de crear la bodega virtual del proyecto en el sistema de información SAP .
Jefe de Ingeniería y Detallamiento	Es el responsable de gestionar y supervisar la etapa de detallamiento de los planos, asegurando que los planos emitidos (y las datas respectivas) correspondan a lo requerido de antemano por el cliente.
Encargado de Planificación	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Importar al sistema de información BES las datas generadas por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento tras la etapa de detallamiento de planos. - Notificar al Departamento de Control de Materiales y al Administrador de Contratos del proyecto el listado de spools disponibles para ser fabricados y la posible existencia de materiales no existentes en stock. - Generar las Órdenes de Fabricación (OF) de un proyecto, generando además los listados de spools a fabricar, los listados de materiales para cada spool perteneciente a una OF, y los listados de cortes a realizar en los materiales designados. - Recopilar y categorizar los planos de cada spool de acuerdo a la OF a la cual pertenece, agregando en cada uno de ellos el código de Orden de Trabajo (OT) de cada spool. - Enviar los listados de materiales y los listados de cortes al Encargado de Control de Materiales, para la posterior gestión del Proceso de Corte de Materiales. - Enviar los listados de fabricación de spools a las Jefaturas de Producción Maestranza, Producción Revestimiento y Control de Calidad Producción, para la posterior gestión del Proceso de Fabricación de Spools.

Figura 26: Roles y responsabilidades de los actores participantes en la Fase de Prefabricación Post Licitación (Parte 2).

Fuente: El autor.

Actor	Roles y responsabilidades
Encargado de Control de Materiales	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo la etapa de Control de Materiales de cada proyecto, verificando la existencia de los materiales solicitados en la <i>data de materiales</i> en el sistema de información SAP. - Supervisar el proceso de reserva de materiales disponibles en stock para cada proyecto. - Identificar y notificar todos los materiales no disponibles en stock, para su posterior adquisición en el mercado. - Llevar a cabo un registro interno de todos los materiales de cada proyecto en un documento específico. - Identificar los códigos de materiales existentes en el sistema SAP, y cargarlos posteriormente al sistema de BES.
Supervisor de Operaciones Logísticas	<p>Es el responsable de realizar la reserva de los materiales disponibles en stock para cada proyecto, verificando previamente su existencia física en bodega.</p>
Subgerente de Compras	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recibir, examinar y aprobar las Órdenes de Compra (OC) enviadas por el Administrador de Contratos para la adquisición de materiales de un proyecto. - Gestionar y asegurar la realización satisfactoria del proceso de compra de materiales, tanto para el caso de compra en el mercado nacional como en el caso de compra en el mercado internacional (importación).
Jefe de Bodega	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestionar y asegurar la correcta recepción, manipulación y almacenamiento de los materiales ingresados a stock. - Asegurar que cada material recibido en bodega cumpla con los requerimientos de compra especificados.
Asistente de Control de Calidad	<p>Es el responsable de llevar a cabo las inspecciones y/o ensayos necesarios a los materiales recibidos en bodega durante la etapa de recepción.</p>
Encargado de Documentación Logística	<p>Es el responsable de ingresar los productos aprobados durante el proceso de recepción de materiales al sistema de información SAP.</p>

Figura 27: Roles y responsabilidades de los actores participantes en la Fase de Prefabricación Post Licitación (Parte 3).

Fuente: El autor.

- i. Cuando un proyecto es formalmente adjudicado por la compañía, el Departamento de Propuestas genera la Nota de Venta para el proyecto, documentando al final del proceso toda la información relacionada con el mismo en una carpeta física y en una carpeta digital. Dichas carpetas son posteriormente enviadas al Jefe de Administración de Contratos, quien asignará el proyecto en el sistema SAP a algún Administrador de Contratos en particular, usualmente en base a su disponibilidad.

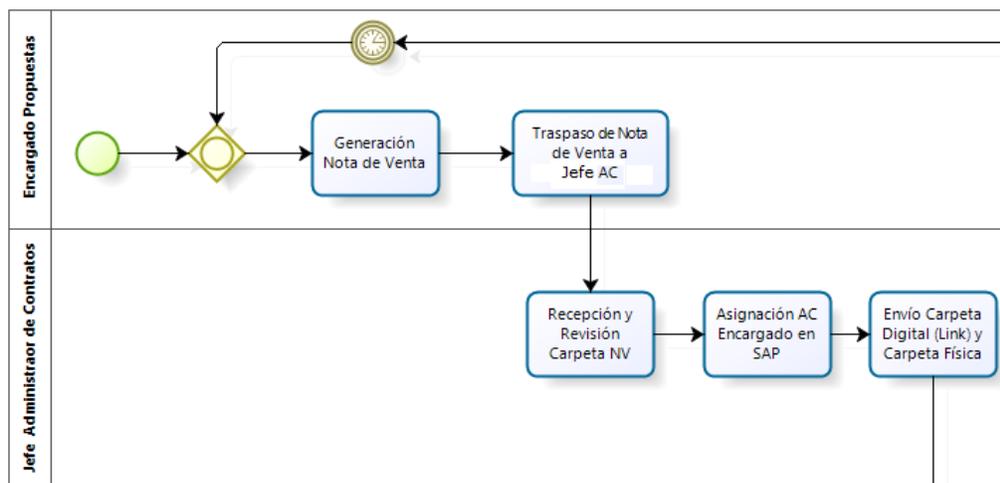


Figura 28: Fase de Prefabricación Post Licitación: Generación y Traspaso de Nota de Venta.
Fuente: El autor.

- ii. Tras el envío de las carpetas por parte del Jefe de Administración de Contratos, el Administrador de Contratos las revisa y verifica que el código de Orden de Compra corresponda al código de Nota de Venta. En caso de existir discordancias, el Administrador de Contratos solicita el cambio correspondiente.

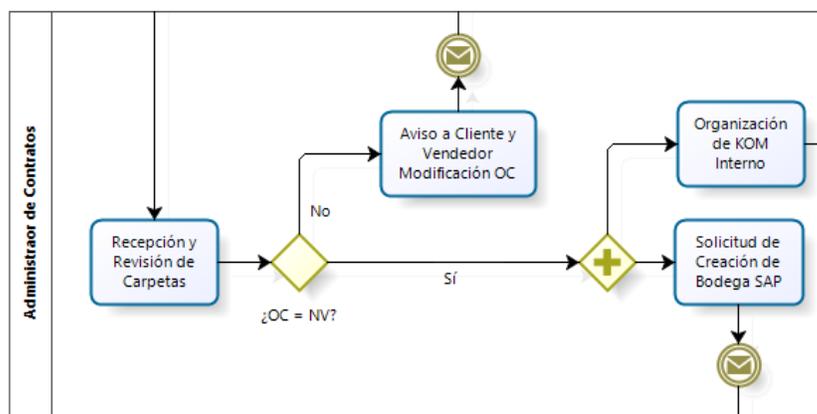


Figura 29: Fase de Prefabricación Post Licitación: Apertura Formal de Proyecto (Parte 1). Fuente: El autor.

- iii. Tras la revisión de las carpetas de la Nota de Venta del proyecto, el Administrador de Contratos organiza el inicio formal del proyecto a través de una reunión inicial o *Kickoff Meeting* con los altos administrativos de cada departamento involucrado en el proyecto. Dicha reunión es interna, en la cual se discuten las especificaciones técnicas del proyecto. De manera paralela, el Administrador de Contratos encarga la creación de la bodega virtual para el proyecto en el sistema **SAP**. Si el cliente requiere su propio *Kickoff Meeting* con la compañía, el Administrador de Contratos se encarga de concertar dicha reunión. Finalmente, luego de acordar todas las aristas del proyecto se lleva a cabo la creación del proyecto en el sistema **BES**, dando inicio al ciclo de trabajo en dicho sistema.

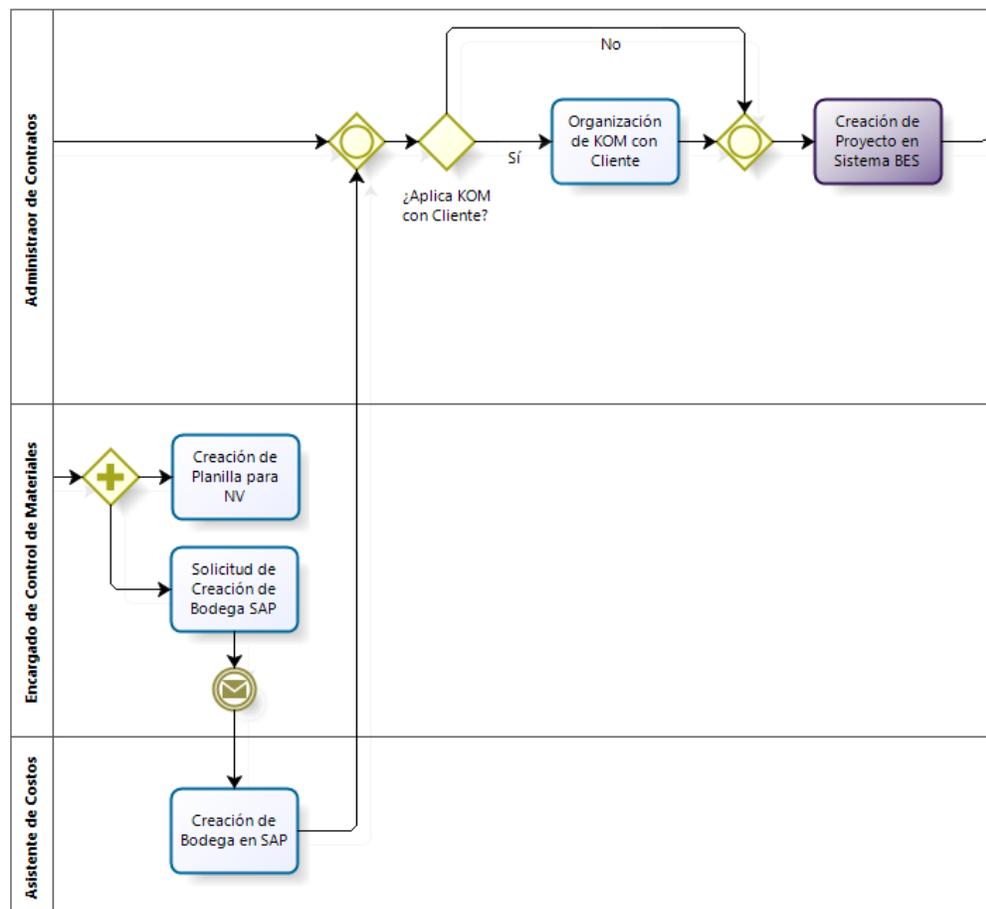


Figura 30: Fase de Prefabricación Post Licitación: Apertura Formal de Proyecto (Parte 2).

Fuente: El autor.

En la etapa de la creación del proyecto en el sistema **BES** se especifican las características y requerimientos generales del proyecto. Las especificaciones técnicas detalladas para cada spool son capturadas e importadas más adelante en el proceso de detallamiento de planos.

- iv. Tras el envío de planos isométricos del proyecto por parte del cliente, el Administrador de Contratos del proyecto procede a formalizar la recepción de los planos a través del Departamento de Control Documental (mediante el timbrado de los mismos), para luego enviarlos a las oficinas del Departamento de Ingeniería y Detallamiento para el posterior proceso de detallamiento de planos.

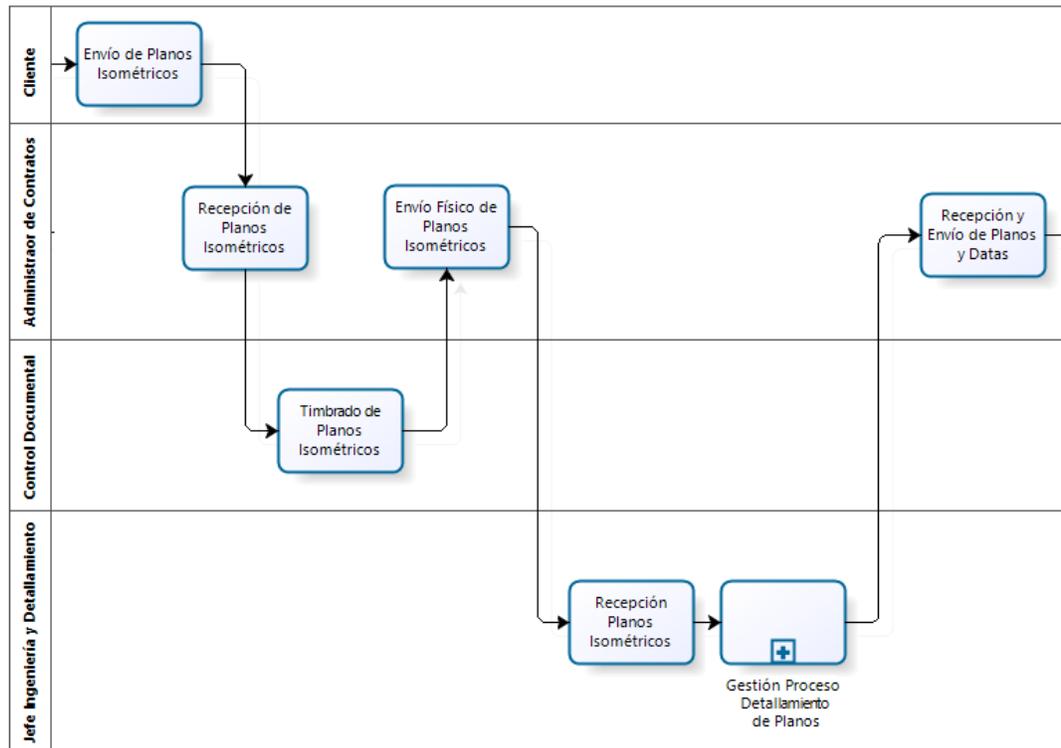


Figura 31: Fase de Prefabricación Post Licitación: Recepción y Detallamiento de Planos Isométricos. Fuente: El autor.

El Jefe del Departamento de Ingeniería y Detallamiento es quien gestiona el proceso de detallamiento de planos, en base a los requerimientos de los isométricos enviados por el cliente. Este proceso es fundamental, pues en este proceso se capturan todas las especificaciones técnicas, detalle por detalle, de cada spool del proyecto. Dichas especificaciones son reflejadas y capturadas en las *datas*, archivos que contienen la información detallada de cada spool y de los materiales que lo componen: dimensión y geometría, forma y composición de material, tipo de acero, tipos de uniones de soldadura, etc. El *output* de este proceso está conformado por los llamados *planos de fabricación*, los cuales son creados directamente a partir de los planos isométricos enviados por el cliente, y por las *datas*, mencionadas anteriormente.

- v. Tras la aprobación de los planos de fabricación por parte del cliente, y luego de la posterior generación de las datas, el Administrador de Contratos gestiona la entrega digital de estos documentos al Encargado de Control de Materiales y al Encargado de Planificación. Este último actor es el encargado de importar las datas al sistema **BES**. De esta manera, cada spool del proyecto está creado en el sistema.

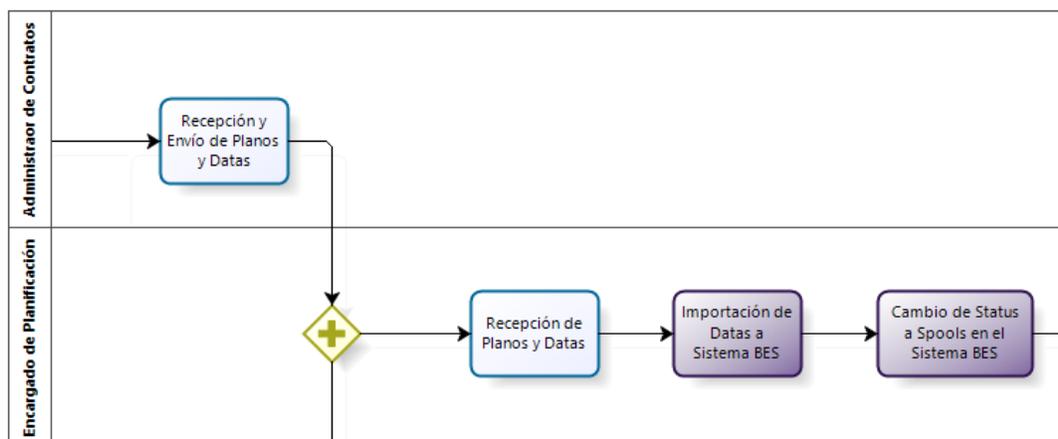


Figura 32: Fase de Prefabricación Post Licitación: Importación de Datas.
Fuente: El autor.

Paralelamente, el Encargado de Control de Materiales consulta en el sistema **SAP** los materiales (indicados en la *data de materiales*) que están en stock, para su posterior reserva en la bodega del proyecto por parte del Supervisor de Operaciones Logísticas.

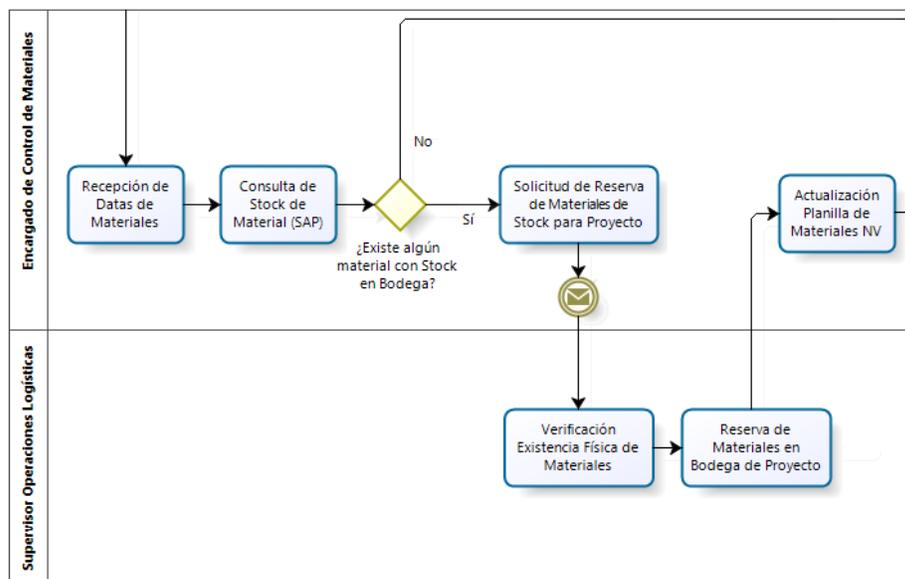


Figura 33: Fase de Prefabricación Post Licitación: Reserva de Materiales.
Fuente: El autor.

- vi. En caso de existir uno o más materiales no disponibles en stock, el Encargado de Control de Materiales confecciona una Orden de Compra preliminar con el total de productos a encargar y se la envía al Administrador de Contratos del proyecto.

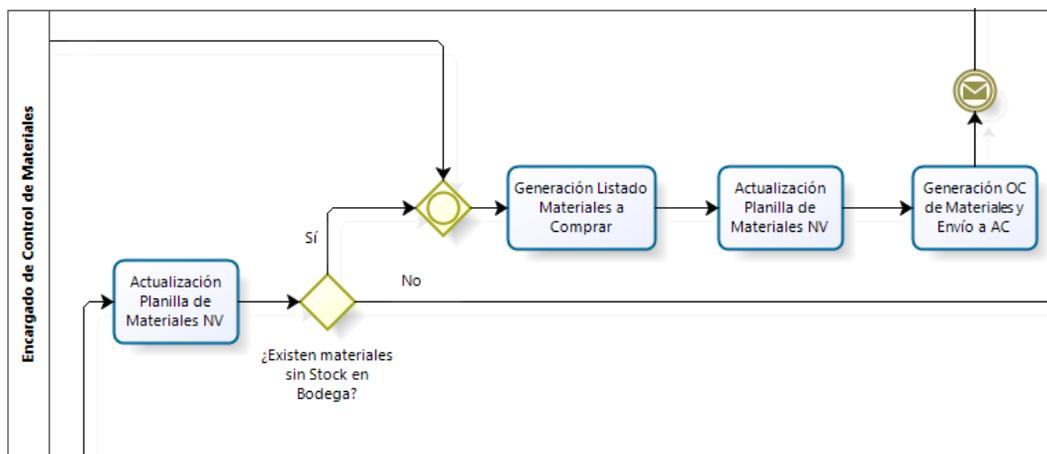


Figura 34: Fase de Prefabricación Post Licitación: Proceso de Compra de Materiales Faltantes (Parte 1). Fuente: El autor.

El Administrador de Contratos recibe y completa la Orden de Compra, para su posterior envío a la Subgerencia de Compras, en donde el Subgerente gestiona el proceso de compra de materiales. La decisión de realizar la compra en el mercado nacional o en el mercado internacional (importación) dependerá principalmente de las restricciones de origen y de proveedor(es) impuestas por el cliente.

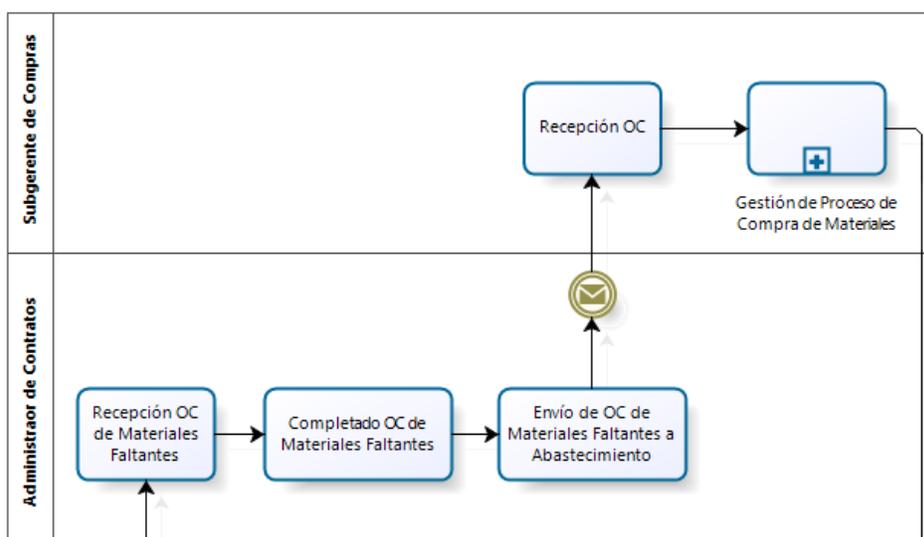


Figura 35: Fase de Prefabricación Post Licitación: Proceso de Compra de Materiales Faltantes (Parte 2). Fuente: El autor.

vii. Tras la llegada de los materiales a las dependencias de la empresa, el Jefe de Bodega gestiona la correcta recepción y chequeo de cada producto, para su posterior revisión por parte del Asistente de Control de Calidad, quien verifica en primera instancia que cada material cuente con su certificado de calidad *Mill Test Report (MTR)*, que certifique las propiedades físicas y químicas del producto. Cabe destacar que **todos** los productos ingresados al stock tienen que contar con su correspondiente MTR. En caso contrario, el material no puede ser registrado hasta que se regularice dicha situación.

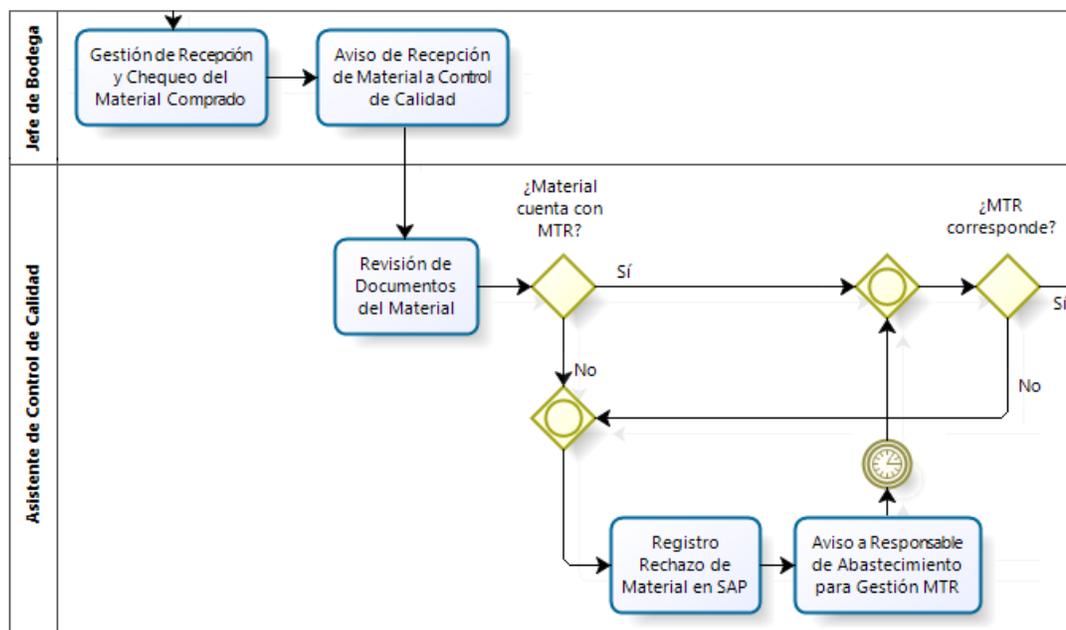


Figura 36: Fase de Prefabricación Post Licitación: Recepción y Revisión de Materiales Comprados en Bodega (Parte 1). Fuente: El autor.

Tras la posterior revisión de los MTR, el Asistente de Control de Calidad se encarga de realizar los siguientes controles adicionales:

- Inspección visual (100%): se verifica que la superficie de la pieza esté libre de daños y/o terminaciones defectuosas.
- Control dimensional: de acuerdo a los procedimientos establecidos por la norma chilena NCh44 para la revisión de lotes, se revisan y registran las principales cotas del material.
- Verificación de composición química (10%): a través de esta prueba se verifica la composición de los productos de acero inoxidable y aleaciones especiales, de acuerdo a los estándares aplicables para el producto.

En caso que el producto apruebe las inspecciones de rigor, el producto puede ser finalmente ingresado a stock, siendo el Encargado de Documentación Logística la persona quien registra el ingreso de dicho material en el sistema **SAP**. Por el contrario, si el producto no aprueba alguno de estos controles el material es rechazado. Producto de esta eventualidad, se debe generar un documento de *no conformidad*, para su posterior gestión por parte de la Gerencia de Abastecimiento y de la Subgerencia de Control de Calidad (quien valida la emisión de dicho documento).

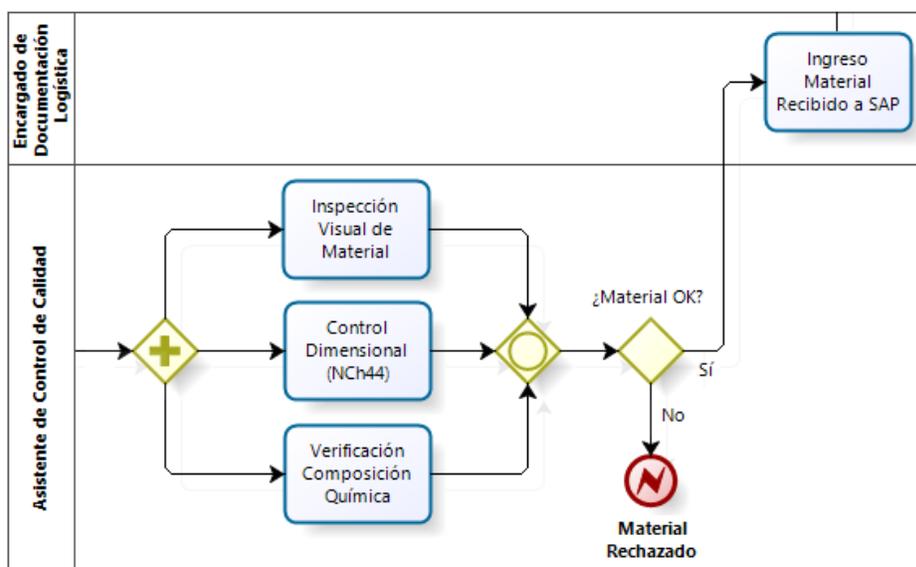


Figura 37: Fase de Prefabricación Post Licitación: Recepción y Revisión de Materiales Comprados en Bodega (Parte 2). Fuente: El autor.

- viii. Tras el ingreso en el sistema **SAP** de los materiales restantes, el Encargado de Control de Materiales actualiza la planilla interna de control del proyecto, para luego cargar los códigos originales del sistema **SAP** de los insumos en el sistema **BES**. Finalmente, se da aviso al Encargado de Planificación sobre la disponibilidad para fabricación de los materiales pendientes desde un comienzo.

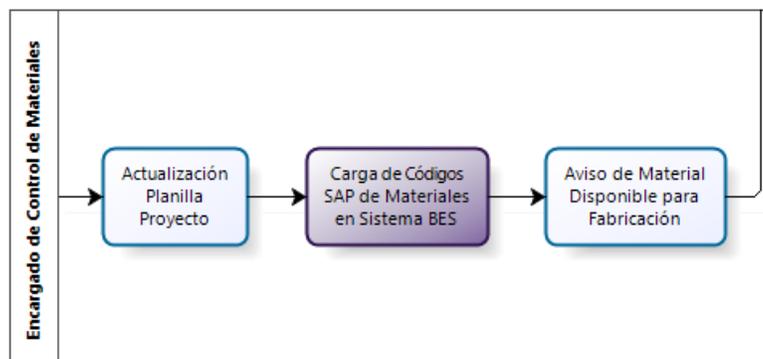


Figura 38: Fase de Prefabricación Post Licitación: Carga de Códigos de Materiales en el Sistema BES. Fuente: El autor.

ix. Tras la recepción del aviso de la disponibilidad del material pendiente, el Encargado de Planificación procede a generar la *Orden de Fabricación (OF)* en el sistema **BES**, y asociado a un código particular de cuatro dígitos. La generación de la OF habilita en el mismo sistema la emisión de una serie de documentos relacionados con la OF generada, los cuales describen detalladamente el conjunto de spools y materiales involucrados en el posterior proceso de fabricación. Dichos documentos son los siguientes:

- Listado de Cortes (LC): documento que detalla los cortes a realizar para todos los materiales correspondientes a un respectivo código de OF y asociados a un proyecto en particular.

Destinatario(s) del LC: Encargado de Control de Materiales.

Motivo: Supervisión del Proceso de Corte de Materiales.

- Listado de Fabricación (LF): documento que indica el detalle de todos los spools a fabricar en el Área de Producción, asociados a un proyecto en particular y correspondientes a un respectivo código de OF.

Destinatario(s) del LF: Jefe de Producción Maestranza, Jefe de Producción Revestimiento, Jefe de Control de Calidad.

Motivo: Supervisión del Proceso de Fabricación de Spools.

- Listado de Materiales Planificados (LM): documento que indica el detalle de todos los materiales asociados a cada uno de los spools correspondientes a un respectivo código de OF.

Destinatario(s) del LM: Encargado de Control de Materiales.

Motivo: Supervisión del Proceso de Corte de Materiales.

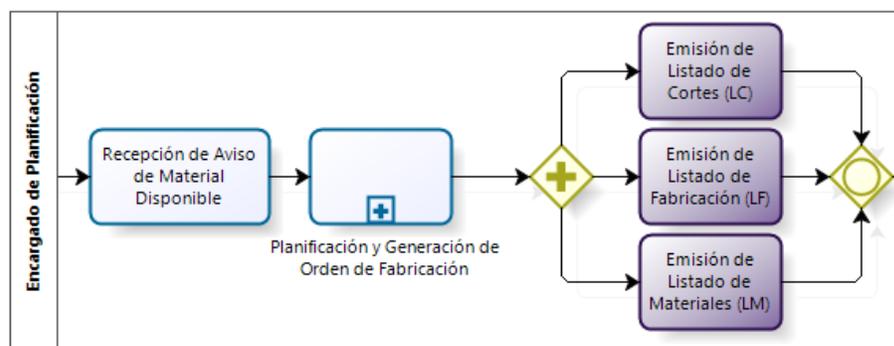


Figura 39: Fase de Prefabricación Post Licitación: Generación de Orden de Fabricación. Fuente: El autor.

Posteriormente, el Encargado de Planificación adjunta a cada plano de fabricación el código respectivo de *Orden de Trabajo (OT)* de cada spool perteneciente a la OF generada, para luego llevar a cabo la impresión de los planos y los listados generados anteriormente.

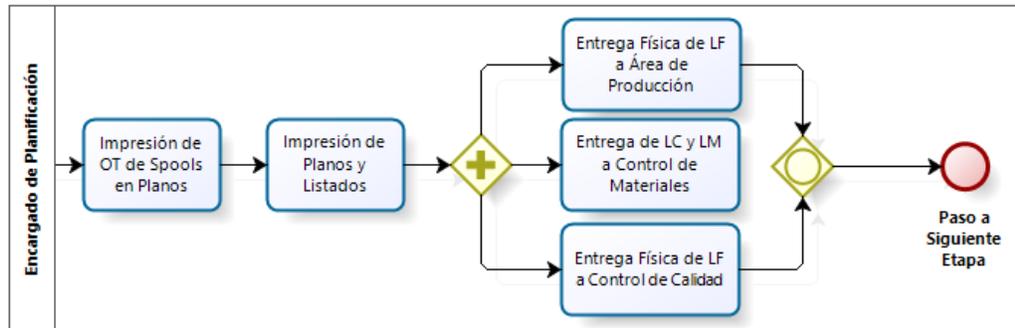


Figura 40: Fase de Prefabricación Post Licitación: Envío de Planos de Fabricación y de Listados de Orden de Fabricación. Fuente: El autor.

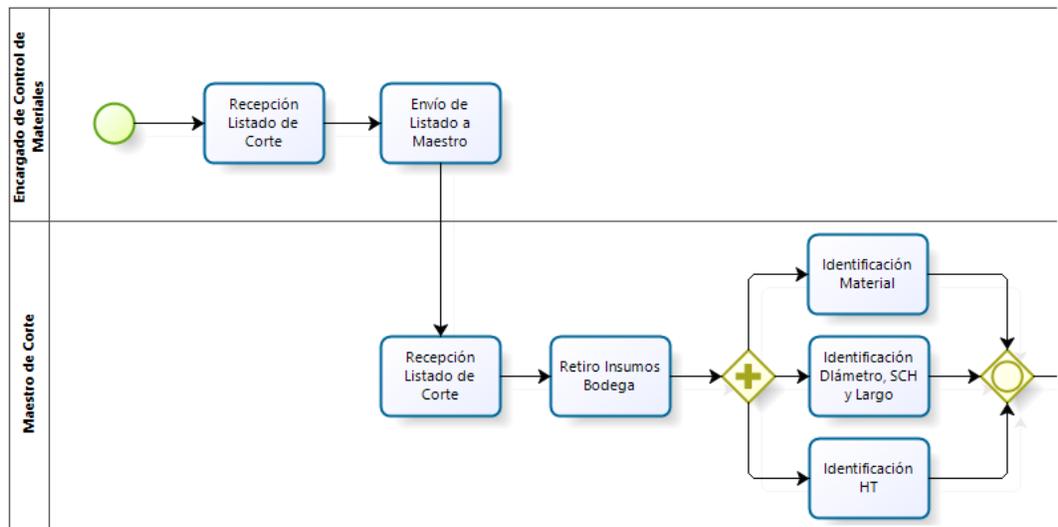
Finalmente, el Encargado de Planificación realiza la entrega de los listados a los destinatarios indicados en la página anterior, quienes supervisarán el correcto desarrollo de la posterior etapa de fabricación de spools. Conjuntamente, los planos de fabricación son entregados al Jefe del Departamento de Producción Maestranza, quien distribuirá más adelante la carga de trabajo en las distintas estaciones disponibles del galpón de Producción Maestranza.

4.5.3. Proceso de Corte de Materiales

Actor	Roles y responsabilidades
Encargado de Control de Materiales	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recibir y gestionar los listados de corte de materiales entregados por el Encargado de Planificación, asignando las labores a realizar. - Gestionar y asegurar que el personal de Corte cuente con los materiales, herramientas y equipamientos necesarios para ejecutar el trabajo bajo las condiciones adecuadas. - Asegurar el cumplimiento de los plazos estipulados para el corte de los materiales, asegurando además el cumplimiento de las dimensiones exigidas de antemano.
Asistente de Control de Materiales	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Administrar y archivar la documentación correspondiente a los registros manuales del proceso de corte. - Brindar apoyo al Encargado de Control de Materiales en la supervisión de las labores asociadas al proceso de corte.
Maestro de Corte	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar el proceso de corte de materiales, de acuerdo a las especificaciones descritas en el <i>Listado de Corte</i>. - Asegurar la trazabilidad física y documental de los materiales cortados, relacionando a cada material con su correspondiente <i>Heat Number</i> (colada).
Asistente en Terreno de Control de Materiales	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recibir los materiales disponibles para el proceso de fabricación de un spool, agrupados de acuerdo al lote asignado (código de orden de fabricación), y disponer de ellos para su posterior entrega al Departamento de Producción Maestranza.
Encargado de Control de Producción	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Supervisar la trazabilidad de los spools ingresados en el sistema. - Actualizar cuando corresponda el estado de los spools ingresados en el sistema.

Figura 41: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Corte de Materiales. Fuente: El autor.

- i. De acuerdo al Listado de Corte entregado por el Encargado de Planificación, el Encargado de Control de Materiales designa el trabajo a realizar al Maestro de Corte asignado. Dicho trabajo corresponde al listado de materiales de los spools asignados a un respectivo código de orden de fabricación (OF). Dicho código se generó previamente por el Encargado de Planificación. Con el Listado de Corte en mano, el Maestro de Corte procede a retirar de bodega los materiales reservados para la correspondiente OF. Posteriormente, verifica que cada material cumpla con las especificaciones solicitadas en el listado antes de comenzar con el trabajo de dimensionamiento.



*Figura 42: Proceso de Corte de Materiales: Recepción de Material.
Fuente: El autor.*

- ii. Tras el proceso de verificación del material recibido, el Maestro de Corte tiene que trazar las secciones de corte de cada material, tanto para el caso de un niple (trozo de cañería) como para el caso de un accesorio (sea reducción o codo), e identificar cada niple con el número de colada correspondiente, su largo (en milímetros), el número de orden de trabajo (OT) de acuerdo a la información del Listado de Corte y, para los casos que un niple tenga que ser ranurado posteriormente en el Departamento de Producción Maestranza, colocar una letra "R" en su superficie.

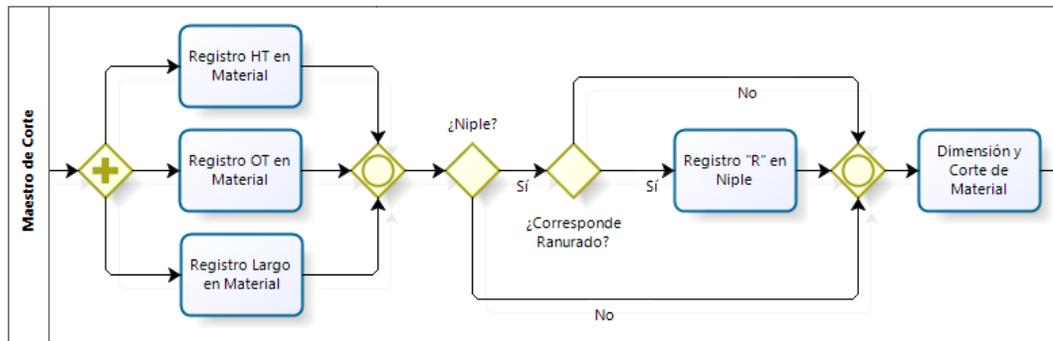


Figura 43: Proceso de Corte de Materiales: Identificación y Corte de Material.
Fuente: El autor.

- iii. Luego de identificar cada material con su correspondiente colada y código OT, el Maestro de Corte procede a dimensionar y cortar el material designado. La herramienta a ocupar para este proceso dependerá principalmente del espesor y diámetro de los materiales. Tras la ejecución del proceso, el Maestro de Corte registra las coladas de cada material en el Listado de Corte, identificando a la vez cada material sobrante con su código respectivo. Finalmente, se da el aviso al Asistente de Control de Materiales sobre el fin del proceso.

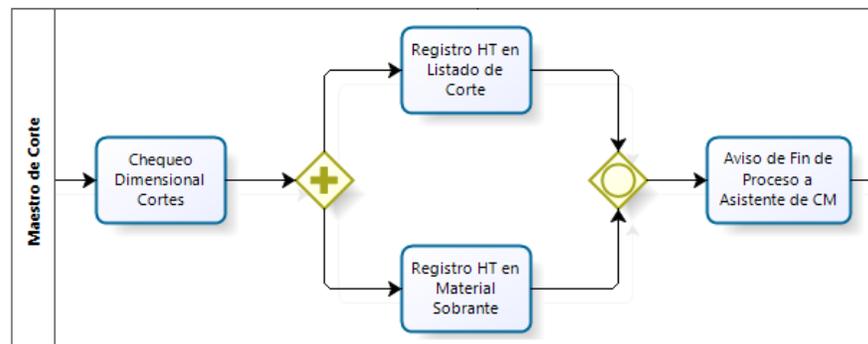


Figura 44: Proceso de Corte de Materiales: Fin de Corte de Materiales.
Fuente: El autor.

- iv. El Asistente de Control de Materiales, encargado del control documental del Proceso de Corte, recibe el Listado de Corte por parte del Maestro de Corte y verifica que todos los materiales del listado tengan registradas sus respectivas coladas. Tras ello, comunica vía mail la liberación de los materiales de los spools de la correspondiente OF, siendo uno de los destinatarios el Encargado de Control de Producción. Mientras tanto, el Maestro de Corte se encarga de enviar los materiales recién procesados al Asistente en Terreno de Control de Materiales.

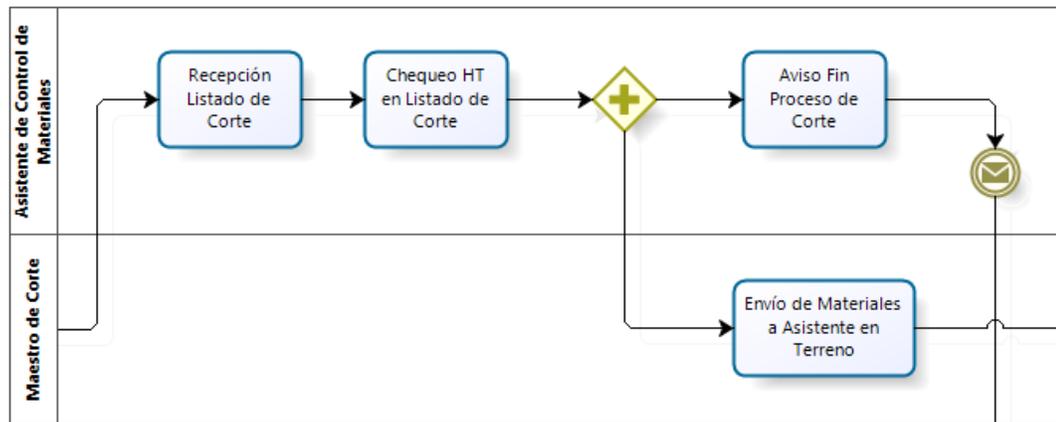


Figura 45: Proceso de Corte de Materiales: Aviso de Fin de Corte de Materiales.
Fuente: El autor.

- v. Tras el aviso del fin del proceso por parte del Asistente de Control de Materiales, el Encargado de Control de Producción actualiza el estado de los spools en el sistema. Por otra parte, el Asistente en Terreno de Control de Materiales alista los materiales, para su posterior retiro por parte del Departamento de Producción Maestranza.

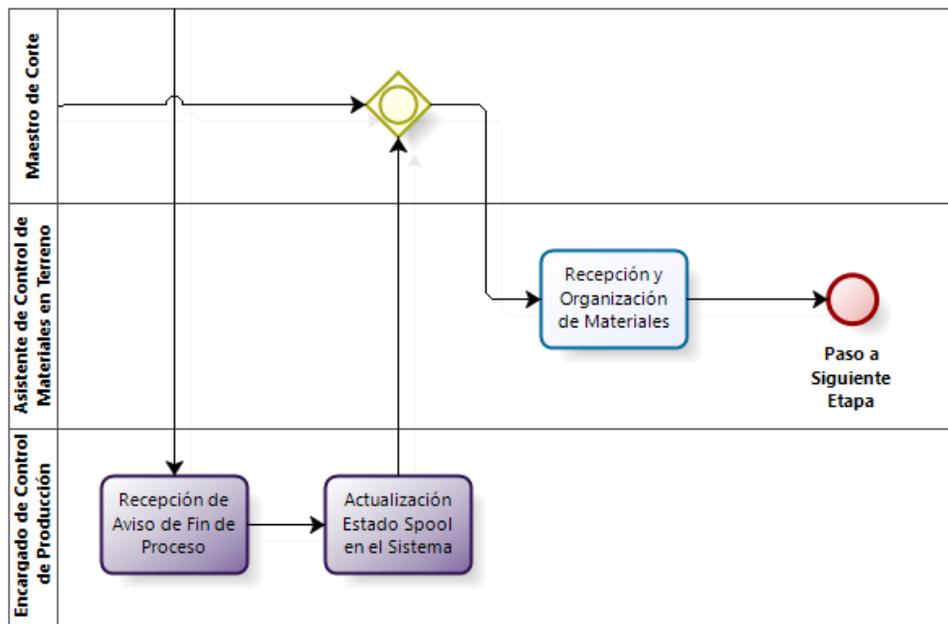


Figura 46: Proceso de Corte de Materiales: Actualización Estado Spools.
Fuente: El autor.

4.5.4. Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza)

Actor	Roles y responsabilidades
<p>Jefe de Producción Maestranza</p>	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recibir y gestionar las órdenes de fabricación referentes al trabajo a realizar en el galpón de Maestranza, planificando y asignando las labores a realizar. - Gestionar y asegurar que el personal de Maestranza cuente con los materiales, herramientas y equipamientos necesarios para ejecutar el trabajo bajo las condiciones adecuadas. - Asegurar el cumplimiento de los plazos estipulados para la fabricación de los productos, asegurando además el estándar de calidad exigido.
<p>Supervisor de Producción Maestranza</p>	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Designar y supervisar las estaciones de trabajo, asignando en ellas a los capataces y al personal de trabajo. - Supervisar y verificar las labores asociadas al proceso de soldadura, asegurando que los soldadores trabajen bajo las condiciones adecuadas. - Gestionar el proceso de reparación de uniones de soldadura (en caso que corresponda).
<p>Capataz de Producción Maestranza</p>	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Controlar los procesos de la etapa de fabricación del spool, verificando la correcta realización de sus procesos. - Controlar y supervisar que las actividades de la etapa de fabricación del spool se realicen bajo las especificaciones técnicas que ha determinado de antemano el cliente, chequeando además que el conjunto de información para fabricación (planos y datas) estén libres de errores y en su última revisión. - Coordinar la asignación de recursos a las estaciones de trabajo y el traslado de piezas desde y hacia el galpón de fabricación. - Recibir y verificar los documentos de control de fabricación de los procesos de armado de spools y de soldadura de uniones, llevando a cabo además el proceso de registro de control interno de fabricación y gestionando la entrega de información del trabajo realizado al Encargado del Departamento de Control de Producción.

Figura 47: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza) (Parte 1). Fuente: El autor.

Actor	Roles y responsabilidades
Activador de Producción	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dirigir y supervisar el retiro, traslado y designación de materiales a las distintas estaciones de trabajo. - Verificar que los materiales recibidos desde el sector de Bodega estén en condiciones adecuadas para ser utilizados, y que cumplan además con las especificaciones técnicas requeridas de antemano en el proyecto. - Gestionar la devolución de los insumos que no cumplan con las condiciones o especificaciones técnicas indicadas en los planos y/o datas de un determinado proyecto. - Llevar a cabo el registro y control de rechazos de uniones de soldadura y los indicadores de rendimiento de los soldadores, de acuerdo a los requerimientos del Jefe de Producción Maestranza y del Sistema de Gestión de Calidad de la compañía.
Operador de Grúa	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trasladar los materiales retirados desde el sector de Bodega hacia las distintas estaciones de trabajo o sectores de acopio, de acuerdo a las indicaciones realizadas por el Activador de Producción. - Trasladar las piezas fabricadas desde el galpón de Maestranza hacia los patios de acopio designados por el Capataz de Producción Maestranza.
Capataz de Mecanizado	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dirigir y supervisar que el proceso de mecanizado de las piezas sea correctamente ejecutado y bajo las condiciones adecuadas. - Llevar a cabo el registro y control de la producción en el sector de Mecanizado.
Maestro de Mecanizado	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La recepción conforme del material a ser procesado en el sector de Mecanizado, en base a las especificaciones técnicas indicadas en el plano de fabricación de la pieza. - Llevar a cabo cada uno de los procesos relacionados con el mecanizado de las piezas, asegurando la correcta ejecución del trabajo de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas de antemano en el proyecto.

Figura 48: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza) (Parte 2). Fuente: El autor.

Actor	Roles y responsabilidades
Maestro Armador	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo la correcta ejecución de los procesos de la etapa de armado del spool, en base a las especificaciones técnicas indicadas en el plano de fabricación de la pieza. - La recepción conforme del material a ser utilizado en el proceso de armado del spool, verificando que los insumos recibidos cumplan con las especificaciones técnicas requeridas de antemano en el proyecto. - La verificación de la alineación y cuadratura de los componentes del spool armado, en base al plano de fabricación de la pieza. - Llevar a cabo el registro de su producción de la etapa de armado, encargándose además de la trazabilidad de su trabajo en el plano de fabricación de la pieza.
Maestro Soldador	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo la correcta ejecución de los procesos de la etapa de soldadura de las uniones del spool, en base al procedimiento WPS aplicado y a las especificaciones técnicas indicadas en el plano de fabricación de la pieza. - Chequear el estado de los insumos de soldadura y del equipamiento necesario para la adecuada realización del trabajo de soldadura, dando además aviso al Capataz de Producción Maestranza o al Supervisor de Producción Maestranza en caso que no se cumplan las condiciones requeridas en ambos casos. - La inspección visual del estado de las uniones soldadas de la pieza, registrando su identificación de soldador (estampa) en las proximidades de dichas uniones. - Llevar a cabo el registro de su producción de la etapa de soldadura, encargándose además de la trazabilidad de su trabajo en el plano de fabricación de la pieza.
Inspector de Control de Calidad	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que se apliquen las condiciones establecidas en el procedimiento de fabricación de spools. - Verificar la correcta evaluación y llenado de los registros y controles realizados. - Auditar los registros de calidad. - Realizar inspección de dimensionamiento de las piezas fabricadas indicadas por el Capataz de Producción Maestranza.

Figura 49: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza) (Parte 3). Fuente: El autor.

Actor	Roles y responsabilidades
Encargado Control de Producción	<p>Es el responsable de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La recepción conforme de la información de control de producción entregada por el Capataz de Producción Maestranza. - Supervisar la trazabilidad de los spools ingresados en el sistema. - Actualizar cuando corresponda el estado de los spools ingresados en el sistema.

Figura 50: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza) (Parte 4). Fuente: El autor.

- i. El Jefe de Producción Maestranza recibe tanto los planos como las datas correspondientes a los materiales y soldaduras a efectuar. Junto con designar el retiro del material al Activador de Producción, designa al Supervisor de Producción como el responsable de asignar a los trabajadores de Maestranza a cada estación de trabajo. El Activador de Producción retira del sector de Bodega los insumos, para luego separar los materiales que van al sector de Mecanizado y los materiales que esperarán en el Sector de Acopio de Maestranza, para ser retirados más adelante.

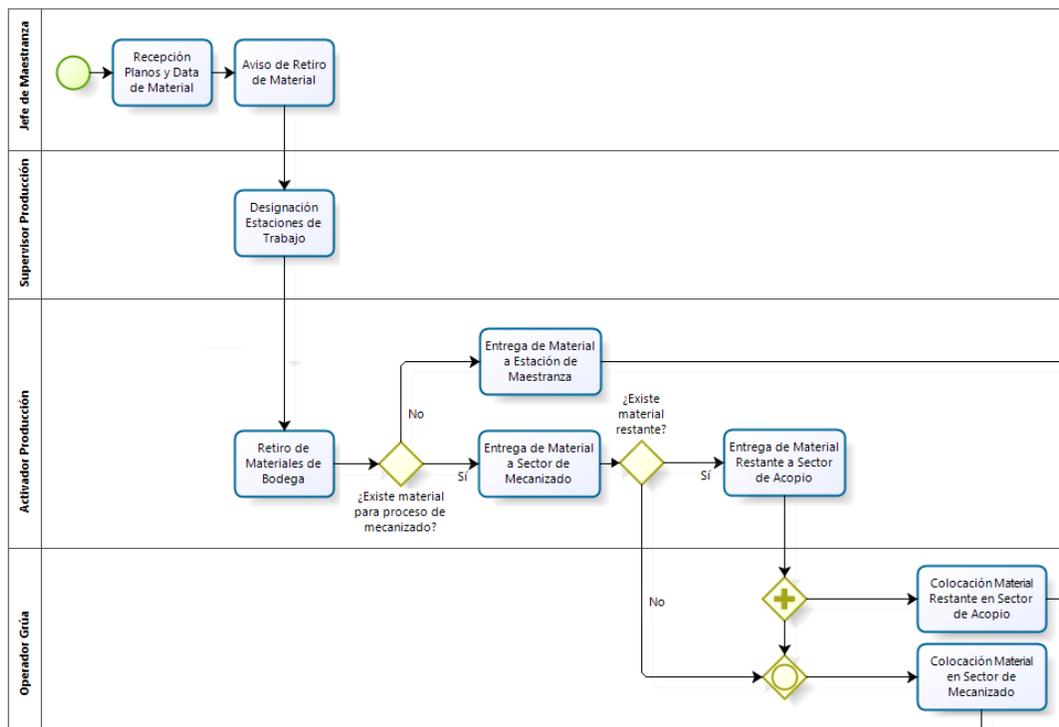


Figura 51: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Recepción de Material Fuente: El autor.

- ii. El Maestro de Mecanizado recibe en su puesto de trabajo las cañerías que se someterán al proceso de ranurado y los flanges que serán ubicados en el sector de torno. Junto con verificar el trabajo a realizar, las piezas son montadas en las correspondientes máquinas de trabajo para así ejecutar el proceso de mecanizado de las piezas. Tras dicho proceso, las piezas son revisadas para corroborar la correcta ejecución del mecanizado. En caso de ser finalmente aprobadas, se le avisa al Activador de Producción que el proceso de mecanizado ha concluido, y que las piezas están listas para su traslado a las estaciones de trabajo.

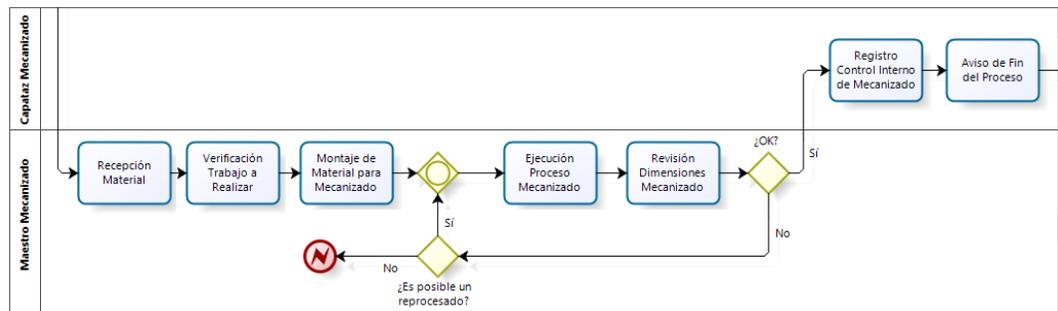


Figura 52: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Mecanizado
Fuente: El autor.

- iii. El Maestro Armador, tras terminar el proceso de mecanizado de las piezas, recibe las piezas en su estación de trabajo. Esta persona es la encargada de llevar a cabo el proceso de armado de las piezas del spool. El primer paso tras la recepción del material es la verificación del mismo: en caso de haber algún error o discordancia con los nipples y/o fittings se le avisa inmediatamente al capataz encargado, quien avisa a su vez al Activador de Producción, quien está encargado de gestionar la devolución del material a Bodega. En caso contrario, el armador procederá a realizar el proceso mismo de armado de la pieza, llevando a cabo una posterior verificación de la correcta alineación de los componentes del spool al final del proceso. Finalmente, el spool ya está listo para el proceso de soldadura.

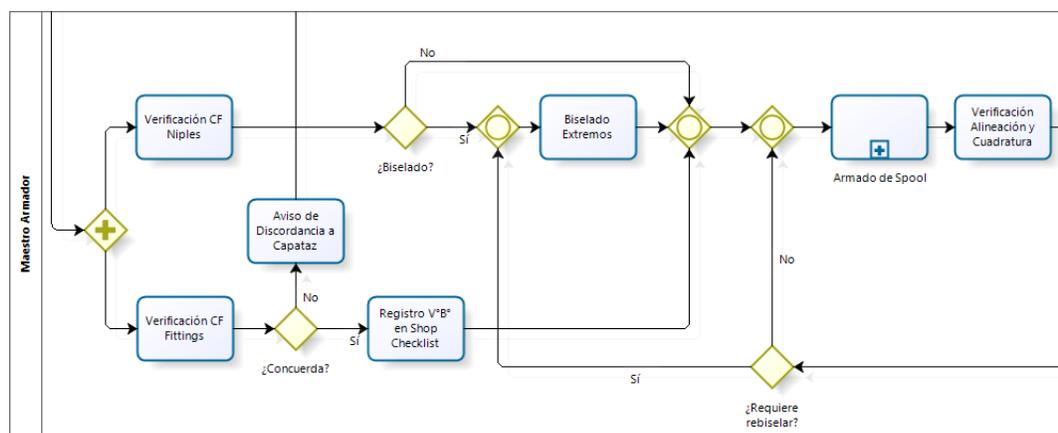


Figura 53: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Armado Spool
Fuente: El autor.

- iv. El Maestro Soldador es el encargado de llevar a cabo el proceso de soldadura de las uniones del spool. De acuerdo al *Welding Procedure Specification (WPS)*, se lleva a cabo la revisión del procedimiento a aplicar, considerando todas las especificaciones técnicas que lo anterior conlleva. Tras la preparación del equipo y de las herramientas de soldado el maestro procede a colocar la cámara de gas inerte, para luego ejecutar el cordón raíz, la soldadura de relleno y el cordón correspondiente a la terminación. Tras la inspección visual de la unión soldada, el Maestro Soldador indica en el plano del spool las uniones de la pieza que fueron soldadas por él, registrando además su código distintivo (estampa) en el plano del spool y en las uniones mismas de la pieza. Tras el proceso de soldadura se lleva a cabo el procedimiento del marcaje del spool, lo cual consiste en la impresión del código distintivo (TAG) en la pieza. El tipo de marcaje dependerá del requerimiento fijado de antemano por el cliente. Tras esta última etapa se da por terminado el proceso de fabricación del spool.

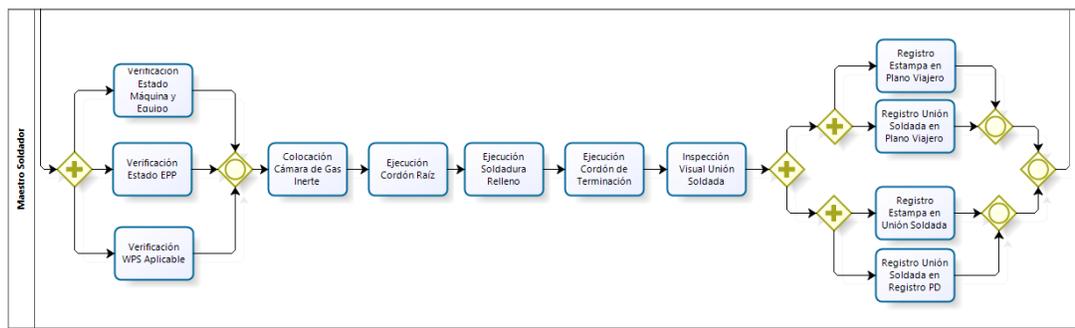


Figura 54: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Soldadura Uniones Spool. Fuente: El autor.

- v. Cabe destacar en primera instancia que el armador y el soldador registran su trabajo realizado en un documento físico. Ambos archivos son recibidos y revisados por el capataz (incluyendo el plano de fabricación del spool). De manera adicional él registra los spools ya fabricados. Todos esos documentos son validados y enviados al Departamento de Control de Producción, quien se encarga de verificar y registrar la información recibida en el sistema **BES**. De esta manera, el estado actual del spool en el sistema es actualizado.

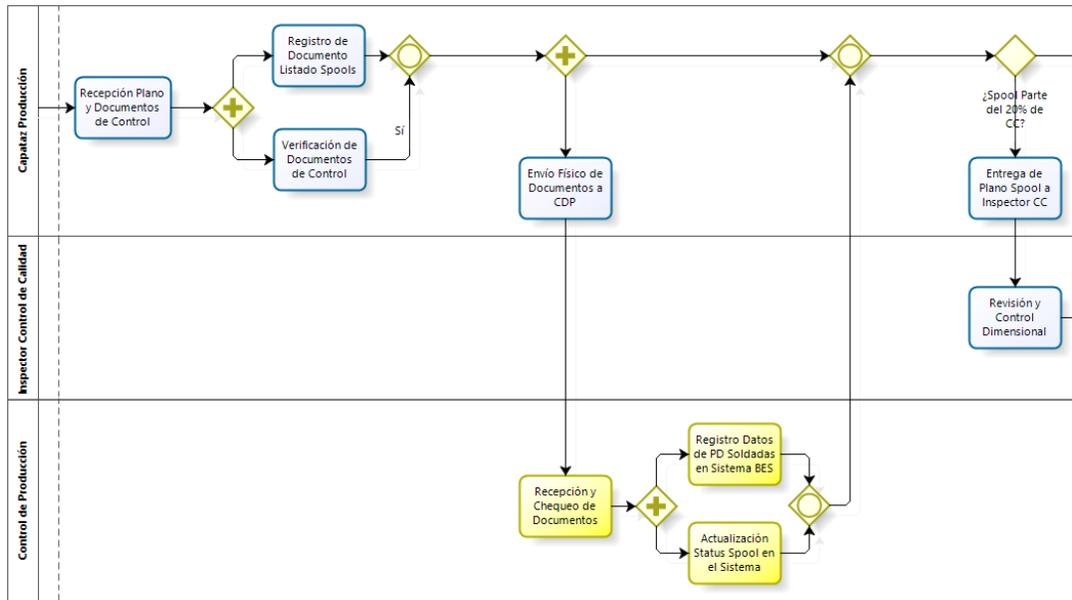


Figura 55: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Actualización Estado Spool. Fuente: El autor.

- vi. Finalmente, el Inspector de Control de Calidad designado para el Área de Maestranza tiene que llevar a cabo un control dimensional *adicional* del 20% de los spools fabricados en la planta. Dicho porcentaje corresponde a las piezas más complejas de fabricar en términos dimensionales. Por ende, si un spool tras ser fabricado corresponde a dicho subconjunto, es revisado dimensionalmente por el Inspector, contando con el plano del spool facilitado por el Capataz de Producción que supervisó la fabricación de dicha pieza. Si el spool es rechazado se deja registro de la eventualidad en un documento físico, mientras que la pieza pasa a ser reprocesada. Por el contrario, si el spool es aprobado es trasladado al patio designado para el siguiente proceso.

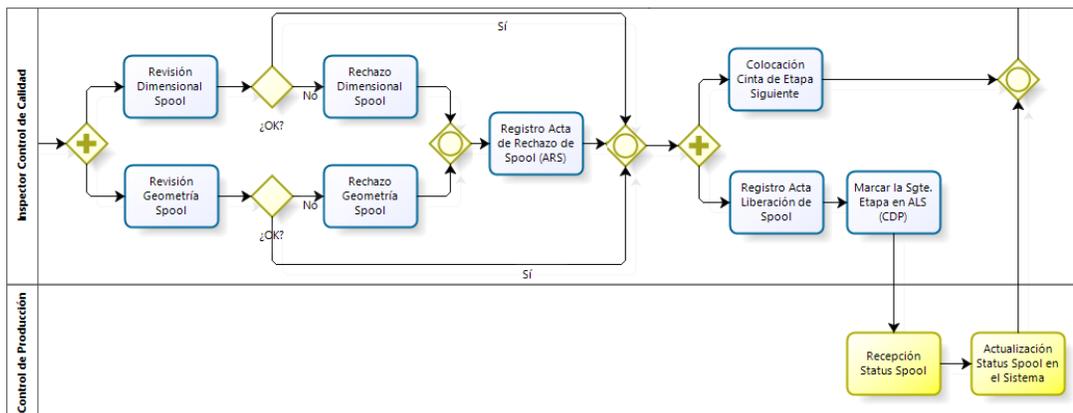


Figura 56: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Control Dimensional. Fuente: El autor.

4.5.5. Proceso de Revestimiento Interior de Spools

Actor	Roles y responsabilidades
Jefe de Revestimiento	Es el responsable de asignar el trabajo a realizar en el galpón de Revestimiento Interior al personal, además de gestionar la calidad de las materias primas a utilizar.
Supervisor Revestimiento	Es el responsable de supervisar las labores realizadas en el Área de Revestimiento Interior y de gestionar el control interno de la producción.
Capataz Producción Revestimiento	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Controlar los procesos de la etapa de Revestimiento Interior, verificando que las condiciones ambientales sean adecuadas para realizar el trabajo, y verificando además que el caucho cumpla con las condiciones requeridas para su utilización. - Dar aviso de la salida de los spools de la etapa de revestimiento interior al Departamento de Control de Producción.
Maestro de Revestimiento	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Dirigir y supervisar el proceso de imprimación del caucho. - Llevar a cabo la fase del recubrimiento de las paredes internas del spool con el material, preparando la pieza para el posterior proceso de vulcanizado. - Reparar las posibles impurezas que pueda presentar el material, en caso que éstas sean eliminables.
Ayudante de Revestimiento	Además de apoyar las actividades del Maestro de Revestimiento, es el responsable de cubrir la superficie del material con los imprimantes necesarios para la posterior colocación del caucho en las paredes internas del spool.
Maestro de Terminaciones	Es el responsable de llevar a cabo el proceso de terminación del recubrimiento interior del spool.
Operador de Caldera	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Controlar el proceso de vulcanización del spool, calibrando y regulando el funcionamiento de las máquinas autoclave. - Verificar el correcto funcionamiento de las máquinas autoclave y aplicar todas las medidas de seguridad necesarias durante la ejecución del proceso de vulcanización.

Figura 57: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Revestimiento Interior de Spools (Parte 1). Fuente: El autor.

Actor	Roles y responsabilidades
Inspector Control de Calidad	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que se apliquen las condiciones establecidas en el procedimiento de revestimiento interior. - Verificar la correcta evaluación y llenado de los registros y controles realizados. - Auditar los registros de calidad. - Realizar inspección de los spools revestidos.
Encargado Control de Producción	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Supervisar la trazabilidad de los spools ingresados en el sistema. - Actualizar cuando corresponda el estado de los spools ingresados en el sistema.

Figura 58: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Revestimiento Interior de Spools (Parte 2). Fuente: El autor.

- i. Ya sabiendo de antemano las piezas a revestir, y con los trabajos asignados por el Jefe de Revestimiento, el Capataz de Revestimiento es el encargado de la recepción conforme del spool y de revisar las condiciones ambientales iniciales. Bajo una condición de temperatura conocida como punto de rocío, la cual corresponde a la temperatura a la cual comienza a condensarse el vapor de agua que se encuentra en el aire, se discrimina si se puede comenzar o no con la etapa de revestimiento interior de una pieza.

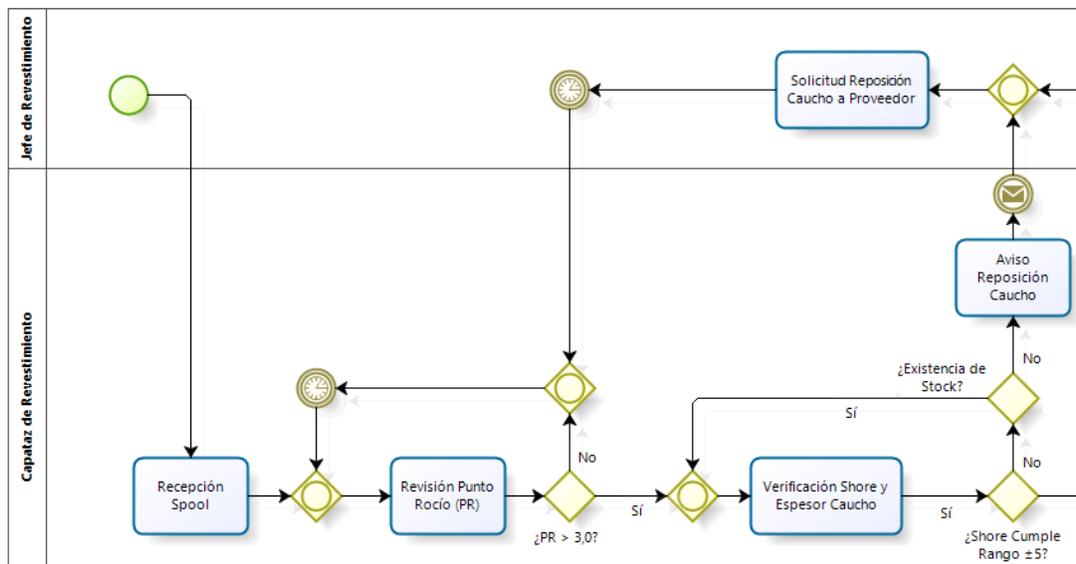


Figura 59: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Recepción de Spools Fuente: El autor.

En base a las mediciones efectuadas con un termohigrómetro (instrumento que registra temperatura y humedad), se calcula el factor punto de rocío en base a los parámetros registrados previamente. Si dicho factor es superior a 3, el proceso de revestimiento interior de la pieza puede ser realizado. En caso contrario, se tendrá que esperar a que las condiciones ambientales sean aptas para dicho proceso.

Luego, el Capataz de Producción verifica que el caucho cumpla con la dureza y espesor requeridos de antemano por el cliente, con un rango de confiabilidad (margen de error) también determinado previamente. En caso que el material no cumpla con el estándar requerido, se procede a su reposición inmediata (stock) o bien, en caso de no contar en inventario con el material solicitado, el Jefe de Revestimiento procederá a solicitar los kilogramos de caucho necesarios para el trabajo al proveedor externo, especificando las condiciones de dureza y espesor requeridas por el cliente.

- ii. Tras la revisión del espesor y de la dureza del material a utilizar, el Capataz de Revestimiento procede a verificar la presencia de posibles impurezas en el mismo. Si dichas impurezas son reparables, se le asigna al Maestro de Revestimiento el trabajo de reparación. En caso contrario, si el Jefe de Revestimiento determina que las impurezas son irreparables y que éstas proceden de su origen, entonces él emite un Acta de Rechazo, solicitando la reposición del material al proveedor.

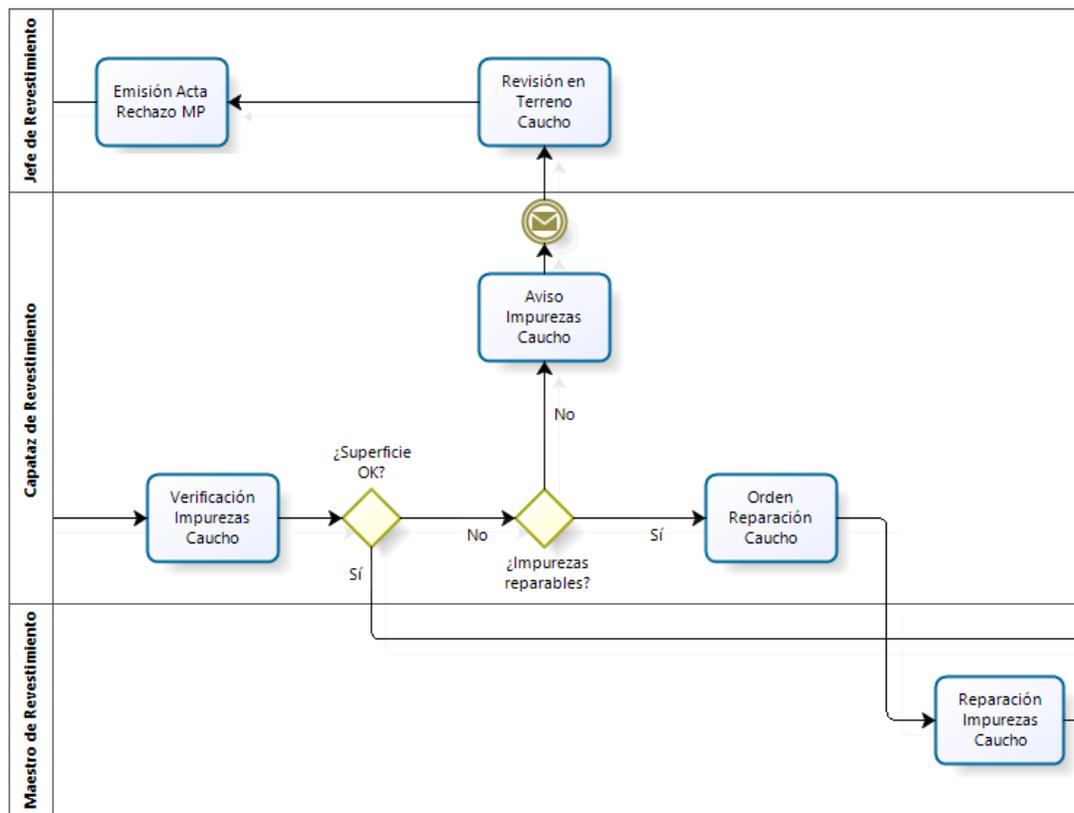


Figura 60: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Verificación de Material
Fuente: El autor.

- iii. Luego que el material esté aprobado para su utilización, el Maestro de Revestimiento supervisa el trabajo de imprimaciones, llevado a cabo por el Ayudante de Revestimiento. Dicha labor consiste en la imprimación de un anticorrosivo, junto a la colocación de adhesivo en las paredes internas de la cañería. Previamente, el Maestro de Revestimiento procede a registrar la fecha y la hora de inicio de la ejecución del proceso en el documento físico *Registro de Control de Revestimiento Caucho Vulcanizado*.

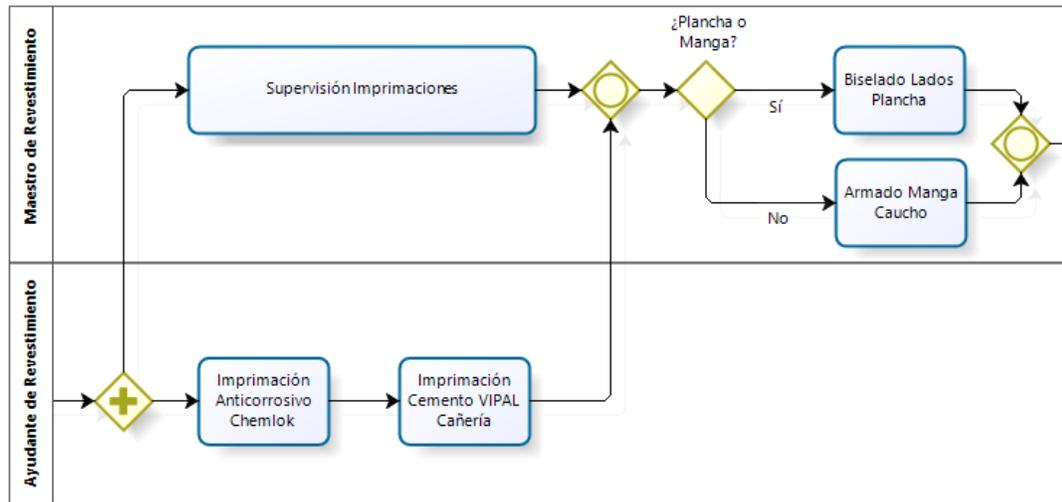


Figura 61: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Proceso de Imprimación
Fuente: El autor.

Tras el proceso de aplicación del adhesivo, el Maestro de Revestimiento procede a registrar la fecha y la hora del término de la ejecución del proceso en el documento de registro. Después, el Maestro de Revestimiento procede a armar la superficie de caucho que se colocará como recubrimiento, el cual puede ir como plancha o como manga dependiendo del diámetro de la cañería.

- iv. Después del término de la imprimación y secado del adhesivo, en conjunto se introduce el material de recubrimiento en el interior del spool para luego llevar a cabo el proceso conocido informalmente como *enlauchado*, el cual consiste en la adherencia vía presión de aire del material a las paredes internas del spool. Tras la ejecución de dicho proceso, se debe asegurar que el recubrimiento esté libre de bolsones de aire. En caso de la existencia de estas protuberancias, el Maestro de Revestimiento procede a eliminarlas prensando la superficie examinada.

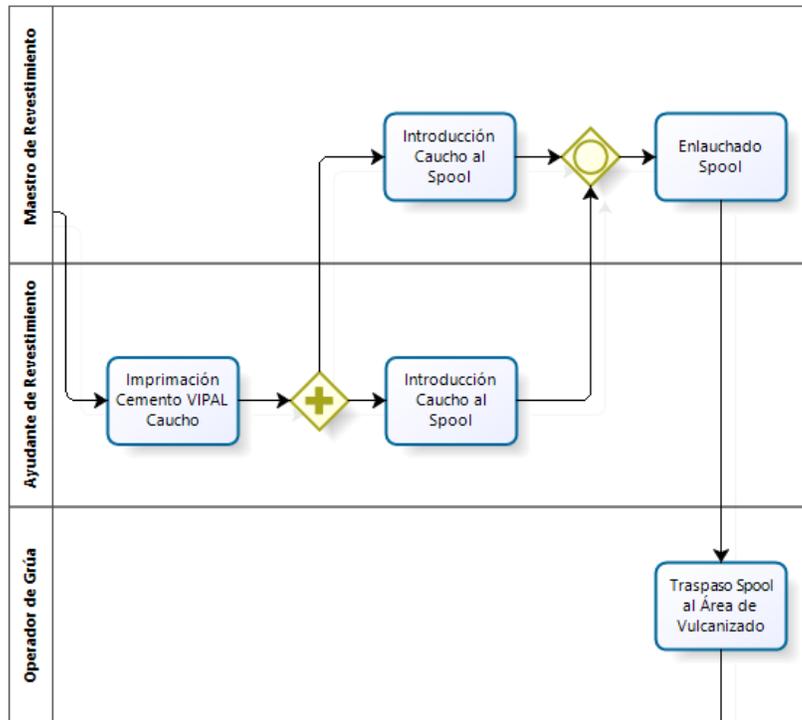


Figura 62: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Proceso de Recubrimiento
Fuente: El autor.

El proceso de recubrimiento culmina con el registro de la fecha y la hora del término de la ejecución del proceso en el documento de registro, y el posterior aviso al Operador de Grúa para que la pieza sea trasladada al sector de vulcanizado, para la cocción del material de revestimiento.

- v. El Operador de Caldera, tras recibir la pieza a vulcanizar, procede a llevar a cabo el proceso de seteo de la máquina autoclave. Dicho proceso se regulariza en base a tres parámetros: temperatura del horno, presión y tiempo de cocción. Los valores obtenidos, los cuales dependen de la ficha técnica del polímero utilizado, deben ser registrados por el mismo operador en el *Registro de Control de Vulcanizado Interior y Exterior de Cañerías*. Tras fijar dichos parámetros, el Operador de Caldera comienza con el proceso de vulcanizado, contando con la precaución de supervisar la presión interna del autoclave en todo momento.

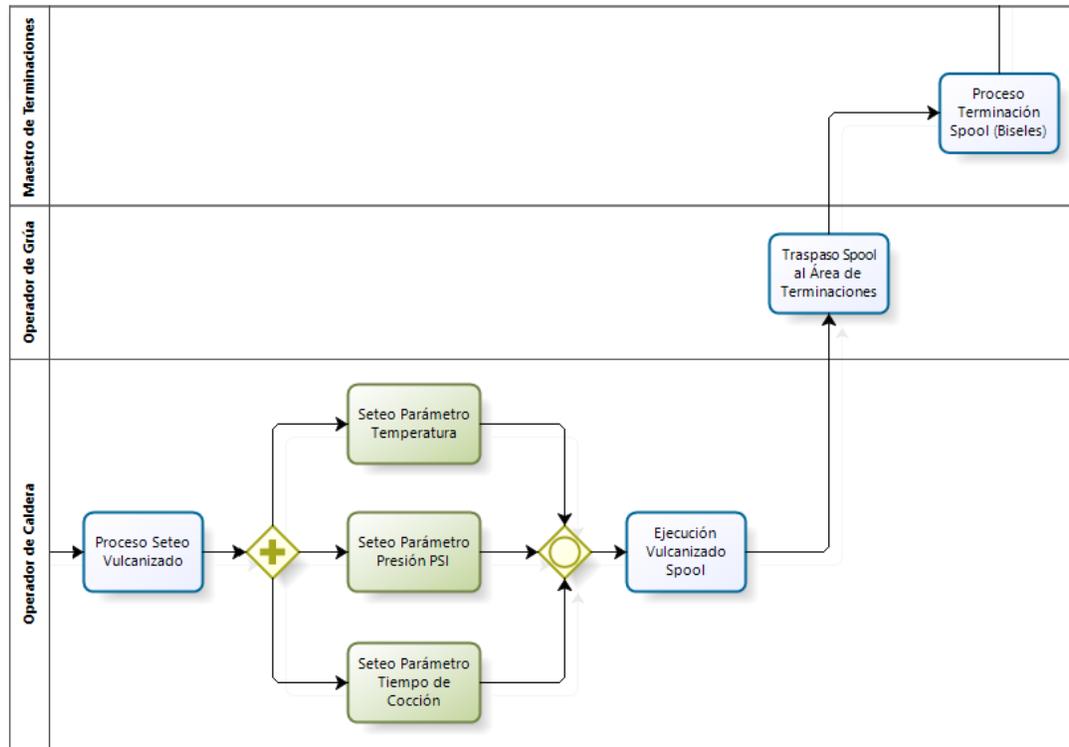


Figura 63: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Proceso de Vulcanizado
Fuente: El autor.

Al final del proceso de vulcanizado, el Operador de Caldera termina de completar el registro de control interno previamente mencionado. Luego, la pieza es trasladada hacia el sector de terminaciones, en donde el Maestro de Terminaciones procede a ajustar los extremos del recubrimiento mediante el uso de herramientas manuales y/o eléctricas. Tras este proceso, el spool está listo para el proceso de inspección.

- vi. El proceso de inspección parte por un control interno llevado a cabo por el Jefe de Revestimiento y el Capataz de Revestimiento, en donde verifican las condiciones del recubrimiento interno del spool.

Tras el término de la inspección, el Capataz de Producción registra en una planilla compartida vía Intranet (de acceso restringido) las piezas que están en vías de liberación. De esta manera, el Encargado de Control de Producción actualiza el estado de los spools en el sistema.

Finalmente, se da aviso al Inspector de Control de Calidad designado de antemano para la revisión final de las piezas en el galpón.

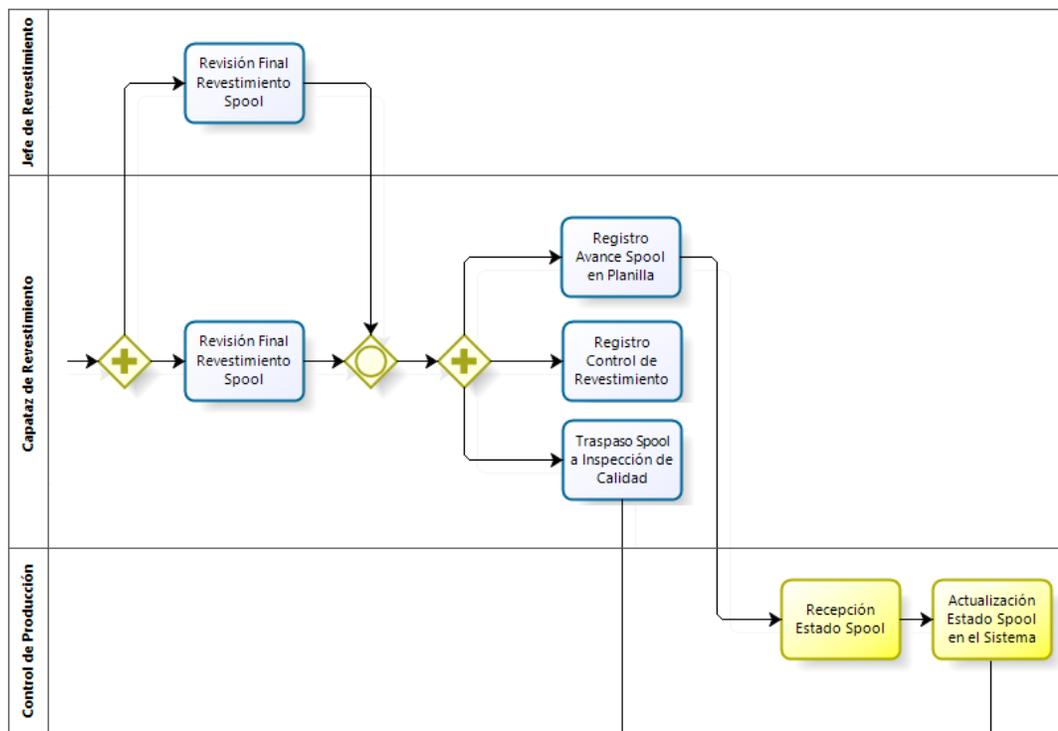


Figura 64: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Proceso de Inspección Interna. Fuente: El autor.

- vii. El Inspector de Control de Calidad es quien lleva a cabo el proceso de liberación de las piezas que ya fueron revestidas. La inspección correspondiente se divide en cuatro controles distintos:
- Control visual: se verifica que la superficie del recubrimiento interno esté libre de defectos o imperfecciones. Por otra parte, se verifica la calidad de las terminaciones realizadas.
 - Control de dureza: se verifica que el material del revestimiento interior cumpla con las condiciones de dureza especificadas por el cliente, en base a un rango de confianza fijado de antemano. En caso que el caucho presente valores de dureza por debajo del mínimo exigido, se someterá la pieza a un proceso adicional de curado dentro de la máquina autoclave para lograr la dureza requerida. Si después de este proceso aún persiste el incumplimiento, el revestimiento interior será rechazado. Este control se efectúa de acuerdo al estándar **ASTM D2240**, método que establece la medición de la dureza del revestimiento de goma.
 - Control de espesores: para corroborar la validez de la medición de espesores efectuada de antemano por el Capataz de Producción, el inspector procede a medir el espesor final del recubrimiento aplicado.
 - Control de adherencia: a través de esta prueba se verifica la resistencia al desprendimiento del revestimiento interior aplicado, de acuerdo a lo

establecido en la norma **ASTM D429**, relacionada con la adhesión de la goma a superficies rígidas.

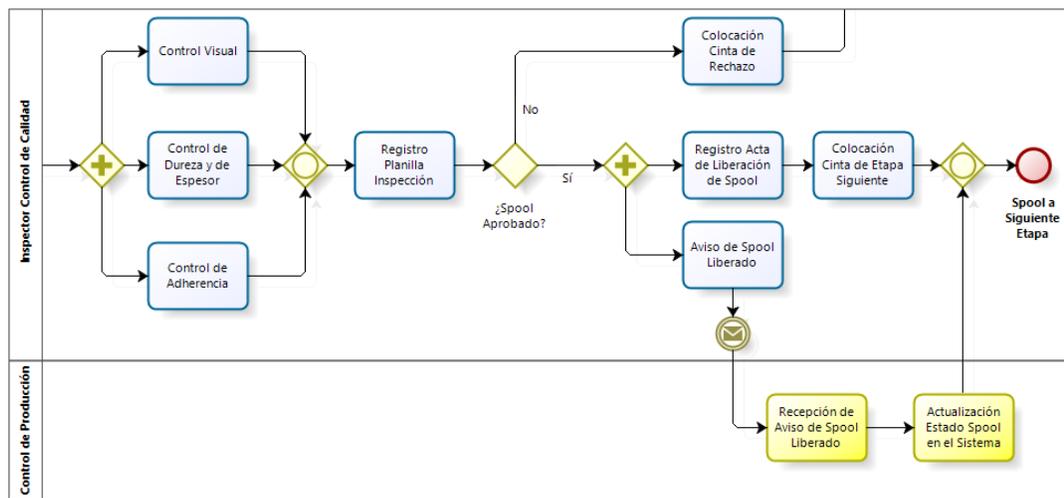


Figura 65: Proceso de Revestimiento Interior de Spools: Proceso de Liberación
Fuente: El autor.

Tras la realización de la inspección, el Inspector determinará finalmente si un spool es liberado o no. En caso de no ser aprobado el spool examinado, se indica el motivo del rechazo correspondiente para su posterior reparación o reproceso. Para oficializar el rechazo, el inspector procede a colocar una *cinta de rechazo* en la superficie de la pieza.

Todo spool aprobado por el Inspector de Calidad es registrado en un documento interno, el cual certifica la liberación de un spool por parte del Departamento de Control de Calidad. Adicionalmente, el inspector procede a colocar una cinta especial en la superficie de la pieza, la cual indica que el spool está listo para la siguiente etapa correspondiente.

Finalmente, el Inspector de Control de Calidad informa vía correo electrónico el listado de spools liberados, estando entre sus destinatarios el Encargado de Control de Producción, encargado de actualizar el estado de los spools en el sistema de Control de Producción, indicando que las piezas ya salieron de la etapa de Revestimiento Interior. Por otra parte, el Asistente de Control de Producción traspasa las piezas en el sistema **BES** hacia la siguiente etapa.

4.5.6. Proceso de Revestimiento Exterior de Spools

Actor	Roles y responsabilidades
Supervisor Revestimiento	Es el responsable de supervisar y asignar las labores realizadas en el Área de Revestimiento, para las etapas de Granallado, Revestimiento Interior y Pintura.
Controlador Spools Pintura	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - La recepción conforme de los spools enviados al sector de Pintura desde la etapa de Granallado Exterior. - Controlar los procesos de la etapa de Pintura. - Completar el protocolo de control (<i>Protocolo de Pintura</i>) con las variables ambientales y físicas obtenidas durante la ejecución del proceso de pintura de un spool.
Maestro Pintor	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - La correcta ejecución de las aplicaciones del proceso de pintura de un spool. - Controlar las variables de control durante la ejecución del proceso de pintura de un spool.
Inspector Control de Calidad	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que se apliquen las condiciones establecidas en el procedimiento de pintura. - Verificar la correcta evaluación y llenado de los registros y controles realizados. - Auditar los registros de calidad. - Realizar inspección de los spools pintados.
Capataz Producción Revestimiento	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Verificar la correcta aplicación del Protocolo de Pintura por parte del personal de Pintura. - Dar aviso de la salida de los spools de la etapa de pintura al Departamento de Control de Producción.
Encargado Control de Producción	Es el responsable de: <ul style="list-style-type: none"> - Supervisar la trazabilidad de los spools ingresados en el sistema. - Actualizar cuando corresponda el estado de los spools ingresados en el sistema.

Figura 66: Roles y responsabilidades de los actores participantes en el Proceso de Pintura. Fuente: El autor.

- i. El Controlador de Spools del Departamento de Pintura es el encargado de revisar presencialmente los spools presentes en el patio externo a los galpones del área. Él ya conoce de antemano las especificaciones técnicas de pintado para cada spool que llega a dicha etapa. Luego, el encargado registra el código de identificación (TAG) de cada spool en una planilla de control interno, para luego comparar dicho listado con el formulario de entrega que recibió de antemano por parte del Supervisor de Revestimiento. En caso de haber discordancias entre ambos listados, el mismo supervisor es el encargado de gestionar el proceso correspondiente de normalización.

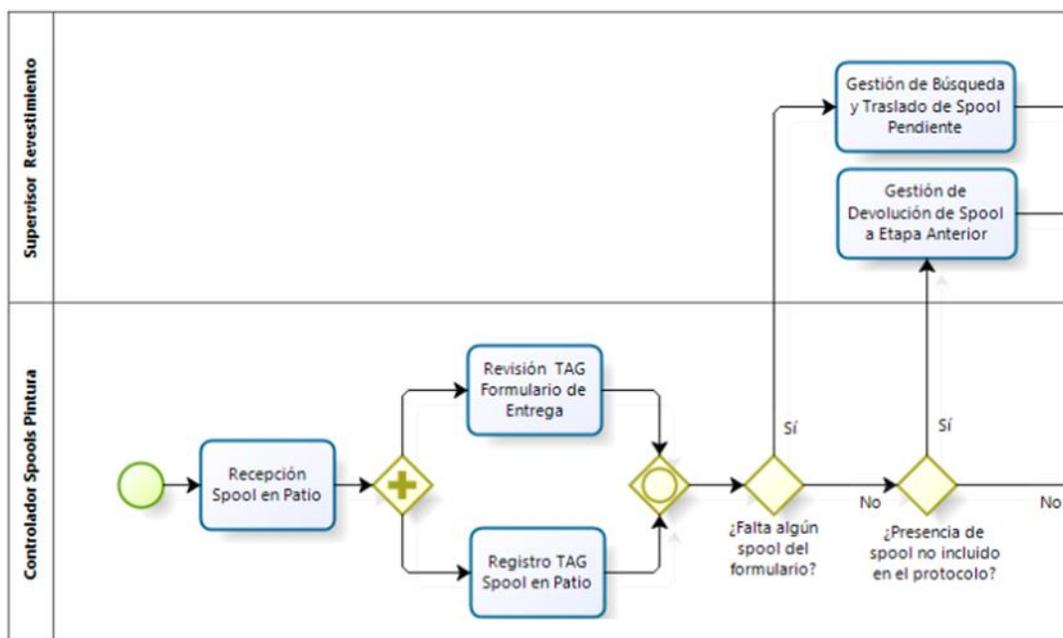


Figura 67: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Recepción de Spools
 Fuente: El autor.

- ii. Cada spool que es ingresado en alguna de las naves de pintura es sometido al proceso de seteo, el cual consiste en la medición de las condiciones ambientales iniciales, relacionadas con tres parámetros: la humedad relativa del aire, la temperatura actual en la nave y la temperatura de la pieza. Bajo alguna de estas condiciones el proceso de pintado del spool no puede ser realizado:

- Humedad del aire superior a 85%.
- Temperatura de la pieza inferior a 10°C o superior a 50°C.

Todas las condiciones anteriormente mencionadas convergen a una condición de temperatura conocida como *punto de rocío*, la cual corresponde a la temperatura a la cual comienza a condensarse el vapor de agua que se encuentra en el aire. En base a lo anterior, el mismo controlador procede a medir las condiciones ambientales con un termohigrómetro (instrumento que registra temperatura y humedad) para asegurar que el spool pueda ser sometido al proceso de pintura correspondiente. Luego, mediante una tabla de conversión se procede a determinar el factor punto de rocío. Si éste es superior a 3, el proceso de pintado de la pieza puede ser realizado. En caso contrario, se tendrá que esperar a que las

condiciones ambientales sean aptas para dicho proceso. Al final de las mediciones, el controlador procede a registrar dichos datos en el documento “bitácora” de cada spool: el *Protocolo de Pintura*.

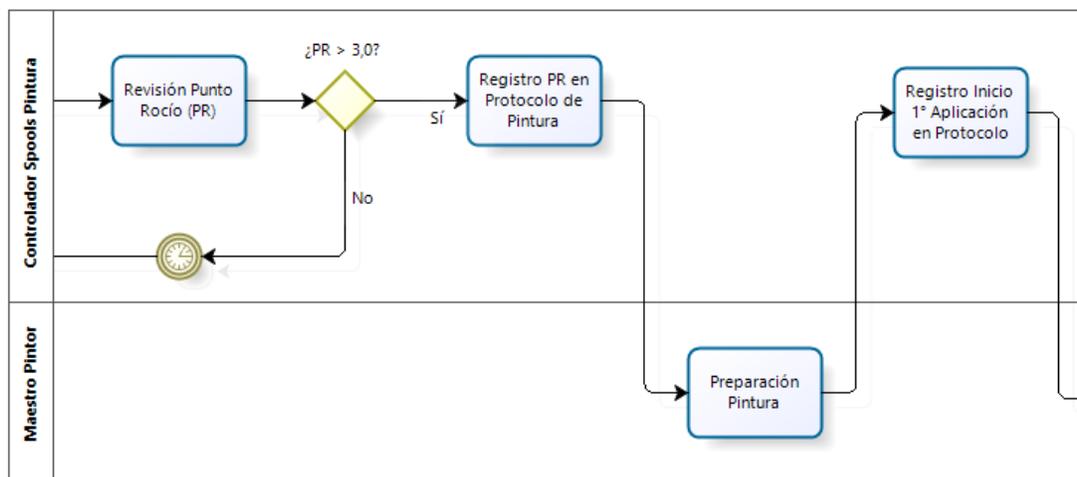


Figura 68: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Proceso de Seteo
Fuente: El autor.

Luego, el Maestro Pintor comienza a preparar sus implementos y la cantidad de pintura necesaria para llevar a cabo la primera aplicación de pintura en la superficie externa de la pieza, registrando la hora de inicio de dicha aplicación en el documento de protocolo.

- iii. Tras el proceso de seteo, el Maestro Pintor está en condiciones de llevar a cabo el proceso de aplicación de la primera capa de pintura a la superficie de la pieza. Tras dicho proceso, el Maestro Pintor procede registrar la hora de término de la primera aplicación, junto con llevar a cabo un control de registro de espesor de la capa de pintura aplicada. Dicho control consiste en una toma de muestras en distintas zonas del perímetro de cañería, para determinar si el espesor de la aplicación de pintura cumple con lo requerido de antemano por el cliente. En caso que el espesor en alguna zona controlada no cumpla con lo exigido, el Maestro Pintor tendrá que efectuar una nueva aplicación hasta cumplir con la especificación de espesor fijada por el cliente.

Antes de llevar a cabo la aplicación de la segunda capa de pintura, la pieza tiene que estar completamente seca. Dependiendo del tipo de pintura aplicada, de las condiciones ambientales del galpón y del tamaño de la pieza, el proceso de secado puede tardar entre una hora y un día.

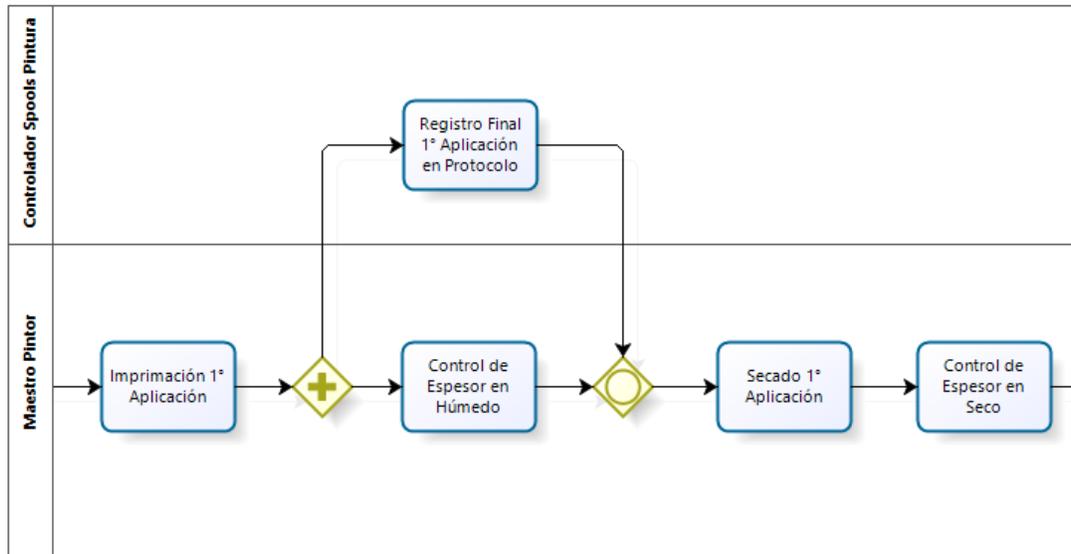


Figura 69: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Primera Aplicación de Pintura. Fuente: El autor.

- iv. Tras el secado de la pieza, el Maestro Pintor procede a aplicar un sello protector a la pieza solamente si ha sido requerido de antemano por el cliente. Dicho sello, colocado entre la primera y la segunda capa de pintura, cumple la función de ser un agente anticorrosivo y de evitar posibles protuberancias en la capa como producto de la contaminación de la misma (conocidas como *ojos de pescado*).

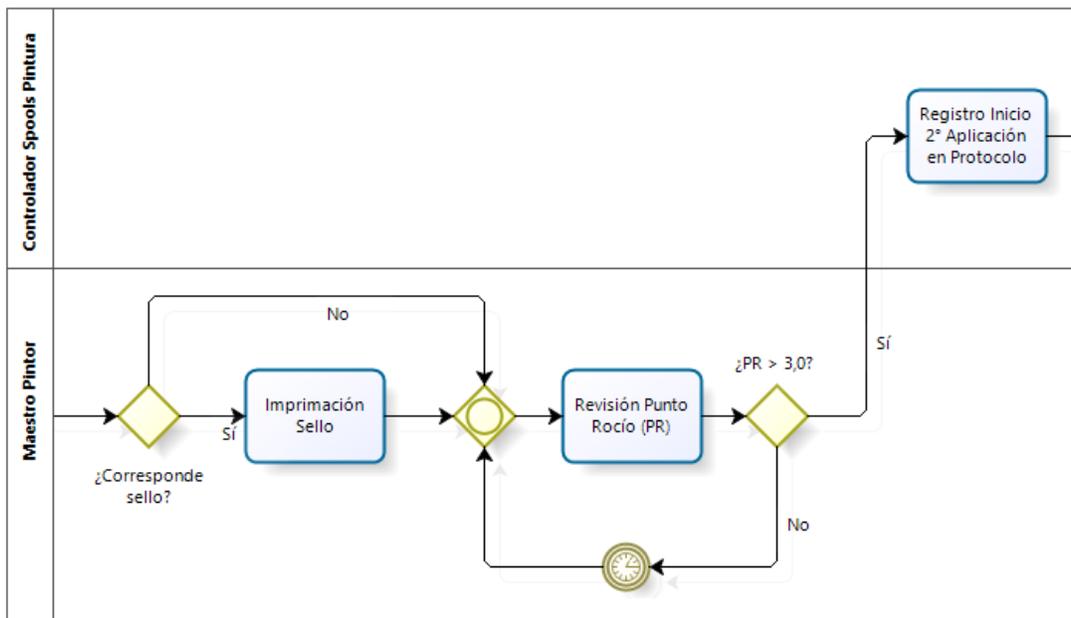


Figura 70: Proceso Revestimiento Exterior de Spools: Segundo Proceso de Seteo Fuente: El autor.

Tras la imprimación del sello (en el caso que corresponda), el Maestro Pintor verifica que las condiciones ambientales sean las adecuadas para la imprimación de la segunda aplicación de pintura. La variable *punto de rocío* es nuevamente controlada y registrada en el documento de protocolo, junto con la hora de inicio de la siguiente aplicación.

- v. El Maestro Pintor procede después a aplicar la segunda capa de pintura en la superficie de la pieza, tras cerciorarse que las condiciones ambientales son las adecuadas para llevar a cabo dicho proceso. Luego, realiza el proceso análogo de control de espesores de la segunda capa de pintura, para luego registrar los valores obtenidos en el documento de protocolo, junto con la hora correspondiente de término de la segunda aplicación de pintura.

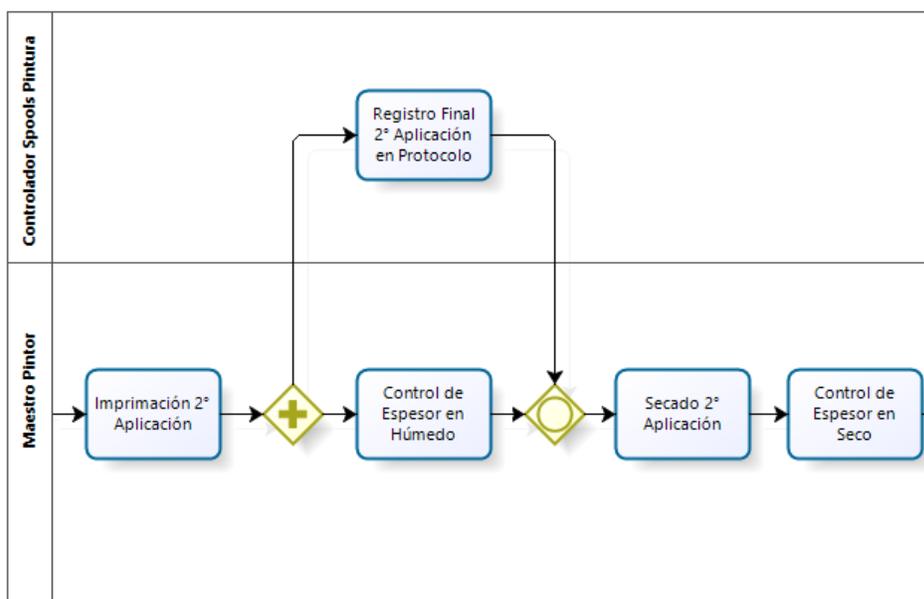


Figura 71: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Segunda Aplicación de Pintura. Fuente: El autor.

- vi. Tras el secado de la segunda aplicación, el Maestro Pintor procede a aplicar la siguiente capa de pintura. Dependiendo de las especificaciones técnicas acordadas de antemano por el cliente, un spool puede llevar tres o cuatro capas de pintura. Este proceso es análogo al de las aplicaciones anteriores: se verifican previamente que las condiciones ambientales sean adecuadas, para luego llevar a cabo el proceso de pintado de la pieza. Posteriormente, se registra la hora de término de la aplicación de la capa de pintura, para luego controlar el espesor de la aplicación correspondiente. Finalmente, y tras el secado de la última capa de pintura, el *Protocolo de Pintura* es archivado, el cual luego será recogido por el Supervisor de Revestimiento. Previamente se obtiene una copia de dicho documento, para luego ser enviada físicamente al Inspector de Control de Calidad, quien procederá después a realizar una inspección de las piezas a liberar.

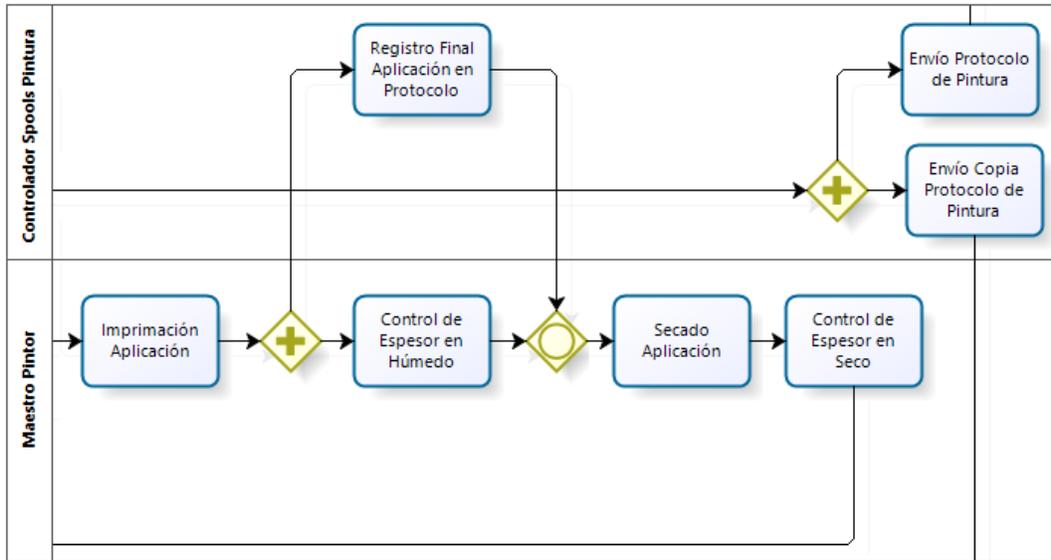


Figura 72: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Aplicación Final de Pintura. Fuente: El autor.

Luego, el Supervisor de Revestimiento envía la copia original del *Protocolo de Pintura* al Capataz de Revestimiento, quien archiva dicho documento y registra en una planilla compartida vía Intranet (de acceso restringido) los spools que ya fueron pintados y están, por ende, en vías de liberación. Dicha información la recoge el Encargado de Control de Producción, quien actualiza el estado de los spools en el sistema.

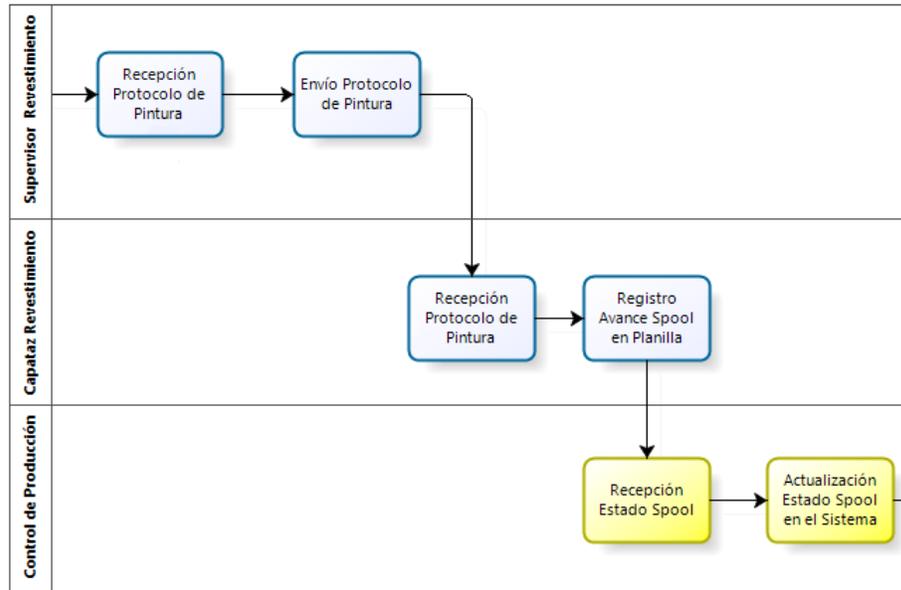


Figura 73: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Actualización Estado Spools. Fuente: El autor.

vii. Tras la verificación de los registros del documento de protocolo, el Inspector de Control de Calidad procede a inspeccionar los spools pintados. Dicho procedimiento contempla tres controles distintos:

- Control visual: se verifica que la superficie de la pieza tenga una terminación uniforme y libre de discontinuidades en el recubrimiento.
- Control de espesores: para corroborar la validez de la medición de espesores efectuada por el Maestro Pintor, el inspector procede a medir el espesor final del recubrimiento.
- Control de adherencia: a través de esta prueba se verifica la resistencia al desprendimiento del recubrimiento aplicado.

Los dos primeros controles se efectúan de acuerdo a lo establecido en la norma **SSPC-PA2**, procedimiento para determinar la conformidad con los requisitos de espesor seco del recubrimiento, mientras que el tercer control se efectúa de acuerdo al estándar **ASTM D4541**, método que mide la resistencia al desprendimiento de recubrimientos.

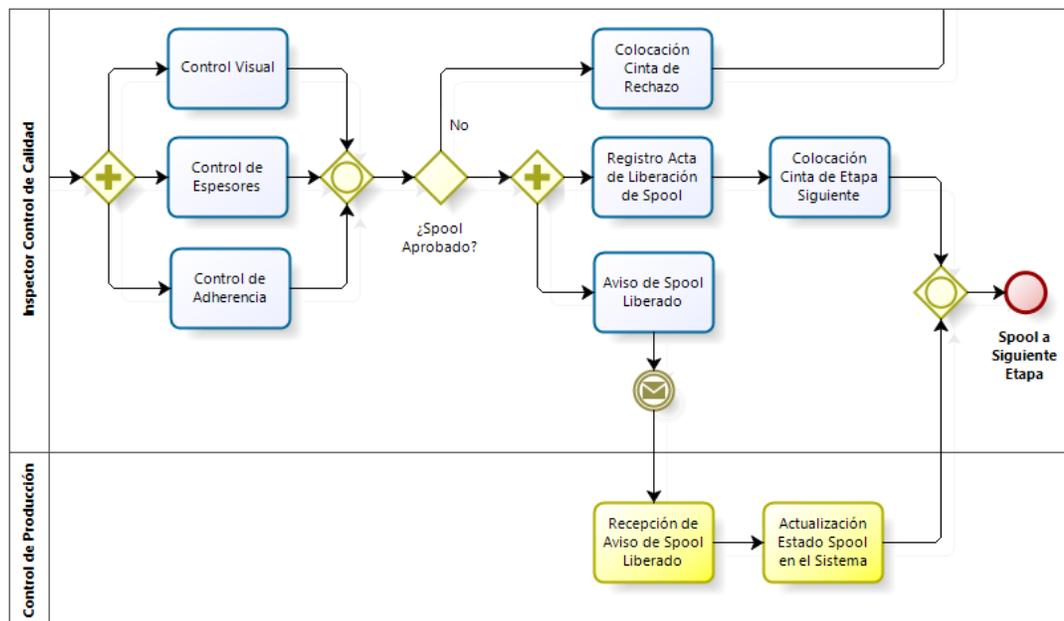


Figura 74: Proceso de Revestimiento Exterior de Spools: Inspección y Liberación de Spools. Fuente: El autor.

Tras la realización de la inspección, el Inspector determinará finalmente si un spool es liberado o no. En caso de no ser aprobado el spool examinado, se indica el motivo del rechazo correspondiente para su posterior reparación o reproceso. Para oficializar el rechazo, el inspector procede a colocar una *cinta de rechazo* en la superficie de la pieza.

Finalmente, todo spool aprobado por el Inspector de Calidad es registrado en un documento llamado *Acta de Liberación de Spools*, el cual certifica la liberación de un spool por parte del Departamento de Control de Calidad. Adicionalmente, el inspector procede a colocar una en la superficie de la pieza, la cual indica que el spool está listo para ser inspeccionado por el Inspector Cliente. Tras la liberación final, el spool finalmente está listo para ser despachado.

Por otra parte, el Inspector de Control de Calidad informa vía correo electrónico el listado de spools liberados. Entre los destinatarios de dicho correo están:

- La Jefatura del Departamento de Logística, encargada de gestionar y coordinar las actividades relacionadas con el embalaje y posterior envío de piezas fabricadas al respectivo cliente.
- El Encargado de Control de Producción, encargado de actualizar el estado de los spools en el sistema de control de producción, indicando que las piezas ya están fabricadas y pendientes para despacho.
- El Asistente de Control de Producción, encargado de liberar las piezas en el sistema **BES**.

De esta manera se da por finalizado el ciclo de producción de spools.

4.6. Sistema de Información de Producción

4.6.1. Estructura Actual del Sistema

El actual sistema de información del ciclo de producción, conocido como BES, está compuesto por un total de siete módulos que participan en la ejecución de determinadas etapas del ciclo de trabajo. Cada módulo cuenta, adicionalmente, con operaciones relacionadas con emisión de información y/o modificación de datos en línea.

A cada spool presente en alguna etapa del ciclo del sistema se le asocia un código de status, el cual indica en qué etapa del sistema está (y el estado en el cual se encuentra). Sin embargo, aquello no asegura necesariamente que el spool se encuentre físicamente en la etapa de producción que indica el sistema BES. Se atenderá este último punto con más detalle en el punto 4.6.2.8.

4.6.1.1. Módulo Ingreso de Proyecto

Módulo en donde se registran los proyectos nuevos en el sistema. El encargado de llevar a cabo este proceso es el Administrador de Contratos a cargo del proyecto. Tras la creación del nuevo proyecto, el sistema envía automáticamente una notificación vía mail a una lista predeterminada de usuarios. En dicha lista están incluidos los altos administrativos y los supervisores de los procesos del ciclo de producción.

4.6.1.2. Módulo Detallamiento de Spool

Módulo en donde el Encargado de Planificación realiza en el sistema la carga masiva de las datas generadas por el Departamento de Ingeniería. En caso de existir errores en la información asociada a cada spool, se pueden realizar modificaciones a las datas cargadas a través de este módulo.

4.6.1.3. Módulo Control Documental

En este módulo es posible modificar el status de los spools en el sistema, después de haber sido ingresados al sistema. Además, es posible también monitorear para cada proyecto el estado actual en el sistema de los planos isométricos.

4.6.1.4. Módulo Control de Materiales

Módulo en donde el Encargado de Control de Materiales carga los códigos de los materiales obtenidos del sistema **SAP**. Este paso es previo a la posterior generación de las órdenes de fabricación por parte del Encargado de Planificación. En este módulo además se pueden emitir, para cada proyecto, reportes del conjunto de materiales que están en stock y de los materiales faltantes.

4.6.1.5. Módulo Planificación

Este módulo es el que presenta un alto nivel de uso en **BES**, a pesar de ser solamente ocupado por el Encargado de Planificación. A través de este módulo el Encargado de Planificación puede revisar qué spools pueden ser enviados al Área de Producción para su posterior fabricación. Para que un spool esté en condiciones de estar disponible para ser fabricado tiene que contar con los materiales correctamente asignados y con toda la información proveniente de las datas de ingeniería generadas anteriormente.

La ejecución de esta operación genera un código llamado *Orden de Fabricación (OF)*, el cual se asocia a un conjunto de spools de un proyecto en particular que será enviado al Área de Producción para su posterior fabricación. Junto con este proceso son emitidos los listados de fabricación, los cuales serán posteriormente enviados a las jefaturas del Área de Producción y al Departamento de Control de Calidad.

4.6.1.6. Módulo Producción

Módulo en donde se llevan a cabo los registros de las actividades realizadas tanto en el Departamento de Producción Maestranza (fabricación del spool) como en el Departamento de Producción Revestimiento (recubrimiento interno y/o externo del spool). Las cuatro actividades de este módulo que pertenecen al ciclo de trabajo del spool son las mencionadas a continuación:

- Registro de Armado
- Registro de Soldadura
- Registro de Revestimiento Interior
- Registro de Revestimiento Exterior

En términos generales, para cada una de estas operaciones se registra el nombre de usuario del maestro a cargo del proceso, la correspondiente fecha de ejecución de dicho proceso y la magnitud de la correspondiente unidad de medida del spool, entre otros campos.

4.6.1.7. Módulo Control de Calidad

Módulo en donde se llevan a cabo los registros de las inspecciones del Departamento de Control Calidad, realizadas al final de cada etapa de fabricación del spool. En particular, para cada una de las cuatro actividades mencionadas en el módulo de Producción existe una operación contraparte del Departamento de Control de Calidad, en la cual se lleva a cabo el proceso de aprobación (o rechazo) del traspaso de un spool de una etapa a otra. Dichas actividades son las siguientes:

- Control de Armado
- Ingreso de Control de Calidad Soldadura
- Ingreso de Control Revestimiento Interior
- Ingreso de Control Revestimiento Exterior

De manera adicional a estas cuatro operaciones, existen dos etapas de liberación post fabricación del spool, las cuales son las siguientes:

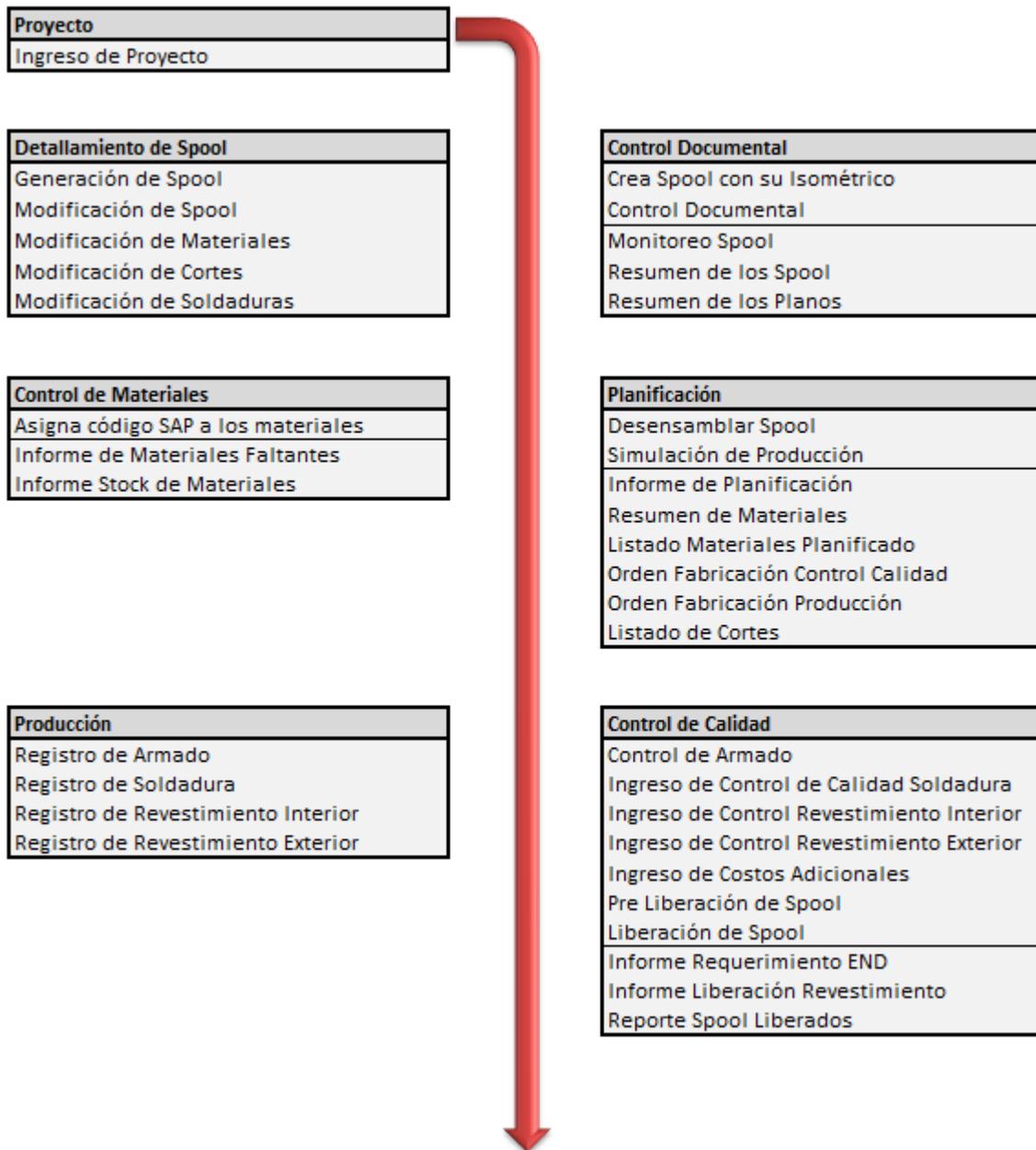
- Pre Liberación de Spool

Estado en el cual los spools fabricados son revisados por el inspector de la empresa cliente. Tras la revisión, él se encargará de validar la liberación final de cada una de las piezas.

- Liberación de Spool

Estado en el cual se encuentran los spools fabricados que han sido liberados por el inspector de la empresa cliente. Tras la ejecución de esta operación, los spools liberados están preparados para ser liberados en el sistema comercial **SAP**, antes de ser despachados.

Cabe destacar además que en cada etapa de liberación de piezas se tiene que emitir un reporte que indica la liberación de un spool de una determinada etapa. Debido a lo anterior, este módulo cuenta con operaciones que emiten para cada respectiva etapa los reportes de liberación que indican las piezas aprobadas para su envío hacia la siguiente etapa del ciclo.



*Figura 75: Estructura Actual del Sistema de Información BES
Fuente: El autor.*

4.6.2. Principales Problemas y Falencias del Sistema

4.6.2.1. Módulo Ingreso de Proyecto

- i. El actual módulo de ingreso de proyectos del sistema BES no rescata información importante con respecto a los aspectos principales de los procedimientos de fabricación para cada proyecto:

- Norma de Fabricación

Este aspecto es fundamental para el desarrollo de un proyecto, pues determina no solamente los procedimientos de la fabricación de spools y tuberías, sino que además determina los requerimientos de control de calidad de las piezas fabricadas y los parámetros a considerar para cada tipo de ensayo efectuado.

Es fundamental dejar la trazabilidad del tipo de norma aplicada para cada proyecto desde la creación del proyecto en el sistema, lo cual contribuirá a una mejor planificación de las actividades por parte del Departamento de Control de Calidad para cada proyecto, más aun considerando que el cliente determina de antemano la norma de fabricación.

- Ensayos No Destructivos (END)

Otro parámetro fundamental a determinar al momento de registrar un nuevo proyecto en el sistema es indicar los END requeridos para cada proyecto, así como el porcentaje de ensayos exigido para la ejecución de los procedimientos por parte del Departamento de Control de Calidad. No solamente el contar con la trazabilidad de dicha información permitirá determinar con anticipación la asignación de ensayos para cada spool del proyecto, sino que además permitirá una gestión más eficiente del presupuesto mensual del Departamento de Control de Calidad, considerando que los ensayos radiográficos (RX) son evaluados por una empresa externa, a la cual se le cancelan sus servicios por visita realizada a la planta.

- Pruebas Hidrostáticas (PH)

Dentro de los requerimientos técnicos del proyecto, el cliente puede exigir la realización de pruebas hidrostáticas. Dependiendo del proyecto, un cierto porcentaje de piezas podrían o no ser sometidas a esta prueba. Este aspecto no fue considerado en el diseño de la estructura del sistema, por lo cual es importante incluir esta información al comienzo del proyecto.

- Tipo de Marcaje

Al igual que la realización de las pruebas hidrostáticas, en ninguna parte del sistema se establece el tipo de marcaje de los spools que exige de antemano el cliente para la realización de un determinado proyecto. Es importante incluir este dato en esta etapa, pues la actividad de marcaje es parte del ciclo de fabricación del spool, posterior al proceso de ejecución de las uniones de soldaduras de la pieza.

- ii. Se tiene que formalizar en la etapa de ingreso de proyectos la creación en el sistema de una bodega adicional para productos terminados. En la actualidad un spool al momento de ser liberado ingresa a la bodega original del proyecto, lo cual genera confusiones al momento de determinar el material que está disponible y el que ya fue consumido. Para evitar lo anterior, se llevaría a cabo la creación de una tercera bodega en el sistema **SAP** para el ingreso de spools fabricados, estableciéndose en esta etapa el enlace entre ambos sistemas para la posterior liberación de spools del Área de Producción.

4.6.2.2. Módulo Detallamiento de Spool

Este módulo en la actualidad funciona sin inconvenientes. Por otra parte, no requiere hasta la fecha la inclusión de operaciones adicionales.

4.6.2.3. Módulo Control Documental

Este módulo en la actualidad funciona sin inconvenientes. Por otra parte, no requiere hasta la fecha la inclusión de operaciones adicionales.

4.6.2.4. Módulo Control de Materiales

El proceso de corte de materiales, gestionado por el Departamento de Control de Materiales, no está incluido en el sistema **BES**. Por ende, no existe trazabilidad en el sistema sobre las actividades realizadas en esta etapa del ciclo productivo. De acuerdo al modelamiento analizado en el subcapítulo 4.5.2, este proceso se gestiona de manera externa al sistema.

La creación de un módulo que registre las actividades del proceso de corte permitirá al Departamento de Control de Materiales llevar a cabo los siguientes controles:

- Gestión de rendimiento del proceso de corte de materiales, permitiendo la posterior creación de indicadores de rendimiento y una evaluación más eficaz de cada Maestro de Corte.
- Estimación de los intervalos de tiempo del proceso de corte de materiales, en base al tamaño y tipo del material cortado. Este punto en particular contribuiría a una mejor planificación de la producción por parte del Departamento de Producción Maestranza, dado que este proceso antecede a la fabricación de spools.
- Asignación de los códigos de colada (HT) a cada material en el software **BES**, permitiendo de esta manera que la trazabilidad de un spool en la base de datos del sistema pueda ser realizada también sobre el conjunto de materiales que lo componen.

4.6.2.5. Módulo Planificación

- i. Al momento de revisar los spools que están listos para ser planificados, si hay un conjunto de materiales que está disponible solamente para la fabricación de un subconjunto de dichos spools, el sistema indica de todos modos que se puede planificar la fabricación de todas las piezas. Es decir, el software tiene problemas en la lectura del stock parcial al momento de simular la producción en el sistema.
- ii. Agregar en los reportes de listados de materiales una columna que indique el código del material asignado por el sistema SAP.

4.6.2.6. Módulo Producción

- i. No existe un módulo u operación en el sistema que permita a la Jefatura del Área de Producción Maestranza contar con una visión macro del estado de avance de un determinado proyecto, en base al status en el sistema de los spools. Esta opción permitiría una planificación de producción más anticipada.
- ii. En la operación *Registro de Armado* el llenado de la información requiere un uso adicional de tiempo, debido a que se registra el nombre del Maestro Armador (y la correspondiente fecha de armado) unión por unión, siendo que usualmente es solamente un Maestro Armador el que está a cargo de armar una pieza, realizando la actividad completa dentro del mismo día.
- iii. En el sistema **BES** no se cuenta con una plataforma que entregue la información histórica consolidada sobre el rendimiento de los procesos de soldadura para un determinado proyecto. Este aspecto es crítico dentro de la gestión de planificación de la planta por parte de la Jefatura del Departamento de Producción Maestranza, pues el contar con la información sobre el rendimiento de cada Maestro Soldador es fundamental para la asignación de cada trabajador al proceso de soldadura de un subconjunto de uniones un determinado spool, lo cual dependerá también del tipo de proceso de soldadura asociado (y su complejidad).
- iv. Para cada trabajador del Área de Producción Maestranza, sea Maestro Armador o Maestro Soldador, es importante que en el sistema aparezca de antemano si pertenece a una empresa contratista o es parte de la misma planta.
- v. En la data que se carga al sistema no aparecen ciertas descripciones necesarias para la planificación que lleva a cabo la Jefatura del Departamento de Producción Revestimiento, tales como:
 - Espesor y dureza de caucho requeridas por el cliente.
 - Esquema requerido de pintura, y número de aplicaciones.

Esta información aparece en las especificaciones técnicas del proyecto y en los correspondientes planos isométricos, pero no ha aparecido hasta la fecha especificada en el sistema.

4.6.2.7. Módulo Control de Calidad

- i. No aparece de antemano como dato el *Schedule* (SCH) de cada spool en la interfaz del sistema **BES**. Esta información es fundamental para la posterior confección del documento *Requerimiento de Ensayos No Destructivos* que emite el Supervisor de Ensayos No Destructivos (END) del Departamento de Control de Calidad. De igual manera es importante que se incluya además el tipo de fluido y la clasificación de la cañería.
- ii. Cuando a una unión de un determinado spool no se le asigna un ensayo, y por defecto se le asocia una inspección visual (VT), se tienen que completar de igual manera los cuatro campos (por cada unión) que exige la operación *Control de Calidad Soldadura*. Además todos los campos tienen que ser completados para que el spool pueda ser avanzado en el sistema.
- iii. En la operación *Control de Calidad Soldadura* a cada unión ensayada se le asigna un estado de resultado (“Aprobado” o “Rechazado”). Sin embargo, no existe como opción un estado intermedio que indique que el spool ya fue sometido a END, y que está a la espera de los resultados de la evaluación. Este aspecto es muy importante, pues se podría cometer el error de avanzar un spool a la siguiente etapa que aún está pendiente.
- iv. En la operación *Control de Calidad Soldadura* no se indica en la información de los spools que ingresan a esta etapa si el ingreso es por primera vez o es debido a la reparación de una unión de soldadura previamente rechazada. Este aspecto no es menor, pues el tratamiento para cada spool es diferente en cada caso.
- v. El Departamento de Control de Calidad, al igual que la Jefatura del Departamento de Producción Maestranza, ha indicado la ausencia en el sistema **BES** de una plataforma que entregue a modo de reporte la información histórica consolidada sobre el rendimiento de los procesos de soldadura para un determinado proyecto. En base a esta información, el Supervisor de Ensayos No Destructivos determina las uniones soldadas que contarán con una mayor probabilidad de ser sometidas a END, si es que las especificaciones técnicas de un determinado proyecto exigen un porcentaje de ensayos inferior al 100%.
- vi. En el módulo no es posible realizar un seguimiento de los spools de un determinado proyecto que ya fueron avanzados hacia la siguiente etapa, debido a que dichos spools ya no permanecen visibles en el módulo. Es importante tener en cuenta esta consideración, debido a que existe información correspondiente a los resultados del proceso de END que tiene

que ser ingresada por el Supervisor de Ensayos No Destructivos, y que está disponible al menos una semana después de la realización de los END (como por ejemplo, el número de informe que emite la entidad encargada de los ensayos). El no poder realizar las modificaciones en el sistema en etapas posteriores dificulta la trazabilidad de la información del proyecto al momento de confeccionar el correspondiente *dossier*.

- vii. No existe un módulo u operación que permita registrar la trazabilidad de los ensayos de Pruebas Hidrostáticas (PH). Es importante registrar los spools que fueron asignados, pues dependiendo de los requerimientos de cada proyecto es el porcentaje de piezas que tendrán que ser sometidas a este tipo de ensayo. Por otra parte, se tiene que respaldar la realización de estas pruebas al momento de confeccionar el dossier del proyecto.
- viii. De acuerdo a los requerimientos del Departamento de Control de Calidad, los reportes de *Requerimiento de Ensayos No Destructivos* que pueden ser emitidos a través del sistema **BES** no cuentan con el formato estético adecuado, además de omitir algunos campos necesarios para la confección de dicho reporte. Por esta razón, estos informes son generados de manera externa.

4.6.2.8. Consideraciones Adicionales

- i. La llave maestra para la consulta de datos tiene que ser el código de *Nota de Venta (NV)* del proyecto y no el correlativo del mismo en el sistema, **excepto** para las operaciones en donde se necesite consultar algún registro en base al código de *Orden de Fabricación (OF)*. El código de Nota de Venta es la referencia que todos los trabajadores de la compañía utilizan para la trazabilidad del proyecto, ya sea en todos los documentos y controles utilizados en los distintos procesos como en el registro físico realizado en los spools.
- ii. Las deficiencias que han afectado el nivel de usabilidad del sistema han originado no solamente que varios controles y reportes se lleven a cabo de manera externa al sistema, sino que además los avances de spools en el sistema no siempre se lleven a cabo a la par con el avance físico de las piezas de una etapa a otra.

Capítulo 5

Propuesta de Diseño del Nuevo Sistema

En el presente capítulo se abordarán todos los detalles de la propuesta de diseño del nuevo sistema de información de la planta productiva. Este diseño es el resultado de los exhaustivos análisis de los procesos productivos y de los sistemas de soporte participantes, sumado al estudio y modelamiento del ciclo productivo y de sus etapas. Sin embargo, el factor crucial en el desarrollo de este proyecto ha sido el levantamiento y entendimiento de todas las necesidades y requerimientos de cada uno de los actores claves del ciclo productivo, en conjunto con el equipo de trabajo **Spool Machine**.

Parte importante del trabajo que hubo detrás de esta propuesta de rediseño se realizó en conjunto con el equipo de trabajo **Spool Machine**, el cual fue organizado por el Gerente General de la compañía, en base a los conocimientos y a la incidencia de cada uno de sus integrantes en esta etapa de reingeniería de la compañía. Según la definición sugerida por Santiago Aguirre Mayorga (subcapítulo 3.1), dicho equipo es definido como un *equipo de mejoramiento*, a cargo de encabezar y coordinar el proceso de levantamiento y rediseño del actual sistema de información del Área de Producción.

La labor realizada junto a los integrantes del equipo fue fundamental para especificar el conjunto de requerimientos por parte de los participantes claves del ciclo de trabajo, mediante la realización de *focus group* y talleres de trabajo. Dichos participantes son definidos como los trabajadores que realizan determinados procesos que requieren la interacción con algún sistema de información, tanto para la consulta de información como para el ingreso y modificación de datos.

Sin embargo, y con el objetivo de tener una visión más aterrizada y a escala sobre los potenciales alcances del rediseño a proponer, se decidió realizar en primera instancia la etapa de diseño e implementación de dos sistemas prototipos, atendiendo a un subconjunto de requerimientos y necesidades levantadas de determinados procesos del ciclo productivo. Cada prototipo tiene la finalidad de mejorar la eficiencia y control del respectivo proceso abordado. En particular, se diseñó un sistema para monitorear el rendimiento de los soldadores de la planta de fabricación y, finalmente, un panel de control para la supervisión de proyectos.

5.1. Proyecto Piloto: Sistema de Control de Rendimientos de Soldadores

5.1.1. Introducción

Con el objetivo de tener una visión más aterrizada y a escala sobre los potenciales alcances del nuevo diseño propuesto, se decidió llevar a cabo el diseño e implementación de un sistema de control de los rendimientos de los soldadores de la empresa. Este trabajo ha facilitado la gestión del Departamento de Producción Maestranza con respecto a la toma de decisiones de planificación de trabajo y del personal de la planta.

Este ámbito es considerado como crítico dentro del Departamento de Producción Maestranza, debido a que no había existido hasta la fecha una gestión detallada y precisa sobre la información generada diariamente en la planta de fabricación. Si bien el Departamento de Control de Calidad era el principal responsable de generar reportes estadísticos sobre el rendimiento de los soldadores (por proyecto), el Departamento de Producción Maestranza tenía una alta dependencia de estos informes, los cuales no siempre contaban con toda la información necesaria que requería el Departamento de Producción Maestranza para su gestión interna (lo cual, a su vez, dificultaba la transparencia y el nivel de detalle del proceso mismo). Por otra parte, tampoco existía un sistema de control interno que registrara y midiera los rendimientos de los soldadores y que, por ende, permitiera validar o refutar los resultados de los informes.

5.1.2. Marco Teórico

Dado que un spool está compuesto por un conjunto de una o más cañerías, sumado a uno o más *fittings*, se requieren uniones de soldadura para unir estos accesorios metálicos, con la finalidad de asegurar la rigidez de la pieza. El *cordón de soldadura* corresponde al resultado del proceso de soldadura, producto de la fusión entre las piezas metálicas y el material de aportación de la soldadura misma. Dicho cordón posee tres secciones bastante diferenciadas [33]:

- a) Zona de soldadura: sector formado por el metal de aportación de la soldadura.
- b) Zona de penetración: sector del material base que fue fundido en el proceso.
- c) Zona de transición: sector próximo a la zona de penetración y libre de fusión, aunque no ajena a los efectos de tensión producto de la exposición a las altas temperaturas del proceso de soldadura.

Por otra parte, existen diversas variables (tales como el tipo de material y la posición geométrica relativa de las piezas a soldar) que determinarán el tipo de unión a realizar. La norma vigente con la cual usualmente trabaja la compañía en la mayoría de los proyectos es la norma **ASME B31.3**, la cual determina todas las condiciones y calificaciones necesarias para llevar a cabo un proceso de soldadura en particular. Cabe destacar que la norma para cada proyecto la determina de antemano el cliente.

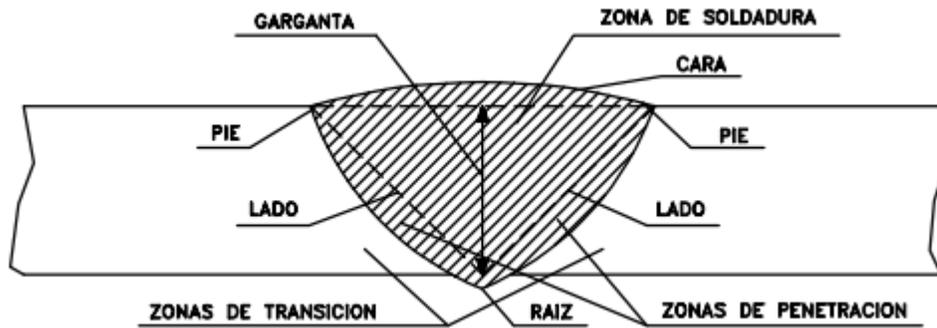


Figura 76: Partes del cordón de soldadura.

Fuente: Félix Gómez de León, Antonio González Carpena. *Apuntes de Curso “Resistencia de Materiales y Cálculo de Estructuras”*. Universidad de Murcia, España.

Un proceso de soldadura, sin embargo, no está exento de discontinuidades. Cuando dichas eventualidades son críticas, excediendo un determinado criterio de aceptación de discontinuidades (según la norma vigente), se habla de una *imperfección de soldadura*. Dichas imperfecciones son detectadas principalmente gracias a los denominados *Ensayos No Destructivos (END)*, exámenes necesarios para determinar la calidad y eficacia del cordón de soldadura. Incluso cuando una imperfección es demasiado evidente, ésta puede ser detectada incluso mediante una inspección visual. De todos modos, en caso de detectarse un defecto éste debe ser reparado y, tras dicho proceso, sujeto nuevamente a exámenes y ensayos. Los END más utilizados (tanto en la empresa como en la industria en general) para la detección de imperfecciones en las soldaduras son los siguientes [34]:

- a) Ensayo Visual (VT): proceso de inspección visual por parte de personal calificado y certificado, con los implementos necesarios para la revisión de los aspectos físicos del cordón de soldadura (estado, dimensión, longitud, etc.). Como este tipo de examen verifica imperfecciones superficiales principalmente, este tipo de ensayos tiene que ser complementado con otros tipos de END adicionales.
- b) Radiografía (RX): este tipo de examen, dada la propiedad de los rayos gamma de atravesar una amplia gama de materiales, permite inspeccionar de manera interna el cordón de soldadura examinado. Por otra parte, los defectos absorben en distinta proporción la radiación, lo cual permite la generación de contrastes “claro-oscuro”, fácilmente identificables en la lectura de placas. Las discontinuidades más comunes detectadas a través de este examen son las porosidades, cavidades, sectores con falta (o exceso) de fusión, inclusiones sólidas de escoria y sectores con falta de fusión.
- c) Líquidos Penetrantes (PT): examen utilizado para la detección de defectos en metales sólidos libres de poros, tales como el acero inoxidable. Basado en el principio de la *capilaridad*, este ensayo permite detectar fácilmente las discontinuidades, debido a que dichas fisuras retienen los líquidos vertidos.

d) Partículas Magnéticas (MT): examen utilizado principalmente para piezas de material ferromagnético, el cual consiste en someter el cordón de soldadura a un flujo magnético, para luego esparcir sobre la zona partículas finas de material ferromagnético. Las discontinuidades *perpendiculares* al sentido del campo magnético son detectadas por este ensayo, al momento de visualizar cómo son las partículas ferromagnéticas atraídas al metal.

END	Código	Discontinuidades detectadas
Inspección Visual	VT	Concavidad Grietas Porosidad Socavadura Falta de fusión
Radiografía	RX	Exceso de penetración Socavadura Grietas Porosidad Inclusiones
Líquidos Penetrantes	PT	Socavadura Grietas
Partículas Magnéticas	MT	Socavadura Grietas

*Figura 77: Tabla de Ensayos END y posibles discontinuidades.
Fuente: Paola Ruiz Rojas. “Calidad en la Soldadura: Inspección y Detección con Ensayos No Destructivos”. Revista Metal Actual, Colombia.*

Tal cual muestra la Figura 77, dependiendo del tipo de examen realizado son los posibles defectos que se pueden hallar tras la realización de los END correspondientes. Todos los ensayos anteriormente especificados son realizados por FASTPACK S.A., encargados a un ente externo que trabaja en las dependencias de la empresa.

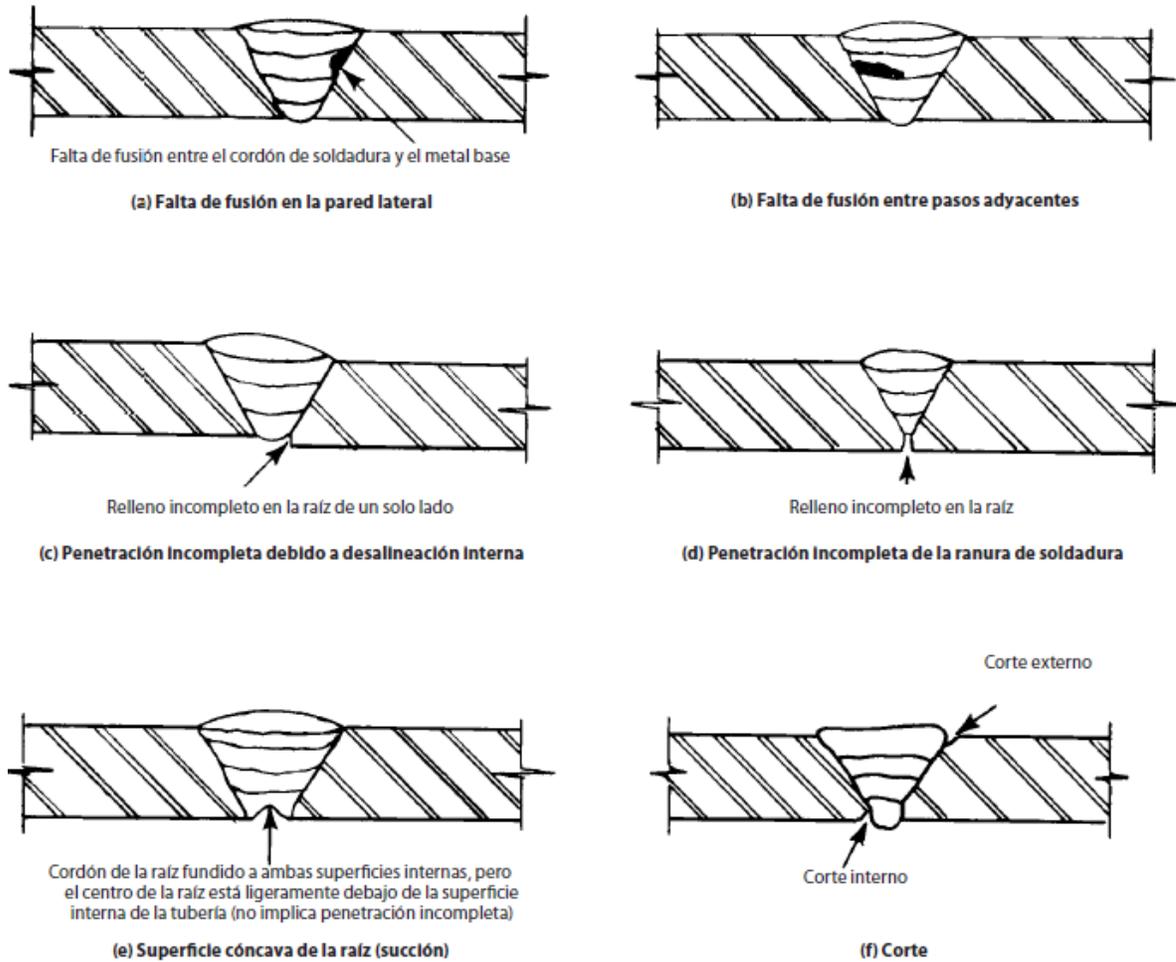


Figura 78: Imperfecciones típicas de soldadura.
Fuente: ASME B31.3-2010. The American Society of Mechanical Engineers (ASME)

El rendimiento de un soldador en la empresa se determina en base a las uniones soldadas de un spool. Para determinar formalmente dicho rendimiento se definen tres parámetros de control:

i. Uniones totales soldadas (UT)

Corresponde a la cantidad de uniones designadas a un soldador en particular, permitiendo la distinción de determinar el tipo de unión designada y el spool al cual corresponde la unión designada. El control de esta información se lleva a cabo en el sistema de control de producción de la compañía, BES, y dicha base de datos la alimenta directamente el Departamento de Control de Producción en base a los registros físicos de uniones soldadas que reciben directamente de los capataces de la planta de Maestranza.

ii. Uniones totales ensayadas (UEND)

Corresponde a la cantidad de uniones soldadas que, dependiendo principalmente del requerimiento del cliente en las especificaciones técnicas estipuladas de antemano, son sometidas a Ensayos No Destructivos (END). Los dos principales END realizados en la empresa (y controlados en este proyecto) son los ensayos de *radiografías* (RX) y los ensayos con *líquidos penetrantes* (PT), ya explicados anteriormente. Ambos tipos de ensayos son utilizados con la finalidad de detectar fallas o discontinuidades en las superficies de las uniones soldadas, y su asignación dependerá principalmente del tipo de unión soldada. Dependiendo de las especificaciones técnicas de cada tipo de proyecto, será ensayado un cierto porcentaje de las uniones (por norma ASME B31.3, inciso 341.4.1, se debe inspeccionar como mínimo un 5% del total de las uniones soldadas).

iii. Uniones totales rechazadas (URECH)

Corresponde a la cantidad de uniones soldadas que fueron rechazadas tras la ejecución de los ensayos no destructivos. Los resultados de dichos exámenes son emitidos por un laboratorio externo, y corroborados por el supervisor certificado del Departamento de Control de Calidad. Por norma ASME B31.3, inciso 341.3.4, existen dos acciones a tomar dependiendo del requerimiento de END exigido por el cliente:

- Inspección END al 100%: en caso de detectarse un rechazo (asignado a un soldador específico), se tiene que reparar la unión con el desperfecto, para luego constatar la reparación mediante el END aplicado anteriormente.
- Inspección END Random (<100%): en caso de detectarse un rechazo (asignado a un soldador específico), antes de enviar la unión defectuosa a ser reparada se tienen que ensayar dos uniones adicionales de igual o similar tipo a la unión rechazada, y que hayan sido soldadas por el mismo soldador. En caso que dichas uniones adicionales salgan aprobadas, se puede recién enviar a reparar la unión rechazada en un comienzo.

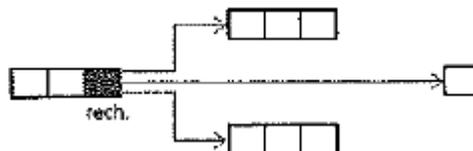


Figura 79: Primera Instancia de Rechazo END Random (<100%).
Fuente: Departamento de Control de Calidad FASTPACK S.A.

Sin embargo, si alguna de las uniones adicionales es rechazada por el END aplicado, entonces se debe efectuar el mismo proceso de selección de muestras adicionales para someterlas a ensayos (sin enviar aún la unión original rechazada a reparar). En caso que las uniones adicionales en el segundo proceso salgan aprobadas, se puede recién enviar a reparar las dos uniones rechazadas.

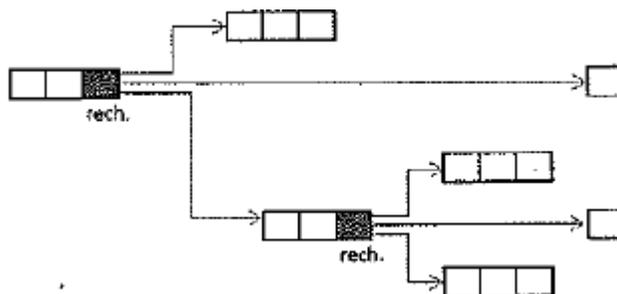


Figura 80: Segunda Instancia de Rechazo END Random (<100%).
Fuente: Departamento de Control de Calidad FASTPACK S.A.

En el caso que se detecte y rechace una tercera unión defectuosa, todas las soldaduras efectuadas por el soldador involucrado deben ser eliminadas, las cuales tendrán que ser ejecutadas por otro profesional calificado. El soldador original, por su parte, tendrá que ser sacado del proyecto al cual corresponda la pieza examinada.

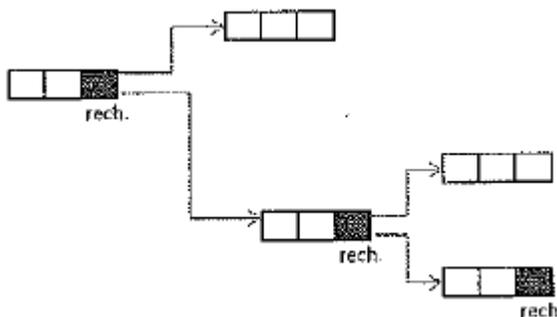


Figura 81: Tercera Instancia de Rechazo END Random (<100%).
Fuente: Departamento de Control de Calidad FASTPACK S.A.

Finalmente, se define el porcentaje de rechazo de un soldador en particular como el cociente entre el total de uniones rechazadas y el total de uniones ensayadas:

$$\%_{\text{RECH}} = \frac{\text{URECH}}{\text{UEND}_{\tau}}$$

*Figura 82: Porcentaje o Tasa de Rechazo de un Soldador.
Fuente: Departamento de Control de Calidad FASTPACK S.A.*

El total de uniones ensayadas no considera en su contabilidad las uniones adicionales, debido a que la realización de dichos ensayos forma parte de un procedimiento formal de control de las uniones rechazadas, ajeno al trabajo original de soldadura. La consideración de dichas uniones dentro de las estadísticas distorsionaría los resultados de cada soldador, a su favor.

5.1.3. Justificación del Proyecto

Antiguamente el Departamento de Control de Calidad era el único organismo que llevaba a cabo un registro y control de estadísticas de rechazos, en base a la gestión de su base de datos interna. En dicha base registran las uniones de los spools que son sometidas a ensayos no destructivos, indicando además si cada unión ensayada resultó aprobada o rechazada por el correspondiente END aplicado. Los resultados de los exámenes aplicados son registrados y documentados, catalogados por proyecto y número de requerimiento.

Con respecto a los reportes de estadísticas enviados por el Departamento de Control de Calidad, no todos los reportes seguían el mismo formato de entrega de datos ni la misma periodicidad. Por otra parte, tras un análisis exhaustivo del flujo de información de este control se detectaron las siguientes eventualidades:

- Trazabilidad de la información asociada a las uniones

El registro de las uniones se llevaba a cabo en una base de datos en Microsoft Access, asociando una celda de registro a cada unión ensayada. Dicha celda registraba, entre otros datos, el número de identificación del soldador y la fecha de realización de la soldadura. Suponer que una unión en particular resulta rechazada tras un ensayo. Luego, en la base de datos quedaría registrado de la siguiente manera:

TAG Spool	Unión	FechaSold	Soldador	Observación
XXXX-YY-ZZ	3	25-03-2014	Z02	Rechazada en Requerimiento 71 y 75

Sin embargo, ha habido casos en que, si la reparación de dicha soldadura se lleva a cabo por un soldador que no es necesariamente el que originalmente soldó la unión (y dicha unión reparada es aprobada por el respectivo END), el sistema después ha asignado para las estadísticas el rechazo al soldador que efectuó el trabajo de reparación:

TAG Spool	Unión	FechaSold	Soldador	Observación
XXXX-YY-ZZ	3	25-03-2014	Z08	Rechazada en Requerimiento 71 y 75

Esta situación, si bien no ha ocurrido en más del 20% de los casos, es un factor decisivo cuando a un soldador en particular no se le asignan muchas uniones para soldar en un proyecto, dado que si su número de uniones totales es reducido, las uniones ensayadas también lo serán (y, por ende, es más sensible la variación porcentual tras la adición de una unidad de rechazo a las estadísticas). Este tema no es menor, dado que un soldador podría ser reevaluado (o sacado de un proyecto) si presenta una tasa de rechazo por sobre lo permitido.

Por otra parte, no queda registrada en la base de datos una trazabilidad manejable de manera directa para fines estadísticos sobre la “historia” misma de la unión, como por ejemplo las fechas de reparación y el número de rechazos (en el ejemplo se dio cuenta que se notifican los rechazos, pero no se realiza siguiendo un formato estandarizado).

- Desfase de registros de fechas de soldadura

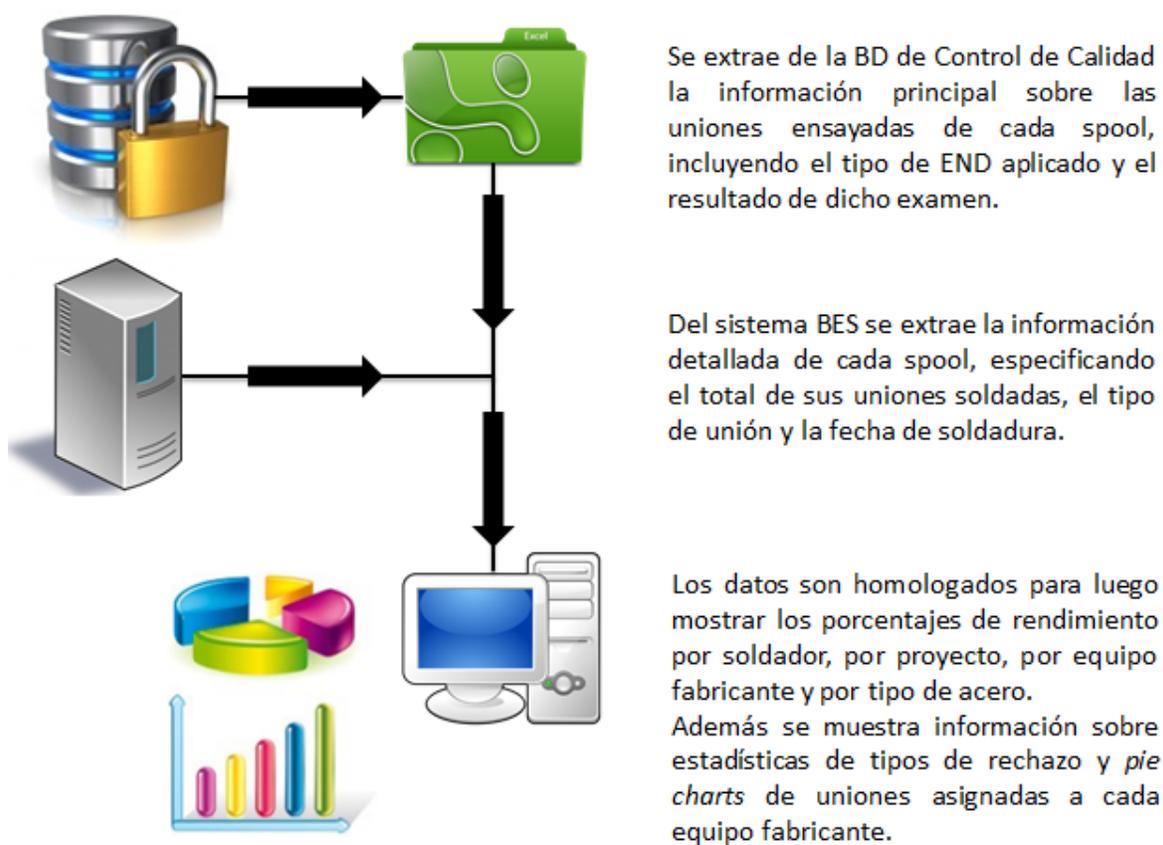
En promedio, existe (y se ha reconocido) un desfase promedio de una semana entre la información de la fecha de soldadura registrada en la base de datos de Control de Calidad y la fecha que aparece en el sistema **BES**, para un código de Nota de Venta (proyecto) en particular. En base a este escenario, si uno quisiera realizar un control mensual de estadísticas de rechazo, podría pensar en primera instancia que tendría que readecuar su intervalo de tiempo y tomar los datos comprendidos entre la primera semana de un cierto mes y la primera semana del siguiente (para así acomodarse al desfase). Sin embargo, el real problema detrás de este asunto es que el valor de la desviación estándar de la misma muestra es, en magnitud, superior al valor del promedio. Por ende, a pesar de realizar un ajuste temporal se podría dejar afuera de la muestra de medición a un número significativo de uniones soldadas.

Por el lado del Departamento de Producción Maestranza, antiguamente se registraban los rechazos obtenidos en una planilla digital, pero sin gestionar dichos datos (funcionaba solamente como un repositorio). La gestión realizada sobre el rendimiento de los soldadores se llevaba a cabo tras conocer los resultados de los reportes que entregaba el Departamento de Control de Calidad, pero sin poder corroborar de alguna manera la veracidad de los datos. Tampoco se podía llevar a cabo un control definido y constante del rendimiento de los soldadores.

Finalmente, para el Departamento de Control de Calidad es de suma importancia el disponer de la información actualizada sobre las uniones soldadas y ensayadas por cada maestro soldador, debido a que el Inspector encargado de gestionar y supervisar el proceso de Ensayos No Destructivos necesita conocer el detalle sobre el rendimiento de cada uno de los soldadores antes de designar las uniones de soldadura que serán enviadas a inspeccionar mediante END.

5.1.4. Proceso de Extracción y Procesamiento de Información

El sistema de control de información propuesto, en términos generales, realiza el rescate de los datos dispersos en las distintas bases donde se encuentra la información necesaria para el control del rendimiento de los soldadores, para luego homologarlos y presentar un panel detallado de rendimiento (por proyecto, por equipo fabricante y por tipo de acero). La Figura 83 muestra el diagrama de funcionamiento del sistema. El punto inicial del rediseño es la accesibilidad a la base de datos del Departamento de Control de Calidad: si bien dicha base es de uso interno (la cual está además en un servidor restringido), actualmente la información de la base de datos es exportada (y catalogada por código de proyecto) a archivos de Microsoft Excel que son depositados en un servidor público. La actualización de dichos archivos se realiza diariamente.



*Figura 83: Diagrama de Sistema de Control de Rendimientos de Soldadores.
Fuente: El autor.*

5.1.5. Resultados de la Implementación de Prueba

Desde la puesta en marcha de este sistema, el Departamento de Producción Maestranza ha reportado los siguientes beneficios:

- Alto nivel de información en el monitoreo del rendimiento de los soldadores.
- La información está disponible y actualizada constantemente.
- El Departamento de Maestranza ya no depende de los informes publicados esporádicamente por el Departamento de Control de Calidad.
- Agilidad en la toma de decisiones al momento de evaluar la continuidad de algún soldador o equipo fabricante en algún proyecto en particular.

Además de los puntos mencionados anteriormente, este sistema ha permitido al jefe de Producción Maestranza tomar mayores precauciones para el cumplimiento mensual de las metas establecidas por el Sistema de Gestión de Calidad de la compañía para las categorías de acero al carbono y acero inoxidable. Dichas metas corresponden a obtener un porcentaje global de rechazos menor a un 3% para acero al carbono y un 1% para acero inoxidable. Luego, al final de la primera semana de cada mes se emite un reporte al Encargado del Sistema de Gestión de Calidad con los resultados obtenidos durante el mes anterior.

Si bien este trabajo ha ayudado a la gestión de un proceso crítico dentro del Departamento de Producción Maestranza, la finalidad de este sistema ha sido levantar las necesidades a nivel de flujo de información de dicho Departamento, y mostrar mediante una aplicación cómo un conjunto de información dispersa puede ser reunida, homologada y mostrada de manera detallada, accesible y entendible para todos los trabajadores de la compañía relacionados directa o indirectamente con este tema. De esta manera, se han ido levantando las necesidades y problemáticas de los otros procesos críticos, para luego detectar los canales de flujo de información involucrados y cómo los datos pueden recuperarse y trabajarse para contribuir finalmente a un proceso de planificación con mayores (y mejores) herramientas de control de gestión e información. De esta manera, finalmente, se tendrá un sistema de información interprocesos más expedito, una planificación de producción más precisa y mejor controlada, lo cual conllevará disminución en los tiempos de producción y, por ende, mayor probabilidad de cumplir con los plazos establecidos con los clientes (primera prioridad de la compañía y de sus dueños).

5.2. Proyecto Piloto: Panel de Control Operacional de Proyectos

5.2.1. Definición del Proyecto

Se destacó en capítulos anteriores la importancia (y la necesidad) de contar con una eficiente trazabilidad en el sistema de los spools y, de esa manera, de los proyectos de la empresa que están actualmente en curso. No solamente es importante que el Área de Producción y los Administradores de Contratos cuenten con una visión nítida del avance de la producción de spools para cada proyecto, sino que es finalmente el cliente el actor que más necesita contar con la claridad en el avance de su proyecto.

En la actualidad cada Administrador de Contratos envía al cliente de manera periódica (o en su defecto, cuando el cliente lo solicite) reportes de estado del avance de su proyecto, en base a la información que cada Administrador recolecta de diversas fuentes de información del Área de Producción, que no siempre coinciden en cuando a las cifras entregadas. Por otra parte, el Encargado del Departamento de Control de Producción lleva a cabo un monitoreo del estado de cada spool en el ciclo productivo, actualizando regularmente su planilla maestra de control de proyectos en el Área de Producción. En base a lo anterior, el presente prototipo consiste en fusionar los requerimientos de información de ambas partes, permitiendo que la información no solamente sea obtenida de manera automatizada y eficiente, sino que además la información mostrada en el panel sea lo suficientemente detallada y de fácil comprensión para el cliente, quien finalmente será quien se alimente de dicha información.

El objetivo del presente trabajo es el diseño (e implementación de prueba) de un panel de monitoreo que muestre información consolidada sobre el estado de avance de un proyecto en el Área de Producción de la compañía. De esta manera se podrá contar con una interfaz que permitirá al usuario obtener los detalles globales sobre el estado de avance de cada proyecto tras el ingreso del código de identificación del proyecto en ella. El planteamiento inicial del diseño comprendió la utilización del sistema de información de producción **BES** para la extracción de la información que posteriormente es procesada y agrupada en distintos cuadros de resultados. El desarrollo de este prototipo fue supervisado y apoyado por el Encargado de Control de Producción y la Jefa del Departamento de Tecnologías de Información.

La forma en la cual se establecen las relaciones entre las clases del sistema es la siguiente: cada proyecto, compuesto por un número determinado de spools, está identificado en el sistema con un código de proyecto distintivo (Nota de Venta). A su vez, cada spool de un determinado proyecto cuenta con un código propio de identificación en el sistema (TAG), sumado a sus características técnicas y físicas propias. Finalmente, en un determinado momento de ejecución del proyecto, a cada spool se le atribuye un estado dentro del ciclo, considerando además la fecha de ingreso a dicho estado.

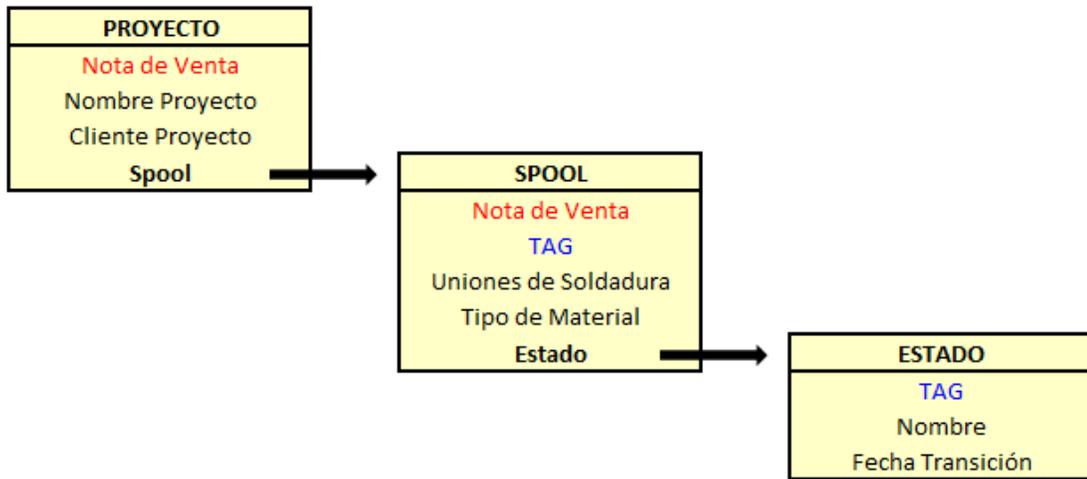
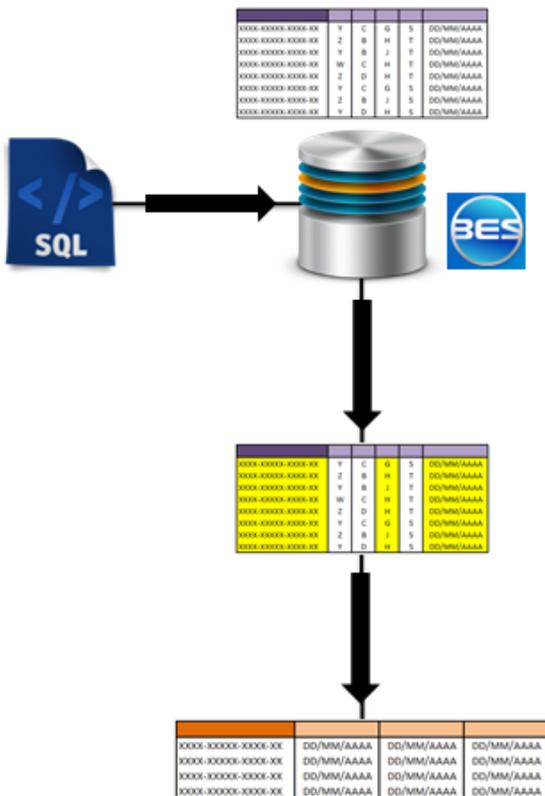


Figura 84: “Panel de Control Operacional de Proyectos: Relaciones entre Clases del Sistema”. Fuente: El autor.

5.2.2. Proceso de Extracción y Procesamiento de Información



El proceso parte por la ejecución de una *query* de SQL que extrae la información necesaria de cada spool, desde la base de datos del sistema **BES**.

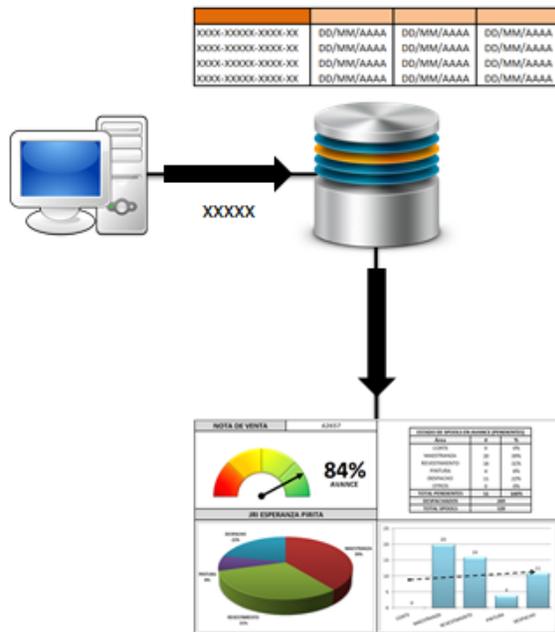
La tabla resultante contiene, entre otros datos, todas las transiciones registradas entre las distintas etapas del proceso productivo para cada spool.

El paso siguiente es el proceso de transformación de dicha tabla en una nueva, la cual muestra en orden cronológico las transiciones de cada spool a través de las distintas etapas del ciclo productivo.

Figura 85: “Panel de Control Operacional de Proyectos: Proceso de Extracción y Procesamiento de Información”. Fuente: El autor.

5.2.3. Proceso de Interfaz de Usuario

Tal cual fue mencionado anteriormente, cada proyecto de la compañía cuenta en el sistema con un código característico, conocido como código de Nota de Venta. Este parámetro es la llave para conocer el estado de avance de cada proyecto. Cabe destacar que, por convención, se determinó el grado de avance del proyecto como el porcentaje de piezas del proyecto que ya fueron despachadas al cliente. El proceso de interacción entre el usuario y el sistema es explicado a continuación en la Figura 86.



El usuario solamente requiere ingresar en la interfaz el código de Nota de Venta del proyecto.

Tras el ingreso del código, en la misma pantalla se muestra el estado de avance del proyecto, junto con la ubicación de cada uno de los pools de dicho proyecto en las distintas etapas del ciclo productivo.

La información es desplegada en una tabla de estado, acompañada por gráficos numéricos y porcentuales.

Figura 86: “Panel de Control Operacional de Proyectos: Proceso de Interfaz de Usuario”.
Fuente: El autor.

5.2.4. Beneficios, Limitaciones y Consideraciones Futuras

El presente prototipo fue implementado en modo de prueba para un total de 28 proyectos actualmente en el sistema, abarcando un número total de 3.233 spools durante el periodo de prueba. Desde la puesta en marcha de este sistema de monitoreo, el Departamento de Control de Producción ha reportado los siguientes beneficios:

- El sistema no solamente cuenta con información consolidada y con un alto nivel de accesibilidad, sino que además entrega resultados instantáneamente.
- El panel dispone de información necesaria para reportar avances globales de cada proyecto al Subgerente del Departamento de Planificación.
- El formato de la información entregada es apto para complementar el reporte que realiza periódicamente el Departamento de Administración de Contratos a cada uno de sus clientes.
- Mayor agilidad en la toma de decisiones por parte del Encargado de Control de Producción, al momento de monitorear el avance de cada proyecto.

Sin embargo, este sistema a su vez posee ciertas limitaciones que podrán corregirse en posteriores versiones de este prototipo:

- El panel no entrega resultados *simultáneamente* para más de un proyecto.
- El sistema no muestra el estado de avance global consolidado (es decir, considerando todos los proyectos a la vez), ni tampoco considera la interacción entre ellos en alguna especie de diagrama (o algún formato similar).

Finalmente, tras la puesta en marcha de este prototipo se detectaron las siguientes oportunidades de mejora para una posterior versión del sistema:

- Opción de ventana emergente dentro del panel para mostrar el detalle del total de spools presentes en algún estado particular dentro del ciclo productivo, en base a su código de identificación (TAG).
- Opción de comparación de porcentajes de avance real versus avance proyectado, en base a los plazos de entrega estipulados para cada proyecto. Hasta la fecha, no se cuenta con la información sobre plazos.
- Opción de mostrar en una ventana emergente el avance real de todos los proyectos que estén actualmente en ejecución.

5.3. Justificación de Elección de Tipo de Sistema de Información

5.3.1. Sistema ERP

La gran variedad de tipos de paquetes ERP responde a la necesidad de cada empresa usuaria de poseer un sistema que se adapte a su particular estructura organizacional, financiera y productiva. De acuerdo a lo anterior, las grandes empresas usuarias tienden a solicitar softwares con un mayor grado de complejidad y multifuncionalidad, mientras que las empresas más pequeñas tienden a trabajar solamente con las funciones básicas de un sistema ERP.

La situación planteada anteriormente determinó la creación de una clasificación del sistema ERP basada en *tiers* (niveles), con la finalidad de establecer un criterio de elección que permita a las empresas contar con un punto de partida para la elección del tipo de sistema ERP más adecuado a sus requerimientos [35].

- Nivel I (Tier 1)

Los paquetes de software pertenecientes a este nivel son los más costosos, debido a su alto grado de complejidad y a su gran número de funcionalidades. Este nivel de sistema está orientado a las grandes empresas y corporaciones multinacionales. Los dos principales sistemas que figuran en este nivel son **SAP y Oracle**.

- Nivel II (Tier 2)

Los paquetes de software en este nivel son catalogados como de nivel medio, debido a que están orientadas a las empresas de tamaño medio (y con una o más localidades). Dichos sistemas cuentan con una complejidad menor que los sistemas ERP del Tier 1, y son más fáciles de implementar. Algunos de los principales sistemas a nivel mundial que están catalogados en este nivel son: **Epicor, Infor, Microsoft Dynamics, IFS y Sage**.

- Nivel III (Tier 3)

La mayoría de los sistemas catalogados como Tier 3 son básicamente softwares de administración financiera y de inventario. Debido a lo anterior, varios de estos sistemas podrían incluso no ser considerados formalmente como ERP, debido a sus limitadas funcionalidades. Este nivel de sistema está orientado a las pequeñas empresas y/o negocios familiares, las cuales usualmente operan con un sistema de planificación manual.

De acuerdo a la clasificación anterior, es posible inferir el tipo de sistema ERP más adecuado para la empresa FASTPACK S.A. Debido al tamaño de la empresa (en cuanto al volumen de facturación y número de empleados) y a la complejidad de sus procesos administrativos y productivos, la inserción de un sistema tipo Tier 2 es la más adecuada. En efecto, para los procesos y actividades del Área Comercial la compañía utiliza una versión tipo Tier 2 del software **SAP** (Business One), debido a que este sistema abarca todas las funcionalidades que dicha área requiere para la realización de sus tareas.

Debido al satisfactorio rendimiento del sistema **SAP Business One** en las actividades comerciales de la compañía, se ha desestimado la posibilidad de sustituir este software por un sistema integrado que abarque tanto las funciones del Área Comercial como las del Área de Producción de la empresa. Por otra parte, el reemplazo de dicho sistema conllevaría un costo muy elevado para la compañía, más aun considerando el hecho que dicho sistema ya se adapta a las necesidades de los procesos comerciales y financieros. Por ende, y dadas las restricciones denotadas anteriormente, la mantención de un *sistema híbrido* es la opción más adecuada para la compañía.

5.3.2. Sistema Híbrido

De acuerdo a lo justificado en el capítulo anterior, se propondrá el diseño de un sistema que esté inserto exclusivamente en los procesos productivos de la compañía, mientras que el sistema ERP **SAP Business One** continuará operando en los procesos del Área Comercial. Dado que en el subcapítulo 3.6.4 se justificó que un sistema PMS no es el más adecuado para la gestión de los procesos productivos de la compañía, existen por ende dos alternativas de sistemas híbridos a considerar:

a) Sistema *Two Tier ERP*

Este diseño involucra el uso integrado de dos sistemas ERP de manera simultánea. De acuerdo a la visión de diversos expertos en este ámbito, la implementación de este tipo de sistema se justifica en los siguientes casos [36][37][38]:

- Cuando una compañía inicia sus operaciones en una nueva filial dentro del país, sin la estricta necesidad de utilizar un soporte multimonedas y/o multilingüe.
- Cuando una compañía adquiere una nueva operación que cuenta con soportes tecnológicos obsoletos en la medida que vayan aumentando las operaciones.
- Cuando una compañía adquiere una nueva línea de negocios, y requiere el uso de un sistema ERP para fortalecer las operaciones en aquel nuevo mercado.

En resumen, se recomienda la utilización de un sistema *Two Tier* para la integración de nuevas líneas operativas o filiales a las operaciones de la casa matriz, debido a que este tipo de sistema conjunto funciona bien al momento de gestionar las operaciones de distintas localidades y/o modelos de negocios.

b) Sistema híbrido ERP/SAM

Este tipo de sistema involucra el uso integrado de un sistema ERP y de un sistema a medida. Este modelo es el que opera actualmente en la compañía, siendo el sistema **BES** el software a medida inserto en su ciclo productivo.

La principal razón que justifica el uso de este modelo es cuando existen distintas áreas de la compañía que presentan líneas operativas distintas entre sí, y que un solo sistema no puede cubrir de manera eficaz en su conjunto [39]. Más aun considerando que un sistema ERP está diseñado de manera estándar para la gestión de un conjunto de actividades y tareas ya definidas de antemano, por lo cual podría no cumplir con todos los requerimientos críticos de alguna área en particular para la ejecución de sus procesos. El riesgo, sin embargo, se encuentra en el hecho de no poseer la información centralizada en un solo sistema. Para disminuir ese riesgo, es fundamental que ambos sistemas puedan interactuar mediante *interfaces de programación de aplicaciones* (API), las cuales están diseñadas para integrar la información existente en ambos sistemas. En la medida que este flujo de información a través de estos puentes sea eficaz, lo será también la operación de este sistema híbrido. Para el caso particular de la compañía, los API implementados en el sistema a medida deben permitir la compatibilidad de dicho sistema con el software ERP **SAP Business One**.

En el caso particular de la compañía, el escoger esta alternativa involucrará el tener que tomar una decisión adicional, la cual será el escoger alguna de las siguientes opciones:

- *BES Improvement*: mejorar el actual sistema de la compañía en base al rediseño propuesto al comienzo del capítulo.
- Escoger un nuevo sistema a medida en base al mismo rediseño.

Considerando los análisis realizados sobre las distintas modalidades de sistemas híbridos, se determinará en el subcapítulo siguiente la alternativa escogida sobre la cual se definirá la estructura del sistema propuesto. Cabe destacar además que las conclusiones sobre los análisis realizados de los procesos productivos (en el Capítulo 4) juegan un rol fundamental en la justificación de la elección definitiva.

5.3.3. Alternativa Escogida

Dada la descripción realizada anteriormente de las alternativas posibles para la estructuración del sistema propuesto, se llevará a cabo una serie de análisis para determinar el modelo más adecuado para el sistema de gestión y control de los procesos productivos de la compañía. Es necesario determinar en primera instancia si el sistema a diseñar e implementar será un sistema ERP o un sistema a medida, el cual conformaría finalmente un sistema *Two Tier ERP* o un sistema híbrido *ERP/SAM*, respectivamente.

Para determinar el sistema más adecuado para la gestión del ciclo productivo no solamente basta con el análisis de las características de cada sistema, sino que además es necesario analizar las tres principales fases de la inserción de dicho sistema en los procesos de la compañía. Por ende, tras analizar el impacto de los diversos factores que intervienen en el proceso de desarrollo, implementación y puesta en marcha de un sistema, se podrán inferir las ventajas comparativas de un sistema con respecto al otro.

- Diseño y desarrollo del sistema

Debido a que un sistema ERP ya viene diseñado de antemano, el tiempo de diseño y desarrollo inicial del software es un factor relevante a considerar solamente en el caso del sistema SAM. Por otra parte, y dependiendo de los requerimientos de cada compañía, el sistema a medida podría conllevar un costo de desarrollo mayor al de un sistema ERP promedio, dependiendo del nivel de personalización, del número de funcionalidades a implementar y de la elección de la tecnología a utilizar [40].

- Implementación y puesta en marcha del sistema

El tiempo de implementación post-desarrollo de un sistema suele ser más extenso en el caso de un sistema ERP. Dependiendo de la complejidad del software y de la complejidad misma de los procesos de la compañía, la etapa de implementación demandaría un periodo no menor de tiempo, debido a que se tiene que parametrizar el sistema estandarizado con la finalidad de adaptarse a los requerimientos de la organización. En el caso de un sistema a medida, en cambio, el proceso de implementación suele ser más rápido, debido a que ya fueron determinadas de antemano las configuraciones del sistema (en base a los requerimientos señalados por el cliente). Un detalle no menor a considerar es el tiempo de adaptación de los usuarios a las funcionalidades del sistema, el cual suele ser mayor para el caso de los sistemas ERP, por tratarse a priori de sistemas estandarizados [41].

Una ventaja adicional que adquiere el sistema a medida (con respecto al sistema ERP) es que, dependiendo del proveedor, se puede llevar a cabo una implementación iterativa (o por etapas), lo cual permitirá que los usuarios comiencen a probar las funcionalidades disponibles hasta el momento (usualmente las más críticas o urgentes). La finalidad de esta opción es ir

realizando posibles ajustes o mejoras del sistema (en base a la retroalimentación por parte de los mismos usuarios) y así mejorar el proceso de desarrollo del software [42].

Con respecto al tema de las licencias, el costo de adquisición de licencias es usualmente mayor para los sistemas ERP, debido a que existen paquetes de licencias de adquisición obligatoria (determinados por el proveedor), licencias de derecho a actualización del sistema y licencias adicionales, cuyo costo dependerá del número de usuarios del software y de los módulos o funcionalidades adicionales al modelo estándar. Para los sistemas a medida, en cambio, el número total de licencias varía de acuerdo al total de requerimientos realizados por la compañía. Para un número determinado de requerimientos, el costo de licencias suele ser, en promedio, considerablemente menor para los sistemas a medida; el costo de licencias para un sistema ERP podría incluso llegar a un 35% del presupuesto total del sistema [43].

- Mantenimiento y Soporte Técnico

En general tanto las empresas desarrolladoras de sistemas ERP como las empresas desarrolladoras de sistemas SAM suelen brindar servicios de mantenimiento y soporte técnico. Si bien la frecuencia de aparición de errores suele ser menor en los sistemas ERP (debido a que son previamente testeados), la solución a esta clase de problemas suele ser más rápida en el caso de los sistemas SAM, debido a que los clientes son atendidos prontamente y de manera personalizada (y no tienen que esperar hasta el lanzamiento de una nueva actualización del software, como en el caso de los sistemas ERP) [44].

Para el caso particular de la compañía, y tomando como referencia adicional el conjunto de los análisis realizados en el Capítulo 4 sobre los procesos productivos de la compañía, se mencionarán a continuación los aspectos fundamentales que inciden sobre la decisión final de escoger un tipo de sistema por sobre el otro:

- La empresa está inserta en un rubro de un alto nivel de especialización, contando con procedimientos de fabricación bastante definidos y consolidados no solamente en la misma compañía sino también en el mercado. Dichos procedimientos a su vez se adaptan a la norma de fabricación que exige de antemano el cliente para la realización de un determinado proyecto. Por consiguiente, todos los sistemas ERP cotizados hasta la fecha no se han adecuado en un 100% a las exigencias y requerimientos críticos del ciclo de producción, debido al nivel de especialización de los procesos productivos de la compañía.

- El alto nivel de dinamismo y de exigencia técnica de la industria exige a la compañía a permanecer atenta ante todas las oportunidades de mejoramiento de sus procesos y procedimientos internos. Ante estas circunstancias, el desarrollo de un sistema a medida suele ser más efectivo en este tipo de empresas que necesitan una parametrización continua de sus procesos, debido a la flexibilidad y alto grado de personalización que permite este tipo de sistemas. Por otra parte, la atención de estos requerimientos por parte de la compañía proveedora del software usualmente es más pronta y personalizada en el caso de un sistema a medida [45].
- La inserción de un sistema ERP para la gestión de los procesos productivos traería consigo la adquisición de funcionalidades, licencias y módulos básicos que son innecesarios para la empresa, más aun considerando que ya se cuenta con un sistema de gestión de los procesos del Área Comercial.

De acuerdo a las observaciones planteadas anteriormente, la elección de un sistema a medida por sobre un sistema ERP es la opción más adecuada para la gestión de los procesos del ciclo de producción de la compañía. Finalmente, se escogió realizar un rediseño del sistema BES por sobre la elección de otro software a medida. Los factores que justifican esta decisión son los siguientes:

- i. En primer lugar, las cotizaciones de los softwares a medida que fueron realizadas superaron en costo los treinta y cinco millones de pesos. Por otra parte, y a modo de adelanto de lo que se verá en el subcapítulo 5.5, el conjunto de requerimientos realizados por los distintos departamentos de la compañía formaron parte de una cotización realizada a la empresa proveedora, la cual respondió y valorizó dicha cotización en un valor de 180 UF, un costo más de seis veces menor que lo exigido por otras empresas.
- ii. La compañía proveedora respondió positivamente a los requerimientos efectuados, lo cual sugeriría que se podrá hacer cargo del 100% de las solicitudes realizadas por los usuarios.
- iii. Ninguno de los otros softwares cotizados posee un módulo de producción con funcionalidades y operaciones que se adecúen a la complejidad de los procesos de fabricación de spool, de acuerdo a lo detallado en el subcapítulo 1.5.
- iv. A pesar que el sistema hasta la fecha no tiene un alto nivel de uso activo, los usuarios frecuentes están bastante familiarizados con el uso de BES, por lo cual se estima una pérdida de productividad por parte de ellos al momento de realizar una posible transición de un sistema a otro.
- v. Existen costos ocultos no considerados de antemano, siendo uno de ellos el relacionado con la migración de datos (producto de un cambio de sistema). Los riesgos principales relacionados con este proceso son la posible pérdida de datos, y la no disponibilidad de los datos debido al tiempo de desconexión del sistema. No se justificaría, por ende, correr este riesgo considerando lo justificado en los puntos (i) y (ii).

5.4. Propuesta de Nuevo Sistema de Información de Producción

5.4.1. Clases del Sistema

En el contexto de estructuras de sistemas de información, y según los conceptos y contenidos vistos en el Capítulo 4, al analizar la información que recolecta el sistema BES lo largo de las distintas etapas del ciclo productivo se puede inferir la presencia de tres clases distintivas:

- a) Proyecto
- b) Spool
- c) Unión

La relación transitiva entre las tres clases es de *agregación por referencia*: un proyecto contiene un determinado conjunto de spools, en donde cada spool posee a su vez un cierto número de uniones de soldadura. Por otra parte, los tiempos de vida entre las clases son independientes entre sí.

Uno de los principales reparos al diseño del actual sistema de producción fue el no haber realizado la distinción adecuada entre las distintas clases al momento de estructurar los módulos del sistema. De acuerdo al análisis realizado en el subcapítulo 4.6, y a modo de ejemplo, la operación *Registro de Armado* en el módulo Producción contiene una relación spool-armador 1 a 1 (es decir, un spool es armado por un maestro armador). Sin embargo, en dicho módulo se ingresaba información a nivel de la clase de unión, lo cual obliga al usuario a ingresar la misma información solicitada en los campos un número de veces igual al número de uniones de soldadura de un spool. En base a los registros históricos del sistema, si bien el promedio de uniones registradas es de 4, en un 10% de los casos se registraron piezas con un número de uniones mayor a 7 (máximo registrado hasta la fecha: 39 uniones). Por otra parte, la probabilidad de existencia de esta clase de spools aumenta a medida que se van abordando una mayor cantidad de megaproyectos. Por lo cual, es fundamental el eliminar todo tipo de doble digitación (una de las críticas más reiteradas que ha recibido el sistema **BES**).

5.4.2. Estructura Modular del Sistema

En base a la estructura modular del sistema (ver Figura 75, página 107) y al análisis del actual sistema de producción (detallado en el subcapítulo 4.6), sumado al levantamiento de requerimientos realizado por el equipo de rediseño **Spool Machine**, se ha desarrollado y diseñado la estructura del nuevo sistema de información propuesto para el ciclo de producción de la compañía. Este modelo propuesto será explicado módulo por módulo, detallando las operaciones del actual sistema que serán modificadas, las que permanecerán sin cambios y las nuevas operaciones a implementar en el sistema.

Cabe destacar, de acuerdo a lo justificado en el segundo punto del punto 4.6.2.8, que cada operación tendrá como llave maestra para la consulta de datos el código de Nota de Venta (NV) del proyecto (en vez del correlativo del proyecto asignado por el sistema al momento de la creación de un nuevo proyecto), **a excepción** de las funciones que operan en base al código de Orden de Fabricación (OF).

5.4.2.1. Módulo Ingreso de Proyecto

Operación	Ingreso del Proyecto		
Estado	Modificado	Clase	Proyecto
Un proyecto formalmente adjudicado se ingresa al sistema mediante esta operación.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Administrador de Contratos		

*Figura 87: Nuevo Módulo Ingreso del Proyecto.
Fuente: El autor.*

El registro del proyecto en el sistema se realiza a través del ingreso del Código de Nota de Venta, generado previamente en el sistema **SAP** por el Departamento de Propuestas. La modificación con respecto al módulo anterior es que este código será la llave maestra en el sistema para todo registro o consulta, dejando de lado el uso del número correlativo de cada proyecto que se genera cada vez que un nuevo proyecto es registrado en la actual versión del sistema. La razón se debe a lo explicado previamente en el punto 4.2.6.8 (página 113).

Figura 88: Nuevo Módulo Ingreso del Proyecto (Sección 1)
Fuente: El autor.

Tal como muestra la Figura 88, se mantendrá la opción del módulo original de buscar el cliente por *código de cliente*, debido a que para un mismo cliente (RUT) existen distintos códigos asociados, dependiendo de la división, rubro y/o ubicación geográfica del negocio, distinción que es necesaria realizar. Al momento de ingresar el código requerido, los campos *RUT del Cliente* y *Nombre del Cliente* serán completados automáticamente de acuerdo a los registros del sistema (configuración ya existente en la actual versión del sistema). En resumen, dicha sección permanecería sin cambios.

Figura 89: Nuevo Módulo Ingreso del Proyecto (Sección 2)
Fuente: El autor.

De acuerdo al detalle de la Figura 89, junto con ingresar las bodegas correspondientes al proyecto se ingresará una tercera y nueva bodega virtual, *Bodega Spools*, en donde serán almacenados en el sistema los spools ya fabricados. Junto a esta nueva característica, serán agregadas todas las especificaciones técnicas del proyecto determinadas de antemano por el cliente, y requeridas desde un comienzo en el sistema para la trazabilidad del proyecto que no podían ser registradas en el módulo original:

- Norma de fabricación y categoría del fluido.
- Material
- Tipo de marcaje.

- Ensayos: RX (100%, RANDOM <100%, N/A), LP (100%, RANDOM <100%, N/A), PH (100%, RANDOM <100%, N/A).

De las especificaciones mencionadas anteriormente, la categoría del fluido es la única opción que aparecía disponible para su registro en la versión actual del sistema.

Figura 90: Nuevo Módulo Ingreso del Proyecto (Sección 3)
Fuente: El autor.

Finalmente, y de acuerdo a lo que indica la Figura 90, se mantendrán las opciones del sistema actual que permiten registrar las fechas de inicio y término del proyecto, así como el registro del administrador encargado del proyecto y las indicaciones sobre las condiciones especiales adicionales del mismo.

5.4.2.2. Módulo Detallamiento de Spool

Operación	Generación de Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool/Unión
Operación utilizada para la creación de spools en el sistema, mediante la carga masiva de los cuatro tipos de datas generadas por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Operación	Modificación de Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Modificación en línea de las <i>datas de spool</i> generadas por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento, y que ya fueron previamente cargadas al sistema.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Operación	Modificación de Materiales		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Modificación en línea de las <i>datas de materiales</i> generadas por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento, y que ya fueron previamente cargadas al sistema.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Operación	Modificación de Cortes		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Modificación en línea de las <i>datas de cortes</i> generadas por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento, y que ya fueron previamente cargadas al sistema.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Operación	Modificación de Soldaduras		
Estado	Sin Cambios	Clase	Unión
Modificación en línea de las <i>datas de soldaduras</i> generadas por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento, y que ya fueron previamente cargadas al sistema.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración actual de cada una de estas operaciones se mantendrá, debido a que no solamente su funcionamiento no presenta algún tipo de problemas, sino que además la lectura desde el sistema **BES** de las *datas* del proyecto permite procesar una cantidad considerable de información en un intervalo corto de tiempo. Cabe destacar que el software **Spoolgen**, utilizado por el Departamento de Ingeniería y Detallamiento, permite la exportación de las *datas* del plano isométrico de un spool a un formato de Microsoft Excel, lo cual permite una rápida lectura del sistema **BES** al momento de importar la información de dichas *datas* (tiempo promedio menor a cinco segundos). Finalmente, las operaciones de modificación de las *datas* en el sistema también funcionan sin algún tipo de inconvenientes.

5.4.2.3. Módulo Control Documental

Operación	Crea Spool con su Isométrico		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación utilizada para la creación de spools en el sistema.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Esta operación en la actualidad no es utilizada, dado que el registro de un spool en el sistema es mucho más lento mediante esta vía, en comparación con la carga masiva de datos realizada en la operación *Generación de Spools* (módulo *Detallamiento de Spool*). Esta última función permite la creación simultánea de un conjunto determinado de spools, evitando así un procedimiento “uno a uno”. Sin embargo, esta operación permanecerá activa, debido a que su existencia en el sistema permite el uso de una de las funciones más utilizadas del sistema **BES**: la operación *Monitoreo Spool*.

Operación	Control Documental		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Modificación en línea de los status de los spools cargados en el sistema.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Esta operación en la actualidad no es utilizada, dado que la modificación del status de un spool en el sistema es mucho más lenta mediante esta vía, en comparación con la carga masiva de datos realizada en la operación *Carga Masiva Historia Spool* (módulo *Utilitarios*). Esta última función permite la modificación simultánea de los status de un conjunto determinado de spools, evitando así un procedimiento “uno a uno”. Sin embargo, esta operación permanecerá activa, debido al mismo motivo por el cual se mantendrá en funcionamiento la operación *Crea Spool con su Isométrico*.

Operación	Monitoreo Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación que permite el seguimiento del estado actual de los spools de un determinado proyecto en el sistema.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

Operación	Resumen de los Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Proyecto
Reporte que muestra el número total de los spools de un determinado proyecto, catalogados por status en el sistema.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

Operación	Resumen de los Planos		
Estado	Sin Cambios	Clase	Proyecto
Reporte que muestra el número total de los planos de un determinado proyecto, catalogados por status en el sistema.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

5.4.2.4. Módulo Control de Materiales

Operación	Asigna Código SAP a los Materiales		
Estado	Sin Cambios	Clase	-
Asignación del código distintivo de cada material del sistema de información SAP para cada entrada de material en el sistema de información BES .			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Control de Materiales		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

Operación	Informe de Stock de Materiales		
Estado	Modificado	Clase	Proyecto
Generación de listado de los materiales requeridos para un determinado proyecto.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

La única modificación en este módulo es la generación de una columna adicional en el reporte que muestre la diferencia entre la cantidad solicitada por algún proyecto en particular y la cantidad disponible en stock, tal como muestra la Figura 91. De esta manera se podrá divisar la disponibilidad de insumos para otros proyectos, y se podrá distinguir con más claridad la cantidad de material a encargar para su posterior adquisición.

Descripción	Unidad	Diametro	Cantidad	Stock	Diferencial
SO FLG A105 CL150 FF STDF B16.5	E/A	20	2,00	0,00	▼ -2,00
SO FLG A105 CL150 FF STDF B16.5	E/A	24	2,00	2,00	▬ 0,00
PL Ø114X6 A36	KG	4	20,00	45,00	▲ 25,00
PL Ø219X6 A36	KG	8	1,00	45,00	▲ 44,00
PIPE A53-B-E ERW STDWT PE	MM	14	1.393,00	2.870,00	▲ 1.477,00
PIPE A53-B-E STDWT ERW BBE B36.10	MM	6	506,00	358.380,00	▲ 357.874,00
PIPE A53-B-E STDWT ERW BE PE	MM	3	1.018,00	1.440,00	▲ 422,00
PIPE A53-B-E STDWT ERW BE PE B36.1	MM	4	11.426,00	1.880,00	▼ -9.546,00

*Figura 91: Detalle de Modelo Tentativo Informe de Stock de Materiales.
Fuente: El autor.*

Operación	Informe de Materiales Faltantes		
Estado	Eliminado	Clase	Spool
Generación de listado de los materiales requeridos para un determinado proyecto que no cuentan con la cantidad demandada en stock.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

La eliminación de la presente operación se debe a que la función *Informe de Stock de Materiales* presenta un reporte más detallado y preciso sobre la disponibilidad de los materiales solicitados para cada proyecto. Por otra parte, se comprobó (ingresando varios códigos de proyecto al azar) que, tras la generación del informe y la posterior comparación con el *Informe de Stock de Materiales*, no aparecen todos los materiales pertenecientes a este status.

Operación	Registro de Corte de Materiales		
Estado	Nuevo	Clase	Spool
Registro de todos los cortes realizados a los materiales de un proyecto, catalogados por código de orden de planificación.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Departamento de Control de Materiales: Por definir.		

Una de las dos etapas del ciclo productivo no presentes en la versión original del sistema **BES** es el Proceso de Corte de Materiales. No solamente el sistema carece de registros sobre los trabajos realizados diariamente (y quiénes los realizan), sino que además no existe alguna referencia sobre uno de los códigos fundamentales relacionados con la trazabilidad de los spools: el *número de colada (HT)* del material. Por otra parte, este proceso antecede directamente al Proceso de Fabricación de Spools, por lo cual el contar con esta información en el sistema permitiría a la Jefatura del Departamento de Producción Maestranza contar con un horizonte más amplio de planificación, de acuerdo al flujo circulante de materiales en el Proceso de Corte.

Debido a lo anterior, se determinó la inclusión de una operación totalmente nueva en el módulo de Control de Materiales para registrar y controlar las actividades relacionadas con este proceso. La llave de búsqueda en esta operación es el código de *Orden de Fabricación (OF)*, asociado al lote de materiales de un determinado proyecto enviados al galpón de Corte. Se entiende, por consiguiente, que un proyecto determinado contiene varios conjuntos de lotes, con un número determinado de spools en cada uno de ellos (y todos sus materiales involucrados). La utilización del código OF como la llave de búsqueda de la operación se debe a que dicho código es el número correlativo de todos los trabajos realizados por el personal del área.

Registro de Corte

Codigo OF: 1851 Nombre del Proyecto: CS Spools Fabrication w\Rubber Lining

Nota Venta SAP: 63573 Rut del cliente: 55555555-5

Bodega proyecto: 63573 Nombre del cliente: LAS BAMBAS MINING Co S.A.

Bodega producción: 63573P Bodega spools: 63573T

Materiales

OTSpool	IdSpool	Revision	Diametro	Marca	Cantidad	Ext1	Ext2	Descripcion
63573-13-1	0410-SL-00312-0420R-31-1	1	6	A	12000.0000	GROOVED	GROOVED	PIPE A53-B-E STDWT ERW
63573-13-2	0410-SL-00312-0420R-31-2	1	6	A	12000.0000	GROOVED	GROOVED	PIPE A53-B-E STDWT ERW
63573-13-3	0410-SL-00312-0420R-31-3	1	6	A	1550.0000	GROOVED	GROOVED	PIPE A53-B-E STDWT ERW
63573-14-1	0410-SL-00312-0420R-32-1	1	6	A	12000.0000	GROOVED	GROOVED	PIPE A53-B-E STDWT ERW
63573-14-2	0410-SL-00312-0420R-32-2	1	6	A	12000.0000	GROOVED	GROOVED	PIPE A53-B-E STDWT ERW

Registro de Corte

IdEmpleado	FechaRecepcion	FechaTermino	HT	Observaciones
*				

Figura 92: Nueva Operación Registro de Corte.
Fuente: El autor.

La Figura 92 muestra el detalle general del módulo propuesto, el cual se diseñó en base al conjunto de información contenida en el *Listado de Corte de Materiales* (Figura 93), generado previamente por el Encargado de Planificación en el proceso de generación de la Orden de Fabricación (OF). Dicho listado es el documento oficial que se ocupa en cada actividad de corte de materiales.

EAST PACK

LISTADO DE CORTES

Lunes, 01 de diciembre de 2014

CS Spools Fabrication w\Rubber Lining
PLANIFICACIÓN N°: 1851

Item N°	OTSpool	Rev.	Diametro	Marca	Largo	Extremo1	Extremo2	Descripción	HEAT NUMBER
1	63573-3-2	1	6.0000	A	543	GROOVE D	GROOVE D	PIPE A53-B-ESTDWT ERW GRVD B36.10 RUBRLND	
2	63573-4-1	1	6.0000	A	6000	GROOVE D	GROOVE D	PIPE A53-B-ESTDWT ERW GRVD B36.10 RUBRLND	
3	63573-4-2	1	6.0000	A	6000	GROOVE D	GROOVE D	PIPE A53-B-ESTDWT ERW GRVD B36.10 RUBRLND	
4	63573-4-3	1	6.0000	A	3966	GROOVE D	GROOVE D	PIPE A53-B-ESTDWT ERW GRVD B36.10 RUBRLND	

Figura 93: Detalle Listado de Corte de Materiales.
Fuente: Software BES.

Codigo OF :	<input type="text" value="1851"/>	<input type="button" value="Buscar"/>	Nombre del Proyecto :	<input type="text" value="CS Spools Fabrication w\Rubber Lining"/>
Nota Venta SAP :	<input type="text" value="63573"/>		Rut del cliente :	<input type="text" value="5555555-5"/>
Bodega proyecto :	<input type="text" value="63573"/>		Nombre del cliente :	<input type="text" value="LAS BAMBAS MINING Co S.A."/>
Bodega producción :	<input type="text" value="63573P"/>		Bodega spools :	<input type="text" value="63573T"/>

Figura 94: Nueva Operación Registro de Corte (Sección 1).
Fuente: El autor.

Para iniciar el registro en el sistema se tiene que ingresar el código OF, el cual contiene los spools planificados en base a dicho código, y sus respectivos materiales a ser procesados. Tal como muestra la Figura 94, tras el ingreso del código aparecería automáticamente la información relacionada con la Nota de Venta a la cual está ligado el código OF. En el sector intermedio de la interfaz se muestra la información relacionada asociada a cada uno de los materiales que conforman un spool planificado. De acuerdo al detalle mostrado en la Figura 95, las distintas columnas de datos de cada material corresponden a las entradas *del Listado de Corte de Materiales*, a excepción del *número de colada* (el cual será ingresado más adelante).

	OTSpool	IdSpool	Revision	Diametro	Marca	Cantidad	Ext1
▶	63573-13-1	0410-SL-00312-0420R-31-1	1	6	A	12000.0000	GROOVED
	63573-13-2	0410-SL-00312-0420R-31-2	1	6	A	12000.0000	GROOVED
	63573-13-3	0410-SL-00312-0420R-31-3	1	6	A	1550.0000	GROOVED
	63573-14-1	0410-SL-00312-0420R-32-1	1	6	A	12000.0000	GROOVED
	63573-14-2	0410-SL-00312-0420R-32-2	1	6	A	12000.0000	GROOVED

Figura 95: Nueva Operación Registro de Corte (Sección 2).
Fuente: El autor.

Finalmente, la tercera y última sección de la interfaz corresponde al registro de las actividades del Proceso de Corte para cada material. De acuerdo a lo mostrado en la Figura 96, dicha etapa consiste en el ingreso del ID del Maestro de Corte asignado, la fecha de recepción del material y la fecha de término del proceso. Adicionalmente, se registraría el código de *número de colada* (HT) que el Maestro de Corte anota en la superficie de cada insumo tras la ejecución del proceso. De esta manera, se aseguraría en el sistema **BES** la trazabilidad de los materiales que conforman un spool.

Registro de Corte				
	IdEmpleado	FechaRecepcion	FechaTermino	HT
*				

Figura 96: Nueva Operación Registro de Corte (Sección 3).
Fuente: El autor.

5.4.2.5. Módulo Planificación

Operación	Desensamblar Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación para el desensamble de un spool de un determinado proyecto ya eliminado en el sistema, y que permitirá recuperar virtualmente los materiales que lo componen.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

Operación	Simulación de Producción		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Interfaz que permite revisar los spools de un proyecto que estarían disponibles para su fabricación; es decir, los spools que ya cuentan con todos los insumos necesarios para ser planificados. En esta operación también se lleva a cabo el proceso de planificación de producción, en base a un código correlativo de lote asociado al proyecto, conocido como <i>Orden de Fabricación (OF)</i> .			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Si bien la configuración funcional de esta operación se mantendrá sin cambios, es necesario corregir la asignación de los materiales del proyecto a cada pieza para los casos del siguiente tipo:

- Se cuenta con un número determinado de spools de un determinado proyecto disponibles para ser planificados, de acuerdo a su status en el sistema.
- A cada spool se le ha asignado una prioridad específica de fabricación, determinada previamente por el cliente.
- Solamente existe una cierta cantidad de insumos para planificar un subconjunto de dichos spools.
- El sistema informa de todos modos que todas las piezas pueden ser fabricadas.

De acuerdo a lo anterior, la modificación implementada al sistema será la agregación de dos niveles de asignación de materiales (primer nivel: prioridad de fabricación, segundo nivel: orden alfabético), para que así se realice de manera más expedita una planificación parcial de fabricación de spools.

Operación	Informe de Planificación		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Generación de resumen de los spools planificados de un determinado proyecto, en base al código OF asignado.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento ni en su formato.

Operación	Resumen de Materiales Planificados		
Estado	Modificado	Clase	-
Generación de resumen de listado de materiales planificados de un determinado proyecto, en base al código OF asignado.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La única modificación al reporte generado a través de esta operación sería la inclusión de una columna adicional que indique el código del material asignado por el sistema **SAP**. Esta información es relevante para la posterior validación de información por parte del Departamento de Control de Materiales al momento de preparar los materiales para el posterior proceso de corte, debido a que de esta manera se elimina la etapa de ingreso a dicho sistema para la búsqueda de dichos códigos.

Operación	Listado de Materiales Planificados		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Generación de listado de materiales planificados, catalogados por código de orden de fabricación. Cada material está asociado a un correspondiente spool. Dicho listado es posteriormente enviado al Departamento de Control de Materiales para la gestión del proceso de corte de materiales planificados.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

Al igual que la operación *Resumen de Materiales Planificados*, la única modificación al reporte generado a través de esta operación sería la inclusión de una columna adicional que indique el código del material asignado por el sistema **SAP**. Lo anterior, debido a las mismas razones explicadas en la operación anterior.

Operación	Orden de Fabricación Control de Calidad		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Generación de listado de spools planificados, catalogados por código de orden de fabricación. Dicho listado es posteriormente enviado al Departamento de Control de Calidad para la gestión del proceso de control de calidad de spools.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento ni en su formato.

Operación	Orden de Fabricación Producción		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Generación de listado de spools planificados, catalogados por código de orden de fabricación. Dicho listado es posteriormente enviado al Departamento de Producción Maestranza para la gestión del proceso de fabricación de spools.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento ni en su formato.

Operación	Listado de Cortes		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Generación de listado de cortes planificados para cada material, catalogados por código de orden de fabricación, y asociado a un correspondiente spool. Dicho listado es posteriormente enviado al Departamento de Control de Materiales para la gestión del proceso de corte de materiales.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento ni en su formato.

5.4.2.6. Módulo Producción

Operación	Registro de Armado		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Operación de liberación de spools de la etapa de armado del Proceso de Fabricación.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Departamento de Producción Maestranza: Por definir.		

La operación *Registro de Armado* corresponde al punto de inicio en el sistema del ciclo de fabricación del spool. De acuerdo al modelamiento y análisis del Proceso de Maestranza (ítem 4.5.3), cada spool que pasa por los procesos de armado y de soldadura de uniones tiene que ser posteriormente avanzado a través del sistema hacia la siguiente etapa del proceso.

Figura 97: Detalle Antigua Operación Registro de Armado.
Fuente: El autor.

La configuración antigua de esta operación fue considerada por los usuarios del Departamento de Producción Maestranza como la funcionalidad que requería una mayor utilización de tiempo considerado como *innecesario*. Según muestra la Figura 97, para conducir a un spool hacia la siguiente etapa era necesario completar los campos indicados unión por unión, aun así cuando, en la práctica, se asigna solamente un Maestro Armador a un determinado spool. En algún momento se consideró suprimir esta operación para agilizar la liberación de las piezas por el sistema, pero después la medida se descartó debido a la necesidad de dejar registro de las actividades del proceso de armado en el sistema. Sin embargo, la lentitud de este proceso motivó en su momento la utilización de personal del Departamento de Control de Producción para realizar esta labor, y permitir así que los Capataces de Producción pudiesen realizar su labor de supervisión de la fabricación. Sin embargo, el avance en el sistema no era en tiempo real, dado que el reporte de las piezas fabricadas se realizaba al día siguiente.

Según muestra la Figura 98, se iniciaría el funcionamiento de la operación tras el ingreso del *código de Nota de Venta SAP*, apareciendo automáticamente después la información relacionada con el proyecto, así como el listado de spools que están en el módulo de armado, esperando a ser enviados hacia la siguiente etapa. La versión original de esta operación ya presentaba previamente esta configuración.

OTSpool	OPlanificacion	FechaPlanificaci	IdSpool	Revision	Suma_Pd	TipoMaterial
63468-1-01	1823	29-10-2014	4840-RW-001-001-01	0	72.0000	CS-PINTADO
63468-1-02	1823	29-10-2014	4840-RW-001-001-02	0	72.0000	CS-PINTADO
63468-1-03	1823	29-10-2014	4840-RW-001-001-03	0	72.0000	CS-PINTADO
63468-14-010	1823	29-10-2014	4840-RW-014-001-010	0	24.0000	CS-PINTADO
63468-14-01	1823	29-10-2014	4840-RW-014-001-01	0	24.0000	CS-PINTADO
63468-14-02	1823	29-10-2014	4840-RW-014-001-02	0	24.0000	CS-PINTADO

IdEmpleado	FechaArmado	PDArmado	Observacion
*			

Figura 98: Nueva Operación Registro de Armado.
Fuente: El autor.

La modificación principal a este módulo parte por la modificación del tipo de clase, de *unión* a *spool*. De esta manera, para avanzar un spool hacia la siguiente etapa solamente bastaría con seleccionar un spool e ingresar en la parte inferior de la consola (*Registro de Armado*) el ID del Maestro Armador. Tras dicho ingreso la fecha de armado del spool (en la columna *Fecha Armado*) se generaría de manera automática, y correspondería por defecto a la fecha actual. Dicha fecha estaría sujeta a modificación, en caso que alguna circunstancia en particular impidiese el avance del spool en el sistema durante el mismo día de su avance real en la planta de Maestranza.

Spool							
OTSpool	OPlanificacion	FechaPlanificaci	IdSpool	Revision	Suma_Pd	TipoMaterial	
63468-1-01	1823	29-10-2014	4840-RW-001-001-01	0	72.0000	CS-PINTADO	

Registro de Armado				
	IdEmpleado	FechaArmado	PDArmado	Observacion
*	mdiaz	04-11-2014	72.0000	

Figura 99: Detalle Consola Nueva Operación Registro de Armado.
Fuente: El autor.

Tal como muestra la Figura 99, la columna *PD Armado* también se completaría automáticamente tras el ingreso del ID del Maestro Armador, de acuerdo a la información generada inicialmente tras la importación de las datas. Finalmente, y de acuerdo a la relación establecida entre las clases en el subcapítulo V.4.1, a cada una de las uniones del spool se le asociaría automáticamente el ID del Maestro Armador. De esta manera se evitaría el ingreso de datos *unión por unión*, disminuyendo considerablemente el número de pasos a realizar para el avance de un spool a través del sistema (y, por consiguiente, el tiempo de ejecución de la operación).

La modificación en la operación *Registro de Armado*, debido a la disminución en su tiempo de ejecución, permite además la posibilidad de delegar a los mismos Capataces de Producción la responsabilidad de avanzar los spools en el sistema. De esta manera, el avance de las piezas se podría realizar dentro del mismo día (evitando así el desfase de un día en la operación), permitiendo además un monitoreo del avance de la producción *en tiempo real*. Por ende, la secuencia del proceso de avance de spools en el sistema, exhibido en la Figura 55 (página 87), se modificaría por la secuencia mostrada a continuación en la Figura 100.

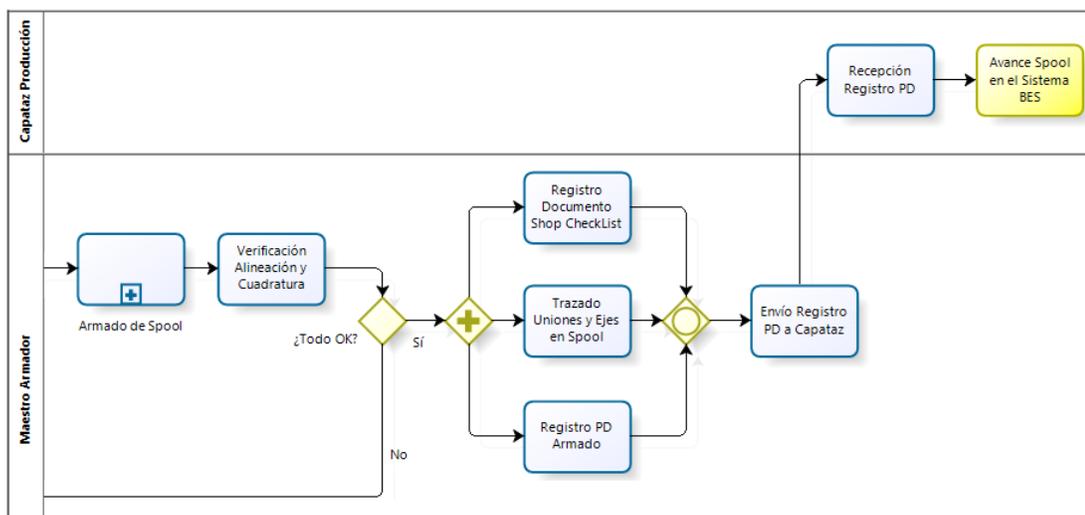


Figura 100: Proceso de Fabricación de Spools (Maestranza): Nueva Secuencia de Actualización Estado Spool. Fuente: El autor.

Cabe destacar además que es crucial que el avance de los spools en el sistema se realice a un ritmo similar al avance real de las piezas en el proceso de fabricación, debido a que día a día se necesita un reporte de avance de la fabricación, para cada uno de los proyectos atendidos en la planta. El contar con un día de desfase en el ingreso de la información implica un día de desfase en la toma de decisiones operativas.

Operación	Registro de Soldadura		
Estado	Sin Cambios	Clase	Unión
Operación de liberación de spools de la etapa de soldadura del Proceso de Fabricación, hacia la etapa de Ensayos no Destructivos (END).			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Departamento de Producción Maestranza: Por definir.		

La configuración de esta operación se mantendrá tal cual, debido a que hasta la fecha se registran todos los parámetros adicionales que no pueden ser incluidos previamente en el sistema, tales como el ID del Maestro Soldador y la fecha de la ejecución del proceso de soldadura de la unión.

En esta operación el registro de cada spool tiene que ser unión por unión, debido a las distintas posibilidades de tipos de uniones que pueda presentar una pieza, sumado además al hecho que cada spool puede ser intervenido por más de un Maestro Soldador. En base a lo anterior, es necesario establecer este criterio (para efectos técnicos y administrativos).

Operación	Registro de Revestimiento Interior		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Operación de liberación de spools de la etapa de Revestimiento Interior, hacia la etapa de Control de Calidad Revestimiento Interior.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Departamento de Producción Revestimiento: Por definir.		

La modificación a esta operación consiste básicamente en la supresión de columnas de datos que, tras su registro, entregan información redundante al sistema. En la Figura 101 aparecen enlistados todos los campos de registro, indicando cuáles de ellos serán eliminados, y en la Figura 102 (siguiente página) se muestra la interfaz modificada de la operación de registro.

Campo	Eliminar	Motivo
Lugar de Revestimiento (Interno/Externo)	Sí	Cuando a un spool se le asigna previamente en la etapa de Planificación el proceso de revestimiento interior en una empresa externa, en el sistema BES dicho spool por defecto no pasa por el Registro de Revestimiento Interior. Por ende, esta asignación es redundante, pues el 100% de los spools que ingresan a esta etapa son revestidos en la empresa.
ID Empleado	No	Registro del usuario encargado del avance de las piezas en el sistema.
M ² Revestimiento	No	Dato esencial para control de producción y cálculo de costos.
Fecha de Granallado	No	Fecha inicial del proceso general.
Fecha de Recepción	Sí	Tras el proceso de granallado, la pieza es recibida en la nave durante el mismo día.
Fecha de Imprimado	Sí	Tras el granallado de la pieza, estas actividades intermedias se realizan durante el mismo día.
Fecha de Proceso	Sí	
Fecha de Vulcanizado	No	Hito de la Etapa de Revestimiento Interior.
Fecha de Entrega de Vulcanizado	Sí	Tras el proceso de vulcanizado, la pieza es entregada durante el mismo día.
Fecha de Término	No	Fecha final del proceso general.
Observaciones	No	Campo necesario para realizar alcances sobre alguna eventualidad ocurrida durante esta etapa.

*Figura 101: Campos de Registro Operación Registro de Revestimiento Interior.
Fuente: El autor.*

*Figura 102: Nueva Operación Registro de Revestimiento Interior.
Fuente: El autor.*

Operación	Registro de Revestimiento Exterior		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Operación de liberación de spools de la etapa de Revestimiento Exterior, hacia la etapa de Control de Calidad Revestimiento Exterior.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Departamento de Producción Revestimiento: Por definir.		

La modificación a esta operación también consiste en la supresión de columnas de datos que, tras su registro, entregan información redundante al sistema. En la Figura 103 (siguiente página) aparecen enlistados todos los campos de registro, indicando cuáles de ellos serán eliminados, y en la Figura 104 (siguiente página) se muestra la interfaz modificada de la operación de registro.

Campo	Eliminar	Motivo
Lugar de Revestimiento (Interno/Externo)	Sí	El 100% de los spools que ingresan a esta etapa en el sistema son revestidos en la empresa (categoría "Interno").
ID Empleado	No	Registro del usuario encargado del avance de las piezas en el sistema.
M ² Revestimiento	No	Dato esencial para control de producción y cálculo de costos.
Fecha de Granallado	No	Fecha inicial del proceso general.
Fecha de Recepción	Sí	Tras el proceso de granallado, la pieza es recibida en la nave durante el mismo día.
Fecha de Término	No	Fecha final del proceso general.
Observaciones	No	Campo necesario para realizar alcances sobre alguna eventualidad ocurrida durante la Etapa de Revestimiento Interior.

*Figura 103: Campos de Registro Operación Registro de Revestimiento Exterior.
Fuente: El autor.*

Registro de Revestimiento Exterior

Nota Venta SAP : 63573 Buscar Nombre del Proyecto : CS Spools Fabrication w\Rubber Lining
Rut del cliente : 55555555-5 Cod. Socio Negocio : 1011C
Bodega proyecto : 63573 Nombre del cliente : LAS BAMBAS MINING Co S.A.
Bodega producción : 63573P Bodega spools : 63573T

Grabar Limpiar Avanzar Cerrar

Spool Filtrar Ver Todos

	IdSpool	OTSpool	OPlanificacion	FechaPlanificaci	IdTipoRevestInte	Diametro	Nota
▶	0510-TL-00316-0510A-01-1	63573-23-1	1833	07-11-2014	CNA	4.0000	-
	0510-TL-00601-0510A-01-2	63573-24-2	1833	07-11-2014	CNA	20.0000	-
	0340-SL-00301-0340A-02-1	63573-25-1	1833	07-11-2014	CNA	6.0000	-
	0340-SL-00301-0340A-02-2	63573-25-2	1834	07-11-2014	CNA	6.0000	-
	0340-SL-00301-0340A-02-3	63573-25-3	1833	07-11-2014	CNA	6.0000	-
	0340-SL-00301-0340A-02-4	63573-25-4	1833	07-11-2014	CNA	6.0000	-

Registro de Revestimiento Exterior

	IdEmpleado	MTS2	FechaGranallado	FechaTermino	Observaciones
*					

*Figura 104: Nueva Operación Registro de Revestimiento Exterior.
Fuente: El autor.*

5.4.2.7. Módulo Control de Calidad

Operación	Control de Armado		
Estado	Eliminado	Clase	Spool
Operación de validación de la liberación de spools de la etapa de armado del Proceso de Fabricación, en base a la inspección realizada por el Departamento de Control de Calidad.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Esta operación en la actualidad no presenta aplicación alguna: debido a un cambio de las políticas de control de calidad de la compañía, la liberación de cada spool de la etapa de armado del Proceso de Fabricación es realizada en terreno por el Capataz de Producción Maestranza encargado y, si corresponde, por el Inspector de Control de Calidad designado. Esto último, de acuerdo a lo establecido en el sexto punto de la descripción del *Proceso de Fabricación de Spools* (ítem 4.5.3). De esta manera, los spools en el sistema BES ingresan tras la etapa de armado directamente a la operación de *Registro de Soldadura*.

Operación	Ingreso de Control de Calidad Soldadura		
Estado	Modificado	Clase	Unión
Operación de validación de la liberación de spools de la etapa de soldadura del Proceso de Fabricación, en base a los resultados de los <i>Ensayos No Destructivos (END)</i> reportados por el Departamento de Control de Calidad.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Si bien la estructura funcional de esta operación se mantendría sin cambios, se añadirían las siguientes modificaciones:

- a) El Schedule (SCH) de cada spool aparecería de antemano como dato, y no como un parámetro a ingresar. Se incluiría además en la interfaz de la operación, para cada spool, el tipo de fluido y la clasificación de la cañería.

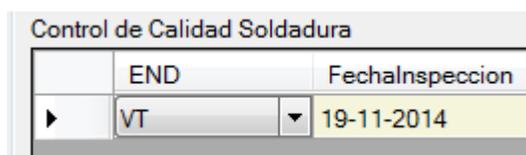
Spool								
	OTSpool	OF	FechaOF	IdSpool	TipoMaterial	SCH	Fluido	Clase
▶	63573-48-2	1833	07-11-2014	0420-SL-00117-0420A-05-2	CS-CNA-GD3	STD	N	L1E0VJ

Figura 105: Detalle Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura: Interfaz Spool. Fuente: El autor.

b) De acuerdo a la descripción de la estructura actual de esta operación (ítem 4.6.2.7), se le asigna por defecto en el sistema una inspección visual (VT) a todas las uniones sin ensayos asignados. Luego, para evitar el llenado manual de los campos del registro para estos casos, al momento de ingresar esta opción se completarían automáticamente los dos campos:

- Al campo *Fecha Inspección* se le asignaría la fecha actual de registro.
- Al campo *Estado* se le asignaría por defecto la opción “Aprobado”.

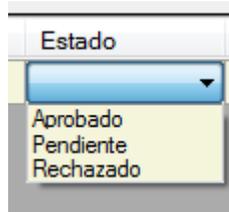
De esta manera, cada unión no ensayada de un spool podrá ser aprobada en el sistema en tan solo un paso.



Control de Calidad Soldadura	
END	FechaInspeccion
▶ VT	19-11-2014

Figura 106: Detalle Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura: Opción VT. Fuente: El autor.

c) Se incluiría en el campo Estado la opción “Pendiente”, para así indicar las uniones de soldadura de cada spool que están a la espera de los resultados de los ensayos aplicados. Si un spool posee al menos una de sus uniones en este estado, no podrá ser avanzado hacia la siguiente etapa o, en su defecto, devuelto hacia la etapa de *Registro de Soldadura*.



Estado
Aprobado
Pendiente
Rechazado

Figura 107: Detalle Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura: Campo Estado. Fuente: El autor.

d) Indicar en una columna adicional el número de reprocesos de una unión de soldadura, lo cual se traduciría en el sistema como el número de veces que a dicha unión se le ha sido asignado el estado “Rechazado”.

Soldaduras						
	Nº unión	Diametro	Tipo Soldadura	IdEmpleado	Stampa	Reproceso
▶	1	12.0000	BW	rcastro	W02	0
	2	12.0000	BW	rcastro	W02	0
*						

Figura 108: Detalle Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura: Campo Reproceso. Fuente: El autor.

- e) Agregar en el campo de registro una columna adicional que permita determinar si una unión es ensayada como condición de unión adicional tras el rechazo de otro cordón de soldadura (de acuerdo a lo establecido según norma en el punto 5.1.2).

Control de Calidad Soldadura				
	FechaInspeccion	Proceso	Estado	Adicional
*				

Figura 109: Detalle Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura: Campo Adicional. Fuente: El autor.

- f) Permitir la visibilidad de los spools (y de sus respectivas uniones) de un proyecto en la interfaz de la operación, aun cuando se encuentran en una etapa avanzada. De esta manera, el Supervisor de Ensayos No Destructivos podrá completar los campos relacionados con la emisión del informe de la empresa externa que realiza los ensayos.

Control de Calidad Soldadura				
	Requerimiento	FechaEnvio	NumeroInforme	Observaciones
*				

Figura 110: Detalle Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura: Campo Rechazos. Fuente: El autor.

Considerando todas las modificaciones descritas anteriormente, en la siguiente página se mostrará el diseño de la interfaz de la operación rediseñada.

Control de Calidad Soldadura

Nota Venta SAP : 63573 Nombre del Proyecto : CS Spools Fabrication w\Rubber Lining
Rut del cliente : 55555555-5 Cod. Socio Negocio : 1011C
Bodega proyecto : 63573 Nombre del cliente : LAS BAMBAS MINING Co S.A.
Bodega producción : 63573P Bodega spools : 63573T

Spool Filtrar Ver Todos

OTSpool	OF	FechaOF	IdSpool	Rev	SumaPd	TipoMaterial	SCH	Fluido	Clase
▶ 63573-48-2	1833	07-11-2014	0420-SL-00117-0420A-05-2	1	24.0000	CS-CNA-GD3	STD	N	L1E0VJ

Soldaduras

Nº unión	Diametro	Tipo Soldadura	IdEmpleado	Stampa	Reproceso	IdEmplRep1	StampaRep1	IdEmplRep2	StampaRep2
▶ 1	12.0000	BW	rcaastro	W02	0				
2	12.0000	BW	rcaastro	W02	0				
*									

Control de Calidad Soldadura

END	FechaInspeccion	Proceso	Estado	Adicional	Requerimiento	FechaEnvio	NumeroInforme	Observaciones
*								

Figura 111: Nueva Operación Ingreso de Control de Calidad Soldadura.
Fuente: El autor.

Las modificaciones descritas anteriormente si bien no implican algún cambio en la estructura secuencial de este proceso, sí permitiría una disminución de tiempo estimado de ejecución superior al 50% (ver Anexo 2). Por otra parte, se podría llevar eficazmente un control de tasas de rechazo de Ensayos No Destructivos (END) en el sistema y *en tiempo real*, evitando así depender del Departamento de Control de Calidad para la generación de reportes de rendimientos de Maestros Soldadores. En el punto 5.4.2.8 se detallará una nueva operación relacionada con este control, cuyo éxito dependerá de la exitosa implementación de este conjunto de modificaciones.

Operación	Registro de Prueba Hidrostática		
Estado	Nuevo	Clase	Spool
Operación de validación de la liberación de spools de Prueba Hidrostática, en base a la inspección realizada por el Departamento de Control de Calidad.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Nota Venta SAP : 63596 Nombre del Proyecto : Spools alta presión Concentraducto M. Centinela

Rut del cliente : 76727040-2 Cod. Socio Negocio : 76727040

Bodega proyecto : 63596 Nombre del cliente : MINERA CENTINELA

Bodega producción : 63596P Bodega spools : 63596T

Listado de Spools [Filtrar](#) [Ver Todos](#)

	OTSpool	IdSpool	OPlanificacion	IdTipoRevestInterior	IdTipoRevestExterior
▶	63596-15-A	6-CO-563-SR11-7357-A	1840	PU	PIN

Registro

	IdEmpleado	FechaPrueba	Estado	Observaciones
*			Aprobado	

*Figura 112: Nueva Operación Registro de Prueba Hidrostática
Fuente: El autor.*

La otra etapa del ciclo productivo que no había sido considerada en el sistema BES era el de la realización de Pruebas Hidrostáticas (PH). Se determinó entonces la inclusión de una nueva operación en el módulo de Control de Calidad para registrar y controlar las actividades relacionadas con este ensayo.

Según muestra la Figura 112, en la interfaz de la operación se indican los códigos de identificación de cada spool, más los procesos de Revestimiento que le suceden. Esta información sirve de guía al Capataz de Producción designado para la supervisión de estas pruebas, para el posterior llenado del documento interno de realización de PH. Luego, tras el registro del empleado a cargo y el registro de la fecha de realización de la prueba, se procede a liberar a un determinado spool de esta operación, para luego avanzar hacia la etapa siguiente.

Operación	Ingreso de Control Revestimiento Interior		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Operación de validación de la liberación de spools de la etapa de Revestimiento Interior, en base a la inspección realizada por el Departamento de Control de Calidad.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Operación	Ingreso de Control Revestimiento Exterior		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Operación de validación de la liberación de spools de la etapa de Revestimiento Exterior, en base a la inspección realizada por el Departamento de Control de Calidad.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Debido a que tanto el diseño de la interfaz como el método de funcionamiento son análogos para las dos operaciones, las modificaciones propuestas son aplicables para ambos casos:

- a) La interfaz *Registro Control de Calidad Revestimiento*, tanto para Revestimiento Interior como para Revestimiento Exterior, presenta originalmente cinco campos de registro. Para cada uno de ellos se aplicarían las siguientes modificaciones:
- El campo Estado es ocupado para determinar si un spool es aprobado o, en su defecto, rechazado por alguno de los ensayos aplicados. Dicha columna permanecerá sin cambios.

Registro Control de Calidad Revestimiento			
	Estado	END	FechaInspeccion
	Aprobado	CA_GRA_PRF...	21-11-2014
	Aprobado	CA_GRA_VT	21-11-2014
	Aprobado	CA_IFINAL_DUR	21-11-2014
	Aprobado	CA_IFINAL_ESP	21-11-2014
	Aprobado	CA_IFINAL_VT	21-11-2014
	Aprobado	VT	21-11-2014
▶*			

Figura 113: Detalle Operación Ingreso de Control Revestimiento Interior: Campos Estado, END y Fecha Inspección. Fuente: El autor.

Registro Control de Calidad Revestimiento Exterior			
	Estado	END	FechaInspeccion
	Aprobado	PIN_GRA_PRF...	26-11-2014
	Aprobado	PIN_GRA_VT	26-11-2014
	Aprobado	PIN_IFINAL_A...	26-11-2014
	Aprobado	PIN_IFINAL_E...	26-11-2014
	Aprobado	PIN_IFINAL_P...	26-11-2014
	Aprobado	PIN_IFINAL_VT	26-11-2014
	Aprobado	VT	26-11-2014
▶*			

Figura 114: Detalle Operación Ingreso de Control Revestimiento Exterior: Campos Estado, END y Fecha Inspección. Fuente: El autor.

- El campo *END* denota el tipo de ensayo a aplicar. Dado que para cada spool ingresado en el sistema se le asigna la misma cantidad de ensayos (seis para la etapa de Revestimiento Interior y siete para la etapa de Revestimiento Exterior), se propone que las entradas correspondientes estén de antemano asignadas al momento de seleccionar un spool en el sistema.
- El campo *Fecha Inspección* corresponde a la fecha de realización de la inspección realizada por el Inspector de Control de Calidad designado. Dicha fecha se generaría de manera automática, correspondiendo por defecto a la fecha actual de registro. Dicha fecha estaría sujeta a modificación, en caso que alguna circunstancia en particular impidiese el avance del spool en el sistema durante el mismo día de su avance real en la planta de Revestimiento (para ambos casos).
- El campo *Fluido*, de acuerdo a lo revisado en la operación *Ingreso de Control de Calidad Soldadura*, aparecería ingresado de antemano en el sistema. Debido a lo anterior, este campo se suprimiría para ambas interfaces.
- El campo *Observación* se aplica para realizar alcances sobre la realización de alguno de los ensayos realizados en ambas etapas.

Considerando todas las modificaciones descritas anteriormente, en la siguiente página se mostrarán los diseños de las interfaces de las operaciones rediseñadas.

Control de Calidad Revestimiento Interior

Nota Venta SAP : 63573
 Nombre del Proyecto : CS Spools Fabrication w\Rubber Lining
 Rut del cliente : 55555555-5
 Cod. Socio Negocio : 1011C
 Bodega proyecto : 63573
 Nombre del cliente : LAS BAMBAS MINING Co S.A.
 Bodega producción : 63573P
 Bodega spools : 63573T

Spool [Filtrar](#) [Ver Todos](#)

OTSpool	OF	FechaOF	IdSpool	IdTipoRevestExterior	IdTipoRevestInterior	Diametro
▶ 63573-48-2	1833	07-11-2014	0420-SL-00117-0420A-05-2	PIN	CNA	12.0000

Registro Control de Calidad Revestimiento

Estado	END	FechaInspeccion	Observacion
Aprobado	CA_GRA_PRF...	21-11-2014	
Aprobado	CA_GRA_VT	21-11-2014	
Aprobado	CA_IFINAL_DUR	21-11-2014	
Aprobado	CA_IFINAL_ESP	21-11-2014	
Aprobado	CA_IFINAL_VT	21-11-2014	
Aprobado	VT	21-11-2014	

Figura 115: Nueva Operación Ingreso de Control Revestimiento Interior.
Fuente: El autor.

Control de Calidad Revestimiento Exterior

Nota Venta SAP : 63573
 Nombre del Proyecto : CS Spools Fabrication w\Rubber Lining
 Rut del cliente : 55555555-5
 Cod. Socio Negocio : 1011C
 Bodega proyecto : 63573
 Nombre del cliente : LAS BAMBAS MINING Co S.A.
 Bodega producción : 63573P
 Bodega spools : 63573T

Spool [Filtrar](#) [Ver Todos](#)

OTSpool	OF	FechaOF	IdSpool	IdTipoRevestExterior	IdTipoRevestInterior	Diametro
▶ 63573-48-2	1833	07-11-2014	0420-SL-00117-0420A-05-2	PIN	CNA	12.0000

Registro Control de Calidad Revestimiento Exterior

Estado	END	FechaInspeccion	Observacion
Aprobado	PIN_GRA_PRF...	26-11-2014	
Aprobado	PIN_GRA_VT	26-11-2014	
Aprobado	PIN_IFINAL_A...	26-11-2014	
Aprobado	PIN_IFINAL_E...	26-11-2014	
Aprobado	PIN_IFINAL_P...	26-11-2014	
Aprobado	PIN_IFINAL_VT	26-11-2014	
Aprobado	VT	26-11-2014	

Figura 116: Nueva Operación Ingreso de Control Revestimiento Exterior.
Fuente: El autor.

Operación	Ingreso de Costos Adicionales		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación correspondiente a la carga en el sistema BES de todos los costos adicionales de producción asociados a cada spool (mano de obra, gastos adicionales de fabricación, servicios de visitas y realizaciones de radiografías, etc.).			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Asistente de Control de Producción		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento. Sin embargo, esta actividad no está asignada al Departamento de Control de Calidad, sino al Departamento de Control de Producción. Debido a lo anterior, esta operación se reubicaría en el módulo *Utilitarios*.

Operación	Pre Liberación de Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación correspondiente a la etapa de preliberación final de spools, realizada en terreno por el inspector externo de la empresa cliente, en conjunto con el Departamento de Control de Calidad.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

Operación	Liberación de Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación correspondiente a la etapa de liberación final de spools. Tras la realización de esta etapa, los spools liberados estarán disponibles para su valorización y liberación final en el sistema SAP , antes de ser despachados.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento.

Operación	Informe Requerimiento END		
Estado	Modificado	Clase	Unión
Generación de reporte con los resultados de los Ensayos No Destructivos aplicados a un porcentaje particular de uniones de soldadura de un conjunto de spools, para un determinado proyecto. Cada reporte en el sistema está asociado a un número correlativo de requerimiento, el cual es asignado previamente en la operación <i>Ingreso de Control de Calidad Soldadura</i> .			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Las modificaciones propuestas para el presente reporte fueron diseñadas en base a las necesidades reportadas por el Departamento de Control de Calidad. En particular, se consideraron los alcances realizados por el Inspector de Control de Calidad que gestiona el proceso de Ensayos No Destructivos (END), quien es la persona responsable de generar y emitir estos reportes. Cabe destacar que los Requerimientos END, al igual que otros informes de controles emitidos por el Departamento de Control de Calidad, son exigidos de antemano por el cliente al momento de recibir la carpeta o dossier del proyecto que muestra la trazabilidad del proyecto (y que además certifica la satisfactoria fabricación de los productos).

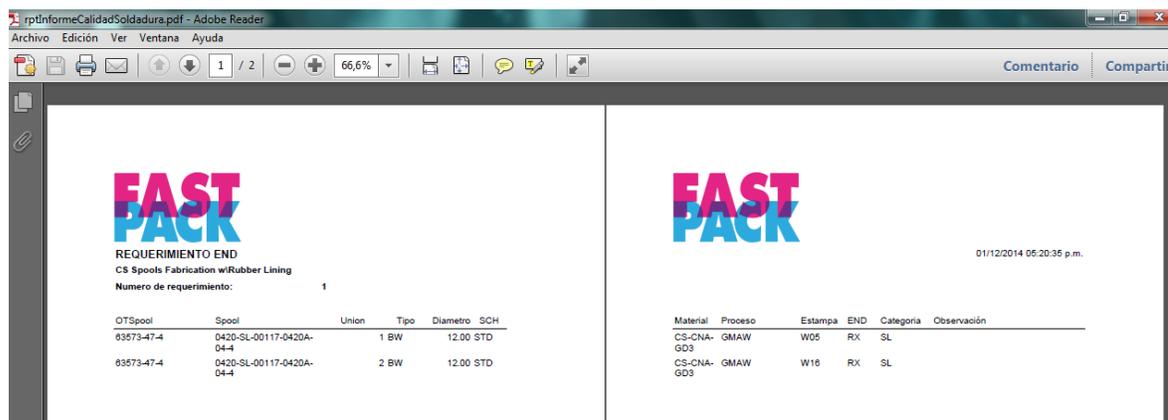


Figura 117: Detalle Actual Informe Requerimiento END (Formato PDF).
Fuente: Software BES.

Hasta la fecha, el formato actual del informe que genera esta operación no es el más adecuado ni para la presentación de resultados ni para la confección del dossier del proyecto. Tal como muestra la Figura 117, tras exportar el reporte a formato PDF (para su posterior envío y archivado) aparece el informe seccionado en dos páginas. Lo anterior no solamente dificulta la buena presentación del reporte, sino que además es necesario realizar una lectura de ambas páginas a la vez para poder leer cada entrada, e identificar los spools que fueron sometidos a ensayos.

Adicionalmente, el informe generado por el sistema **BES** presenta campos que no presentan el formato adecuado para la presentación del informe, de acuerdo a los requerimientos del Departamento de Control de Calidad. Según lo denotado por el inspector encargado de la emisión de estos reportes, existen campos no contenidos en una sola línea y otros campos que no presentan la alineación adecuada, tal como muestra la Figura 118. Por otra parte, el informe no indica la norma utilizada como criterio de evaluación de los ensayos, ni tampoco indica el código de Nota de Venta (NV) del proyecto en el encabezado.

OTSpool	Spool	Union	Tipo	Diametro	SCH
63573-47-4	0420-SL-00117-0420A-04-4		1 BW	12.00	STD
63573-47-4	0420-SL-00117-0420A-04-4		2 BW	12.00	STD

Figura 118: Detalle Campos Actual Informe Requerimiento END (Formato PDF).
Fuente: Software BES.

Además de los requerimientos detallados anteriormente, existen además otros detalles relacionados con la presentación del informe, tales como la enumeración de las páginas y el formato del encabezado, que motivado al Departamento de Control de Calidad a emitir de manera externa sus propios informes de resultados, de acuerdo al formato mostrado en la Figura 119.

The screenshot shows a PDF document with the following header information:

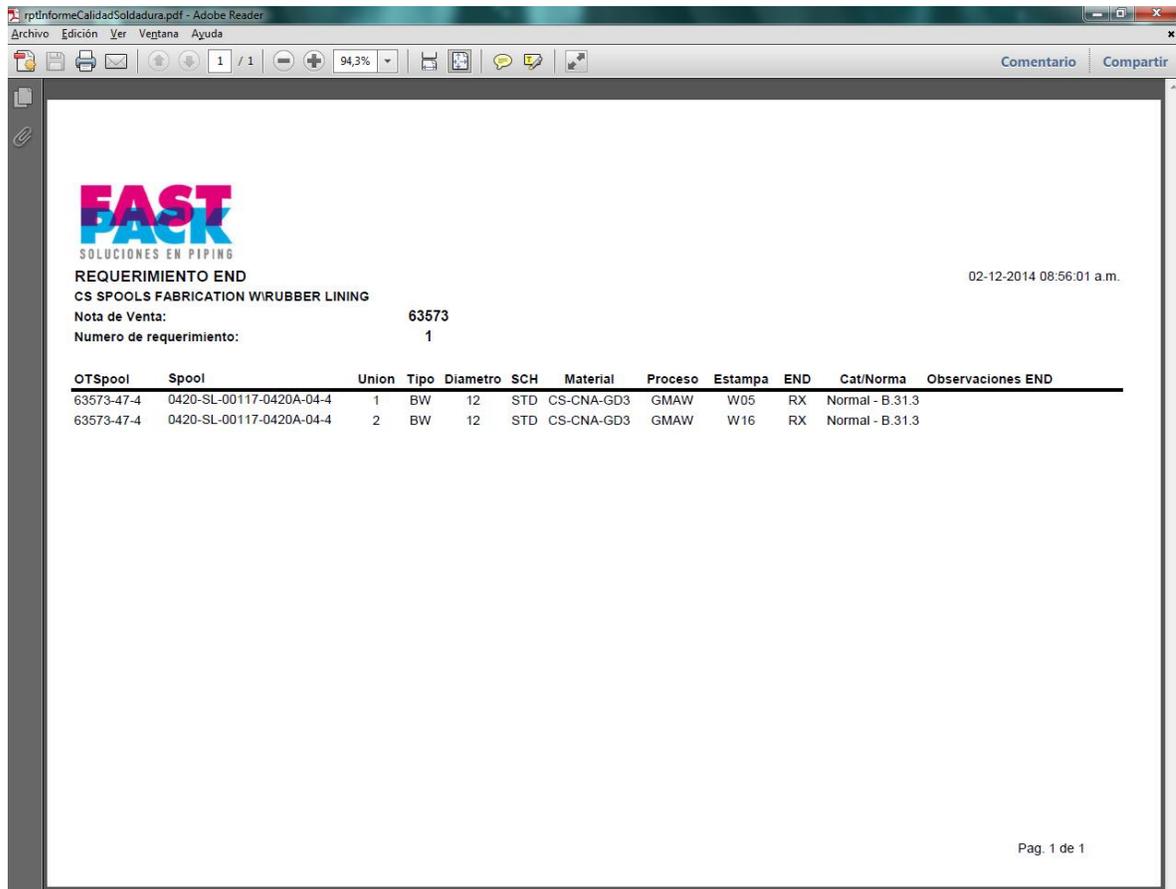
- Requerimiento END
- Proyecto Fabricación filtros canasto-Sierra Gorda
- FASTPACK
- OC No.: - NV 63351
- viernes, 10 de octubre de 2014 11:21:00
- FASTPACK logo

The main content is a table titled "Requerimiento No.: 4":

OT No.	Spool No.	Unión	Tipo	Diámetro	SCH	Material	Proceso	Estampa	END
63351-02-01	FP-BS-02-01	8	BR	16	40S	2205	GTAW	W13	LP
63351-02-01	FP-BS-02-01	5	BW	24	80S	2205	PAW	W01	RX
63351-02-01	FP-BS-02-01	2	BR	16	40S	2205	GTAW	W13	LP

Page number: 3

Figura 119: Detalle Informe Requerimiento END (Generación Externa) (Formato PDF).
Fuente: Departamento de Control de Calidad FASTPACK S.A.



*Figura 120: Nuevo Informe Requerimiento END (Formato PDF).
Fuente: El autor.*

Tras la recopilación y análisis de los requerimientos del Departamento de Control de Calidad, se realizó el nuevo diseño del *Informe Requerimiento END*. La Figura 120 muestra el detalle general del informe propuesto, diseñado en base al conjunto de especificaciones mencionadas anteriormente. No solamente el formato del informe cumple con todos los requerimientos exigidos con respecto a su presentación y diseño de página, sino que además se ha incluido la Nota de Venta del proyecto en el encabezado y la columna que indica la norma utilizada en los ensayos para cada unión del spool.

Operación	Informe Liberación Revestimiento		
Estado	Eliminado	Clase	Spool
Generación del listado de los spools de un determinado proyecto que han sido aprobados y liberados para su envío al Departamento de Producción Revestimiento, para su posterior procesamiento.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool (Obsoleta)		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Esta operación en la actualidad no presenta aplicación alguna, dado que ya no se utiliza este protocolo para oficializar la llegada de los spools de un determinado proyecto al Departamento de Producción Revestimiento.

Operación	Reporte Spools Liberados		
Estado	Modificado	Clase	Spool
Generación del listado de los spools de un determinado proyecto que han sido aprobados en la etapa de liberación final.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Inspector de Control de Calidad		

Si bien el diseño de esta operación se mantendrá sin cambios, se ha reportado que tras el ingreso del código del proyecto y del número del correlativo de liberación correspondiente se muestra en el reporte generado el conjunto de todos los spools registrados en el sistema de todos los proyectos, asociados al correlativo correspondiente. Este error de programación se reportaría a la empresa proveedora para su posterior solución.

5.4.2.8. Módulo Utilitarios

Operación	Reporte Final Proyecto		
Estado	Eliminado	Clase	Proyecto
Generación de reporte que muestra el detalle del total de las uniones de soldadura realizadas en el proyecto (en magnitudes de unidad y <i>pulgada diámetro</i>).			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

Esta operación en la actualidad no es utilizada. Independiente de esta situación, esta función sería redundante de todos modos tras la posterior implementación de la nueva operación *Control de Rendimientos de Soldadores*, basada en el prototipo detallado en el subcapítulo 5.1.

Operación	Carga Masiva Historia Spool		
Estado	Sin Cambios	Clase	Spool
Operación utilizada para la modificación de los status de los spools cargados en el sistema, a través de la carga masiva de los nuevos status asignados a cada uno de éstos.			
Tipo de Operación	Operación de Ciclo del Spool		
Responsable	Encargado de Planificación		

La configuración de esta operación se mantendrá sin cambios, dado que no se han reportado inconvenientes en su funcionamiento. Esta operación, debido a su finalidad, sería reubicada en el módulo *Control Documental*.

Operación	Estadísticas Soldadores		
Estado	Eliminado	Clase	Proyecto
Generación de reporte que muestra el detalle del total de las uniones de soldadura realizadas en el proyecto (en magnitud de <i>pulgada diámetro</i>).			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

Esta operación en la actualidad no es utilizada. La configuración actual de esta función sería utilizada como base para implementación de la nueva operación *Control de Rendimientos de Soldadores*, basada en el prototipo detallado en el subcapítulo 5.1.

Operación	Control de Rendimientos de Soldadores		
Estado	Nuevo	Clase	Proyecto
Plataforma de monitoreo que muestra el rendimiento de cada Maestro Soldador en un determinado proyecto, en base a sus indicadores de producción: uniones totales soldadas, uniones totales ensayadas, uniones totales rechazadas y tasa de rechazo.			
Tipo de Operación	Operación Anexa al Ciclo del Spool		
Responsable	-		

Esta nueva operación diseñada corresponde a la aplicación del sistema externo de control diseñado y puesto en marcha a partir de agosto en el Departamento de Producción Maestranza, detallado en el subcapítulo 5.1. Debido al satisfactorio funcionamiento del prototipo, y considerando además que tanto la Jefatura del Departamento de Producción Maestranza como el Departamento de Control de Calidad reportaron la importancia de poder contar en el sistema **BES** con una plataforma que entregue la información histórica consolidada sobre el rendimiento de los procesos de soldadura para cada uno de los proyectos, de acuerdo a lo detallado en los puntos 4.6.2.6 y 4.6.2.7.

Por otra parte, se mencionó en la página anterior la existencia de una operación no ocupada en la actualidad, *Estadísticas Soldadores*, que reporta la información del total de las uniones de soldadura realizadas en un determinado proyecto (en magnitud de *pulgada diámetro*).



ESTADÍSTICAS DE SOLDADORES

jueves, 30 de octubre de 2014

Estampa	IdEmpleado	PdsSoldadura	PdsReparacion1	PdsReparacion2	PdsReparacion	PdsRechazados
W15	jarias	413.7	0	0	0	12
W13	jcatalan	220.1	0	0	0	10
W1304	jfuentes	0	0	0	0	0
W05	jmartinez	294	0	0	0	6
W11	jpdreros	120.7	0	0	0	17
W121	jvaldes	0	0	0	0	0
W16	jvalenzuela	141.2	0	0	0	9

*Figura 121: Detalle Operación Estadísticas Soldadores.
Fuente: El autor.*

Sin embargo, la no utilización de esta operación se debe a que la información que aparece en la interfaz, tal como muestra la Figura 121, solamente detalla la cantidad de trabajo (en pulgadas diámetro) por cada Maestro Soldador, sin indicar específicamente cuántas uniones soldó cada uno, ni tampoco se indica en el reporte la cantidad de uniones soldadas por cada maestro que fueron sometidas a Ensayos No Destructivos (END). Por lo tanto, a través de este informe no se puede determinar el rendimiento de los trabajadores participantes en un proyecto particular. De acuerdo al marco conceptual

analizado en el punto 5.1.3, la tasa de uniones de soldadura rechazadas de un Maestro Soldador en un determinado proyecto es un factor determinante al momento de evaluar la permanencia del trabajador en el mismo, más aun si se considera que la misma empresa cliente podría exigir a la compañía información sobre los soldadores. Finalmente, dicha tasa de rechazos **no se evalúa** considerando las pulgadas diámetro como unidad de medida, sino la cantidad de uniones como tal (dato que no muestra el informe).

A pesar de los alcances denotados anteriormente, la estructura funcional de esta operación es adecuada para servir como base a la implementación del prototipo en el software **BES**, debido a que ambos sistemas procesan y muestran datos catalogados por código o *Stampa* de Maestro Soldador. Por otra parte, la operación Estadísticas Soldadores permite la utilización de filtros de fecha y de *Stampa* de Maestro Soldador para mostrar los resultados de algún trabajador en particular. La factibilidad de dicha implementación fue evaluada y validada por el Jefe de Tecnologías de Información de la compañía y por el representante de la empresa proveedora del software.

La Figura 122 muestra el diseño propuesto de la interfaz correspondiente a la operación *Control de Rendimientos de Soldadores*.

Estampa	IdSoldador	Uniones Totales		Uniones END		Uniones Rechazadas		% Rendimiento
		PD	N°	PD	N°	PD	N°	
W01	faynaya	0	0	0	0	0	0	0%
W02	rcastro	0	0	0	0	0	0	0%
W05	jmartinez	64	7	0	0	0	0	0%
W08	mgonzalez	0	0	0	0	0	0	0%
W11	jpdreros	102	4	0	0	0	0	0%
W13	jcatalan	9,3	4	0	0	0	0	0%
W15	jarias	42	4	0	0	0	0	0%
W16	jvalenzuela	0	0	0	0	0	0	0%
W17	mlorca	0	0	0	0	0	0	0%
W20	rfigueroa	0	0	0	0	0	0	0%
W23	cacuña	0	0	0	0	0	0	0%
W39	ccfuentes	106	4	0	0	0	0	0%
W120	mmancilla	0	0	0	0	0	0	0%
W200	chuaquimil	0	0	0	0	0	0	0%
W203	mrodriguez	0	0	0	0	0	0	0%
W204	royarzún	0	0	0	0	0	0	0%
W205	lpeña	0	0	0	0	0	0	0%
W206	dgonzález	0	0	0	0	0	0	0%
W207	jcontreras	10	1	0	0	0	0	0%

Figura 122: Operación Control de Rendimientos de Soldadores.
Fuente: El autor.

Nota de Venta <input type="text"/>	Tipo Soldadura <input type="text"/>	Fecha Inicio 01-11-2014 <input type="text"/>	Fecha termino 04-11-2014 <input type="text"/>
	Tipo Material <input type="text"/>	Asignación <input type="text"/>	Stampa <input type="text"/>

Figura 123: Detalle Operación Control de Rendimientos de Soldadores: Menú Superior
Fuente: El autor.

En el menú superior de la interfaz, tal como muestra la Figura 123, se puede apreciar que la llave maestra de búsqueda es el código de Nota de Venta del proyecto, permitiendo determinar además los siguientes filtros de elección: fecha de inicio y fecha de término del intervalo de búsqueda, tipo de unión de soldadura, tipo de material (acero al carbono o acero inoxidable), la asignación del trabajador (si pertenece a la planta de Maestranza o pertenece a alguna empresa contratista) y el código o *Stampa* del Maestro Soldador. El sistema asumiría que el dejar en blanco alguno de los criterios de búsqueda corresponde a mostrar todos los resultados posibles en base a dicho criterio.

Estampa	IdSoldador	Uniones Totales		Uniones END		Uniones Rechazadas		% Rendimiento
		PD	N°	PD	N°	PD	N°	
W01	faynaya	0	0	0	0	0	0	0%
W02	rcastro	0	0	0	0	0	0	0%
W05	jmartinez	64	7	0	0	0	0	0%
W08	mgonzalez	0	0	0	0	0	0	0%
W11	jpdreros	102	4	0	0	0	0	0%
W13	jcatalan	9,3	4	0	0	0	0	0%
W15	jarías	42	4	0	0	0	0	0%
W16	jvalenzuela	0	0	0	0	0	0	0%
W17	mlorca	0	0	0	0	0	0	0%
W20	rfigueroa	0	0	0	0	0	0	0%
W23	cacuña	0	0	0	0	0	0	0%
W39	ccifuentes	106	4	0	0	0	0	0%
W120	mmancilla	0	0	0	0	0	0	0%
W200	chuaiquimil	0	0	0	0	0	0	0%
W203	mrodriguez	0	0	0	0	0	0	0%
W204	royarzún	0	0	0	0	0	0	0%
W205	lpeña	0	0	0	0	0	0	0%

Figura 124: Detalle Operación Control de Rendimientos de Soldadores: Menú Superior
Fuente: El autor.

Finalmente, en el menú inferior de la interfaz se muestran los resultados de la búsqueda realizada en la plataforma, para un determinado proyecto. Tal como muestra la Figura 124, para cada soldador se detallan los totales de uniones soldadas, uniones ensayadas y uniones rechazadas en dichos ensayos. Los porcentajes o tasas de rechazo para cada Maestro Soldador son especificados de acuerdo al marco conceptual definido en el punto 5.1.3. Adicionalmente, en el encabezado del informe se indicaría el código de Nota de Venta del proyecto y la fecha de generación del reporte.

5.5. Valorización del Nuevo Sistema

5.5.1. Estimación de Costos Involucrados

La cotización realizada por la empresa proveedora del software asciende a un total de 180 UF (sin IVA incluido) por concepto de desarrollo e implementación de la solución diseñada. La etapa total de desarrollo más implementación tendría una duración estimada de ocho semanas.

2. Valores del proyecto

El resumen de los valores totales del proyecto de implementación, es el siguiente:

Concepto	Valor UF
Valor total de la solución	200
Descuento	20
Total	180
TOTAL PROYECTO UF	180

*Imagen 125: Cotización Proyecto de Implementación
Fuente: BES Consulting*

De manera adicional, se cancela a la empresa proveedora un costo mensual de soporte equivalente a \$288.514. Dicho costo mensual ha permanecido constante durante el último año, y sin cambios previstos en el corto plazo. Debido a que la versión actual del sistema ya está operativa en la compañía, los demás costos asociados a mantención de equipamiento y redes están internalizados. Además, no existe un costo adicional por creación de nuevas licencias en el sistema (en caso de incluir nuevos usuarios en él).

5.5.2. Estimación de Beneficios Cuantitativos

El principal factor a considerar en la evaluación de la rentabilidad del nuevo sistema es el potencial aumento de la productividad de la planta productiva. Dado que, por temas de alcance del presente proyecto, la nueva versión del software podría recién ser implementada (en el mejor de los casos) a fines de febrero del próximo año, es necesario establecer una serie de supuestos para la estimación proyectada de los beneficios que traerán consigo la implementación del nuevo diseño.

En base a lo anterior, la aproximación realizada para la valorización fue la estimación de los spools adicionales que podrían ser procesados y liberados en el sistema, en comparación con las estadísticas actuales del sistema.

El primer paso fue estimar los tiempos operacionales para las operaciones del sistema por donde pasa el spool durante su ciclo de fabricación; es decir, desde el ingreso al *Registro de Armado* hasta la liberación de la operación *Control de Calidad Revestimiento Exterior*. Se escogió este intervalo de etapas, debido a que en esta parte del proceso las políticas de la compañía exigen que el avance de un spool en el sistema de una etapa a otra no deba presentar un retraso mayor a 24 horas con respecto al avance real de un spool en la planta. Para el presente análisis fue considerado el período entre septiembre y noviembre del presente año, dado que las liberaciones en el sistema se realizaron, en promedio, acorde al avance de los spools en la planta. De esta manera, se puede distinguir mejor el flujo de spools en el sistema al día. El Anexo 1 muestra los análisis de flujo de spools realizados para los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Para cada operación a realizar en el sistema hay un conjunto de actividades obligatorias que hacer: realizar la búsqueda en el software del proyecto correspondiente y seleccionar de la lista el spool a intervenir. En base a lo anterior, se determinaron dos tipos de tiempos: los relacionados con las actividades formales de búsqueda de proyecto y los relacionados con la utilización de las operaciones como tales. Los tiempos para el sistema actual fueron medidos y obtenidos como promedio, mientras que los tiempos para el nuevo sistema fueron estimados en base a la suma de movimientos a realizar en las nuevas interfaces (seleccionar spool, registrar una celda, seleccionar un estado de una lista desplegable, etc.). El Anexo 2 muestra los resultados obtenidos para comparar el potencial tiempo de ejecución de operaciones del nuevo sistema, en comparación con los tiempos medidos para el sistema actual. El resultado se inclinó a favor del nuevo sistema con un potencial tiempo de mejora de cinco minutos por spool procesado, aún al haberse añadido la operación de *Prueba Hidrostática*, función no existente en el antiguo sistema.

Luego, considerando los minutos efectivos de trabajo al mes y el análisis detallado de la frecuencia de liberación de spools desde la planta de fabricación, no solamente se estimó la frecuencia promedio de un spool en el sistema, sino que además se calculó la estimación de los spools adicionales que saldrían liberados si se considerara la puesta en marcha sin problemas del nuevo sistema. Por otra parte, fueron incluidos en el análisis los siguientes valores:

- Costo de adquisición del software mejorado, como inversión inicial.
- Costo de mantenimiento del software, como cuota fija mensual.
- El precio promedio de venta de un spool de acero al carbono, y un margen promedio del 20%.

De manera adicional, se consideró para el descuento de flujos futuros una tasa de un 50%, por tratarse de un proyecto tecnológico. Además se “castigó” el valor del promedio mensual de spools liberados, considerando un porcentaje dado por concepto de reprocesos y/o retrasos en la producción. Finalmente, tras la confección de un flujo de caja (el cual aparece en el Anexo 3) se determinó que la inversión inicial será recuperada entre el quinto y sexto mes después de la puesta en marcha del sistema. Lo anterior, considerando que tras la inversión inicial la compañía proveedora se tomaría un periodo de ocho semanas para el desarrollo de las nuevas soluciones requeridas (y un periodo adicional de un mes para el periodo de capacitación del personal).

5.5.3. Estimación de Beneficios Cualitativos

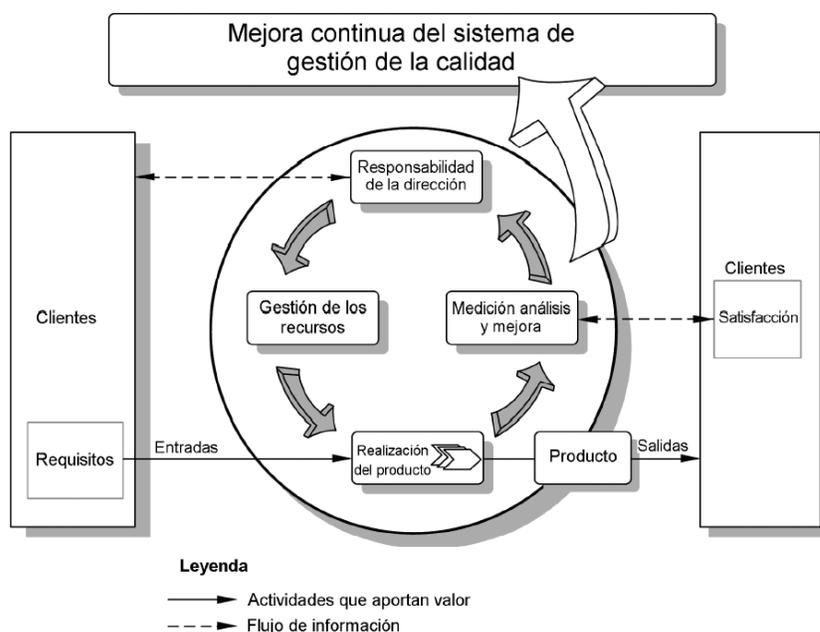
Dentro de los beneficios cualitativos estimados producto de la implementación del nuevo sistema se pueden nombrar los siguientes:

- El incremento de la productividad también posee un elemento cualitativo: una mejor utilización de tiempo por parte de los usuarios del sistema, evitando con el nuevo diseño procedimientos que no otorgaban valor a los procesos.
- Aumento en el nivel de trazabilidad del spool en el sistema.
- Mejoras de la experiencia del usuario con el sistema.
- Beneficios intangibles a mediano plazo: mejoras en la productividad y en la planificación y control de la producción permitirán mejorar la calidad del producto o servicio, mejorar los tiempos de entrega al cliente y, de paso mejorar la imagen de la compañía.
- Aumento en el nivel de la gestión de la información, lo cual contribuirá a una mejor toma de decisiones.

5.6. Plan de Implementación y Puesta en Marcha del Nuevo Sistema

5.6.1. Certificación de Calidad del Software

La compañía proveedora del sistema de información BES está certificada por la norma internacional ISO 9001 (Sistemas de Gestión de Calidad), la cual se centra en los componentes de administración de calidad necesarios para una compañía, de manera tal de administrar efectivamente un sistema de gestión de calidad, y así mejorar continuamente la calidad de sus productos o servicios [46]. Dicha certificación, entre otras cosas, asegura que el proveedor dispone de un Sistema de Gestión de Calidad vigente en sus procesos de desarrollo de soluciones de software, y permitirá garantizar la satisfacción del cliente de todos sus requerimientos [47].



*Figura 126: Modelo de un Sistema de Gestión de Calidad basado en procesos.
Fuente: Norma Internacional ISO 9001, Cuarta Edición.*

Durante el año 2014 se ha incluido gradualmente al sistema BES en la descripción de los procesos y procedimientos ISO de FASTPACK S.A. Por otra parte, no se ha realizado hasta la fecha una auditoría con respecto a los sistemas de información de producción, sino auditorías externas de evaluación de renovación de la certificación (para asegurar el cumplimiento de la norma en sus procedimientos). En base a la información descrita anteriormente, la inclusión del sistema BES en varios procesos productivos (formalizados en los procedimientos ISO de la compañía) certificaría que dichos procesos cumplen con los estándares de dicha norma, existiendo además un aporte a la mejora continua de los procesos. De todos modos, esta certificación **no garantiza** que el software efectivamente aumente la calidad en los procesos productivos.

Un modelo más estrechamente relacionado con el mejoramiento de los procesos de desarrollo del software es el *Modelo de Madurez de la Capacidad Integrada del Software (CMMI)*. Este marco detecta las áreas de procesos relevantes para la mejora del proceso de desarrollo del software (ver Figura 127), así como las prácticas recomendadas para alcanzar las metas específicas determinadas por este modelo. De acuerdo al logro de metas relacionadas con las buenas prácticas de ingeniería de software, se determina el alcance de la mejora de los procesos. En nuestro país existen alrededor de 23 empresas con certificaciones CMMI en algún grado [48].

Gestión del proceso	Definición de procesos organizacionales Centrar la atención en procesos organizacionales Aprendizaje organizacional Rendimiento de los procesos organizacionales Desarrollo e innovación organizacional
Gestión del proyecto	Planificación del proyecto Control y seguimiento del proyecto Gestión de acuerdos con los proveedores Gestión de la integración del proyecto Gestión de riesgos Integración del equipo Gestión cuantitativa del proyecto
Ingeniería	Gestión de requerimientos Desarrollo de requerimientos Soluciones técnicas Integración del producto Verificación Validación
Soporte	Gestión de configuraciones Gestión de calidad del proceso y del producto Análisis y mediciones Análisis y toma de decisiones Entorno organizacional para integración Análisis y resolución causal

Figura 127: Áreas de Proceso en el CMMI.

Fuente: Ian Sommerville, “Evolución del Software: Séptima Edición” (2005).

Sin embargo, esta condición para la empresa proveedora del sistema BES se relajará, debido a la experiencia de la misma en la industria del piping y, en particular, con la empresa. Además de contar con la posibilidad de participar activamente en el diseño cien por ciento personalizado de los módulos del sistema, es la única opción cotizada que se adecúa a todos los requerimientos de la compañía. Los alcances y objetivos del presente trabajo, por otra parte, no contemplan el proceso de desarrollo del software mismo (debido a que el foco de este proyecto está puesto en los procesos de la empresa y no del proveedor).

5.6.2. Estrategia de Implementación e Inclusión de Usuarios

La primera etapa para asegurar una efectiva implementación del nuevo sistema desde el punto de vista de la inclusión de los usuarios es el detectar los actores específicos de cada uno de los departamentos que se verán afectados por esta transición. En el Capítulo 4 fueron identificados los actores que participan en todas las actividades que involucran el uso del sistema BES, y también fueron detallados los requerimientos de cada una de las áreas participantes en el ciclo de producción de la compañía. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo un proceso de evaluación del nuevo sistema al momento de su puesta en marcha, con la finalidad de evaluar el nivel de satisfacción de dichos requerimientos [49]. Para ello, es necesario informar y orientar previamente a las personas involucradas sobre el calendario de actividades relacionadas con los procedimientos que comprenderán las actividades de prueba y evaluación, y de qué tratará cada una de ellas. Los participantes mejor informados podrán participar más activamente y brindar una retroalimentación más certera. Adicionalmente, se sugiere la creación de manuales de instrucciones para el uso de las operaciones nuevas y modificadas del sistema, de manera tal de permitir un acercamiento más didáctico por parte de los usuarios hacia el nuevo sistema, pensando además en la futura inclusión de nuevos usuarios (tanto trabajadores nuevos como trabajadores poco experimentados con sistemas de información).

Se puede desprender del análisis de cada uno de los módulos del nuevo sistema, realizado en el subcapítulo 5.4, que uno de los aspectos que más tendrá relevancia al momento de implementar y evaluar el nuevo sistema será el de la usabilidad, concepto relacionado con la calidad de la experiencia vivida por el usuario al momento de interactuar con un sistema [50]. Con respecto a este último punto, el diseño de las interfaces (de las nuevas operaciones y de las operaciones modificadas) jugará un rol fundamental en dicho análisis, permitiendo evaluar si dichas interfaces cumplen con los requerimientos de los usuarios.

Debido a las restricciones presupuestarias de la compañía, se proponen técnicas sencillas y menos costosas para evaluar el funcionamiento del nuevo sistema, permitiendo identificar las posibles deficiencias o incumplimientos de requerimiento. Dentro de los procedimientos de evaluación, se encuentran los siguientes [51]:

- Cuestionarios que recopilan información tras la ejecución de las operaciones por parte de los usuarios. Dichos cuestionarios tienen que contener en su estructura preguntas que permitan identificar el grado de experiencia y conocimiento sobre el uso del sistema por parte de cada uno de los usuarios (tanto los antiguos como los potenciales), de manera tal de distinguir las circunstancias producto del poco entendimiento por parte del usuario con el sistema, y separarlas de los problemas efectivos de diseño o del rendimiento general del software.
- Observaciones de los usuarios al momento de utilizar el sistema, de manera tal de detectar el comportamiento de los mismos en la ejecución de las tareas. Este tipo de actividades se puede complementar con “pensamientos en voz alta” por parte de los usuarios, para evidenciar lo que tratan de hacer y lo que piensan o sienten con respecto al sistema y a las operaciones utilizadas. Otra forma más costosa de realizar

esta evaluación es a través de la instalación y funcionamiento de cámaras de video, para el análisis posterior de las grabaciones.

- Tomas de *screencasts*, grabaciones digitales que muestren el funcionamiento de las pantallas de los equipos de los usuarios. A través de dichas grabaciones se podrá descubrir con qué frecuencia es requerida la transición del mouse al teclado (y viceversa), lo cual dará señales sobre la intensidad del movimiento de las manos. Por otra parte, se podrá inferir la presencia de movimientos forzados de la vista producto de cambios reiterados de enfoque. Una interfaz que provoque la existencia de esta situación puede implicar una probabilidad mayor de errores por parte de los usuarios y pérdidas parciales de visualización al momento de ejecutar determinadas operaciones.
- Sugerir a la compañía proveedora la inclusión de un código en el software que permita recopilar información sobre la frecuencia de utilización de las operaciones, así como la frecuencia de aparición de errores. Por otra parte, se puede sugerir además la creación de una plataforma adicional o comando para que los usuarios puedan enviar mensajes de reportes de errores al equipo de diseñadores de la empresa proveedora. Esta medida no solamente empoderaría a los usuarios (dado que serían tomadas en cuenta sus consideraciones), sino que además permitiría una retroalimentación más rápida de los distintos problemas que podría reportar el nuevo sistema. Esta funcionalidad podría incluirse dentro del servicio de soporte (con un costo mensual cercano a los \$289.000) o, en su defecto, ser cobrada como tarifa adicional al valor anteriormente mencionado.

Se sugiere finalmente que se considere la opción de solicitar una visita por parte de la empresa proveedora a validar los requerimientos documentados por el equipo **Spool Machine** (durante el pasado mes de octubre), como etapa previa al desarrollo del rediseño. La finalidad de realizar aquello es detectar modificaciones o nuevos alcances en dichos requerimientos, aun cuando éstos fueron validados un mes después de la realización de los correspondientes *focus group* con cada uno de los departamentos de la compañía.

5.6.3. Protocolo de Mantenimiento

De acuerdo al glosario internacional *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, se define el término *protocolo de mantención* como el proceso de modificación de un sistema o componente de software con la finalidad de corregir posibles defectos, mejorar su desempeño o algún set de atributos, o bien adaptarlo a los nuevos requerimientos de sus usuarios y/o al cambio progresivo en la industria en la cual está inserta [52]. Dichos cambios son implementados modificando determinados componentes del actual sistema, añadiendo a su vez nuevos componentes al sistema en donde sea necesario.

La mantención de un sistema puede descomponerse en tres tipos diferentes de mantenimiento [53]:

- Mantenimiento correctivo: término utilizado para identificar el mantenimiento realizado para la reparación de defectos y/o errores del sistema.
- Mantenimiento adaptativo: también conocido como mantenimiento evolutivo, se utiliza para identificar el mantenimiento que pretende realizar cambios en las funcionalidades ya existentes en el sistema (aumentando, disminuyendo o cambiando operaciones), con la finalidad de permitir la adaptación del software a nuevos requerimientos de sus usuarios y/o al avance tecnológico (para así retrasar la obsolescencia del sistema).
- Mantenimiento perfectivo: se relaciona con el proceso de implementación de variaciones en el software de manera tal de mejorar la estructura y/o el rendimiento del mismo.

En base a estos tres escenarios, es posible determinar el proceso de evolución del software, el cual involucra las distintas etapas posibles involucradas con la evolución del sistema como tal. Tal como muestra la Figura 128, dichos procesos de identificación son cíclicos y acompañan al software durante toda su vida útil.

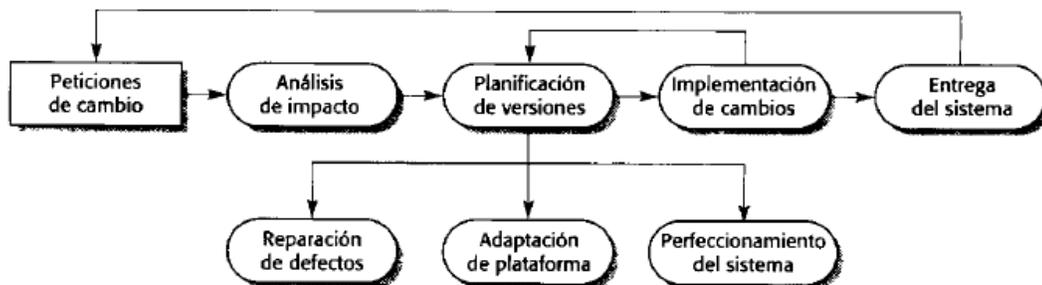


Figura 128: Proceso de evolución del software.

Fuente: Ian Sommerville, "Evolución del Software: Séptima Edición" (2005).

De acuerdo a los estudios desarrollados en los trabajos de B.P. Lientz y E.B. Swanson (1980) [54], y en los de Nosek y Palvia (1990) [55], se estima que solamente un 17% del mantenimiento se relaciona con la corrección de errores en los sistemas. Por ende, la mayor fracción del esfuerzo realizado en mantenimiento se enfoca generalmente en la evolución del sistema para adaptarse a nuevos entornos y nuevos requerimientos o, en su defecto, a cambios en dichos requerimientos. Esta tendencia todavía es aproximadamente correcta para los softwares a medida, por lo cual es fundamental asegurar en la etapa de rediseño una precisa y detallada identificación de todos los requerimientos vigentes de los usuarios y, además, que la empresa proveedora desarrolle el nuevo sistema de manera tal de facilitar su comprensión y su modificación en el tiempo. De esta manera, se contribuirá a la reducción de esfuerzos y costos relacionados con el mantenimiento del sistema [56].

La realización de toda acción de mantenimiento debe cumplir con los términos de un protocolo que garantice el funcionamiento del sistema. Una primera aproximación por parte de la compañía proveedora es intentar predecir los cambios previstos en el sistema para un periodo futuro determinado, en conjunto con la determinación del tipo y costo del mantenimiento previsto. De esta manera se podrán identificar las operaciones más susceptibles a solicitudes de modificaciones y las partes del sistema que requerirían un esfuerzo o costo más alto en su mantención.

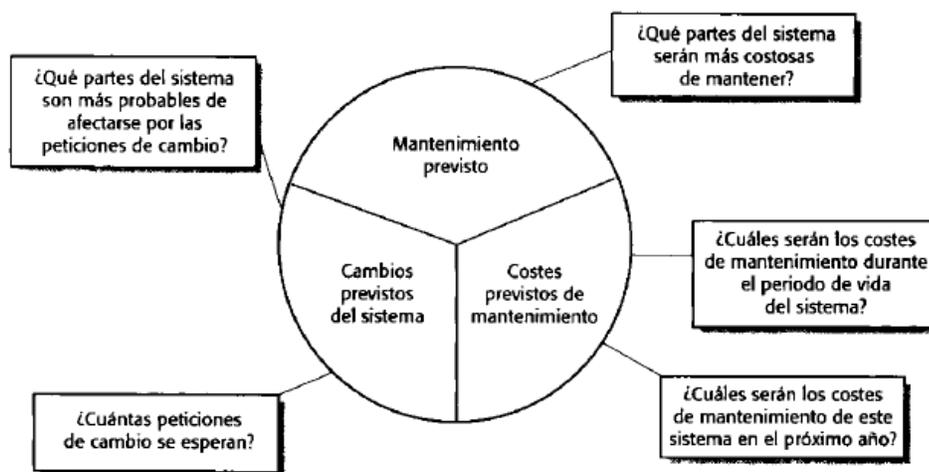


Figura 129: Predicción del mantenimiento del software.
Fuente: Ian Sommerville, "Evolución del Software: Séptima Edición" (2005).

La principal razón por la cual es importante considerar estos tres escenarios es porque de esta manera se podrá establecer una política de mantenimiento adecuada en base a la estructura y funcionamiento del software, de la plataforma hardware y de la base de datos, así como del ciclo de trabajo mismo de la empresa. De acuerdo a los diversos análisis realizados a lo largo del presente trabajo sobre el ciclo de producción de la compañía, cualquier falla en el sistema que interrumpa el paso de los spools por el sistema conducirá a un retraso en la liberación de las piezas y, por ende, a un retraso en la facturación de los productos terminados. Por ende, las ventanas de mantenimiento deben ser programadas de manera tal de no entorpecer o impedir el normal uso de las

operaciones del sistema. Adicionalmente, es necesario definir formalmente el porcentaje en el cual el software estará operacional (*uptime*), el cual se compone por la suma del período de tiempo en el cual el sistema está operacional y en uso (*busy time*) más el período de tiempo en el cual el sistema en servicio, pero sin ser usado (*idle time*). El período de tiempo en el cual el sistema está no disponible debido a fallas o a un mantenimiento programado se conoce como *downtime*, mientras que el tiempo promedio que toma el sistema en ser restablecido tras la reparación de fallas se denomina *recovery time* [57]. Cabe destacar que la formalización del *uptime* para sistemas que requieren tener un alto porcentaje de disponibilidad se define usualmente en base al criterio conocido como número de nueves. Las tres distinciones que abarca este criterio son las siguientes (definidas para un año de 365 días y 24 horas) [58]:

- **Tres nueves (99,9%)**

$$\text{Downtime + Recovery Time} = (365 \times 24) - 0,999 (365 \times 24) = 8,76 \text{ horas} \\ \approx 8 \text{ horas y } 45 \text{ minutos}$$

- **Cuatro nueves (99,99%)**

$$\text{Downtime + Recovery Time} = (365 \times 24) - 0,9999 (365 \times 24) = 0,876 \text{ horas} \\ \approx 52 \text{ minutos y } 30 \text{ segundos}$$

- **Cinco nueves (99,999%)**

$$\text{Downtime + Recovery Time} = (365 \times 24) - 0,99999 (365 \times 24) = 0,0876 \text{ horas} \\ \approx 5 \text{ minutos y } 15 \text{ segundos}$$

Es importante destacar que, dependiendo del horario semanal de funcionamiento activo de la empresa y el periodo de tiempo en que se requiere que el sistema esté en funcionamiento, podría variar el sustraendo para cada una de las distinciones del criterio y, por ende, el tiempo de funcionamiento a establecer formalmente. Por otra parte, es importante considerar que no solamente puede darse origen a un periodo de *downtime* tras el mantenimiento programado del software mismo, sino que además puede estar relacionado con fallas en la plataforma hardware (falla de la fuente de poder, del punto de red, cable o tarjeta de red, etc.), o bien con problemas de almacenamiento o conexión de la base de datos. Otras razones, aunque menos frecuentes: errores humanos, aparición de virus y la ocurrencia de desastres naturales [59]. Por ende, es fundamental exigir a la compañía proveedora planes de contingencia para formalizar un protocolo de mantención que minimice la ocurrencia de *caídas* no controladas, manteniendo a su vez planes de mantención regulares y programados, en lo posible durante un periodo vespertino (para no perjudicar el ciclo de producción de la compañía).

La condición de funcionamiento operacional (*uptime*) de un software descrita en el párrafo anterior es definida formalmente en un contrato, establecido entre la compañía proveedora y la empresa cliente, conocido como Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA), el cual define el nivel de calidad de servicio en base a parámetros como los tiempos de respuesta y de solución ante distintos tipos de incidentes, y la disponibilidad horaria de atención [60].

Otros aspectos importantes a considerar en un SLA son los siguientes [61]:

- Soporte a clientes y asistencia.
- Provisiones para seguridad y datos.
- Servicio de comentarios.
- Conectividad.
- Compensaciones y/o cancelación de multas por caídas del sistema.

La importancia de definir un SLA para establecer las condiciones contractuales del funcionamiento del sistema se debe a que, por ejemplo, una posible falla de la red no implica que el software deje de funcionar (aun cuando la base de datos no esté disponible para el ingreso de registros). Por ende, establecer políticas formales de acción ante estos casos evitará posibles confusiones y conflictos con respecto a los términos acordados sobre el *uptime* y, por otra parte, se podrá seguir un curso de acción más expedito para resolver el incidente. Además es importante diferenciar los tiempos de respuesta exigidos de acuerdo al tipo de incidente que pudiere presentarse durante el período de funcionamiento del sistema:

- **Criticidad alta**
Aparición de un error que impide el uso del sistema para todos los usuarios.
- **Criticidad media**
Aparición de un error que impide el uso de un porcentaje de los usuarios.
- **Criticidad baja**
Aparición de un error que puede ser evitado mediante el uso de operaciones o funciones alternativas del sistema, a la espera de su reparación.

El otro factor que influye sobre la determinación de los tiempos de respuesta requeridos para los casos mencionados anteriormente es el impacto sobre los procesos. Dependiendo de lo anterior, un error de una determinada criticidad no detectada durante el periodo de desarrollo del sistema podría generar un tiempo considerable de inactividad. Esto último implicaría necesariamente la realización de una mantención al sistema, sumado a la generación de un *patch*, que modifique el código fuente del sistema para así solucionar dicho error.

Capítulo 6

Conclusiones y Comentarios

Cabe destacar en primera instancia que los objetivos planteados al comienzo del presente trabajo fueron satisfactoriamente cumplidos tras la realización del proyecto, en virtud de lo presentado en cada uno de los capítulos de este informe. Cada uno de los objetivos específicos planteados fue importante para contextualizar y estructurar las bases que sustentan la razón de ser de este trabajo, permitiendo de esta manera alcanzar el objetivo general propuesto. El entender el estado de arte de la industria en la cual está inserta la empresa permitió identificar los aspectos en los cuales radica su complejidad. Debido a lo anterior, se justificó el estudio de diversas metodologías de trabajo para abordar este proyecto, y enfrentar el problema que ha enfrentado la empresa en este último tiempo: la falta de eficiencia en la planificación y control de sus procesos productivos. La elección de la metodología adecuada dependió del enfoque que requería el problema y de las mismas necesidades de la compañía.

A pesar de no tratarse de un conjunto de actividades relacionadas con el diseño de un sistema de información, el modelamiento de los procesos productivos desarrollado en el subcapítulo 4 permitió tener una visión sistémica más amplia y, a la vez, detallada de cómo se interrelacionan los distintos procesos productivos y los actores que participan en la ejecución de ellos. Durante esta etapa del presente trabajo fue posible identificar visualmente dos aspectos importantes al momento de estudiar la industria del piping: el alto nivel de complejidad del proceso de fabricación de spools (incluso en la fase previa a la fabricación misma), y los hitos de trazabilidad de un spool en el sistema. Fue esta herramienta la que permitió determinar en qué partes del ciclo productivo se ha estado perdiendo eficiencia. Por otra parte, permitió comprender qué problemas estaban relacionados con alguna ineficiencia relacionada con algún sistema de información, y separarlos de los problemas relacionados con deficiencias administrativas (aspectos ajenos al objetivo principal de este proyecto).

Tras el término del presente proyecto, se espera que la implementación y posterior puesta en marcha del nuevo sistema traiga consigo los aumentos considerables en la productividad de los procesos del ciclo de producción que fueron inicialmente estimados, reduciendo a su vez los tiempos de ejecución de las operaciones modificadas del sistema, y permitiendo a su vez una mayor accesibilidad a la información relevante para cada usuario. No solamente basta con construir puentes que comuniquen a las denominadas “islas de información” de la compañía, sino que además es necesario identificar cuáles son los datos que pueden otorgar valor agregado a los controles operacionales y análisis estratégicos, y cuáles son los datos que son redundantes o que no otorgan valor alguno. En efecto, la razón detrás de la disminución cercana a un 50% en los tiempos activos de uso de las operaciones del ciclo de fabricación se debe exclusivamente al inferir cómo mostrar la información en cada una de estas operaciones

(y qué mostrar), identificando las clases para cada una de éstas y adecuándolas al contexto de las necesidades de los usuarios.

A estas alturas es inconcebible pensar en el desarrollo de un sistema a medida sin incluir en alguna etapa de análisis exploratorio a los usuarios que ocuparán dicho sistema. Por otra parte, es importante entender las motivaciones de las solicitudes de cada usuario. En más de alguna ocasión la solución no pasa por elevar a un nivel más alto el grado de automatización de sistemas de información, sino que pasa por resolver un tema *administrativo*: existen soluciones a problemas que no se basan en actualizaciones de versiones de software ni en nuevos códigos, sino en fomentar un ambiente de compromiso y entendimiento, considerando que muchas veces un trabajador no tiene claridad sobre el impacto que podría tener en otras personas la gestión (o falta de gestión) de su trabajo. A modo de ejemplo: el Encargado de Planificación de la compañía podría entregar un calendario estimativo de planificaciones al Jefe del Departamento de Producción Maestranza, con la finalidad de ampliar la visión sobre la carga de trabajo que llegará al galpón de Maestranza. Sin embargo, no se puede contar con dicho calendario si en el sistema todos los materiales a importar no cuentan con una fecha ETA estimada de llegada en el sistema. Y, en ocasiones, las ETA están disponibles por parte del proveedor, pero no han sido ingresadas al sistema por la persona encargada del Área Comercial. Por ende, una de las principales moralejas tras el término de este proyecto fue que el *factor humano* no puede ser ignorado al momento de pensar en mejoras a sistemas de información; no todas las soluciones pasan por la automatización de procesos, sino también por resolver aspectos administrativos.

Aun cuando el presente proyecto cumple con los objetivos trazados inicialmente, el alto nivel de complejidad y de dinamismo de la industria del piping exigirá en forma permanente el mejoramiento continuo y la generación de alternativas de mejora tanto para los procesos productivos como para los sistemas de información que los gestionan, de acuerdo a los requerimientos tanto de las empresas clientes como de los mismos usuarios. Por ende, es indudable que en el mediano plazo sea necesario establecer las pautas para un nuevo diseño del sistema de información de la empresa, en base a las nuevas necesidades que puedan surgir en un eventual futuro. De todas maneras, este trabajo contribuye a ser una base de referencia para futuros proyectos con requerimientos y problemas similares a los expuestos en los capítulos de este trabajo.

Finalmente, las impresiones personales con respecto a la realización del presente proyecto fueron más que satisfactorias y positivas. Este trabajo fue en todo momento un gran desafío debido a la complejidad del tema como tal, considerando además la importancia que este trabajo significa para la empresa (debido a la serie de circunstancias que ha afrontado). En efecto, la aprobación del proyecto dentro de la compañía fue un factor determinante para el ofrecimiento de un contrato de trabajo que permitirá darle continuidad al proyecto, y así poder participar personalmente en la supervisión de la futura implementación del nuevo sistema de información.

Capítulo 7

Bibliografía

- [1] Sociedad Nacional de Minería, “Principales Exportaciones Mineras (2004-2013)”, Portal Sociedad Nacional de Minería, 2014. [Online].
Disponible: http://www.sonami.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=214&Itemid=115
- [2][3] Consejo Minero de Chile & Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), “Minería en Cifras (2003-2013)”, Consejo Minero de Chile, 2014.
- [4] Libertad y Desarrollo, “Malas Políticas y Caída en Atractivo Minero”, Libertad y Desarrollo, N°1150, 21 de marzo de 2014.
- [5] Alberto Salas Muñoz, “Minería, Proyecciones & Desafíos”, Sociedad Nacional de Minería, 18 de junio de 2014. [Online]
Disponible: <http://web.sofofa.cl/wp-content/uploads/2014/06/Alberto-Salas-Sonami-SONAMI-SFF.pdf>
- [6][7] S. Mosayebi et al., “Factors Affecting Productivity of Pipe Spool Fabrication”, *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, vol. 1, no. 1, pp. 30-36, Marzo, 2012.
- [8] C. Shannon, “A Mathematical Theory of Communication”, *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423, 623-656, Octubre, 1948.
- [9] A. López, A. Parada, Franco Simonetti, “Teoría de la Información”, *Introducción a la Psicología de la Comunicación*, Ed. Universidad Católica de Chile, Santiago, 1995.
- [10] O.A. Rashid & M.N. Ahmad, “Business Process Improvement Methodologies: An Overview” en *Journal of Information Systems Research and Innovation (JISRI)*, ISSN: 2289-1358, pp. 45-53.
- [11] M. Champer & J. Champy, “Reingeniería”, Ed. Norma, 1994.
- [12] P. Harmon, “Business Process Change, Second Edition: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals”, 2° ed., Ed. Morgan Kaufmann, 2003.
- [13] H. James Harrington, “Mejoramiento de los procesos de la empresa”, Ed. McGraw-Hill, 1993.
- [14] E. Escalante, “Seis-Sigma: Metodología y Técnicas”, Ed. Limusa, 2003.

- [15] H. Smith & P. Fingar, “Business Process Management: The Third Wave”, Ed. Meghan Kiffer Pr, 2006.
- [16] Santiago Aguirre Mayorga, “Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos”, Universidad EAIIFT, Medellín, Colombia, 12 de julio de 2007.
- [17] B. Andersen, “Business Process Improvement Toolbox”, 1º ed., Ed. Amer Society for Quality, 1999.
- [18][19] Sotiris Zigiariis, “Business Process Re-engineering (BPR)”, InnoRegio Project, 2000.
- [20] Sweta Anand, “Business Process Management (BPM) versus Business Process Reengineering (BPR)” en *Portal BPMgeek*, 17 de septiembre de 2011. [Online] Disponible: <http://bpmgeek.com/blog/business-process-management-vs-business-process-reengineering>
- [21] Roger Schroeder, “Características del Flujo del Proceso” en *Administración de Operaciones: Toma de Decisiones en la Función de Operaciones*, 3º ed., Ed. McGraw-Hill, pp. 119-124.
- [22] Roger Schroeder, “Clasificación por Tipo de Pedido del Cliente” en *Administración de Operaciones: Toma de Decisiones en la Función de Operaciones*, 3º ed., Ed. McGraw-Hill, pp. 124-128.
- [23] Roger Schroeder, “Análisis del Flujo del Proceso” en *Administración de Operaciones: Toma de Decisiones en la Función de Operaciones*, 3º ed., Ed. McGraw-Hill, pp. 157-160.
- [24][25][26] José Miguel Santibáñez, apuntes del curso “Sistemas de Información”, Universidad de Ciencias de la Información, Santiago de Chile, 2000.
- [27] Ángel Benvenuto Vera, “Implementación de Sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC” en *CAPIV REVIEW*, Vol. 4, 2006, pp. 33-48.
- [28] Cory Janssen, “Project Management Software” en *Techopedia*, 22 de mayo de 2013.
- [29] Grupo ALEGSA, “¿Qué es un lenguaje de programación?” en *Portal ALEGSA Online*, Santa Fe, Argentina, 2006. [Online] Disponible: <http://www.alegsaonline.com/art/11.php>
- [30] María Pinto Molina, “Bases de Datos” en *Portal María Pinto Molina*, Universidad de Granada, España, 2011. [Online] Disponible: http://www.mariapinto.es/e-coms/bases_datos.htm

- [31] Grupo ALEGSA, “Definición de Framework” en *Portal ALEGSA Online*, Santa Fe, Argentina, 2006. [Online]
Disponible: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/framework.php>
- [32] Devin Zito, “Custom software versus boxed software” en *The Livingston Business Journal*, 24 de septiembre de 2012. [Online]
Disponible: <http://www.livingstonbusiness.com/2012/09/24/custom-software-versus-boxed-software/>
- [33] Félix Gómez de León & Antonio González Carpena, Apuntes de Curso “Resistencia de Materiales y Cálculo de Estructuras”, Universidad de Murcia, España, s/a.
- [34] Paola Ruiz Rojas, “Calidad en la Soldadura: Inspección y Detección con Ensayos No Destructivos” en *Revista Metal Actual*, N°21, pp. 44-49.
- [35] Daniel Aisemberg, “Ranking ERP en América Latina” en *Portal Consultora Evaluando ERP*, 20 de mayo de 2013. [Online]
Disponible: <http://www.evaluandoerp.com/nota-3115-Clasificacion-de-los-ERPs-Es-util.html>
- [36] Peter Tresselt & Benjamin Hippler, “Two-Tier ERP Strategy: First Steps”, Cognizant 20-20 Insights, 2014, pp. 1-4.
- [37] Drew Robb, “Two-tier Strategy a Way to 'Reinvigorate' ERP” en *Portal Enterprise Apps Today*, 12 de mayo de 2012. [Online]
Disponible: <http://www.enterpriseappstoday.com/erp/two-tier-strategy-reinvigorate-erp.html>
- [38][39] Petra Jorgenson, “Single-Tier vs. Two-Tier ERP: Which Strategy Is Best?” en *Toolbox IT Communities*, 25 de Julio de 2014. [Online]
Disponible: <http://it.toolbox.com/blogs/inside-erp/singletier-vs-twotier-erp-which-strategy-is-best-62267>
- [40][41][44] Gisela Palumbo, “Software *enlatado* versus *a medida*” en *Portal Consultora Evaluando ERP*, 24 de septiembre de 2014. [Online]
Disponible: <http://www.evaluandoerp.com/nota-4030-Software-enlatado-vs-a-medida.html>
- [42] Luis Vilanova, “Desarrollo ERP versus Desarrollo a Medida en el Año 2014” en *Sitio Web Luis Vilanova*, 30 de octubre de 2013. [Online]
Disponible: <http://luisvilanova.es/desarrollo-erp-vs-desarrollo-a-medida-en-el-ano-2014/>
- [43] Editorial DataPrix, “¿Cuánto cuesta implementar un ERP en una empresa?” en *Portal DataPrix*, 9 de abril de 2014. [Online]
Disponible: <http://www.dataprix.com/articulo/erp/cuanto-cuesta-implementar-erp-empresa>

- [45] Jordi de la Asunción, “Soluciones de gestión empresarial basadas en Internet: ERP versus desarrollos a medida”, Universidad Autónoma de Madrid, mayo de 2007
- [46][47] *Norma Internacional ISO 9001*, Cuarta Edición, 2008-11-15, Traducción Oficial. Documento PDF obtenido a través de la empresa FASTPACK S.A.
- [48] I. Sommerville, “El marco de trabajo para la mejora de procesos CMMI”, in *Ingeniería de Software: Séptima Edición*, M.Martín-Romo, Ed. Pearson Educación: España, 2005, pp. 619-625.
- [49] R. Vega Prieto, “Procedure for performing usability test”, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, s/a.
- [50] “¿Qué es la Usabilidad?”, Portal Unidad de Modernización y Gobierno Digital, Ministerio de Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile, s/a. [Online] Disponible: <http://www.guiadigital.gob.cl/articulo/que-es-la-usabilidad>
- [51] I. Sommerville, “Diseño de Interfaces de Usuario”, in *Ingeniería de Software: Séptima Edición*, M.Martín-Romo, Ed. Pearson Educación: España, 2005, pp. 331-352.
- [52][57] *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, NY, 1990.
- [53][56] I. Sommerville, “Evolución del Software”, in *Ingeniería de Software: Séptima Edición*, M.Martín-Romo, Ed. Pearson Educación: España, 2005, pp. 447-467.
- [54] B.P. Lientz & E.B. Swanson, *Software Maintenance Management, A Study Of The Maintenance Of Computer Application Software In 487 Data Processing Organizations*, Ed. Addison-Wesley: Reading MA, 1980.
- [55] J.T. Nosek & P. Palvia, “Software maintenance management: changes in the last decade”, *Journal of Software Maintenance: Research and Practice*, vol. 2, no. 3, pp. 157-174, Septiembre, 1990.
- [58] V. Hazrati, “The Truth About Availability: What does 99.99% mean?” in *Sitio Web Vikas Hazrati*, 24 de octubre de 2008. [Online] Disponible: <http://vikashazrati.wordpress.com/2008/10/24/truth-about-availabilit/>
- [59] César Guerrero, apuntes del curso “Arquitectura de Sistemas de Alta Disponibilidad”, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2007.
- [60][61] N. Karten, “How To Establish Service Level Agreements”, Karten Associates, 2003.

Capítulo 8

Anexos

8.1. Anexo 1 – Frecuencias Operaciones Registro de Armado y Registro de Soldadura

Observación: Los tiempos considerados en el presente análisis solamente consideran las duraciones del ingreso de información en cada una de las operaciones. No se consideraron los tiempos adicionales por realizar la búsqueda de un proyecto en el sistema.

Por ejemplo, registrar 10 spools de un mismo proyecto en el sistema toma menos tiempo que registrar 10 spools de varios proyectos, debido a los tiempos de transición relacionados con el tiempo de búsqueda y selección de un proyecto.

Fecha de exportación de base de datos: 25 de noviembre de 2014.

Fecha Registro Sistema	Registro de Armado (RA)	Registro de Soldadura (RS)	Tiempo Promedio Total
01-sep	-	-	-
02-sep	15	15	0:30:00
03-sep	12	12	0:24:00
04-sep	18	18	0:36:00
05-sep	15	15	0:30:00
06-sep	-	-	-
07-sep	-	-	-
08-sep	28	28	0:56:00
09-sep	1	1	0:02:00
10-sep	27	27	0:54:00
11-sep	33	33	1:06:00
12-sep	13	13	0:26:00
13-sep	-	-	-
14-sep	-	-	-
15-sep	-	-	-
16-sep	-	-	-
17-sep	-	-	-
18-sep	-	-	-
19-sep	-	-	-
20-sep	-	-	-
21-sep	-	-	-
22-sep	3	3	0:06:00
23-sep	-	-	-
24-sep	-	-	-
25-sep	2	2	0:04:00
26-sep	1	1	0:02:00
27-sep	-	-	-
28-sep	-	-	-
29-sep	5	5	0:10:00
30-sep	1	1	0:02:00
Total	174	174	5:48:00

Fecha Registro Sistema	Registro de Armado (RA)	Registro de Soldadura (RS)	Tiempo Promedio Total
01-oct	-	-	-
02-oct	1	1	0:02:00
03-oct	11	11	0:22:00
04-oct	-	-	-
05-oct	-	-	-
06-oct	11	11	0:22:00
07-oct	6	6	0:12:00
08-oct	5	5	0:10:00
09-oct	4	4	0:08:00
10-oct	22	22	0:44:00
11-oct	3	3	0:06:00
12-oct	-	-	-
13-oct	14	14	0:28:00
14-oct	13	13	0:26:00
15-oct	9	9	0:18:00
16-oct	19	19	0:38:00
17-oct	12	12	0:24:00
18-oct	13	13	0:26:00
19-oct	-	-	-
20-oct	16	16	0:32:00
21-oct	10	10	0:20:00
22-oct	11	11	0:22:00
23-oct	5	5	0:10:00
24-oct	16	16	0:32:00
25-oct	-	-	-
26-oct	-	-	-
27-oct	16	16	0:32:00
28-oct	12	12	0:24:00
29-oct	6	6	0:12:00
30-oct	6	6	0:12:00
31-oct	-	-	-
Total	241	241	8:02:00

Fecha Registro Sistema	Registro de Armado (RA)	Registro de Soldadura (RS)	Tiempo Promedio Total
01-nov	-	-	-
02-nov	-	-	-
03-nov	11	11	0:22:00
04-nov	14	14	0:28:00
05-nov	9	9	0:18:00
06-nov	6	6	0:12:00
07-nov	3	3	0:06:00
08-nov	6	6	0:12:00
09-nov	-	-	-
10-nov	6	6	0:12:00
11-nov	13	13	0:26:00
12-nov	-	-	-
13-nov	7	7	0:14:00
14-nov	7	7	0:14:00
15-nov	-	-	-
16-nov	-	-	-
17-nov	24	24	0:48:00
18-nov	6	6	0:12:00
19-nov	8	8	0:16:00
20-nov	26	26	0:52:00
21-nov	19	19	0:38:00
22-nov	1	1	0:02:00
23-nov	-	-	-
24-nov	10	10	0:20:00
25-nov	16	16	0:32:00
Total	192	192	6:24:00

8.2. Anexo 2 – Valorización Preliminar: Tiempos Promedio en Operaciones de Proceso de Fabricación en BES

Actividades Obligatorias al Abrir Cada Operación	TIEMPOS ESTIMADOS PROMEDIO	
	Sin Nuevo Sistema	Con Nuevo Sistema
Búsqueda en el sistema por correlativo de proyecto	0:00:20	-
Búsqueda en el sistema por código de Nota de Venta	-	0:00:03
Seleccionar spool	0:00:10	0:00:10
Total	0:00:30	0:00:13
Operaciones Utilizadas en BES por donde el spool pasa en el sistema.	Sin Nuevo Sistema*	Con Nuevo Sistema*
Registro de Armado	0:01:00	0:00:10
Registro de Soldadura	0:01:00	0:01:00
Control de Calidad Soldadura		
a) Llenado VT (obligatorio) (por unión)	0:00:20	0:00:04
b) Llenado END (por unión)	0:00:40	0:00:20
Total por unión	0:01:00	0:00:24
Total Control de Calidad Soldadura (μ uniones spool = 4)	0:04:00	0:01:36
Prueba Hidrostática	-	0:01:30
Registro de Revestimiento Interior	0:01:00	0:00:25
Control de Calidad Revestimiento Interior	0:00:20	0:00:10
Registro de Revestimiento Exterior	0:01:00	0:00:25
Control de Calidad Revestimiento Exterior	0:00:20	0:00:10
Total*	0:08:40	0:05:26
TOTAL GLOBAL PONDERADO*	0:12:10	0:07:10

*: Tiempos marcados en negrita son por spool procesado en el sistema.

8.3. Anexo 3 – Valorización Preliminar: Tiempos Promedio en Operaciones de Proceso de Fabricación en BES

	PRECIO DE VENTA PROMEDIO	
	USD	CLP
Spool Acero Carbono	1.422,38	793.987

	UF (C/IVA)	CLP
Costo Adquisición	214,20	5.269.879
Cuota Soporte Mensual	-	288.514

Tasa de descuento (Anual, C. Anual)	50,00%
Tasa de descuento (Mensual, C. Mensual)	3,44%
Margen promedio proyectos	20,00%

Minutos efectivos de trabajo al mes	9.600
Promedio mensual spools liberados	143
Razón Spool por Minuto	67
Ahorro minutos por spool nuevo sistema	5
Nuevo promedio mensual spools liberados	154
Cantidad Mensual Spools Adicionales Liberados	11

Meses	0	1	2	3
Costo Adquisición Mejoras Software	-5.269.879			
Cuota Soporte Mensual	-288.514	-288.514	-288.514	-288.514
		Desarrollo e Implementación		Capacitación
N° Spools Extra (Aumento Productividad) (CLP)				
Cash Flow (CLP)	-5.558.393	-288.514	-288.514	-288.514
Cash Flow Acumulado (CLP)	-5.558.393	-5.846.907	-6.135.421	-6.423.935

Esta imagen muestra los supuestos realizados y detallados en el punto 5.5.2 (pp. 173-174), considerando además los resultados de la evaluación realizada en el Anexo 2 (página anterior). De manera adicional al conjunto de supuestos, se muestra un flujo de caja de los primeros tres meses (tiempo previo a la puesta en marcha del sistema, en donde no se perciben ingresos). En la página siguiente se muestra el flujo de caja para los meses restantes (post puesta en marcha). Se abarcó en total un horizonte de doce años a partir del momento del desarrollo de la nueva versión del sistema.

4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	----	----	----

-288.514	-288.514	-288.514	-288.514	-288.514	-288.514	-288.514	-288.514	-288.514
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Puesta en marcha

11	11	11	11	11	11	11	11	11
1.525.745	1.475.005	1.425.952	1.378.530	1.332.686	1.288.366	1.245.520	1.204.099	1.164.056
1.237.231	1.186.491	1.137.438	1.090.016	1.044.172	999.852	957.006	915.585	875.542
-5.186.704	-4.000.214	-2.862.776	-1.772.759	-728.587	271.265	1.228.271	2.143.856	3.019.398