



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

**REDISEÑO DEL PROCESO DE INGENIERÍA DE DETALLE
EN UNA EMPRESA DE INGENIERÍA DE MECÁNICA
INDUSTRIAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

RODRIGO LETSAN CHIONG RAYO

PROFESOR GUÍA:
DANIEL VARELA LÓPEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALEJANDRO MUÑOZ ROJAS
JORGE ARAVENA SALAZAR

SANTIAGO DE CHILE
2014

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial
POR: Rodrigo Letsan Chiong Rayo
FECHA: 08/2014
PROFESOR GUÍA: Daniel Varela López

REDISEÑO DEL PROCESO DE INGENIERÍA DE DETALLE EN UNA EMPRESA DE INGENIERÍA DE MECÁNICA INDUSTRIAL

La mejora de procesos es una de las estrategias más utilizadas por las empresas para mejorar su posición competitiva. De sus disciplinas, el rediseño de procesos (BPR, por *Business Process Redesign*) es una de las más usadas y ha permitido a muchas empresas mejorar la eficiencia y eficacia de sus procesos de forma considerable, dejando de lado las pretensiones de cambios radicales que la literatura de BPR proponía inicialmente.

Enercom S.A. es una empresa chilena especializada en el diseño y fabricación de equipos industriales en procesos térmicos, de secado y combustión. Estos son altamente complejos y diseñados a medida según las especificaciones del cliente, clasificando a la empresa como de *diseño a la medida* (ETO, por *Engineered to Order*). La gerencia de la empresa desea realizar una revisión de sus procesos, en particular del proceso de ingeniería de detalle que detectan como fuente de numerosos errores. El objetivo del proyecto se centrará en la reducción del número de Productos No Conformes (PNC) originados en el proceso de ingeniería de detalle, basándose en la metodología de Cameron y Braiden [2004].

Una evaluación de la organización permite comprender el funcionamiento y las características particulares del proceso de venta, diseño y fabricación de equipos, que concentra el 90% de sus ingresos anuales. Se detecta en esta etapa que el proceso de ingeniería de detalle concentra el 38,7% de los Productos No Conformes detectados, validando la decisión de rediseñar este proceso particular.

El consecuente levantamiento del proceso de ingeniería de detalle, junto con un análisis de causa-efecto y de causa raíz de los PNC detectados, deja en evidencia que la falta de especificación de requerimientos y criterios de diseño y el alto nivel de incertidumbre del proceso son responsables de casi el 80% de las no conformidades detectadas.

Durante el rediseño del proceso se pone especial énfasis en mitigar las principales causas de no conformidad detectadas, seleccionando de la literatura las mejores prácticas que reduzcan los costos y mejoren la calidad del proceso. También se rediseñan los sistemas que soportan el proceso: la estructura organizacional y los sistemas de información de la empresa. Finalmente, se incluye una propuesta de plan de implementación como un primer acercamiento hacia la implementación de este rediseño en la empresa.

Este trabajo muestra que el proyecto tiene beneficios económicos importantes y que el costo de implementación es relativamente bajo, por lo que se recomienda continuar con las siguientes etapas del proyecto propuestas en la metodología. Se determina que BPR es aplicable a empresas del sector ETO y que permite obtener beneficios importantes, siempre que se limite a procesos unitarios y dentro una misma unidad de negocios.

Agradecimientos

Es algo irónico que, luego de más de seis años de estudio, experiencias compartidas y tantas otras cosas, todo culmine con un centenar de páginas de análisis y resultados y sólo una página de agradecimientos. Haré, por tanto, cabal uso de este reducido espacio.

Quiero agradecer, antes que todo, a mis padres, Elizabeth y Ricardo, por su incansable y muchas veces silenciosa entrega, no solo en estos últimos siete años sino desde que tengo memoria. Agradecer también a mis hermanos, Kimsan y Yongsan, por su cariño y apoyo incondicional, por sus bromas, chistes y conversaciones.

Corresponde también agradecer a mi familia extendida: primos, tíos y a mis queridas abuelas. Gracias a todos por sus constantes muestras de cariño, los mensajes a la distancia, las risas a flor de piel y los cumpleaños familiares hasta las 6 de la mañana.

A mis grandes amigos del colegio, Hugo, Felipe y Carla, agradezco la escucha siempre dispuesta, las fiestas y las conversaciones eternas, y por haberse dado el tiempo de mantenerse presentes a pesar de los kilómetros que nos separaron durante un buen tiempo. Por esas amistades que vale la pena atesorar, gracias desde el fondo del alma.

Gracias a los mejores amigos y compañeros de universidad que uno, mechón recién llegado, podría esperar: Lili, Elisa y Sven, quienes desde el principio de este viaje han estado presentes con su cariño, sus ojos enormes, sus orejas élficas y su cabellera hermosa. Y a los que más adelante se convirtieron en grandes amigos, a pesar del tiempo y la distancia: Gabriela, Felipe, Jorge, Francisco B., Andrés, Francisco S., José, Gonzalo. Muchas gracias por los almuerzos, las ventanas extendidas de pool, la ayuda en el estudio, las idas a la playa y los viajes en el 306.

A mis queridos y extrañados compañeros de viaje, de piso, y de hogar durante dos años en Francia: Stephan, Nahuel, Bruno, Diego, Matteo, Enrique, Pablo, Xavi, Carlos y otros tantos, quienes hicieron de dos años de intercambio, años de crecimiento, shisha, mix y amistad. *À vous tous, merci beaucoup et « otro Chile es posible » (je vous attends !)*.

Agradezco también a mi polola, Evelyn, quien con su apoyo, sus muestras de cariño, su ayuda y apoyo en los momentos de mayor presión me dio el empujón final para poder realizar este trabajo y me mostró una vez más lo tremendamente maravillosa que es.

Doy las gracias a Juan Balut, Andrés Reutter y Gonzalo Reutter por permitirme realizar este trabajo de título en Enercom S.A. Y al resto del equipo, quienes con su tiempo y disposición colaboraron en varias oportunidades en la realización de este trabajo.

Finalmente, agradezco a Daniel Varela, mi profesor guía, y a Alejandro Muñoz, co-guía, por su tiempo y su incesante búsqueda de excelencia en la realización de esta memoria.

Tabla de Contenido

Capítulo 1	Introducción.....	1
1.1	Terminología.....	2
1.1.1	Engineer-To-Order Manufacturing (ETO)	2
1.1.2	Definiciones ISO9000	3
1.1.3	Norma Internacional ISO9001:2008	6
1.2	Contexto	7
1.2.1	Caracterización de la Empresa como ETO	7
1.2.2	Impacto de Conformidad con ISO9001 en la Empresa	8
1.3	Justificación	9
1.4	Descripción del Trabajo.....	12
1.4.1	Objetivo General	13
1.4.2	Objetivos Específicos	13
1.4.3	Alcances.....	13
1.4.4	Resultados Esperados	14
1.5	Metodología	14
1.5.1	Plan de Trabajo	17
1.6	Estructura del Trabajo de Título	18
Capítulo 2	Marco Conceptual	20
2.1	Gestión de Procesos	20
2.1.1	Mejoramiento Continuo de Procesos	20
2.1.2	Reingeniería de Sistemas.....	21
2.1.3	Rediseño de Procesos.....	21
2.1.4	Seis Sigma	22
2.1.5	Business Process Management (BPM).....	22
2.1.6	Lean Management	23
2.1.7	Total Quality Management (TQM)	24
2.2	Mejora de Procesos en Empresas ETO.....	25
2.2.1	Elección de Metodología de Rediseño de Procesos (BPR).....	26
Capítulo 3	Evaluación de la Organización	28
3.1	Mapa de Procesos	28

3.2	Definición de los Procesos de la Empresa	29
3.2.1	Proceso de Ventas	29
3.2.2	Proceso de Ingeniería Básica	29
3.2.3	Proceso de Apertura de Proyecto.....	29
3.2.4	Proceso de Planificación del Proyecto	29
3.2.5	Proceso de Ingeniería de Detalle	29
3.2.6	Proceso de Producción.....	30
3.2.7	Proceso de Fabricación externa (contratistas externos)	30
3.2.8	Proceso de Control de Calidad.....	30
3.2.9	Proceso de Producto No Conforme	30
3.2.10	Proceso de Despacho	30
3.2.11	Proceso de Montaje.....	30
3.2.12	Proceso de Servicios.....	31
3.2.13	Proceso de Cierre de Proyecto	31
3.2.14	Proceso de Compras.....	31
3.2.15	Proceso de Bodega	31
3.2.16	Proceso de Gestión de Competencias del Personal	31
3.2.17	Proceso de Infraestructura y Ambiente de Trabajo	32
3.2.18	Contabilidad.....	32
3.2.19	Proceso de Medición, Análisis y Mejora.....	32
3.2.20	Proceso de Revisión por la Dirección.....	32
3.2.21	Proceso de Planificación del SGC	32
3.2.22	Proceso de Auditorías Internas de Calidad.....	33
3.2.23	Proceso de Control de Documentos	33
3.2.24	Proceso de Control de Registros	33
3.2.25	Proceso de Acciones Correctivas y Preventivas.....	33
3.3	Identificación de Cadena de Valor de Porter	33
3.3.1	Actividades Primarias	34
3.3.2	Actividades de Apoyo.....	35
3.4	Orientación a Procesos	36
3.5	Estructura Organizacional de la Empresa.....	37
3.6	Estructura de la Información al Interior de la Empresa.....	39

3.6.1	Proyectos	39
3.6.2	Órdenes de Compra (OT).....	39
3.6.3	Sub-Órdenes de Compra (subOT)	39
3.6.4	Numeración de Documentos	40
3.7	Herramientas y Software Utilizados	41
3.7.1	SAP Business One	41
3.7.2	AutoCAD e Inventor.....	41
3.7.3	Google Apps for Business	41
3.8	Características del Proceso de Venta y Fabricación de Equipos.....	42
3.8.1	Variedad de los Equipos Ofrecidos.....	42
3.8.2	Complejidad de los Proyectos	43
3.8.3	Fragmentación de las Etapas de los Proyectos.....	43
3.8.4	Incertidumbre	44
3.8.5	Cambios a las Órdenes de Compra	45
3.8.6	Largos Tiempos de Entrega	45
3.9	Análisis de Registro de Productos No Conformes	45
3.10	Beneficios del Proyecto	47
3.10.1	Reducción de Costo de Proyectos	47
3.10.2	Otros beneficios	48
Capítulo 4	Mapeo de Ruta	49
4.1	Productos del Proceso de Ingeniería de Detalle.....	49
4.1.1	Listado de Partes.....	49
4.1.2	Planos	49
4.1.3	Diagramas	51
4.1.4	Manuales	51
4.1.5	Solicitudes de Órdenes de Compra.....	51
4.1.6	Otros Documentos	52
4.2	Análisis de Productos No Conformes de Ingeniería	52
4.2.1	Análisis de Causa-Efecto.....	52
4.2.2	Análisis de Causa Raíz de PNC de Ingeniería.....	54
4.3	Levantamiento del Proceso de Ingeniería de Detalle	59
4.3.1	Metodología de Levantamiento de Proceso	59

4.3.2	Documentación de la Empresa.....	60
4.4	Descripción del Proceso de Ingeniería de Detalle.....	63
4.4.1	Descripción de Actividades.....	65
4.5	Otros Puntos Críticos del Proceso de Ingeniería de Detalle	71
4.5.1	Inconsistencias en Definición de Número de Parte y Número de Pieza en Planos	71
4.5.2	Información Descentralizada y Desagregada, Duplicidad de Roles y Datos	72
4.5.3	Compras y Despachos Urgentes Recurrentes	72
Capítulo 5	Rediseño del Proceso de Ingeniería de Detalle	74
5.1	Requisitos del Nuevo Proceso de Ingeniería de Detalle	74
5.1.1	Requisitos Internos.....	75
5.1.2	Requisitos Externos	77
5.1.3	Documentos y Equipos Deben Ser Fácilmente Identificables	77
5.1.4	Documentos Deben Ser Entregados Oportunamente.....	77
5.2	Mejores Prácticas.....	78
5.2.1	Criterio de Selección de Mejores Prácticas.....	78
5.2.2	Mejores Prácticas Seleccionadas	79
5.3	Rediseño del Proceso de Ingeniería de Detalle.....	83
5.3.1	Descripción de Actividades del Nuevo Proceso.....	85
5.3.2	Actividades de Soporte del Nuevo Proceso de Ingeniería de Detalle	91
5.4	Responsabilidad del Nuevo Proceso	92
Capítulo 6	Rediseño de los Sistemas de la Organización.....	93
6.1	Rediseño de la Infraestructura de la Organización.....	93
6.1.1	Cambios a la Estructura Organizacional de la Empresa	94
6.2	Rediseño de Sistemas de Información	95
6.2.1	Propuesta de Estructura de la Información	95
6.2.2	Plataforma de Almacenamiento de Documentos Técnicos.....	96
6.2.3	Plataforma de Registro de Documentos Técnicos.....	97
6.3	Plan de Trabajo para la Implementación del Rediseño	99
6.4	Indicadores de Desempeño Posteriores al Rediseño	100
Capítulo 7	Conclusiones	102
7.1	Evaluación Económica del Proyecto de Rediseño	102
7.1.1	Cuantificación de Beneficios por Reducción de PNC.....	102

7.1.2	Cuantificación de Costos de Implementación del Rediseño	103
7.1.3	Contraste Entre Beneficios y Costo Esperados del Proyecto	104
7.1.4	Estimación de Reducción de Tiempo de Proceso.....	104
7.2	Dificultades Encontradas	105
7.3	Aplicabilidad de BPR en Empresas del Tipo ETO	107
Capítulo 8	Bibliografía	109
Capítulo 9	Anexos	113
9.1	Listado de Productos No Conformes de Ingeniería	113
9.2	Diagrama de Ishikawa para “PNC Ingeniería de Detalle”	117

Capítulo 1

Introducción

Enercom S.A. es una empresa chilena de ingeniería especializada en la concepción, fabricación, instalación y mantención de equipos industriales, otorgando soluciones en procesos térmicos, de secado y combustión. Estos equipos son destinados a diversas industrias como la minería, la industria agroalimentaria y agropecuaria y la industria química. Entre sus clientes se encuentran CODELCO, SQM, Watt's, Ariztía, Corpesca, Molytmet, IANSA entre otros. Además, a partir de 2013, Enercom S.A. complementa sus operaciones en territorio nacional con las de Enermin, su filial en Perú. Las oficinas de Enercom se encuentran ubicadas en Camino Interior 2151, Quilicura, Santiago, lugar en que se encuentran todos los departamentos de la empresa y la maestranza en la cual se fabrican y prueban los equipos. En este lugar trabajan 30 personas, además de contratistas que trabajan en la maestranza en función de los trabajos a realizar.

La misión de la empresa es según la declaración de misión de la empresa: “Diseñar y producir equipos y procesos industriales en el área térmica, con énfasis en equipos de secado, que satisfagan los requerimientos de nuestros clientes cumpliendo íntegramente con sus expectativas. Agregar valor a las organizaciones de nuestros clientes mediante la integración de ingeniería conceptual, de detalle y fabricación, asegurando que sus necesidades de equipos de proceso se satisfacen de manera eficiente. Seguir innovando en nuestras áreas de competencia: el secado, la eficiencia energética, la combustión y la fabricación de equipos. Comprometemos con el medio ambiente mediante la inclusión de la eficiencia energética como tema importante en el diseño de equipos y procesos”.

Enercom S.A. cuenta con varias líneas de negocio, incluyendo:

- Venta, diseño, fabricación y montaje de equipos industriales
- Servicios de post-venta como venta de repuestos o mantenciones
- Servicios de auditorías y evaluación de instalaciones
- Servicios de ingeniería en diseño mecánico
- Servicios de ingeniería en automatización y control

De estas líneas de negocio, la principal es la venta, diseño, fabricación y montaje de equipos industriales. Sobre el total de ventas de la empresa que durante el 2013 alcanzó los 2.579 millones de pesos, la venta de equipos corresponde al 89,57% (es decir, 2.310 millones de pesos). El resto de los ingresos corresponde a los otros servicios antes mencionados.

En línea con esta misión, Enercom S.A. realiza constantes esfuerzos para mejorar la eficiencia de sus procesos productivos y asegurar la calidad que sus clientes demandan.

Cuenta, desde 2001, con una certificación del estándar ISO9001 en calidad y procesos, otorgado por la consultora Bureau Veritas.

La Gerencia de Operaciones de ENERCOM S.A. ha iniciado, desde julio de 2013, nuevas iniciativas para optimizar la gestión de los procesos de la empresa y mejorar así el cumplimiento de la misión de la empresa y de los requerimientos de sus clientes. En este sentido, se han introducido cambios a los procesos de control de calidad como el Producto No Conforme y se han modificado y estandarizado otros procesos, como el Control de Transmisión de Documentos, procesos que han conllevado la realización de software que apoye estos procesos.

Los procesos revisados en los últimos seis meses son, en general, procesos de apoyo al negocio principal de la empresa, que si bien tienen un impacto en la capacidad de la empresa para responder ante problemas en los procesos de diseño y producción de equipos, no han involucrado un análisis profundo de los procesos antes mencionados.

En consecuencia con lo anterior la Gerencia de la empresa desea revisar los procesos productivos de la empresa en su conjunto, persiguiendo siempre su misión de responder eficazmente a las necesidades de sus clientes. Se han detectado dos áreas principales en las cuales se desea intervenir, de acuerdo a la información recopilada en los últimos meses sobre los Producto No Conforme detectados: el área de ingeniería y el área de fabricación. El presente trabajo se enfoca en mejorar los procesos del área de ingeniería, considerada prioritaria por la Gerencia de la empresa.

1.1 Terminología

A continuación se recopilan definiciones, notaciones y terminología utilizada en el desarrollo de la presente memoria. El análisis de las metodologías en materia de mejora de procesos consideradas para la realización del presente trabajo y el proceso de selección de la metodología escogida se encuentran en el capítulo “Marco Teórico”, mientras que la metodología escogida y el plan de trabajo se encuentran en las secciones “Metodología” y “Descripción del Trabajo” del presente capítulo.

1.1.1 Engineer-To-Order Manufacturing (ETO)

Las empresas de producción basada en proyectos, llamada ETO por sus siglas en inglés (engineer-to-order o ingeniería a la medida), también llamadas de diseño a la medida, constituyen un estilo de manufactura en el que los productos y componentes, generalmente únicos y de una alta complejidad, son diseñados y fabricados acorde a especificaciones del cliente una vez que la orden de compra o compromiso de compra ha sido recibido [1].

Si bien esta forma de manufactura ha proliferado en los últimos años debido a la creciente demanda en cuanto a preferencias de parte de los clientes [2], y al hecho de que la personalización de productos ha sido identificada como una fuente de ventaja

competitiva [3], la mayor parte de las investigaciones en operaciones y en gestión de *supply chain* se ha advocated a otras formas de manufactura y ha dejado de lado el sector ETO [4].

Basado en el trabajo de diversos autores [5] [6] [7], se pueden definir seis tipos de estructuras de empresas según el tipo de cadena de suministros o *supply chain* involucrado: *engineer-to-order* (ETO), *buy-to-order* (BTO), *make-to-order* (MTO), *assemble-to-order* (ATO), *make-to-stock* (MTS) y *ship-to-stock* (STS). Estas constituyen estrategias de entrega de productos, con diferentes implicancias en áreas como servicio al cliente, eficiencia de manufactura e inversión en inventario [8]. De los anteriores, el más común es MTS, en el que la producción se destina directamente a stock, sin intervención del cliente en el proceso de manufactura, mientras que ATO ha cobrado relevancia en los últimos años en industrias como la automotriz, en que los componentes son estándar pero se permite al cliente elegir ciertos componentes.

Basado en lo anterior y en un análisis de la literatura existente [1], se puede decir que las empresas ETO son aquellas en las que el “punto de desacoplamiento” de la cadena de valor se encuentra en la etapa de diseño del producto. Además se asocia con ambientes de proyectos complejos y grandes, como el sector de la construcción o de bienes de equipo. Dentro de este tipo de empresas, existen diversos grados de alteraciones al diseño que muestran distintas relaciones entre las etapas de ingeniería y producción. Uno de los marcos de análisis útiles plantea que existen diversos niveles de modificación a los diseños ya existentes, niveles que se encuentran ubicados entre ETO, donde se diseña un nuevo producto desde cero, y *engineer-to-stock* (ETS), en el que un diseño se encuentra “en stock” y sólo se procede a su fabricación [9]. Esto es consistente con otros estudios que muestran que los productos ETO pueden incorporar diversos grados de partes estándar y personalizadas entre una orden y otra [4] [10] [11].

Cuando se hable de empresas ETO, se hará referencia a empresas [1]:

- Cuya producción responde a pedidos de clientes u órdenes de compra reales, y se organizan en torno a proyectos
- En las que el punto de desacoplamiento se encuentra en la etapa de diseño, es decir, los pedidos de los clientes ingresan directamente a la fase de diseño del producto
- Que pueden desarrollar diseños completamente nuevos o modificar diseños ya existentes

1.1.2 Definiciones ISO9000

La norma ISO9000:2005 recopila fundamentos y vocabulario para sistemas de gestión de la calidad, y es usado de manera extensiva en la norma ISO9001. Las siguientes definiciones han sido extraídas directamente del documento Norma Internacional ISO9000 Traducción Certificada y serán usadas en la definición de los procesos, en

particular al hacer referencia a la documentación interna de la empresa y los procedimientos ya establecidos.

1.1.2.1 Calidad

Grado en el que un conjunto de características inherentes (es decir, que existen en algo) cumple con los requisitos.

1.1.2.2 Requisito

Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. Nota: "Generalmente implícita" significa que es habitual o una práctica común para la organización (3.3.1), sus clientes (3.3.5) y otras partes interesadas (3.3.7) que la necesidad o expectativa bajo consideración esté implícita.

1.1.2.3 Satisfacción del cliente

Percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos. Nota 1: Las quejas de los clientes son un indicador habitual de una baja satisfacción del cliente, pero la ausencia de las mismas no implica necesariamente una elevada satisfacción del cliente. Nota 2: Incluso cuando los requisitos del cliente se han acordado con el mismo y éstos han sido cumplidos, esto no asegura necesariamente una elevada satisfacción del cliente.

1.1.2.4 Eficacia

Grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

1.1.2.5 Eficiencia

Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

1.1.2.6 Organización

Conjunto de personas e instalaciones con una disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones. Ejemplo: Compañía, corporación, firma, empresa, institución, institución de beneficencia, empresa unipersonal, asociación, o parte o una combinación de las anteriores.

1.1.2.7 Cliente

Organización o persona que recibe un producto. Ejemplo: Consumidor, usuario final, minorista, beneficiario y comprador. Nota: El cliente puede ser interno o externo a la organización.

1.1.2.8 Proveedor

Organización o persona que proporciona un producto. Ejemplo: Productor, distribuidor, minorista o vendedor de un producto, o prestador de un servicio o información. Nota 1:

Un proveedor puede ser interno o externo a la organización. Nota 2: En una situación contractual un proveedor puede denominarse "contratista".

1.1.2.9 Parte Interesada

Persona o grupo que tiene un interés en el desempeño o éxito de una organización (3.3.1). Ejemplo: Clientes (3.3.5), propietarios, personal de una organización, proveedores (3.3.6), banqueros, sindicatos, socios o la sociedad.

1.1.2.10 Proceso

Se define como "conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados". Nota 1: Los elementos de entrada para un proceso son generalmente resultados de otros procesos. Nota 2: Los procesos de una organización (3.3.1) son generalmente planificados y puestos en práctica bajo condiciones controladas para aportar valor. Nota 3: Un proceso en el cual la conformidad (3.6.1) del producto (3.4.2) resultante no pueda ser fácil o económicamente verificada, se denomina habitualmente "proceso especial".

1.1.2.11 Producto

Se define como "resultado de un proceso". Es decir, corresponde a "resultado de un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados". Nota 1: Existen cuatro categorías genéricas de productos: servicios (por ejemplo, transporte), software (por ejemplo, programas de computador), hardware (por ejemplo, parte mecánica de un motor), materiales procesados (por ejemplo, lubricante). La mayoría de los productos contienen elementos que pertenecen a diferentes categorías genéricas de producto. La denominación del producto en cada caso como servicio, software, hardware o material procesado depende del elemento dominante. Nota 2: Un servicio es el resultado de llevar a cabo necesariamente al menos una actividad en la interfaz entre el proveedor y el cliente y generalmente es intangible.

1.1.2.12 Proyecto

Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos. Nota 1: Un proyecto individual puede formar parte de la estructura de un proyecto mayor. Nota 2: En algunos proyectos, los objetivos se afinan y las características del producto se definen progresivamente según evolucione el proyecto. Nota 3: El resultado de un proyecto puede ser una o varias unidades de producto.

1.1.2.13 Diseño y desarrollo

Conjunto de procesos que transforma los requisitos en características especificadas o en la especificación de un producto, proceso o sistema. Nota 1: Los términos "diseño" y "desarrollo" algunas veces se utilizan como sinónimos y algunas veces se utilizan para

definir las diferentes etapas de todo el proceso de diseño y desarrollo. Nota 2: Puede aplicarse un calificativo para indicar la naturaleza de lo que se está diseñando y desarrollando (por ejemplo: diseño y desarrollo del producto, o diseño y desarrollo del proceso).

1.1.2.14 Procedimiento

Forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso. Nota 1: Los procedimientos pueden estar documentados o no. Nota 2: Cuando un procedimiento está documentado, se utiliza con frecuencia el término “procedimiento escrito” o “procedimiento documentado”.

1.1.2.15 No Conformidad

Incumplimiento de un requisito.

1.1.2.16 Defecto

Incumplimiento de un requisito (3.1.2) asociado a un uso previsto o especificado. Nota 1: La distinción entre los conceptos defecto y no conformidad (3.6.2) es importante por sus connotaciones legales, particularmente aquellas asociadas a la responsabilidad legal de los productos (3.4.2) puestos en circulación. Consecuentemente, el término "defecto" debería utilizarse con extrema precaución. Nota 2: El uso previsto tal y como lo prevé el cliente (3.3.5) podría estar afectado por la naturaleza de la información proporcionada por el proveedor (3.3.6), como por ejemplo las instrucciones de funcionamiento o de mantenimiento.

1.1.2.17 Producto No Conforme

Producto que no cumple con un requisito. Nota: Esta definición ha sido elaborada a partir de la definición de producto y de no conformidad. El término es usado extensamente en las norma ISO9000 e ISO9001, sin embargo no aparece detallado en ninguna de ellas.

1.1.3 Norma Internacional ISO9001:2008

La norma ISO9001 del año 2008 es una norma que especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad al interior de una empresa. Esta norma “promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos” [12], definiendo una estructura y un marco general para la implantación de un tal sistema de gestión.

En el diagrama siguiente se ilustran los procesos y requisitos esenciales de esta norma:

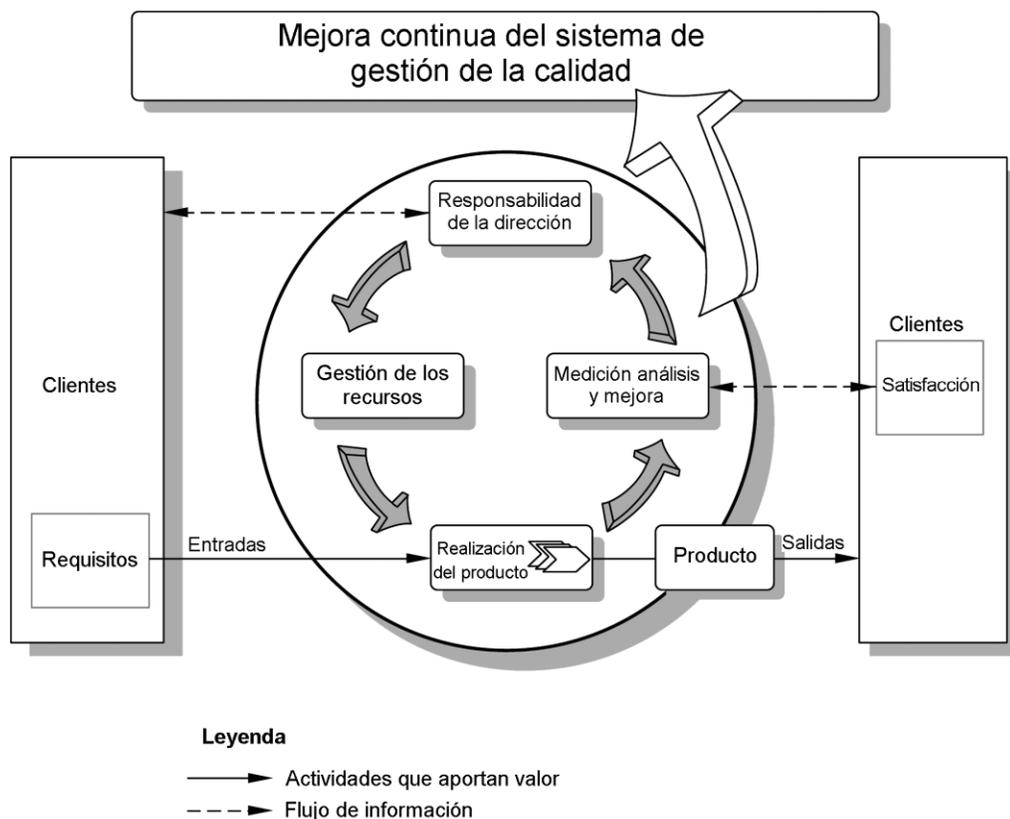


Ilustración 1: Diagrama de mejora continua del sistema de gestión de la calidad, norma ISO9001

Esta norma no busca homogeneizar los sistemas de gestión de la calidad ni su documentación, dejando a las organizaciones el deber de definir los requisitos adicionales necesarios para este que sean acordes a sus propios objetivos y procesos.

1.2 Contexto

1.2.1 Caracterización de la Empresa como ETO

La empresa se especializa en la venta de equipos industriales diseñados y fabricados a medida según las especificaciones de los proyectos de los clientes. Aunque Enercom S.A. posee otras líneas de negocio como la venta de repuestos o realización de proyectos de automatización y control, la gran mayoría de los ingresos provienen de la venta de equipos industriales tales como secadores, intercambiadores de calor, filtros de manga o calderas de fluido térmico.

Como se indica en la sección de terminología, las empresas ETO son aquellas en las que el flujo de la empresa responde a órdenes de compra de los clientes (por lo cual se dice son “basadas en proyectos”), el punto de ingreso de los pedidos de los clientes es la fase de diseño del producto, y en las que existen diversos grados de uso de partes estandarizadas y de piezas nuevas. En relación a lo anterior, se tiene que Enercom S.A. es una empresa:

- Cuyos procesos responden a la emisión de órdenes de compra de clientes, o en algunos casos especiales, a compromisos de compra con una orden de compra posterior
- Tanto los costos como la información al interior de la empresa se organiza en torno a los proyectos que se realizan, los cuales constituyen verdaderos “centros de información”
- En la venta de equipos industriales, las órdenes de compra ingresan al proceso de diseño del producto. Dependiendo del grado de especificación de los documentos proveídos por el cliente como requisitos, el proyecto puede ingresar a la fase de ingeniería básica o de ingeniería de detalle, en las cuales se diseñan los equipos, partes y piezas a fabricar
- Los proyectos pueden mostrar diversos grados de uso de piezas estándar, aunque en su mayoría representan proyectos que deben ser adaptados a las plantas de los clientes y requerimientos específicos, por lo que gran parte de estos diseños son nuevos o modificaciones sustanciales de diseños anteriores

En resumen, la empresa posee todas las características de una empresa ETO, por lo tanto en el desarrollo de este trabajo deberán tenerse en cuenta las particularidades de este tipo de organizaciones y de la propia empresa al momento de proponer planes de acción y la aplicación de mejores prácticas.

1.2.2 Impacto de Conformidad con ISO9001 en la Empresa

Enercom S.A. cuenta con la certificación ISO9001 desde el año 2003. Esta certificación es otorgada por una empresa consultora externa (en este caso, Bureau Veritas Certification), la cual realiza auditorías anuales como parte del proceso de revalidación de la certificación. La norma ISO9001 especifica los requerimientos de un sistema de gestión de la calidad en los que una organización:

- Debe demostrar su habilidad para, de manera consistente, entregar productos que cumplan con los requerimientos del cliente y de las leyes y regulaciones aplicables.
- Busca mejorar la satisfacción del cliente a través de la aplicación efectiva del sistema de gestión de la calidad, incluyendo procesos de mejora continua para el sistema y la aseguración de conformidad ante requerimientos de cliente y de las leyes y regulaciones aplicables.

Como consecuencia de la conformidad con ISO9001, Enercom S.A. cuenta cinco procesos que forman parte exclusiva del sistema de gestión de la calidad:

- Proceso de Auditorías Internas de Calidad
- Proceso de Control de Documentos
- Proceso de Control de Registros
- Proceso de Producto No Conforme

- Proceso de Acciones Correctivas y Preventivas

Además, dentro de los procesos de la gerencia existen dos que forman parte del sistema de gestión de la calidad, a saber:

- Proceso de Planificación de SGC
- Proceso de Medición, Análisis y Mejora

Estos procesos son descritos en mayor detalle en la sección 3.2 “Definición de los Procesos de la Empresa”. Además de la existencia de estos procesos, la conformidad con ISO9001 impacta la estructura de la organización al tener personal dedicado a la supervisión y mejora del sistema de gestión de la calidad, lo cual puede verse en la sección 3.5 “Estructura Organizacional de la Empresa”.

El proceso de Producto No Conforme es crucial para la empresa, pues permite identificar y solucionar toda no conformidad que se produzca en algunos de los procesos de la empresa dentro de su cadena de valor. Es acompañado de un sistema de registro, respuesta y seguimiento de Productos No Conformes, insumo del presente trabajo, que alimenta los procesos de evaluación y de acciones correctivas de la empresa.

Por otro lado, la conformidad con ISO9001 ha hecho que la empresa pase de manera progresiva a un enfoque de procesos de sus operaciones: todo procedimiento formal de la empresa ha sido documentado en un procedimiento escrito que detalla requisitos, responsabilidades, etapas del procedimiento y registros y herramientas a utilizar. Dado que algunos de los procedimientos son actualizados sólo ante eventuales auditorías de certificación, estos pueden estar desactualizados y no reflejar el proceso de negocio real. Además, estos procedimientos no describen las etapas con un grado satisfactorio de detalle, no estableciendo criterios de realización ni indicando cómo deben determinarse dichos criterios.

1.3 Justificación

Si bien la empresa cuenta con varias líneas de negocio para satisfacer las diversas necesidades de sus clientes, la principal línea de negocio en términos de ventas totales y de retornos es la venta de equipos industriales diseñados especialmente acorde a las necesidades del cliente, bajo un proceso de manufactura ETO. Esto comprende como mínimo el diseño, la ingeniería y la fabricación del equipo, y muchas veces incluye los conceptos de instalación y puesta en marcha de los equipos.

El proceso de diseño de ingeniería es parte fundamental del *core business* de Enercom S.A. y es responsable del cumplimiento de requerimientos técnicos de los clientes en cada proyecto, por lo que debe ser constantemente revisado si la empresa desea ser mejorar la eficiencia de sus procesos y entregar una mayor satisfacción a sus clientes.

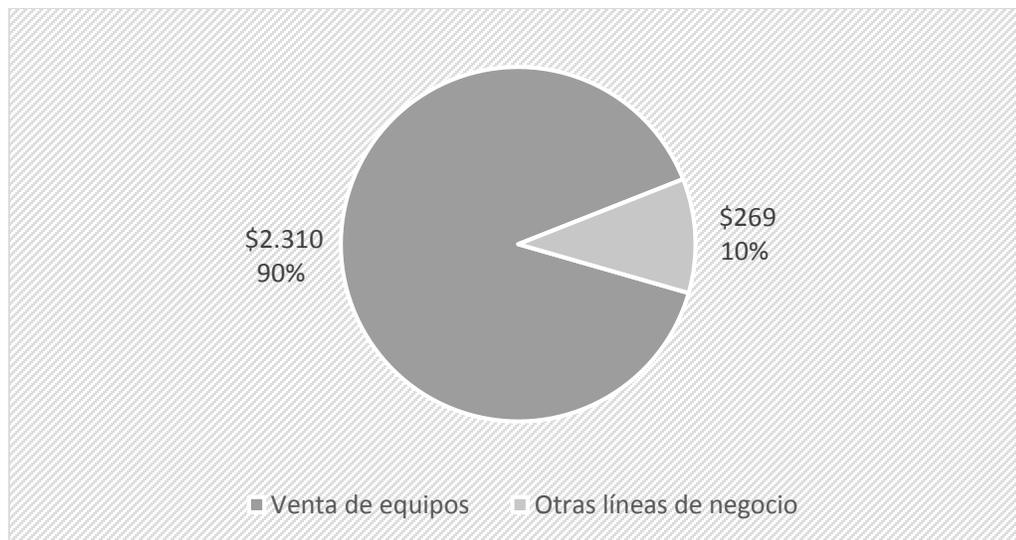


Ilustración 2 Ingresos totales Enercom S.A. (2013), en millones de pesos chilenos

La empresa ha puesto en marcha, desde julio de 2013, un sistema en línea de detección, respuesta y verificación de Productos No Conformes que les ha permitido, por una parte, dar respuesta oportuna a los problemas y errores detectados en sus equipos en las diversas fases del proceso de negocio, y por otra, obtener valiosa información respecto del desempeño de los procesos internos de la empresa.

Es pertinente señalar que de acuerdo a la norma ISO9000, todo producto no conforme es un producto que no cumple con uno o más de los requisitos a los que está afecto, entendiendo como producto todo resultado de un proceso de la empresa. Estos requisitos pueden ser internos o externos, y no aplican solamente a productos despachados o destinados al cliente externo del proyecto: es así como otros productos tales que planos de fabricación, listados de compras, cotizaciones y otros elementos pueden considerarse también un producto no conforme en caso de no cumplir a cabalidad con sus requisitos.

Cada PNC detectado tiene principalmente dos consecuencias:

- Un aumento en el costo de producción para la empresa puesto que el tratamiento de estos PNC significa horas de trabajo de recursos de alto costo (gerentes de área e ingenieros de proyecto) y costos asociados la solución del Producto No Conforme (reproceso de equipos, realización de nuevos planos o equipos, compra de nuevos materiales, entre otros)
- Una disminución de la satisfacción del cliente (interno y/o externo) al entregar un producto que no cumple con los requisitos definidos por el cliente, además del retraso que corregir un PNC puede generar pues todo PNC detectado debe ser solucionado antes de dar paso a otros procesos de la empresa

Bajo este punto de vista, el número de PNC detectados puede considerarse un indicador de desempeño de los procesos, y reducir su número conlleva un aumento en la satisfacción del cliente y una reducción en los costos de la empresa para cada proyecto.

Sumado a lo anterior, en la empresa existen pocos indicadores de calidad de los procesos. Puesto que la empresa funciona basada en proyectos, cada producto realizado es distinto de los anteriores y no existen datos estadísticos de producción u otros que puedan ser usados para evaluar los procesos de la empresa. Así, el único registro existente que sirve como indicador de desempeño de un proceso son los PNC detectados y las tasas que de ellos puedan desprenderse.

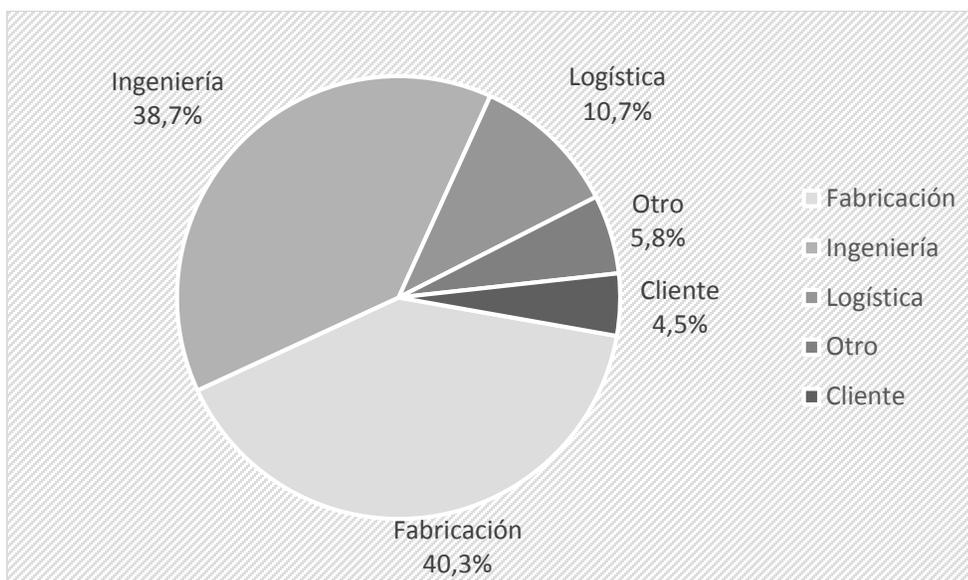


Gráfico 1 Distribución área de origen de PNC

En el gráfico superior se muestra el número de Productos No Conformes registrados entre julio de 2013 y junio de 2014 (correspondientes a un total de 243 registros). En particular, luego de un análisis realizado sobre el total de PNC para determinar el proceso en que se originó, se detectó que 94 de ellos se originaron en el proceso de ingeniería de detalle, en el cual se generan planos y documentos para otras áreas internas de la empresa, junto a clientes y proveedores. Esto corresponde al 38,7% de los Productos No Conformes registrados, y junto al área de Fabricación concentran el 79% de los Productos No Conformes detectados.

En la actualidad, el departamento de ingeniería cuenta solamente con dos proyectistas encargados de la fabricación de todos los planos de fabricación de los equipos, por lo cual se hace prioritario para la empresa aumentar considerablemente la eficiencia del proceso de ingeniería de detalle con el fin de enfrentar de manera eficaz el desarrollo de futuros proyectos.

Por otro lado, si bien el proceso de Fabricación presenta una tasa de PNC levemente más alta que el proceso de Ingeniería de Detalle, involucra otras dificultades debido a la externalización de numerosos procesos productivos, tanto a proveedores externos como a contratistas “de planta” que trabajan constantemente en la maestría de la empresa. Además, la realización del marco conceptual de este trabajo permite establecer que “la reducción de la variabilidad y la incertidumbre en la etapa de ingeniería debiese ser el foco principal para mejorar el proceso completo” [13] y que “BPR es útil y aplicable al interior de un proceso particular y dentro de una sola unidad de negocio de la organización en el sector ETO” [14].

Es en base a lo anteriormente expuesto que la gerencia de la empresa ha decidido mejorar el proceso de ingeniería de detalle de la empresa, trabajo que constituye la presente memoria de título.

1.4 Descripción del Trabajo

El proyecto se enfocará en rediseñar el proceso de ingeniería de detalle (diseño de ingeniería) de equipos industriales en la empresa Enercom S.A. Dado que se trata de una empresa de ingeniería que trabaja en base a proyectos, cada uno de estos posee diversas etapas cuyos resultados y requerimientos no son los mismos entre proyectos. Vale decir, cada proyecto es único y por ende posee etapas propias bien definidas de definición de requerimientos, diseño de ingeniería, generación de planos, fabricación, calibración, pruebas y ensayos, montaje y mantención.

El proceso de ingeniería de detalle le corresponde a la gerencia de Ingeniería de la empresa, la cual se encarga del diseño técnico del equipo, de asegurar el cumplimiento de los requerimientos técnicos del cliente, del cumplimiento de normas y estándares requeridos por los equipos, de la generación de planos, documentación y listados de partes de los equipos. Existen además diversos procesos anexos al diseño de los equipos: reuniones con los clientes para redefinir requerimientos, proceso de compra de partes y piezas, cotización de partes y de externalización de procesos como la realización de cálculos, simulaciones y memorias de cálculo, entre otros.

Por otro lado múltiples procesos de la empresa, como el proceso de fabricación, dependen de manera directa e indirecta del proceso de ingeniería de detalle, en el cual se genera información – presentada como listados, solicitudes, documentos o planos – que luego es entregado a sus contrapartes tanto dentro de la empresa como fuera de ella.

El proyecto busca revisar de manera global el proceso de ingeniería de detalle, poniendo particular énfasis en cómo se relaciona con otros procesos internos de la empresa para así proponer un rediseño del mismo con el objetivo de mejorar la satisfacción del cliente y reducir los costos de producción de Enercom S.A. Esto se busca en particular reduciendo el número de Productos No Conformes detectados en todas las fases del proceso de producción y venta de la empresa cuyo origen sea atribuible al proceso de

ingeniería de detalle, previo a la entrega de los productos a los clientes. Será necesario además definir otros indicadores de productividad y eficiencia para el proceso de diseño de ingeniería y para los procesos dependientes de él.

1.4.1 Objetivo General

El objetivo del trabajo de título es reducir el número de Productos No Conformes originados en el proceso de ingeniería de detalle de una empresa de ingeniería en el sector de mecánica industrial a través de rediseño de dicho proceso, reduciendo así el costo de desarrollo de los proyectos de la empresa.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un estudio del estado del arte en rediseño de procesos, gestión de procesos de negocios y metodologías de gestión aplicables a empresas de ingeniería
2. Evaluar la organización en su estado actual para determinar los factores críticos de éxito y los procesos críticos para la entrega de valor, para analizar y entender las operaciones actuales de la empresa
3. Realizar un análisis y un modelamiento del proceso actual de ingeniería de detalle para identificar oportunidades de mejora y comprender los requisitos del proceso
4. Rediseñar el proceso de ingeniería de detalle de acuerdo a los requisitos identificados y las mejores prácticas encontradas en la literatura, y modelar el proceso rediseñado
5. Rediseñar los sistemas de la organización que soportan el proceso de ingeniería de detalle, para alinearlos con el nuevo proceso rediseñado

1.4.3 Alcances

El proyecto se desarrollará al alero de la Gerencia de Operaciones de ENERCOM S.A., con el apoyo directo y la supervisión del Gerente de Operaciones. Debido a recientes reestructuraciones de la empresa, el Gerente de Operaciones ha tomado el rol de Gerente de Producción. Además el trabajo cuenta con la aprobación de la Gerencia General de Enercom S.A., por lo cual las posibilidades de implementar los rediseños planteados como resultado del trabajo de título son altas.

Se consideran dentro de los alcances de este proyecto la evaluación de la organización, la definición del proceso actual, el rediseño del proceso y el rediseño de los sistemas de la organización que soportan el proceso. La implementación del rediseño (incluyendo el desarrollo y la verificación de impacto de la implementación) no se incluye en este trabajo, debido a las características propias de la implementación de un rediseño de proceso: es un proceso lento, que involucra un cambio organizacional, cambios en la estructura de la empresa y cambios en la manera en que la gente hace las cosas, además de requerir procesos de aprobación complejos antes de ser implementados a gran escala

en las organizaciones. Se incluye, sin perjuicio de lo anterior, un plan de implementación tentativo y consideraciones a tener en cuenta durante esta etapa.

El trabajo de título se limitará a revisar los procesos que correspondan exclusiva y directamente al proceso de ingeniería de detalle de los equipos vendidos por Enercom S.A. En ese sentido, este trabajo de título no estudiará ni rediseñará procesos que formen parte de los procesos de venta, producción, soporte, u otras áreas de la empresa. Lo anterior, debido a que luego de la elaboración del marco conceptual “se concluye que BPR es útil y aplicable al interior de un proceso particular y dentro de una sola unidad de negocio de la organización en el sector ETO” [14], como se señala en la sección 1.3 “Justificación” y en mayor detalle en el capítulo 2 “Marco Conceptual”.

1.4.4 Resultados Esperados

Los resultados esperados de aplicar la metodología y el marco conceptual propuestos al presente trabajo de título son:

1. Un marco conceptual en materia de mejora de procesos, mejora de procesos en empresas ETO y metodologías de rediseño de proceso
2. Una evaluación de la organización y su proceso de generación de valor, incluyendo un mapa de procesos de la compañía
3. Una representación del estado actual del proceso de ingeniería de detalle, incluyendo un diagrama de flujo, descripciones de actividades y un análisis que explique sus principales causas de error
4. Un rediseño del proceso de ingeniería de detalle, basado en la aplicación de mejores prácticas y representado a través de un diagrama de flujo y descripciones de sus actividades
5. Un rediseño de los sistemas que soportarán el proceso de ingeniería de detalle, incluyendo cambios en la estructura organizacional y requerimientos para las herramientas y tecnologías necesarias
6. Un plan de implementación del rediseño de proceso, y una sugerencia de indicadores a desarrollar para el monitoreo continuo del proceso
7. Un análisis de costo-beneficio del proyecto, y conclusiones respecto del desarrollo de proyectos de rediseño de procesos en empresas ETO

1.5 Metodología

La metodología escogida para el presente trabajo consiste en aplicar parcialmente la metodología presentada por N.S. Cameron y P.M. Braiden (2004) [14], planteada luego de estudiar y comparar más de 20 metodologías de rediseño de procesos encontradas en la literatura y en casos de estudio de compañías desde 1993 hasta 1999. Es importante señalar que esta metodología genérica de BPR, que debe usarse como guía o base para definir un proyecto de rediseño de procesos, cuenta con consideraciones especiales para empresas que producen productos llamados *engineered-to-order* (ETO), es decir,

productos que son altamente personalizados para cumplir requerimientos individuales, proveídos en bajos volúmenes y que emplean una amplia gama de tecnologías.

El proceso de elección de metodología, que formó parte del proceso del presente trabajo, se detalla en el capítulo 2 “Marco Conceptual”. La metodología escogida plantea once pasos para la realización de proyectos de rediseño de procesos.

Tabla 1 Etapas de la metodología base seleccionada

ETAPA	OBJETIVO	ELEMENTOS PARTICULARES
Disposición al rediseño	Obtener el apoyo de la gerencia, analizar la dirección estratégica y operaciones existentes, identificar blancos posibles y desarrollar metas de mejora	Establecer disposición de la organización, evaluación estratégica y tecnológica, definir la naturaleza de los procesos en el entorno, visualizar inicio de proceso de cambio, lanzar programa
Plan de acción	Planear la visión general del estado futuro ideal de la empresa, sentar las bases para el cambio junto con definir las implicancias en los sistemas del negocio, definir un grupo BPR full-time, desarrollar un programa de trabajo de BPR y establecer las dificultades para una implementación exitosa	Planificar el rediseño, crear la visión, lanzar proyectos de resolución de problemas, análisis de stakeholders, planificar entregas, formalizar la metodología, lanzar el equipo de diseño y desarrollar el plan del proyecto, seleccionar el proceso a rediseñar, inauguración del proyecto
Preparación del equipo y comunicación hacia la organización	Preparar e iniciar la empresa en BPR. Comunicar el proyecto de rediseño a toda la organización	Preparación del equipo BRP, preparación del equipo piloto, comunicar y presentar BPR a todas las áreas de la empresa
Evaluación de la cultura de la organización	Realizar reuniones y talleres que motiven la participación activa. Exponer y analizar la resistencia al cambio	Examinar la cultura de la organización, análisis cultural, evaluar resistencia al cambio, obtener un consenso de apoyo hacia la idea de mejorar los procesos
Evaluación comparativa y apoyo externo	Contratación de consultores. Introducir habilidades de gestión del cambio y técnicas probadas de resolución de problemas. Habilidades comunicacionales, educar la organización en BPR	Evaluar comparativamente los procesos y definir niveles base para los procesos, explorar mejores prácticas, contratar apoyo externo, evaluar procesos comparables en empresas ejemplares
Evaluación de la organización	Identificar los procesos más críticos para la competitividad. Determinar factores críticos de éxito. Re-organizar la estructura por departamentos para reflejar la orientación a los procesos. Identificar los beneficios claves del proyecto	Analizar y entender las operaciones actuales del negocio, mapear y medir el proceso existente, evaluar la estructura de la organización y organizar acorde al proyecto de BPR y al proceso rediseñado, análisis del negocio
Mapeo de ruta	Elección de la herramienta de mapeo. Mapear el proceso existente. Establecer flujos de trabajo, actividades y tecnologías de soporte. Definir condiciones y límites del proceso. “Mejoras rápidas” son identificadas del mapeo. <i>Brainstorming</i> del equipo sobre los resultados del mapeo.	Planificación estratégica de mapeo, modelos operacionales, análisis y modelamiento del proceso, investigación, descubrimiento, búsqueda y recolección, planificar el rediseño del proceso
Rediseño de procesos	Identificar los nuevos procesos. Comparar la situación existente con los nuevos	Análisis, diagnóstico y rediseño de procesos, identificación de mejoras,

ETAPA	OBJETIVO	ELEMENTOS PARTICULARES
	requerimientos del proceso. Considerar sistemas de información (SI) apropiados para dar solución a áreas problemáticas. Revisar los términos y condiciones del proceso rediseñado. Considerar la factibilidad de la implementación. Asegurarse de que existe apoyo gerencial para implementar los nuevos diseños	planificación del piloto de la implementación del nuevo diseño, desarrollar una visión para el proceso rediseñado, acciones en dirección hacia el nuevo proceso, buscar oportunidades para acciones radicales
Rediseño de sistemas de la organización	Determinar la aceptación de la organización para proceder con el proyecto a través de encuestas o entrevistas. Evaluar el ambiente de negocios. Establecer los roles y responsabilidades del personal contenido en los límites del nuevo proceso	Rediseñar los sistemas, rediseñar la infraestructura de la organización, emplear habilidades de gestión del cambio, modernizar la tecnología, desarrollar una arquitectura para el nuevo sistema
Implementación del rediseño	Desarrollar el plan de implementación. Seleccionar sub-equipos. Capacitar sub-equipos en BPR. Iniciar planes piloto implementados por sub-equipos. Incorporar controles para estudiar el impacto del nuevo proceso. Utilizar métricas apropiadas para monitorear rendimiento y producción. Introducir nuevas tecnologías progresivamente	Planificación de la implementación, obtener aprobación para la implementación, programas piloto e implementación, implementar cambios a pequeña escala, implementación a gran escala, facilitación, planificación continua para mejorar el proceso rediseñado, realizar una prueba de concepto
Medición y monitoreo: mejora continua	Evaluar los efectos de la implementación del proceso rediseñado. Monitorear la satisfacción del cliente y las métricas del proceso. Desarrollar comunicación multidimensional de problemas de los procesos y generar incentivos para mejora futura de procesos	Hacer realidad la visión, renovar, incorporar TQM y siguientes pasos de mejora continua, transición a un ambiente de mejora continua, medición general de las ganancias en desempeño, evaluar el desempeño del proceso, desarrollar una estrategia de migración

De las etapas señaladas por la metodología, este trabajo se enfocará solamente en cuatro de ellas. Lo anterior, debido a que algunas de las etapas ya fueron abordadas o son redundantes con procesos ya realizados al interior de la empresa, y otros porque se encuentran fuera del alcance de este trabajo o forman parte intrínseca de su formulación. Los motivos de selección de cada etapa se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 2 Motivo de inclusión de etapas de metodología

ETAPA	INCLUIDO	CRITERIO DE SELECCIÓN
Disposición al rediseño	No	La iniciativa de rediseño ya cuenta con el apoyo de la gerencia
Plan de acción	No	Parcialmente abordada por la gerencia, planificación es parte de formulación de este trabajo
Preparación del equipo y comunicación a la organización	No	El rediseño será llevado a cabo por el autor de este trabajo, con apoyo de la gerencia
Evaluación de la cultura de la organización	No	La empresa es pequeña y ya se cuenta con el apoyo de la gerencia, por ende su adopción es inminente

Evaluación comparativa y apoyo externo	No	No se considera la contratación de personal externo para realizar el rediseño
Evaluación de la organización	Sí	Es necesario comprender los procesos críticos para la empresa
Mapeo de ruta	Sí	Es necesario comprender cómo se relacionan los procesos y en qué consisten
Rediseño de procesos	Sí	Es necesario realizar un rediseño de procesos y herramientas
Rediseño de sistemas de la organización	Sí	Es necesario rediseñar los sistemas que soportan los procesos
Implementación del rediseño	No	Por limitaciones de tiempo esta etapa no se incluye, además debe ser aprobado y gestionado por la gerencia de la empresa. Se incluyen consideraciones y un plan de implementación
Medición y monitoreo: mejora continua	No	Por limitaciones de tiempo esta etapa no se incluye. Se definirán guías para el monitoreo del proceso

De este modo, la metodología final consiste en la elaboración de un estudio detallado de la literatura en materia de mejora de proceso, el cual es seguido de la aplicación de las cuatro etapas de la metodología de rediseño de procesos escogida y detallada anteriormente, a saber: evaluación de la organización, mapeo de la situación actual, rediseño del proceso y rediseño de los sistemas de la organización. Estas etapas se realizarán con herramientas acorde a la literatura y a las mejores prácticas encontradas, herramientas que serán detalladas y justificadas en cada capítulo. Se incorporan además las conclusiones de este trabajo, incluyendo las dificultades encontradas en su realización, como cierre de este trabajo en el capítulo “Conclusiones”.

1.5.1 Plan de Trabajo

El plan de trabajo se define de la manera siguiente:

1. Mes 1: Elaboración del marco conceptual
 - a. Lectura de estado del arte en metodologías de mejora de procesos, y estudio de su aplicabilidad a la organización
 - b. Definición de la metodología a emplear en el proyecto
2. Mes 2: Evaluación de la organización
 - a. Realización de un mapa de procesos de la compañía
 - b. Identificación de procesos claves para la competitividad de la empresa
 - c. Identificación de factores críticos de éxito de la empresa
3. Mes 3: Mapeo de ruta
 - a. Elección de la herramienta de modelamiento a utilizar
 - b. Modelamiento del proceso de ingeniería de detalle
 - c. Identificación y modelamiento de actividades y herramientas tecnológicas
4. Meses 4 y 5: Rediseño del proceso y de los sistemas de la organización
 - a. Elaboración de un nuevo proceso acorde a los requisitos definidos

- b. Rediseño de las nuevas herramientas de soporte y TI necesarias para el nuevo proceso
- c. Elaboración de un plan de implementación del nuevo proceso

1.6 Estructura del Trabajo de Título

El presente trabajo de título se estructura de la siguiente manera:

El capítulo 2 muestra el marco conceptual desarrollado para el trabajo de título, y recopila los antecedentes e informaciones relevadas durante el proceso de revisión de la bibliografía relevante para la realización de este trabajo. Se detalla el análisis de las distintas metodologías existentes en mejora de procesos, un análisis de la literatura en mejora de procesos en empresas *Engineered-to-Order*, y el razonamiento seguido para seleccionar la metodología presentada en el punto 1.4 utilizada en este trabajo. Además, se incluye un estudio de la literatura en cuanto a mejores prácticas, que sientan una base para las recomendaciones de las mismas en las secciones siguientes de este trabajo.

El capítulo 3 detalla la evaluación de la empresa en su estado actual, con el fin de comprender las operaciones actuales de la empresa. Se detallan el mapa de procesos de la empresa, la definición de estos procesos, las entrevistas realizadas durante esta etapa, los documentos consultados en el proceso.

En el capítulo 4 se realiza el mapeo del proceso actual, detallando los mapas de procesos, diagramas de flujo, diagramas de actividades, requisitos y condiciones de borde del proceso en su estado previo al rediseño.

El capítulo 5 corresponde al rediseño del proceso de ingeniería de detalle, previamente mapeado en el capítulo 4. Se detallan los elementos considerados para tal rediseño, los criterios de entrada y salida del proceso rediseñado, un diagrama o mapa del proceso rediseñado, diagramas de actividades correspondientes al nuevo proceso, y una comparación del nuevo proceso con el proceso original.

El capítulo 6 muestra el rediseño de los sistemas y arquitecturas de la empresa para alinearlos con el nuevo proceso de ingeniería de detalle. Se detallan las herramientas de soporte del proceso a elaborar, los criterios y requisitos de las mismas, los cambios en la estructura de la empresa y en la asignación de responsabilidades de ser necesario. Se incluye además una propuesta de plan de trabajo, con consideraciones para su aplicación.

El capítulo 7 realiza una evaluación costo-beneficio del proyecto y resume las principales conclusiones obtenidas en la realización del presente trabajo de título, incluyendo comentarios sobre la aplicabilidad de BPR a empresas ETO y recomendaciones para la realización de este tipo de proyectos.

Finalmente el capítulo 8 consiste en la bibliografía y el capítulo 9 contiene los diversos anexos que complementan el presente trabajo.

Capítulo 2

Marco Conceptual

2.1 Gestión de Procesos

Durante las últimas dos décadas se han desarrollado numerosas metodologías para la gestión y mejora de procesos, las cuales han sido ampliamente utilizadas por empresas de todos los sectores productivos y de servicios alrededor del mundo. Según una encuesta realizada en 1998 por Deloitte & Touche, “existen tres factores que están cambiando el ambiente de competencia: los rápidos cambios tecnológicos, la competencia global y las expectativas cada vez más altas de los clientes” [15]. Ante este nuevo panorama económico y las nuevas condiciones de mercado, las empresas se han abocado a rediseñar sus procesos críticos, lo cual queda en evidencia al constatar que en un estudio realizado en 2001 por Cutter Consortium el 83% de las empresas encuestadas se encuentra desarrollando proyectos de mejoramiento o rediseño de procesos, de las cuales el 63% señalan como razón de estos proyectos el aprovechamiento de la tecnología de Internet [16].

Las empresas japonesas iniciaron hace varias décadas el movimiento de calidad, dando origen a las metodologías en materia de mejora de procesos que actualmente se desarrollan. En efecto, “las empresas japonesas descubrieron la administración y mejoramiento de procesos antes que occidente y lo han estado aplicando por décadas, lo que explica su éxito en el mundo”, señala Davenport [17].

A partir de este movimiento de calidad, Walter Shewhart desarrolló el ciclo PHVA (planear-hacer-verificar-actuar, o PDCA por sus siglas en inglés), popularizado posteriormente por Edward Deming [18], el cual constituye la base de las normas de calidad y modelos de mejoramiento continuo como ISO9000, seis sigma y BPM [15]. Posteriormente Porter desarrolló un marco conceptual para estudiar las organizaciones en términos de sus procesos enmarcados en su cadena de valor, distinguiendo los procesos primarios o críticos para la entrega de valor, los estratégicos y los de soporte [19]. Es en base a estos dos conceptos que se construyen las metodologías de mejora de procesos que se detallan a continuación:

2.1.1 Mejoramiento Continuo de Procesos

El término “mejoramiento de procesos” fue utilizado inicialmente por Harrington [20], quien definió el proceso como una serie de actividades que procesan una entrada a través de una transformación, la cual posee un valor agregado para el cliente, con el fin de producir una salida o producto [21].

Esta metodología se basa principalmente en el ciclo PHVA o PDCA señalado anteriormente, y está relacionada con otras metodologías de mejora continua como lean

y control de la calidad total. El mejoramiento continuo de procesos “se refiere a cambios menores, específicos y continuos en los procesos” [15].

2.1.2 Reingeniería de Sistemas

La reingeniería de sistemas (*business-system-engineering* o BSE) se define como una técnica para reformar radicalmente el desempeño de una compañía [22]. Este concepto es similar conceptualmente al de rediseño de procesos aunque su alcance es notoriamente más ambicioso, con el objetivo de revolucionar de manera radical las organizaciones y sus procesos. Si bien algunos autores hablan de reingeniería de sistemas y rediseño de procesos de manera indistinta, en el presente trabajo se hace la distinción entre ambos para recalcar la diferencia en alcances y objetivos de ambas iniciativas.

Aunque algunos estudios muestran casos exitosos de la aplicación de esta metodología [23], también existen en la literatura casos no exitosos, encontrando dificultades importantes para alcanzar los resultados dramáticos planteados al inicio de los proyectos [24]. Además, debido al hecho de que la reingeniería ha estado generalmente asociada a procesos de reestructuración y *downsizing* de las empresas, esta metodología ha caído en desuso [16].

2.1.3 Rediseño de Procesos

El rediseño de procesos (BPR por sus siglas en inglés) es una disciplina originada en la década de 1990 con el principio inicial de maximizar los beneficios de la integración de herramientas de tecnologías de información (TI) y su potencial para generar integración inter-funcional en las empresas [25]. La iniciativa, rápidamente adoptada y promulgada por empresas de consultoría y “gurús” de rediseño de procesos [26], fue extendida posteriormente para abarcar el rediseño radical de compañías completas (también conocido como reingeniería de procesos).

En sus orígenes se consideraba que la introducción de TI y la consiguiente reingeniería de procesos podían alcanzar cinco niveles de impacto en las organizaciones [27]:

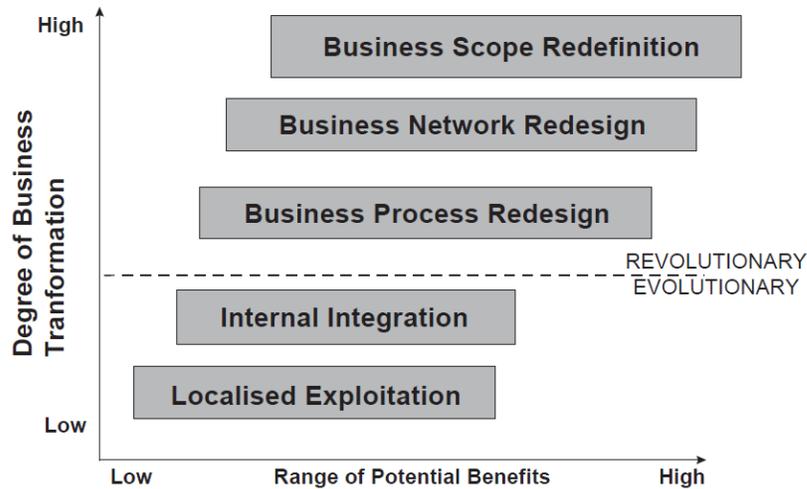


Ilustración 3: Cinco niveles de reconfiguración inducida por la introducción de TI (Venkatraman, 1991)

Esta metodología es la que tiene el mayor rango de aplicación “dado que se usa para el rediseño de procesos previo a la implementación de tecnología informática, como son sistemas de ERP, CRM o para aprovechar la tecnología del Internet con miras a la innovación en los productos, procesos y servicios” [15]. Cabe señalar, sin embargo, que el auge en rediseño de procesos de las últimas décadas ha dado pie a una gran cantidad de metodologías de BPR y que no existe una metodología estándar o típica en la literatura [14].

2.1.4 Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejoramiento organizacional, la cual fue creada por Motorola a finales de los años ochenta [16]. La letra sigma corresponde al símbolo usado en estadística para identificar la desviación estándar, y se usa en este caso para referirse a la desviación que se produce en cuanto al nivel de productos o servicios que se encuentran fuera de especificación [15].

En cuanto a la mejora y gestión de procesos, Seis Sigma significa una mejora continua de los procesos a través del uso de herramientas estadísticas que miden el desempeño de los procesos [28].

2.1.5 Business Process Management (BPM)

Diversos autores se refieren a BPM como la automatización de procesos a través de tecnologías que permiten manejar flujos de trabajo, obteniendo así indicadores de gestión de los procesos [16].

Esta metodología requiere el uso de herramientas específicas y de un lenguaje de diagramación de procesos llamado Business Process Management Notation, o BPMN, el cual puede ser mapeado directamente a software de automatización de procesos. Estos

tipos de software han sido ampliamente adoptados en sectores como el financiero y el de servicios [29].

2.1.6 Lean Management

Lean Management es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios: es decir ajustados (*lean* en inglés). Si bien no constituye una metodología de gestión de procesos específicamente, puede considerarse una filosofía de mejora organizacional con la consecuencia de mejorar los procesos de las organizaciones.

Eliminando el despilfarro, mejora la calidad y se reducen el tiempo de producción y el costo. Las herramientas lean incluyen procesos continuos de análisis, producción *pull*, y elementos y procesos “a prueba de fallos”, todo desde el área de valor.

Los principios clave del Lean Management son:

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio)
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información
- Procesos *pull*: los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información

A medida que se utilicen herramientas y técnicas de Lean Management, se irán eliminando poco a poco los ocho tipos de desperdicio definidos en la literatura:

- Movimiento: El desperdicio de movimiento tiene dos elementos, el movimiento humano y el movimiento de las máquinas, los cuales están relacionados con la ergonomía del lugar donde se trabaja, afectando así a la calidad y la seguridad
- Sobreproducción: Se suscita cuando las operaciones continuas debieron ser detenidas o cuando se hacen productos de previsión, para stock, antes de que el cliente los pida
- Espera: Término aplicado en aquellos períodos de inactividad de un proceso ya que esta acción no agrega valor y a veces resulta en una sobrecoste del producto
- Transporte: Se refiere al movimiento innecesario de materiales de una operación a otra sin ser requeridos

- **Procesado extra:** Se refiere a operaciones extras tales como retrabajo, reproceso, manejos de materiales innecesarios y almacenamiento debido a algún defecto, sobreproducción o inventario insuficiente
- **Corrección:** se relaciona con la necesidad de corregir productos defectuosos. Se compone de todos los materiales, tiempo y energía involucrados en reparar los defectos
- **Inventario:** condiciones cuando el flujo se restringe en una planta y cuando la producción no está marchando a ritmo. La producción de inventario que nadie quiere en ese momento desperdicia espacio y estimula daños y obsolescencias en los productos
- **El conocimiento desconectado:** existe cuando se tiene una desconexión entre la compañía y sus clientes y/o proveedores

2.1.7 Total Quality Management (TQM)

Total Quality Management o la Gestión de la Calidad Total está orientada a crear conciencia de calidad en todos los procesos de organización y ha sido ampliamente utilizada en todos los sectores, desde la manufactura a la educación, el gobierno y las industrias de servicios. Se le denomina “total” porque concierne a la organización de la empresa globalmente considerada y a las personas que trabajan en ella. Es, por ende, una metodología de mejora organizacional y no solamente una metodología de mejora de procesos.

La gestión de calidad total está compuesta por tres paradigmas:

- **Gestión:** el sistema de gestión con pasos tales como planificar, organizar, controlar, liderar o lo que se conoce como el ciclo PHVA - Planear, Hacer, Verificar y Actuar
- **Total:** organización amplia
- **Calidad:** con sus definiciones usuales y todas sus complejidades

Se define calidad total como la satisfacción del cliente y se aplica tanto al producto como a la organización. Teniendo como idea final la satisfacción del cliente, la calidad total pretende obtener beneficios para todos los miembros de la empresa. Por tanto, no sólo se pretende fabricar un producto para venderlo, sino que abarca otros aspectos tales como mejoras en las condiciones de trabajo y en la formación del personal.

El concepto de la calidad total es una alusión a la mejora continua con el objetivo de lograr la calidad óptima en todas las áreas. Este distingue dos tipos de clientes, que son identificados como internos y externos.

- Se consideran "clientes internos" los departamentos de la empresa que solicitan un producto o servicio a otro departamento de la misma empresa.

- El "cliente externo" es quien compra los productos o servicios a la empresa, sin necesariamente tener relación con ella.

El responsable de la dirección de la calidad tiene un papel importante en todo el proceso productivo. Debe organizar el trabajo y hacer que los miembros del equipo estén compenetrados. Cuanto mejor organización y cooperación entre los trabajadores, mejor será el trabajo que realicen y mejores resultados se obtendrán en su conjunto.

El concepto de calidad total está relacionado con el de la "percepción de la calidad". Éste es por un lado, la percepción que tenemos de la calidad de un producto y por otro, cómo ven las personas una empresa o una marca.

2.2 Mejora de Procesos en Empresas ETO

Los procesos de negocio de las empresas deben ser rediseñados constantemente puesto que se vuelven obsoletos con el paso del tiempo [26]. Con el fin de actualizar los procesos de las organizaciones, nuevas iniciativas han surgido en el ámbito de la mejora organizacional en las últimas décadas, incluyendo metodologías como Total Quality Management, Lean Management, y Seis Sigma.

La reingeniería de sistemas (BSE) y el rediseño de procesos (BPR) han sido propuestos en la literatura como estrategias para mejorar considerablemente el sector ETO [1]. Towill (2001) y Childerhouse (2003) realizaron casos de estudio en que muestran mejores prácticas en rediseño de procesos en el sector de estas empresas, los cuales mostraron mejoras sustanciales en indicadores como tiempo de proceso, frecuencia de entregas, márgenes de ganancias y volumen anual procesado [1]. En dichos casos, proyectos de rediseño de procesos (BPR) fueron realizados en cuatro áreas: manufactura justo a tiempo, reducción de tiempos de entrega, integración de proveedores e integración de clientes.

Sin embargo, la experiencia de otros estudios muestra que esta herramienta no es ampliamente aplicable en empresas basadas en proyectos [14], por lo algunas consideraciones especiales deben tenerse en consideración al realizar este tipo de proyectos de BPR. Según Cameron y Braiden [14], debido a la complejidad inherente en la realización de rediseño de procesos a través de organizaciones colaboradoras o entre departamentos distintos en las empresas, se concluye que BPR es útil y aplicable al interior de un proceso particular y dentro de una sola unidad de negocio de la organización en el sector ETO.

Múltiples autores han estudiado la reducción en tiempos de entrega en diversas cadenas de valores [13]. En particular, se identifican dos tipos de reducción en los tiempos de proceso: reducir el tiempo promedio de proceso, y reducir la variabilidad en el tiempo de proceso [30]. Por otro lado, un flujo de información deficiente es la causa principal de problemas en el sector MTO (made-to-order), muy similar al sector ETO, y típicamente

los problemas se encuentran en los límites o interfaces de distintas organizaciones [31]. Es así como en empresas ETO la reducción del tiempo de proceso de ingeniería y diseño tiene probablemente un mayor impacto en reducir los tiempos de entrega que la reducción del tiempo de proceso en manufactura [13], lo cual es apoyado por la ley de variabilidad de Hopp y Spearman. Esta teoría indica que los esfuerzos para reducir la variabilidad en la parte de entrada de un sistema tendrá probablemente el mayor impacto en el sistema en su totalidad [32]. En el caso de sistemas ETO, dicha parte de entrada del proceso corresponde a la etapa de ingeniería y diseño, por lo que la reducción de la variabilidad y la incertidumbre en la etapa de ingeniería debiese ser el foco principal para mejorar el proceso completo [13].

2.2.1 Elección de Metodología de Rediseño de Procesos (BPR)

Es necesario hacer una distinción entre metodologías de mejora de procesos aplicables a un proyecto particular, y metodologías de mejora organizacional, que generan una mejora de procesos pero que se enmarcan dentro de una filosofía de gestión específica.

De acuerdo a lo anterior, podemos señalar que de las iniciativas señaladas, Lean Management y Total Quality Management constituyen metodologías de mejora organizacional, y por ende no serán consideradas como la metodología a utilizar en este proyecto. Cabe señalar que estas metodologías o filosofías de gestión no se contraponen a proyectos de rediseño de procesos o de reingeniería de procesos. Por el contrario, las filosofías de gestión conocidas existentes, como Lean y otras, pueden guiar el desarrollo de un proyecto de BPR, y es en visión global que debe enmarcarse la aplicación de mejores prácticas [33]. Así, este proyecto se desarrollará bajo la filosofía Lean Management, poniendo especial énfasis en la reducción de tres “desperdicios” según la literatura:

- **Tiempo:** se buscará reducir el tiempo desperdiciado en el diseño y producción de equipos de la empresa, a través de la reducción de Productos No Conformes que generan retrasos en la producción
- **Procesado extra:** se buscará reducir el reproceso de productos y equipos, al reducir la cantidad de Productos No Conformes generados en el proceso de Ingeniería de Detalle que conlleven un reproceso de los productos defectuosos
- **Corrección:** se buscará evitar la corrección de informaciones y planos al reducir el número de Productos No Conformes que requieran, para su solución, emitir nuevos planos y corregir documentos e información entregada a clientes externos o internos

Seis Sigma es descartada como metodología para el desarrollo del presente trabajo por dos motivos. El primero, es que constituye esencialmente una metodología o filosofía de mejora organizacional, en la misma medida que Lean y TQM; el segundo, es que la implementación de herramientas de Seis Sigma requiere el uso de grandes cantidades de datos y de herramientas estadísticas, lo cual la empresa no posee en la actualidad. En

efecto, existen pocos datos para evaluar el desempeño del proceso de ingeniería de detalle, constando principalmente de los registros de Productos No Conformes y el análisis de causa-raíz que se realiza posteriormente.

La reingeniería de sistemas es descartada debido a que los cambios organizacionales que plantea se encuentran fuera del alcance de este trabajo, además de que la literatura sugiere que estas iniciativas han decaído considerablemente en la última década.

Por otro lado, se considerará el mejoramiento continuo de procesos como parte de la filosofía anteriormente seleccionada y de la metodología seleccionada, puesto que la definición de indicadores para controlar y mejorar los procesos forma parte de las etapas requeridas en la mayoría de las metodologías de BPR.

Se ha decidido reducir el número de Productos No Conformes originados en el área de Ingeniería, como se encuentra estipulado en el objetivo general de este trabajo, a través del rediseño del proceso (BPR) de ingeniería de detalle. Tanto el rediseño de los procesos específicos al interior de las empresas como las mejoras en eficiencia que resultan de su aplicación siguen siendo de valor para muchas empresas [14], y existen casos exitosos de aplicación de BPR en el sector engineer-to-order, en particular en empresas de construcción, que avalan lo anterior [1]. Además, las iniciativas de BPR implementadas en empresas ETO son consideradas útiles y aplicables dentro de procesos particulares y al interior de unidades de negocio individuales, resultando en mejoras en la eficiencia de los procesos y en una reducción de los tiempos de proceso [14].

Para que un proyecto de rediseño de procesos sea viable y exitoso se requiere aplicar un enfoque pragmático y basarse en una metodología probada y confiable. Luego de revisar la literatura en materia de metodologías o técnicas de BPR, se ha decidido utilizar la metodología genérica planteada por Cameron y Braiden para el desarrollo de proyectos de rediseño de procesos [14]. Esta metodología, detallada en la sección “Metodología” del capítulo “Introducción”, ha sido construida basándose en el estudio de veinte metodologías de rediseño de procesos, y posee una visión global del proyecto, considerando en su desarrollo los aspectos que rodean a los procesos tales como la estructura de la organización, los sistemas que soportan el proceso, cambio organizacional, planeación y mejora continua, entre otros.

Capítulo 3

Evaluación de la Organización

En el presente capítulo se realiza un diagnóstico de la organización en su conjunto, con el objetivo de comprender cuáles son los procesos críticos para la empresa, cómo se estructura la organización y los impactos que esto puede tener en su desempeño, de qué forma opera la empresa, cuáles son las características particulares de su proceso de venta de equipos, cuáles son las fuentes de mejora y de ventaja competitiva de la empresa, y finalmente se identifican los beneficios claves del proyecto de rediseño.

3.1 Mapa de Procesos

Se adjunta el mapa de procesos de la empresa, obtenido del Manual de la Calidad Enercom (2013):

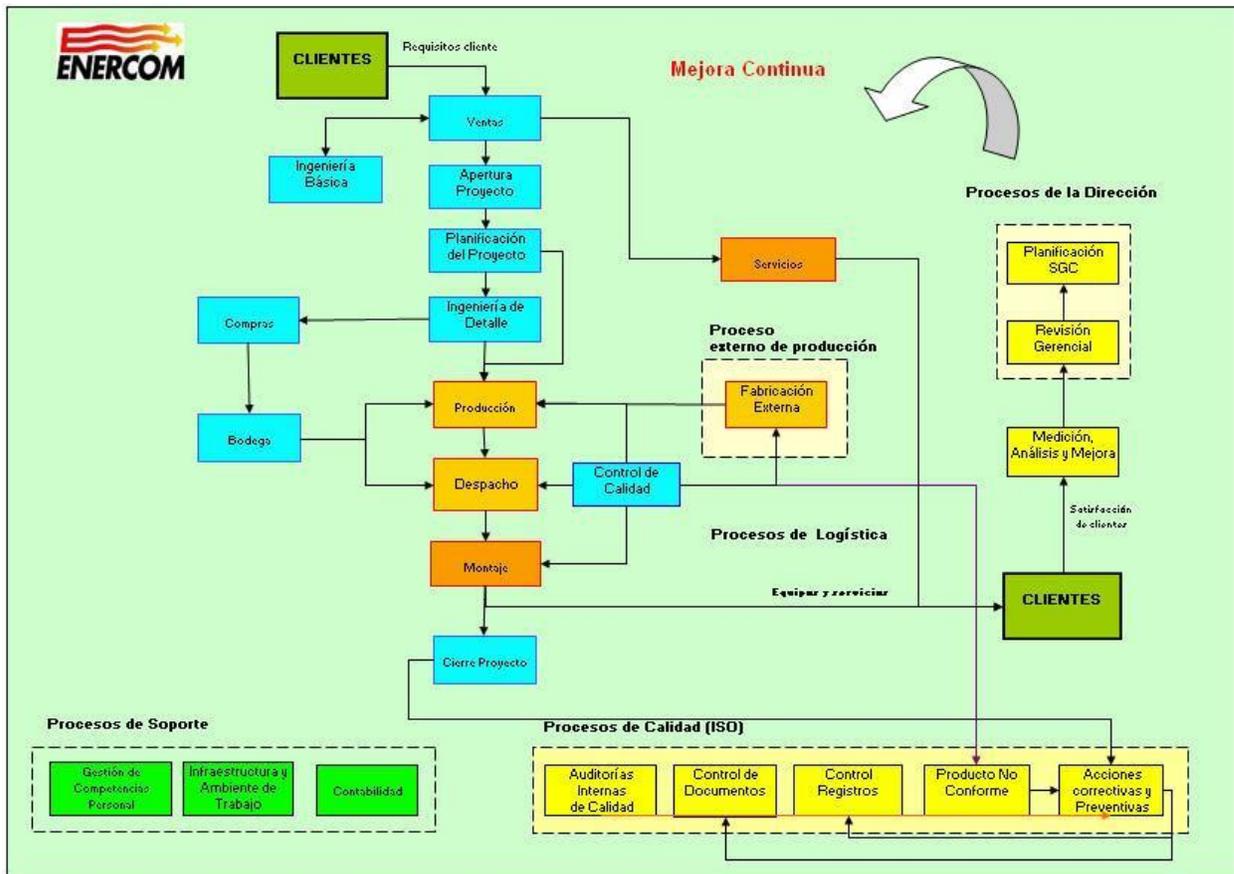


Ilustración 4 Mapa de procesos de Enercom S.A.

Estos procesos serán descritos en mayor detalle en la sección siguiente.

3.2 Definición de los Procesos de la Empresa

Los procesos considerados en el mapa de procesos de la empresa son, de acuerdo a la documentación de la empresa y al “Manual de la Calidad ENERCOM Rev.10”:

3.2.1 Proceso de Ventas

Proceso destinado a detectar las necesidades de los clientes, la determinación del presupuesto y elaboración de cotizaciones de productos y servicios, y la formalización de los acuerdos. Se realiza según procedimiento de “Cotización (P-VTA-01)”. En el caso de Ventas Directas, esto es, ventas que no requieren ingeniería ni fabricación, se realiza de acuerdo a “Procedimiento de Ventas Directas”. Se incluye la gestión de reclamos y otra información de retroalimentación del cliente. Como apoyo a la gestión de reclamos se podrá enviar a los clientes el procedimiento de “Reclamos y Sugerencias (P-VTA-06)” a modo de orientación.

3.2.2 Proceso de Ingeniería Básica

Subproceso del área de Ventas, destinado a elaborar la ingeniería básica requerida para la presentación de la propuesta al cliente y la elaboración del presupuesto. No tiene procedimiento asociado.

3.2.3 Proceso de Apertura de Proyecto

Proceso destinado a realizar la apertura del proyecto correspondiente, en la que se transfiere la información de Ventas a Ingeniería y Operaciones para la planificación del proyecto, y se abren las cuentas y carpetas correspondientes. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Apertura de OT (Proyectos)”.

3.2.4 Proceso de Planificación del Proyecto

Proceso destinado a realizar la planificación y programación de las actividades de Ingeniería y Producción necesarias para la ejecución de los proyectos. Cuando corresponda, generalmente por requerimiento del cliente, se podrá elaborar un Plan de Aseguramiento de Calidad para una mejor definición de procedimientos y controles a utilizar en los procesos de los proyectos por parte del cliente. En caso contrario aplican las disposiciones generales establecidas para cada proceso. La planificación de cada proyecto (OT) se realiza de acuerdo a los procedimientos de “Ingeniería de Detalle (P-ING-02)” y “Fabricación Contratos y Avances”.

3.2.5 Proceso de Ingeniería de Detalle

Proceso de diseño y desarrollo destinado a elaborar los correspondientes planos y especificaciones técnicas para la fabricación de los equipos y generar la información para la adquisición de materiales y equipos. Se realiza de acuerdo a los procedimientos de “Ingeniería de Detalle (P-ING-02)” y “Elaboración y Administración de Planos (P-ING-

03)”. Para el envío de planos a revisión se utiliza el “Procedimiento ING Transmisión de Documentos”.

3.2.6 Proceso de Producción

Proceso destinado a realizar la fabricación, en maestranza por personal propio o contratista interno, de los equipos que componen el proyecto. Comprende las distintas etapas o subprocesos de fabricación: corte, mecánica, soldadura, tratamiento superficial y pintura. Se incluye a los procesos subcontratados y realizados en las instalaciones de Enercom. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Fabricación Contratos y Avances” y los procedimientos constructivos específicos existentes acuerdo a las especificaciones técnicas.

3.2.7 Proceso de Fabricación externa (contratistas externos)

Subproceso subcontratado de producción realizado por maestranzas proveedoras, fuera de las instalaciones de ENERCOM. En estos casos Enercom proporciona las especificaciones técnicas (planos); y determina, realiza y/o controla el control de calidad al producto, según se requiera. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Fabricación Contratos y Avances”.

3.2.8 Proceso de Control de Calidad

Proceso de control destinado a asegurar la calidad de los materiales críticos y productos semi-terminados o terminados, y a controlar que los equipos se fabriquen de acuerdo al Plan de Inspección y Ensayos definido y a los planos y especificaciones técnicas establecidos. En el caso de productos defectuosos, es la entrada para el proceso de gestión de Producto No Conforme. Se realiza de acuerdo a lo establecido en el procedimiento de “Control de Calidad (P-CAL-01)”.

3.2.9 Proceso de Producto No Conforme

Proceso de calidad destinado a establecer criterios, responsabilidades y autoridades para el tratamiento y liberación de los productos que no cumpla con los requisitos del cliente, o con los estándares definidos por la propia empresa. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Control de Calidad (P-CAL-01)” y “[PNC] Producto No Conforme”.

3.2.10 Proceso de Despacho

Proceso productivo y administrativo destinado a realizar el embalaje y despacho de los productos al cliente y elaboración de la documentación de despacho. Se realiza de acuerdo al procedimiento de “[Despachos] Solicitud guía”.

3.2.11 Proceso de Montaje

Proceso productivo destinado a realizar el montaje del equipo en las instalaciones del cliente. Los procesos administrativos involucrados se realizan de acuerdo a los procedimientos de “Salidas a Terreno (P-LOG-01)” y “Asignación de Bonos de Terreno

(P-LOG-02)”. Incluye un subproceso de Rendiciones que se realiza de acuerdo a “Procedimiento Rendiciones Maestro”. En tanto, los procesos de montaje se realizarán de acuerdo a planos y especificaciones técnicas y procedimientos de seguridad elaborados por las áreas de Servicios y/o Prevención de Riesgos.

3.2.12 Proceso de Servicios

Proceso productivo destinado a realizar los servicios de mantención y otros servicios relacionados a la puesta en marcha y operación de los equipos. Se activa por requerimiento del área de Ventas. Se realiza de acuerdo al “Documento de Condiciones del Servicio Técnico ENERCOM (D-VTA-01)”. Incluye un subproceso de Rendiciones que se realiza de acuerdo a “Procedimiento Rendiciones Maestro”.

3.2.13 Proceso de Cierre de Proyecto

Proceso de control tendiente a verificar que no existen aspectos técnicos, administrativos o contables pendientes en relación al proyecto, y a realizar el cierre de las cuentas asignadas al mismo. Para efectos de facturación y cobranza se aplica el “Procedimiento Gestión de Cobranzas”. Además se evalúa el uso de recursos HH utilizado en los proyectos en Reporte HH Informes.

3.2.14 Proceso de Compras

Proceso destinado a realizar todas las adquisiciones de materiales y equipamiento necesarios para la fabricación de equipos y para la operación normal de la empresa. El proceso completo considera la cotización y selección del proveedor, la realización de la compra, y la evaluación de los proveedores. En el caso de las compras en el extranjero se activa el subproceso de importaciones. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Adquisiciones (P-ADQ-01)” e “Importaciones (P-ADQ-02)”.

3.2.15 Proceso de Bodega

Proceso destinado a realizar la recepción y entrega de materiales para la construcción e instalación de los equipos, y realizar el control de los inventarios de materiales y herramientas. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Bodega P-BOD-01”.

3.2.16 Proceso de Gestión de Competencias del Personal

Proceso administrativo destinado a identificar y proporcionar las competencias del personal requeridas para el desarrollo de todos los procesos de la empresa. Considera el diagnóstico y/o evaluación de las competencias, la generación de un Plan Anual de Capacitación, cuya ejecución es monitoreada y evaluada, y la evaluación del desempeño definido para los cargos. Se incluye además disposiciones para la inducción de nuevo personal y la toma de conciencia. Se realiza de acuerdo a los procedimientos de “Selección y Contratación Personal (P-ADM-01)”, “Evaluación de Desempeño y Competencias (P-ADM-02)”, y “Capacitación (P-ADM-03)”.

3.2.17 Proceso de Infraestructura y Ambiente de Trabajo

Proceso de soporte destinado a identificar y proporcionar las condiciones ambientales y de infraestructura (incluido el equipamiento) para proporcionar una adecuada producción y prestación de servicios. Se considera la elaboración, ejecución y control de un Plan de Mantenimiento, el que es gestionado por el área de Producción. La gestión de las tecnologías de la información se realiza de acuerdo al “Procedimiento de Tecnologías de la Información (P-TI-01)”. En relación a temas asociados a la seguridad y ambientes de trabajo, éstos están incluidos en documentación propia generada por el área de Prevención de Riesgos no incluida en el control del SGC.

3.2.18 Contabilidad

Proceso administrativo destinado a realizar el control financiero de los recursos asignados a los proyectos, la adecuada facturación y posterior cobro de los productos y servicios entregados al cliente, y el registro contable de los movimientos financieros de la empresa. Se incluye el control de avances de trabajos de contratistas y la asignación y control de fondos para trabajos en terreno. Se realiza de acuerdo a los procedimientos “Salidas a Terreno (P-LOG-01)” y “Asignación de Bonos de Terreno (P-LOG-02)”, y “Pago a Contratistas (P-CTB-01)”.

3.2.19 Proceso de Medición, Análisis y Mejora

Proceso de gestión de la calidad destinado a medir, analizar y mejorar continuamente el Sistema de Gestión de Calidad de la empresa. Dentro de las mediciones consideradas se encuentra: los indicadores de desempeño de los procesos, objetivos de calidad, grado de satisfacción de clientes, desempeño de proveedores, desempeño de los productos y servicios (obtenidas de estadísticas de producción – producto no conforme). Estos datos deben generar información para la toma de decisiones para la mejora. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Medición, Revisión Gerencial y Mejora (P-ISO-05)”.

3.2.20 Proceso de Revisión por la Dirección

Proceso de gestión de la calidad destinado a revisar sistemáticamente la adecuación del Sistema de Gestión de Calidad con base en la información generada en la medición y análisis de datos. Como resultado de la revisión se generan medidas y acciones para mejorar la eficacia del Sistema y sus procesos, mejorar la calidad de los productos y servicios de la empresa. Incluye la determinación de las necesidades de recursos para el Sistema de Gestión. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Medición, Revisión Gerencial y Mejora (P-ISO-05)”.

3.2.21 Proceso de Planificación del SGC

Proceso de Calidad destinado a realizar la planificación de acciones, estrategias y procesos, de forma de lograr las metas de los Objetivos de Calidad y la implementación de procesos, metodologías y otras herramientas, propuestos como mejoras. La planificación del SGC se realiza como consecuencia de la revisión por la Dirección. Se

realiza de acuerdo a procedimiento de “Medición, Revisión Gerencial y Mejora (P-ISO-05)”.

3.2.22 Proceso de Auditorías Internas de Calidad

Proceso de gestión de la calidad, sistemático, tendiente a verificar la adecuación de la implantación del Sistema. Es considerado un proceso determinante en el mejoramiento continuo del Sistema y de los procesos, por la detección de hallazgos que implican la generación de acciones de mejora. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Auditorías Internas (P-ISO-03)”.

3.2.23 Proceso de Control de Documentos

Proceso de calidad destinado a asegurar la disponibilidad de la documentación vigente del Sistema, y a proveer mecanismos para la elaboración y modificación de la documentación del Sistema. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Control de Documentos (P-ISO-04)”.

3.2.24 Proceso de Control de Registros

Proceso de calidad destinado a identificar y preservar adecuadamente los registros que permiten evidenciar las actividades declaradas en los procedimientos. Se realiza de acuerdo a procedimiento de “Control de Registros (P-ISO-02)”.

3.2.25 Proceso de Acciones Correctivas y Preventivas

Proceso de calidad destinado a establecer los mecanismos y metodologías para la gestión de las no conformidades, reales o potenciales, detectadas en los procesos del Sistema de Gestión de Calidad. Se realiza de acuerdo a “Procedimiento de Acciones Correctivas y Preventivas (P-ISO-01)”.

3.3 Identificación de Cadena de Valor de Porter

Según la cadena de valor de Porter [19], las empresas generan valor a través del desarrollo de actividades o procesos que pueden ser clasificados en dos áreas: las actividades primarias y las actividades de soporte.

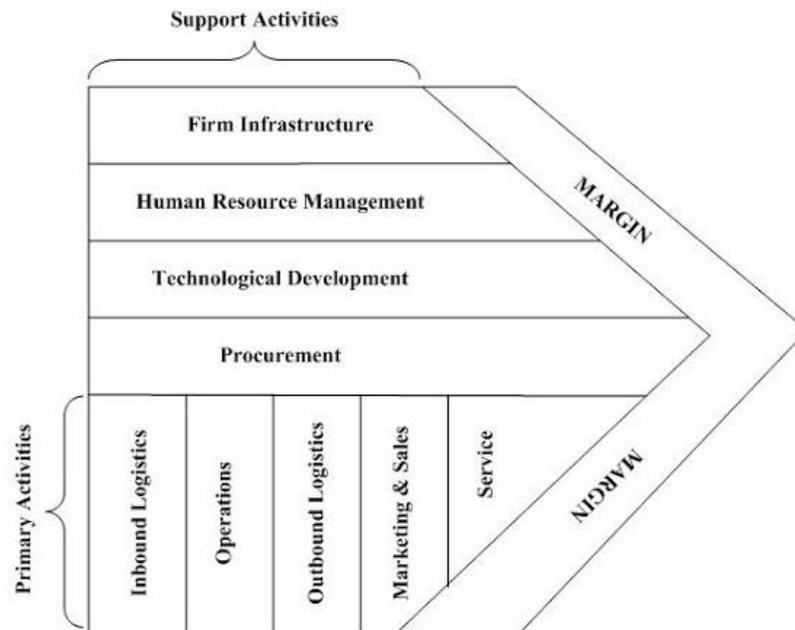


Ilustración 5 Esquema de cadena de valor de Porter. Fuente: Porter, "Competitive Advantage" (1985)

Son estas mismas actividades las que constituyen además la fuente de ventaja competitiva de las empresas. Porter plantea una clasificación en actividades primarias y de apoyo, las que a su vez se dividen en otras categorías. A continuación se definen estas categorías y se identifica su relación con los procesos mostrados en el mapa de procesos de Enercom S.A.

3.3.1 Actividades Primarias

Las actividades primarias en la cadena de valor son aquellas implicadas directamente en la entrega, venta, transferencia y asistencia posterior del producto y se dividen en las siguientes cinco categorías:

3.3.1.1 Logística de Entrada

También llamada logística interna, corresponde a los procesos que gestionan y administran la recepción y almacenamiento de materias primas e insumos. Una logística interna eficiente entrega mayor valor agregado desde las primeras actividades de la cadena de valor.

En el caso de Enercom, aquí se incluyen los procesos de bodega, recepción de materiales, y control de calidad al momento de la recepción de insumos.

3.3.1.2 Operaciones

Las actividades de operaciones son todas aquellas relacionadas con la fabricación del producto, es decir, aquellas que transforman las materias primas en el producto a vender al cliente. Una mayor eficiencia de estas actividades significa una reducción de costos

para la empresa, lo que puede aportar valor agregado y constituir una de las ventajas competitivas de la organización.

En el caso de Enercom, en esta categoría se clasifican los procesos de ingeniería de detalle, fabricación y fabricación externa, además de control de calidad y los procesos de

3.3.1.3 Logística de Salida

También llamada logística externa. Son las actividades relacionadas con la entrega del producto a los clientes, es decir, actividades de embalaje y despacho, entre otras.

En el caso de Enercom, esta categoría incluye el proceso de despacho anteriormente descrito.

3.3.1.4 Marketing y Ventas

Las actividades de marketing y venta, es decir las actividades enfocadas a atraer clientes para la organización, también constituyen parte de la cadena de valor de Porter y pueden ser fuente de ventaja competitiva.

En el caso de Enercom, esta categoría incluye los procesos de ventas, de ingeniería básica y de apertura del proyecto.

3.3.1.5 Servicios

La última actividad de la cadena de valor son aquellas relacionadas con la entrega de servicios, los que pueden involucrar el servicio de post-venta, instalaciones, asesorías, entre otros. Al igual que las demás actividades primarias, es una de las fuentes principales de ventajas competitivas.

En el caso de Enercom, en esta categoría se encuentra el proceso de servicio, en particular del servicio de post-venta, y el proceso de montaje.

3.3.2 Actividades de Apoyo

Según el modelo de la cadena de valor de Porter, las actividades de apoyo son las que dan sustento a las actividades primarias y permiten su desarrollo. Se clasifican en las siguientes categorías:

3.3.2.1 Infraestructura de la empresa

Actividades de apoyo a toda la organización, como actividades de planificación, finanzas o contabilidad.

En el caso de Enercom, se incluyen en esta categoría los procesos de planificación del sistema de gestión de la calidad, el proceso de revisión gerencial, el proceso de medición, análisis y mejora, y los procesos de calidad como las auditorías internas, el control de documentos, el control de registros y las acciones correctivas y preventivas. Además, se incluye el proceso de infraestructura y ambiente de trabajo y de contabilidad.

3.3.2.2 Gestión de Recursos Humanos

Incluye actividades como la búsqueda de personal, actividades de capacitación, gestión de contratos, desarrollo de carrera profesional, entre otras.

Se incluyen en esta categoría, para el caso de Enercom, los procesos de gestión de competencias de personal, y parcialmente el de infraestructura y ambiente de trabajo.

3.3.2.3 Desarrollo Tecnológico

Corresponde a todas las actividades de investigación y desarrollo, incluyendo sistemas de información que soporten los procesos primarios, investigación de nuevas tecnologías, desarrollo de nuevos productos, y toda actividad que busque mejorar los productos o los procesos de la organización.

En el caso de Enercom, se incluyen en esta categoría los procesos de medición, análisis y mejora a nivel gerencial, así como el proceso de infraestructura y ambiente de trabajo. Se constata además que no existe un proceso formal para el desarrollo, mantenimiento y mejora de los sistemas informáticos y tecnologías empleados por la empresa, aunque el desarrollo de nuevas herramientas y de la mantención de los sistemas de información recaen en el área de operaciones de la empresa.

3.3.2.4 Aprovechamiento

Se refiere a las actividades relacionadas con cómo se obtienen los recursos necesarios para la organización, incluyendo negociación, búsqueda de proveedores y compras.

En el caso de Enercom, se incluye en esta categoría el proceso de compras, tanto para compras específicas realizadas por ingeniería como para compras genéricas realizadas por el área de finanzas y el área de operaciones.

3.4 Orientación a Procesos

La empresa cuenta con una certificación ISO9001, la cual certifica que la empresa cuenta con un adecuado sistema de gestión de la calidad. Además, las exigencias de esta certificación incluyen el detalle de los procedimientos asociados a cada proceso, por lo que, como se muestra en la descripción de los procesos anteriormente señalados, la empresa cuenta con procedimientos para cada uno de los procesos principales de su cadena de valor, los cuales detallan responsables, actores, actividades y las herramientas y registros usadas. El nombre de estos documentos, asociados a cada proceso mostrado en el mapa de procesos, se encuentra en la sección 3.2 “Definición de los Procesos de la Empresa”.

Si bien se constata que la empresa tiene la mayoría de sus procesos documentados, al hacer una revisión de los mismos se constata que varios procesos no tienen un procedimiento formal asociado. Estos procesos no pertenecen a la cadena de valor de la organización, sino que forman parte de los procesos de soporte, por lo cual no serán

considerados en el desarrollo de este trabajo. Un caso particular corresponde al proceso de desarrollo y gestión de los sistemas de información, que actualmente es desarrollado por la gerencia de operaciones pero que no posee un procedimiento formalizado: este punto deberá ser considerado en el planteamiento de un plan de implementación, pues el rediseño del proceso de ingeniería de detalle requerirá el rediseño de la infraestructura de la empresa que soporta el proceso, incluyendo en particular los sistemas informáticos.

3.5 Estructura Organizacional de la Empresa

La empresa, acorde a su orientación a procesos, posee áreas y roles bien definidos los cuales son responsables de la realización y monitoreo de los procesos, de acuerdo a los procedimientos formales que la empresa ha establecido.

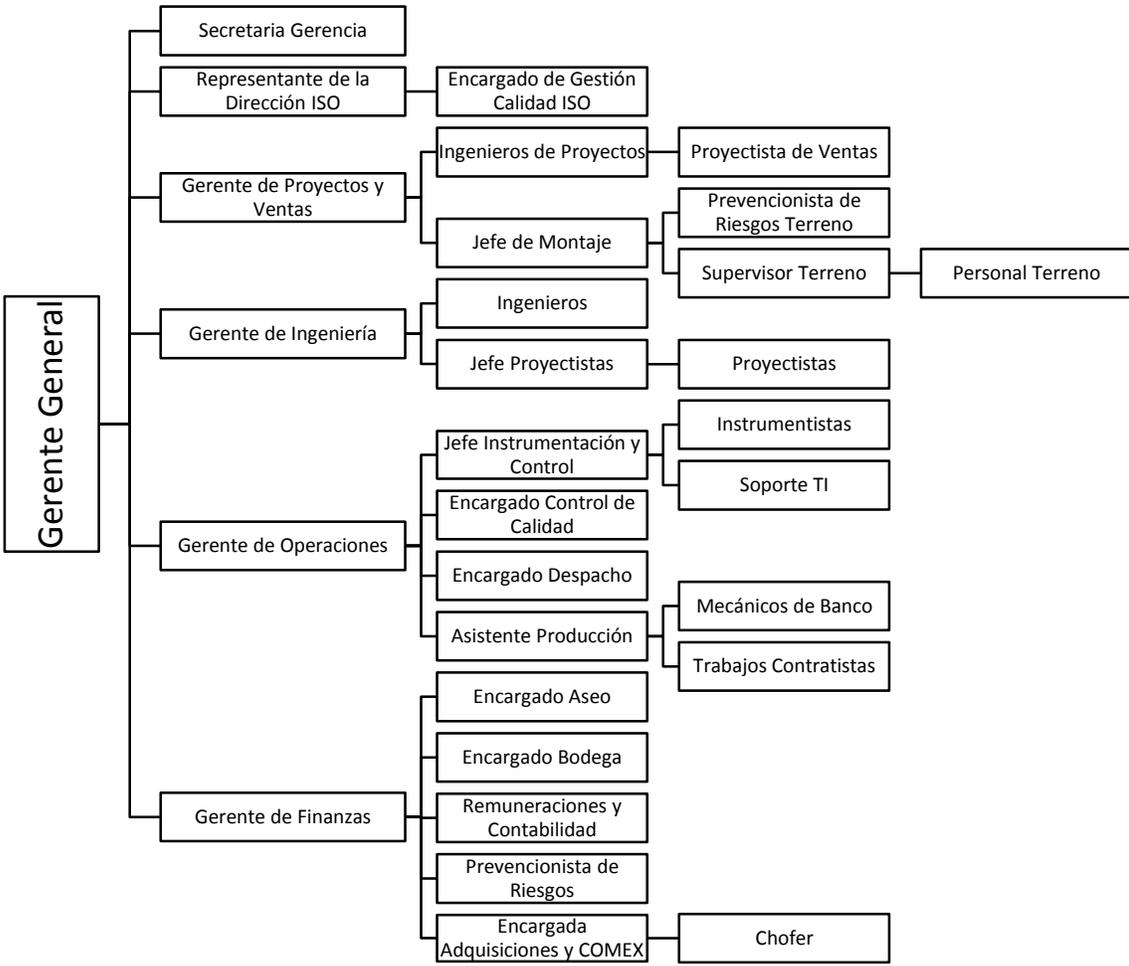


Ilustración 6 Organigrama Enercom S.A.

La ilustración anterior muestra el organigrama actual de la empresa, extraído del documento D-ISO-03 Organigrama Enercom – R11 (Abril 2014), del cual sólo se han suprimido los nombres de los recursos asociados a cada rol.

Corresponde señalar que la estructura de la empresa ha evolucionado en los últimos meses debido a la salida del anterior gerente de producción, por lo que las actividades relacionadas a tal área son ahora responsabilidad del gerente de operaciones. Anteriormente, los roles correspondientes a producción (en el organigrama, el asistente de producción, los mecánicos de banco y los contratistas) se desprendían del rol del gerente de producción.

Esta estructura organizacional permite la separación de procesos en distintas unidades de negocios y la definición de responsabilidades según área bastante claras. Sin embargo, se han constatado algunos puntos resultantes de la evaluación de la organización que pueden contribuir a las etapas siguientes del proyecto de rediseño de proceso:

- Algunos procesos no pertenecen de manera clara a alguna de las áreas señaladas. Como esto ocurre mayormente en procesos de apoyo que no poseen un procedimiento documentado, no tiene mayores consecuencias en la creación de valor de la empresa.
- El área de instrumentación y control así como el desarrollo de documentos e información que ahí se produce, se encuentran al interior del proceso de ingeniería de detalle, de responsabilidad del área de ingeniería. A pesar de lo anterior, toda el área de instrumentación es dependiente del área de operaciones, por lo que reportan al gerente de operaciones y no siempre se rigen por los mismos procedimientos que el área de ingeniería en términos de planificación y control de documentos.
- Aunque los departamentos pueden parecer atomizados e inconexos de los demás, en la realidad muchos de los recursos de un área participan en procesos que son propios de otra. Esto se debe principalmente a la limitada cantidad de personal que existe en la empresa y a la necesidad de coordinar esfuerzos entre varias áreas de modo de minimizar la cantidad de problemas producto de la mala comunicación entre procesos inter-dependientes.
- Algunos recursos pueden participar del trabajo de distintas áreas, como por ejemplo en el caso de los proyectistas encargados de realizar los planos de los equipos, quienes realizan diseños como parte de los esfuerzos de venta (proceso perteneciente al área de ventas y proyectos) y a la vez realizan los planos de equipos destinados a producción.
- En línea con lo anterior, a pesar de que la estructura de la empresa se encuentra, en rasgos generales, bien definida, esta sigue siendo lo suficientemente flexible para poder hacer frente a las variaciones en la carga de trabajo, gracias a un equipo que cuenta con personas interdisciplinarias y que conocen de manera íntegra el negocio de Enercom.

3.6 Estructura de la Información al Interior de la Empresa

Al tratarse de una empresa basada en proyectos, es de suma importancia para Enercom poseer un manejo adecuado de la información que genera para cada proyecto y orden de trabajo. Los proyectos de la empresa y sus informaciones se estructuran dentro de proyectos, los cuales abarcan varias órdenes de trabajo (OT), y estas últimas se componen de una o más sub-órdenes de trabajo (subOT). En la práctica, las OT y los proyectos sirven para agrupar la información, y todo documento, información, producto o gasto se asocia de manera directa a una subOT. A continuación se detallan los conceptos antes mencionados.

3.6.1 Proyectos

Los proyectos se asocian a un cliente y una planta en particular, y se identifican por un número de cuatro dígitos. Se trata de desarrollos complejos, los que se dividen generalmente en varias etapas y en varios equipos o componentes. Los proyectos poseen un presupuesto determinado, pero los costos deben ser asociados directamente a una subOT, y por extensión, se asocian al proyecto al que pertenece la subOT.

3.6.2 Órdenes de Compra (OT)

Las órdenes de trabajo corresponden a etapas de un proyecto, fases de implementación o de desarrollo de proyectos que involucren una planta en su totalidad, o a distintos equipos que forman parte de un mismo proyecto y cuya información conviene tener agrupada. Se identifican por un número de seis dígitos, de los cuales los cuatro primeros corresponden al proyecto al que pertenece la OT, y los dos últimos son un correlativo, creciente desde 00, que identifica la OT dentro del proyecto.

Además de fases de proyectos, en algunos desarrollos en que se considera que un componente de los equipos a vender (por ejemplo, sólo una nueva caja de descarga de material desarrollada por Enercom), este equipo puede separarse en su propia OT al interior del proyecto para facilitar la agrupación de información y costos para próximos desarrollos similares. Al igual que con los proyectos, una OT no tiene costos asociados de forma directa, sino que se agrupan a través de las subOT que componen la OT.

3.6.3 Sub-Órdenes de Compra (subOT)

Las sub-órdenes de trabajo corresponden a equipos o componentes de una fase o etapa de desarrollo de un proyecto. Se identifican por un número de ocho dígitos, de los cuales los cuatro primeros corresponden al proyecto al que pertenece la subOT, los dos siguientes dígitos identifican la OT a la que pertenece la subOT, y los últimos dos dígitos son un correlativo creciente desde 01 que identifica la subOT al interior de la OT.

Por ejemplo, dentro del desarrollo de un secador de tambor rotatorio o secador convectivo, el desarrollo del tambor y el del sistema motriz se agrupan en dos subOT distintas que pertenecen a la misma OT. De este modo, se agrupa la información y los

costos asociados a estos componentes. Se reitera que los centros de costo de la empresa corresponden a las subOT, vale decir, todo costo de la empresa debe ser asociado a una subOT, y luego los costos pueden agregarse en distintos niveles según se vean a nivel de OT o de proyecto.

3.6.4 Numeración de Documentos

En línea con la estructura de proyectos, órdenes de trabajo y sub-órdenes de trabajo, los documentos que se generan en el área de ingeniería son identificados por un número de diez dígitos único dentro de la empresa. Este número se compone por los cuatro dígitos correspondientes al proyecto, los dos dígitos correspondientes a la OT, los dos dígitos correspondientes a la subOT y los últimos dos dígitos corresponden al correlativo del documento, creciente desde 01, que lo identifica dentro de una subOT.

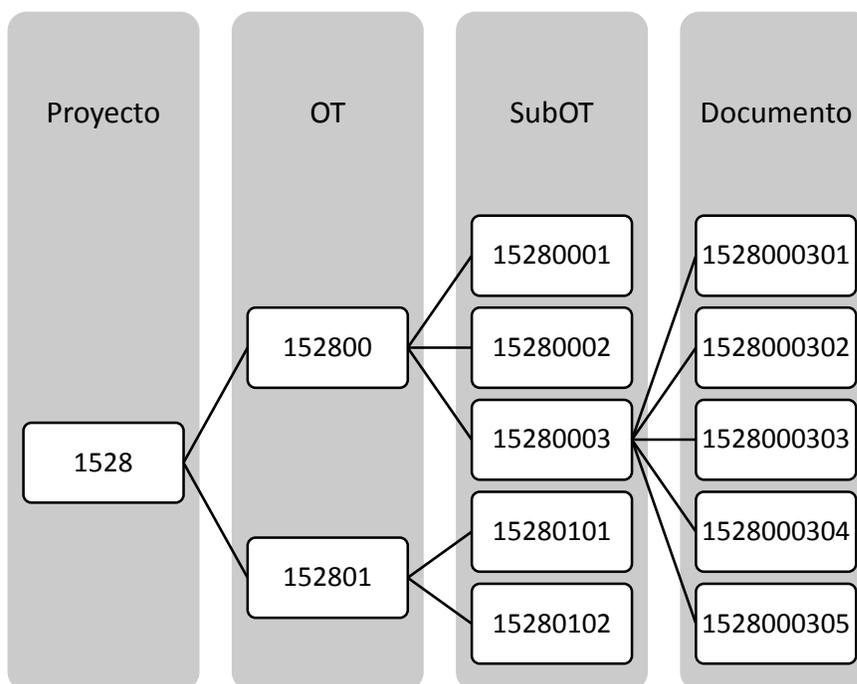


Ilustración 7 Estructura de proyectos y manejo de información, Enercom

Esta estructura de la información permite que los documentos sean fácilmente identificables tanto por el personal de Enercom como por los clientes de la empresa. Anteriormente, algunos documentos tenían nomenclaturas distintas cuando se enviaban a clientes o se mantenían de forma interna, lo que podía dificultar los esfuerzos de coordinación de actividades, en particular cuando un cliente hacía referencia a un código de documento distinto de los usados de manera interna.

Esta asignación de código de documento se hace de manera manual cuando la persona de la empresa registra un nuevo documento en la planilla “Programa de Ingeniería”, donde puede ver los otros documentos inscritos y debe tomar el próximo correlativo

disponible dentro de la subOT requerida (por ejemplo, si el último documento de la subOT termina en 04, el nuevo documento a registrar debe terminar en 05).

3.7 Herramientas y Software Utilizados

La empresa apoya las distintas fases de su proceso con diversas herramientas de software tanto de tipo comercial como programas creados de manera interna en la empresa. A continuación se enumeran las herramientas que son relevantes para el proceso de Ingeniería de Detalle.

3.7.1 SAP Business One

SAP Business One es un software de gestión de empresas, vendido por la compañía alemana SAP AG, destinado principalmente a pequeñas empresas. Su objetivo es automatizar procesos de finanzas, gestión de inventarios, operaciones y recursos humanos.

Este software es propietario, es decir, no puede ser modificado por las empresas que poseen una licencia de uso, y es gestionado e implantado por empresas de consultoría. En Enercom S.A. esta plataforma se usa para gestión de inventarios, de costos de proyectos, y todas las operaciones financieras y de operaciones de la empresa. Por tanto, es transversal a la organización y es utilizada en el proceso de ingeniería de detalle para asignar costos de desarrollo y para la solicitud de compras.

3.7.2 AutoCAD e Inventor

AutoCAD es un software de diseño 2D y 3D desarrollado por la empresa Autodesk, Inc. Lanzado en 1982, es usado en industrias como ingeniería, arquitectura, construcción civil entre otras, y considerando todas sus versiones es la herramienta de diseño asistido por computadora más usada en el mundo. Esta herramienta es usada en Enercom S.A. para la realización de planos, diagramas y otros documentos técnicos, en el proceso de diseño e ingeniería de los productos.

Inventor, ofrecido por la misma compañía, es un software de modelamiento en 3D destinado a elementos mecánicos, que permite diseñarlos, visualizarlos y realizar simulaciones de resistencia sobre los mismos. Es usado en Enercom S.A. desde mediados de 2013 para la realización de prototipos, diseño de piezas y simulaciones de esfuerzo y resistencia previamente a su construcción.

3.7.3 Google Apps for Business

Google Apps for Business es un servicio ofrecido por Google a las empresas, consistente en un paquete de productos destinados a uso comercial. Incluye el popular correo de Google Gmail usando dominios personalizados (en este caso, @enercom.cl), calendario, gestión de cuentas de usuario y acceso a Google Drive y Google Docs, el servicio de almacenamiento en la nube de Google y la suite de oficina de la misma empresa.

Debido al uso de esta suite, el correo corporativo funciona sobre la plataforma de Gmail, y la redacción de documentos y hojas de cálculo ha ido pasando progresivamente de realizarse en Microsoft Office a Google Docs. Esta plataforma tiene la ventaja de mantener respaldos automáticos de los documentos, control de cambios de los mismos, disponibilidad de los documentos “en la nube” y en dispositivos móviles, además de permitir la elaboración colaborativa de documentos.

3.7.3.1 Google Apps Script

Google Apps Script es una de las funcionalidades de Google Apps for Business y de Google Docs, y permite programar en la plataforma de Google usando un lenguaje de programación basado en JavaScript y extender, por medio de programas, las funcionalidades de cualquiera de los productos de Google. Al interior de Enercom S.A., esta característica se ha usado para programar funcionalidad avanzada en hojas de cálculo usadas para gestionar distintos procesos de la empresa y construir, sobre estas plataformas, verdaderas herramientas de gestión de procesos completamente adaptados a la empresa. En particular, estas herramientas se usan para la gestión de Productos No Conformes, la rendición de gastos, los reportes de horas trabajadas y la transmisión de documentos de manera interna.

3.8 Características del Proceso de Venta y Fabricación de Equipos

El proceso de venta y fabricación de equipos consiste principalmente de trece (13) procesos de los mostrados en el mapa incluido al inicio del capítulo. Estos son mostrados en naranja y en azul claro, a excepción del proceso “Servicios” que no forma parte intrínseca del macro-proceso de venta y fabricación de equipos.

Debido a las características de la industria y de la empresa, clasificada como una empresa ETO según lo indicado en el capítulo 1, el proceso de venta y fabricación de Enercom S.A. posee características especiales que deben ser consideradas al momento de evaluar la organización y sus procesos. A continuación se enuncian las principales características particulares de la venta y fabricación de equipos industriales por parte de la empresa, que tienen un impacto considerable en la complejidad del proceso y la tasa de errores que son detectados:

3.8.1 Variedad de los Equipos Ofrecidos

Dada la naturaleza de los equipos que son diseñados y fabricados por Enercom S.A., se tiene que la variedad de equipos que la empresa ofrece es muy amplia y el número de configuraciones distintas es prácticamente ilimitado.

Sólo hablando de tipos de equipos, se constata que la empresa ofrece al menos los siguientes tipos a sus clientes: secadores de tambor rotatorio (o convectivos), secadores de rotadisco, secadores de tornillo, secadores de rotatubo, intercambiadores de calor,

calderas de fluido térmico eléctricas y a combustión, cámaras de combustión, cocedores con distintos mecanismos de transporte de material, filtros de manga, torres lavadoras y ductos ciclones. Estos equipos además pueden funcionar bajo distintos principios, usando tanto distintos gases de transporte de calor (de intercambio directo o indirecto), como distintas fuentes de energía, pudiendo funcionar en base a gas natural, petróleo, ambos o con electricidad.

Esta amplia variedad de productos, a los que se deben agregar los distintos componentes unitarios que forman cada uno, como cajas de descarga, alimentadores de material, sistemas de eje motriz, y todos los sistemas de control eléctrico que son específicos tanto para el equipo como para el cliente, significan que la cantidad de información que se maneja al interior de la empresa es muy grande, además de contar con un grado de heterogeneidad muy alto. Aunque en los últimos años la empresa ha hecho esfuerzos hacia la estandarización de sus equipos, definiendo equipos con capacidades estándar en algunas de las líneas de productos, esto ha tenido un bajo impacto debido a las condiciones del mercado que exigen un alto grado de personalización de cada proyecto para adaptarlo a las instalaciones existentes de cada cliente.

3.8.2 Complejidad de los Proyectos

La mayoría de los proyectos que realiza Enercom S.A. poseen un alto grado de complejidad pues se trata de equipos industriales que deben cumplir un número importante de requerimientos tanto técnicos como regulatorios, además de requerir un manejo adecuado de la información de los equipos. Es necesario señalar que la empresa vende a su vez el equipo y la información relacionada, incluyendo manuales de puesta en marcha, de operación y de mantención, además de planos de los equipos. Más aún, en la mayoría de los casos se incluyen visitas técnicas en terreno y capacitación de personal del cliente dentro de las actividades de cada proyecto desarrollado.

Por otro lado, el alto grado de personalización de los equipos en función de cada cliente y la complejidad mecánica y eléctrica inherente a este tipo de equipos, los cuales son en general crecientes en función del presupuesto del proyecto, influyen en la cantidad de información y documentos que deben ser manejados en las etapas de diseño y fabricación de los mismos.

3.8.3 Fragmentación de las Etapas de los Proyectos

Muchos de los equipos desarrollados por Enercom S.A. presentan un alto grado de fragmentación en las etapas del proyecto que los engloba. Es necesario comprender el rol de estos equipos en su contexto desde el punto de vista del cliente: en la mayoría de los casos, los equipos fabricados por Enercom S.A. forman parte de un proyecto a mayor escala por parte del cliente, como por ejemplo en el desarrollo de una nueva planta o en la renovación de un sitio existente.

En efecto, salvo en casos puntuales, los equipos diseñados y vendidos por la empresa se engloban en un proyecto mucho más complejo por parte del cliente y en el cual intervienen muchos más actores: empresas proveedoras de otros equipos industriales, empresas de ingeniería encargadas de la gestión del proyecto y externas al cliente, empresas de auditorías que manejan los procesos de selección de proveedores de los proyectos, empresas encargadas sólo de los sistemas de control de toda la planta, empresas encargadas de las obras civiles que forman parte del proyecto, empresas que se encargan del montaje de los equipos, empresas que se encargan de la puesta en marcha y, en algunos casos, empresas externas al cliente que se encargan de la operación del equipo.

Si bien en el mapa de procesos se observa que el despacho y el montaje forman parte de la cadena de valor de la empresa, estas etapas son opcionales y en algunos casos son los clientes los que se encargan del transporte de equipos, de su montaje y de su puesta en marcha, limitando la participación de Enercom S.A. al diseño y fabricación del equipo. Esto obliga a que los flujos de información sean lo más comprehensivos y efectivos posibles, pues ciertas informaciones internas que pueden facilitar etapas de montaje o puesta en marcha del equipo deben ser transmitidas a otros actores dependiendo del proyecto.

3.8.4 Incertidumbre

La incertidumbre consiste en el desconocimiento, total o parcial, de un estado, valor o condición, que impacta en el desarrollo de ciertas etapas del proceso. Especialmente al inicio de los proyectos, ciertas informaciones o requisitos de los equipos no se encuentran especificados correctamente. A modo de ejemplo, es común que el cliente, en el desarrollo de sus proyectos, no haya determinado el tipo de equipos que irán anexos al equipo comprado a Enercom S.A., por lo que las conexiones a terreno y ciertos elementos son diseñados basándose en estimaciones o suposiciones que posteriormente deben ser ratificadas.

Por otro lado, la realización en paralelo de ciertas etapas de diseño y fabricación del equipo al interior de la empresa, introducen reducciones en los tiempos de entrega y un nivel aún mayor de incertidumbre: en muchos casos, como se evidencia en el análisis de PNC del capítulo 4, la toma de decisiones de diseño tiene impacto en equipos que ya se encontraban en fabricación.

Lo mismo ocurre con el diseño de los sistemas eléctricos, realizados en paralelo con los diseños mecánicos: los instrumentistas deben trabajar en base a diseños preliminares para determinar las conexiones de los sistemas de control, y estos diseños están sujetos a modificaciones posteriores a medida que se avanza en el grado de especificación y detalle de cada componente. Por ende no es raro que se deban emitir numerosas revisiones de documentos y modificar regularmente documentos, y a veces equipos, ya realizados y liberados a la etapa siguiente del proceso.

3.8.5 Cambios a las Órdenes de Compra

Debido al grado de incertidumbre que se maneja en estos proyectos, en particular desde el lado del cliente, es común que se soliciten cambios en las especificaciones y requerimientos definidos en la orden de compra que enmarca el desarrollo de un equipo por parte de Enercom S.A.

Debido además a la separación entre el área de ventas, el área de ingeniería y el área de fabricación de la empresa, no es raro que se acepten modificaciones a las órdenes de compra que impactan componentes ya fabricados, incluso en etapas avanzadas de los proyectos. Esto ocurrió en uno de los PNC detectados, pues se aceptó un cambio de última hora por parte del cliente, lo cual significó la emisión de una nueva revisión de un plano ya entregado a producción y el reproceso de seis conjuntos ya terminados, para hacerlos conformes a los cambios solicitados.

3.8.6 Largos Tiempos de Entrega

Los tiempos de entrega de los productos, desde que se recibe la orden de compra hasta que el equipo es entregado al cliente, pueden alcanzar fácilmente rangos entre cuatro y seis meses. Cuando se trata de proyectos más grandes estos tiempos pueden ser aún mayores, como en el caso de un proyecto con un presupuesto de CLP\$500.000.000 que estipula un tiempo oficial de entrega, entre la recepción de la orden de compra y la realización de las últimas pruebas, de ocho meses.

En la práctica estos tiempos de entrega son aún mayores. La empresa presenta retrasos en la entrega de todos los proyectos, la cual en los mejores casos se limita a un retraso levemente inferior a un mes. Además, si bien en la planificación de equipos del proyecto antes mencionado se indicaba que la ingeniería del proyecto tomaría sólo un mes, se observan registros de Productos No Conformes en el área de ingeniería ocho meses después del final teórico de la fase de ingeniería de detalle.

Lo anterior muestra que en la práctica el proceso de ingeniería de detalle toma mucho más tiempo del planificado, y se desarrolla en paralelo con el proceso de fabricación durante buena parte del desarrollo de los proyectos.

3.9 Análisis de Registro de Productos No Conformes

Como se señaló en secciones anteriores, este trabajo se centrará en reducir los Productos No Conformes generados en el proceso de ingeniería de detalle para reducir los costos de desarrollo de proyectos de la empresa. El sistema de gestión de la calidad de Enercom S.A. comprende una plataforma para el registro y el seguimiento de los PNC que se detectan en la empresa. Con 243 registros desde julio de 2013 a la fecha, es posible obtener de ellos información que permita orientar el proyecto de rediseño de procesos.

En el gráfico inferior se muestra un diagrama de Pareto del número de PNC registrados según área de origen, posterior a un análisis de los registros realizado en conjunto con la gerencia de operaciones. Si bien la clasificación se hace primeramente por área funcional de la empresa, en efecto cada uno de estas categorías puede ser mapeado a uno o más procesos de negocio.

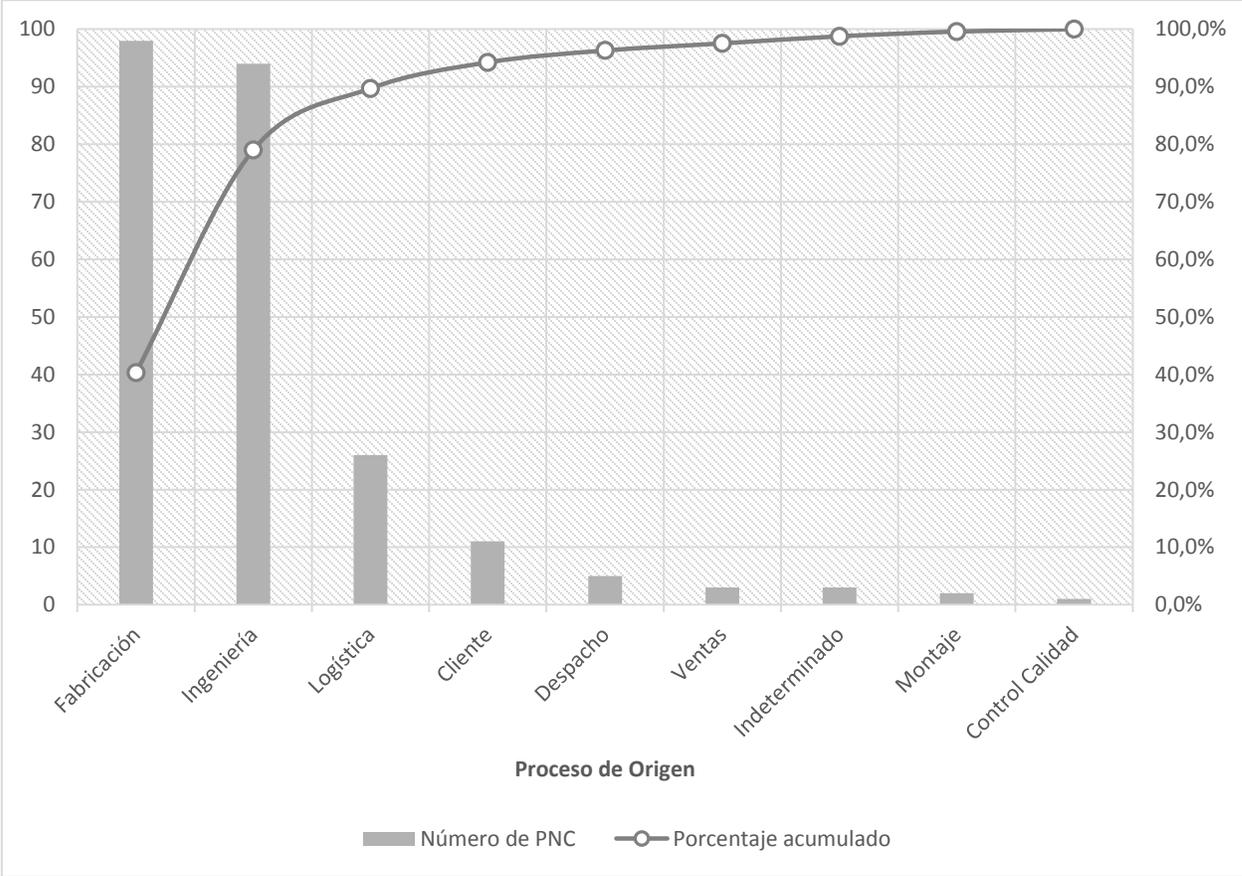


Gráfico 2 Diagrama de Pareto: Proceso de Origen de PNC

En el caso de ingeniería, los PNC detectados corresponden estrictamente al proceso de ingeniería de detalle, puesto que en él se incluyen las compras críticas de componentes, la planificación y la realización de documentos como planos, diagramas, manuales y documentación técnica. El proceso de ingeniería básica forma parte del proceso de venta de la compañía, y se incluye por tanto en la categoría “Ventas” del análisis de proceso de origen de Producto No Conforme.

Queda en evidencia que el principio de Pareto (también conocido como la regla 80-20), que establece que el aproximadamente el 80% de los efectos proviene del 20% de las causas, se cumple en la distribución de PNC al interior de la empresa. Estas cifras son arbitrarias y por lo tanto no exactas – el concepto consiste en que el fenómeno puede explicarse en gran medida por un número reducido de causas –, aunque en este caso particular se tiene que el 79% de los PNC se origina en el 25% de los procesos operacionales de la empresa, sin considerar los PNC de origen indeterminado como

originados en un proceso adicional. Siendo aún más específico, si se consideran procesos atómicos dentro de la empresa, podemos identificar trece (13) procesos que forman parte del macro-proceso de entrega de venta de equipos: venta, ingeniería básica, apertura de proyecto, planificación, ingeniería de detalle, compras, bodega, producción, fabricación externa, despacho, montaje, control de calidad y cierre de proyecto. Si se considera que los PNC de Fabricación se dividen en los procesos de Producción interna y fabricación externa, es claro que el proceso de Ingeniería de Detalle es el proceso al interior de la empresa que concentra el mayor número de PNC.

Esto valida lo especificado en las secciones anteriores, en particular la justificación del presente trabajo de título y la elección del proceso de ingeniería de detalle para la realización del proyecto de rediseño, pues se muestra que actuando sobre solo uno de los procesos de Enercom S.A. se pueden obtener reducciones importantes en el número de Productos No Conformes generados.

3.10 Beneficios del Proyecto

El proyecto de rediseño tiene como beneficio principal la reducción de costos de desarrollo de proyectos de la empresa, junto con algunos beneficios secundarios o posibles externalidades positivas resultantes de las mejores prácticas incorporadas y de la redefinición del proceso de ingeniería de detalle.

3.10.1 Reducción de Costo de Proyectos

La reducción en el costo de desarrollo de los proyectos, como resultado de la realización de este proyecto de rediseño, se debe a varios factores. A saber:

- Cada Producto No Conforme significa un gasto en horas-hombre, en general de gerentes e ingenieros de proyecto, para poder determinar el origen del PNC, determinar la mejor alternativa de solución y realizar el seguimiento de la aplicación de la solución encontrada
- Una parte importante de los Productos No Conformes conlleva la modificación de uno o más documentos o planos anteriormente realizados, lo que se transforma en un costo en horas-hombre, tanto de proyectistas como de jefes de proyectos al revisar los cambios, que es adicional al costo de desarrollo considerado en los proyectos
- Un alto porcentaje de los Productos No Conformes registrados trae consigo un costo de reproceso asociado, el cual puede incluir compras adicionales, materiales desperdiciados, realización de nuevos trabajos sobre piezas ya fabricadas, fabricación de nuevas piezas no contempladas, entre otros

La estimación numérica de la reducción de costos se incluye en el capítulo 4 “Mapeo de Ruta” como parte del levantamiento y análisis del proceso de ingeniería de detalle, donde se realiza un análisis de causa-raíz más preciso sobre el total de PNC atribuidos al

proceso en cuestión. Esto permite luego estimar la reducción de PNC que se obtendrá al actuar sobre las principales causas que dan origen a un Producto No Conforme al interior del proceso de ingeniería de detalle.

3.10.2 Otros beneficios

La realización de este proyecto de rediseño de proceso puede tener otros impactos positivos en la organización, como consecuencia de un proceso de ingeniería de detalle más adaptado y robusto y de la aplicación de mejores prácticas. Los posibles beneficios adicionales identificados son:

- Mayor satisfacción del cliente externo debido a una mayor percepción de la calidad. Esto se logra al aumentar la tasa de productos “perfectos a la primera”, según la terminología *lean*, al disminuir la cantidad de productos no conformes en ingeniería (es decir, al reducir el número de productos que son entregados con deficiencias al cliente)
- Reducción en los tiempos de entrega de equipos al disminuir los atrasos generados por productos no conformes, los que bloquean la continuidad de los procesos de la empresa hasta que no se da una solución al PNC en particular

Estos beneficios no serán cuantificados debido a la complejidad inherente a su cálculo, aunque se intentará dar sus órdenes de magnitud en el capítulo 7 “Conclusiones” del presente trabajo.

Capítulo 4

Mapeo de Ruta

4.1 Productos del Proceso de Ingeniería de Detalle

Según el procedimiento formal de la empresa, el proceso de ingeniería de detalle corresponde al “conjunto de procesos de diseño y desarrollo que transforma los requisitos en características especificadas para la construcción, compra, montaje y operación de los equipos. En el caso de Enercom, el diseño corresponde a la ingeniería de detalle de un equipo que no ha sido calculado anteriormente, incluidos los manuales de operación, en tanto que desarrollo se refiere a transformaciones o adaptaciones en base a un diseño previo, y a las ingenierías que se concretan en la construcción de equipos” [34]. Esta distinción entre desarrollo y diseño no se utiliza regularmente al interior de la empresa, dado que todo nuevo diseño se basa en mayor o menor medida en diseños previamente realizados.

Dicho de otro modo, el proceso de ingeniería de detalle comprende las actividades que transforman los requisitos de entrada del equipo, proporcionados por el cliente a través del área de ventas, en especificaciones para la construcción, montaje y operación de los equipos, los cuales se ven plasmados en documentos tales como planos de fabricación, esquemas de conexión, manuales de operación u otros soportes.

Estos documentos que formalizan las características de los equipos son considerados los productos del proceso de ingeniería de detalle, y corresponden a alguno de los elementos definidos a continuación:

4.1.1 Listado de Partes

Cada proyecto cuenta con listado “maestro” de partes, denominado así porque en él se definen y describen las distintas partes que componen un equipo. Estas partes, que luego son detalladas a través de planos y diagramas, son descritas de manera limitada y sirven principalmente como forma de organizar la información, de modo que todos los planos correspondientes a una misma parte posean una nomenclatura similar.

4.1.2 Planos

EL principal producto del proceso de ingeniería de detalle son los planos de equipos, en los cuales se plasman las decisiones de diseño y funcionalidad del equipo. Estos son elaborados usando diseño asistido por computadora, por medio del software AutoCAD e Inventor. Este último, similar a AutoCAD y ofrecido por la misma compañía, permite la realización de diseños en tres dimensiones, de los cuales se desprenden los planos impresos y los *renders* o imágenes en tres dimensiones que son usadas en presentaciones para los clientes.

Los planos, respaldados a diario, son guardados en forma digital usando el formato específico del software usado y en algunos casos se hacen versiones PDF de los mismos, los que se destinan a las partes interesadas que no cuentan con los medios para visualizar el archivo de origen. En el proceso de ingeniería de detalle se realizan distintos tipos de planos, los cuales se detallan a continuación.

4.1.2.1 Planos de Detalle

Los planos de detalle, también llamados planos de fabricación, especifican las medidas, materiales y tipos de uniones de los componentes que forman un equipo. Como su nombre lo indica, muestran en detalle cada pieza desde distintos ángulos, y contienen en ellos la información necesaria para la fabricación de cada componente.

Un mismo componente de un equipo o proyecto puede contar con varios planos de detalle, que muestran distintas partes específicas de la pieza o distintas vistas del mismo. Además, en ciertos casos estos planos se asocian a planos de detalle dichos “de aprovechamiento de material”, los cuales indican cómo deben realizarse cortes y uniones de materiales con dimensiones estándar (como las planchas de acero) para fabricar los equipos detallados.

Estos son acompañados de un listado de materiales, ubicado en una de las esquinas del plano, el cual consiste en una viñeta con un listado de los materiales que corresponden al plano en cuestión y un número o correlativo, que es usado para identificar cada material. Estos son los listados que utiliza el área de fabricación para hacer las compras necesarias para fabricar los equipos, aunque de estas compras se omiten las llamadas “compras críticas” de los proyectos, las que corresponden a elementos altamente específicos y cuyo proceso de compra, generalmente por importación, toma un tiempo considerable. Las compras críticas son cotizadas directamente en el proceso de ingeniería de detalle, y culminan en la emisión de solicitudes de órdenes de compra para tales equipos.

4.1.2.2 Planos de Conjunto

Los planos de conjunto agrupan varios componentes de un mismo equipo y los muestran en su contexto, por lo tanto indican de qué forma se conectan y unen unos componentes con otros. Estos planos permiten detectar interferencias en los diseños de algunas partes que se diseñan por separado, y por lo tanto se realizan en la mayoría de los proyectos con distintos niveles de agregación. Desde hace algunos meses, los planos de conjunto realizados también incluyen las “marcas de despacho”, es decir el número de parte externo que identifica cada componente del equipo tanto para las etapas de despacho como de post-venta.

4.1.2.3 Planos de cliente, de montaje y de despacho

Hasta hace poco, el área de ingeniería mantenía planos distintos destinados al cliente, al proceso de montaje y para despacho. En realidad estos documentos consistían todos en

planos de conjunto de los equipos, generalmente mostrando la misma información pero se mantenían copias físicas distintas con nombres distintos.

Durante los meses en que se realizó el levantamiento de proceso esta distinción no fue observada, pero si se registraron Productos No Conformes en los que se hacía alusión a planos de cliente que no eran actualizados luego de modificar los planos de conjunto internos.

4.1.3 Diagramas

Dentro del proceso de ingeniería de detalle también se realiza el diseño de los sistemas de automatización que forman parte de los equipos. Estos son realizados por los instrumentistas del área de instrumentación, anexa a la gerencia de operaciones.

Estos diagramas son, al igual que los planos mecánicos, realizados en AutoCAD y guardados en formato de origen y en PDF en caso de que se requiera su visualización en ambientes que no cuenten con el software apropiado. Los diagramas especifican las conexiones de los sistemas eléctricos de los equipos, incluyendo pero no limitado a válvulas de control eléctricas, sensores, tableros de control y otros elementos de control como motores y bombas. Existen algunos subtipos: P&ID, que detallan los elementos de automatización y control y su posicionamiento; diagramas de alambrado, que indican cómo y dónde debe realizarse el cableado para los elementos definidos en el P&ID, y diagramas de lazo de tablero control, los que especifican las conexiones de entrada y salida que poseen los tableros de control y que son destinados al cliente.

4.1.4 Manuales

Los manuales que deban realizarse para los equipos también forman parte de los elementos de salida del proceso de ingeniería de detalle. Estos se dividen en general en tres tipos, los que en casos determinados pueden ser entregados como secciones de un mismo documento: manual de operación, que detalla el funcionamiento del equipo y el uso de los tableros de control cuando el equipo está en funcionamiento; el manual de mantenciones, que indica las mantenciones periódicas que deben ser realizadas en el equipo, con qué frecuencia y cómo realizarlas; y el manual de puesta en marcha, que indica al operador los pasos a seguir para la correcta puesta en marcha del equipo si este se encuentra apagado.

4.1.5 Solicitudes de Órdenes de Compra

Para los componentes denominados “críticos” del equipo a desarrollar, el área de ingeniería se encarga de definir las especificaciones del elemento a utilizar, y con ellas cotizar los equipos y finalmente emitir una solicitud de orden de compra. Este proceso no se realiza con todos los materiales de un equipo sino principalmente con elementos altamente específicos, cuyo proceso de compra (casi siempre a través de importaciones) toma semanas o meses. Una vez que la solicitud de orden de compra es emitida, es de responsabilidad del área de finanzas realizar la compra y recepción de los componentes,

por lo que se considera que el elemento de salida del proceso no son los componentes comprados sino las solicitudes de orden de compra.

4.1.6 Otros Documentos

Además de los documentos antes mencionados, existen otros documentos que forman parte de los elementos de salida del proceso de ingeniería de detalle. Estos son realizados en su mayoría a través de procesos externos, los cuales son subcontratados y supervisados por la gerencia de ingeniería. Los documentos que forman parte de los productos del proceso de ingeniería y que no han sido detallados son:

- Memorias de cálculo de equipos (resistencia, medidas, cubicaciones)
- Certificados de calidad
- Otros certificados (de aislamiento de componentes por ejemplo)
- Filosofías de control (detalle del funcionamiento de los sistemas de automatización y control)
- Programaciones de aseguramiento de calidad, si el proyecto lo requiere

Estos documentos no serán descritos en mayor profundidad debido a que se considera que su relevancia en el proceso es baja, ya que en general se realiza como máximo un ejemplar de cada ítem en cada proyecto, mientras que por cada proyecto existen numerosos planos, diagramas y listados de materiales.

4.2 Análisis de Productos No Conformes de Ingeniería

4.2.1 Análisis de Causa-Efecto

Para determinar las posibilidades de mejora del proceso de ingeniería de detalle, se realizó un análisis de causa-efecto que permita determinar todas las posibles causas que dan origen a un Producto No Conforme atribuible al área de ingeniería.

Primero, se realizó una lluvia de ideas sobre los posibles motivos por los cuales uno de los productos generados en el proceso de ingeniería de detalle puede ser considerado como no conforme, tanto ante los requisitos explícitos como implícitos del proceso. Estos productos incluyen planos, diagramas, manuales, planos de montaje, listados, entre otros, los cuales pueden tener destinatarios externos (el cliente) como internos (producción, ventas o la misma área de ingeniería).

4.2.1.1 Posibles Causas Detectadas

Las posibles causas detectadas se listan a continuación. Cabe señalar que durante la lluvia de ideas se recopilaron posibles causas cuya probabilidad de ocurrencia son demasiado bajas, por lo que o fueron quitadas del listado final o fueron agrupadas en una causa más amplia y con mayor probabilidad de incidencia.

El listado fue clasificado según seis categorías de causas normalmente usadas en la industria manufacturera [35], las cuales son: gente, métodos, máquinas, materiales, medidas y entorno.

- Gente
 - Falta de concentración
 - Exceso de carga de trabajo
 - Problemas con puesto de trabajo
 - Problemas personales
 - Desconocimiento del proceso
 - Proceso de inducción incompleto
 - Procedimiento no es suficientemente específico
 - Error humano al calcular
 - Olvida actualizar todas las medidas necesarias
 - Errores de comunicación
 - Se considera que información es obvia/evidente
 - Envío de documento equivocado
 - Nuevas versiones no se envían oportunamente
- Métodos
 - Error al realizar planos
 - Planos no se realizan en el orden necesario
 - Requerimientos de documento incompletos
 - No se comunican decisiones de diseño que no van en el plano
 - No se realizó plano de conjunto
 - Error al modificar planos existentes
 - No se modifican todos los documentos impactados por cambio
 - Modificación introduce errores de diseño que no son corregidos
 - Planos son liberados antes de consensuar diseño
 - Defecto de diseño
 - Inexistencia de criterios de diseño formales
 - Cambios a diseños no son probados en su contexto
- Máquinas
 - Fallas de equipos
 - Pérdida de conexión a unidad de red
 - Falla del computador usado
 - Falla del servidor de respaldo
 - Error al usar la herramienta de envío de documentos
 - Error en servidores de Google Apps
 - Error de código de la aplicación
 - Falla de la impresora o plotter
- Materiales
 - Error en catálogos de proveedores

- Catálogos de proveedores contienen errores
 - Catálogos de proveedores desactualizados
 - Error en listados de materiales
 - Listado de materiales incompleto
 - Listado de materiales con errores
 - Cambio en planos con materiales ya comprados
 - Proveedor envía producto equivocado
- Medidas
 - Medidas mal tomadas en fabricación
 - Error humano en la medición al fabricar
 - Uso de unidades equivocadas
 - Instrumentos no están calibrados
- Entorno
 - Cambios por parte del cliente
 - No se consultaron con el cliente todas las especificaciones
 - Se trabajó con una estimación del cliente
 - Cambios del cliente de última hora aceptados

4.2.1.2 Diagrama de Ishikawa de Producto No Conforme

Los diagramas de Ishikawa, también llamados de esqueleto de pez o de causa efecto, son diagramas creados por Kaoru Ishikawa en 1968, y muestran las posibles causas que producen un efecto en particular [36], desglosándolas cada vez en mayor detalle. Permiten obtener una visión global de las causas que llevan a un efecto, agrupándolas en distintas categorías que faciliten su análisis.

Si bien existen críticas basadas en que no se hace distinción entre condiciones necesarias y/o suficientes [37], la herramienta sigue siendo popular y es considerada parte de las siete herramientas esenciales para el control de la calidad [35].

El diagrama de Ishikawa o de causa-efecto que agrupa visualmente las principales causas conducentes al efecto “Producto No Conforme” dentro del proceso de ingeniería de detalle, se encuentra disponible en el anexo 9.2.

4.2.2 Análisis de Causa Raíz de PNC de Ingeniería

A partir del análisis de causa-efecto previo y el diagrama realizado, se hizo un análisis de causa raíz sobre el registro de productos no conformes atribuidos al proceso de ingeniería de detalle. Para ello, fueron revisados los 94 registros de producto no conforme en su totalidad y se determinó la causa de la no conformidad a partir de las descripciones de PNC y de su consiguiente respuesta.

Se determinó que sólo 18 del total de causas posibles enunciadas en la sección anterior han dado origen a al menos un PNC dentro del proceso de ingeniería de detalle. Estas causas han sido etiquetadas con la letra C y un correlativo, según la tabla siguiente, para poder graficar de mejor manera los datos.

Tabla 3 Causas de PNC en proceso de Ingeniería de Detalle

Etiqueta	Descripción Causa
C1	Requerimientos de documento incompletos
C2	Inexistencia de criterios de diseño formales
C3	Se considera que información es obvia/evidente
C4	Cambios a diseños no son probados en su contexto
C5	Planos son liberados antes de consensuar diseño
C6	No se realizó plano de conjunto
C7	Nuevas versiones no se envían oportunamente
C8	Proveedor envía producto equivocado
C9	Olvida actualizar todas las medidas necesarias
C10	Error humano al calcular
C11	Falla de la impresora o plotter
C12	Envío de documento equivocado
C13	Cambios del cliente de última hora aceptados
C14	Error humano en la medición al fabricar
C15	No se modifican todos los documentos impactados por cambio
C16	Catálogos de proveedores desactualizados
C17	Catálogos de proveedores contienen errores
C18	Planos no se realizan en el orden necesario

Estas categorías son graficadas en el diagrama de Pareto siguiente, que muestra cuáles son las causas que contribuyen de mayor forma al total de PNC originados en el proceso de ingeniería de detalle. Recordamos que el principio de Pareto, del cual proviene el nombre del diagrama realizado, indica que aproximadamente el 80% de los efectos se debe tan sólo al 20% de las causas.

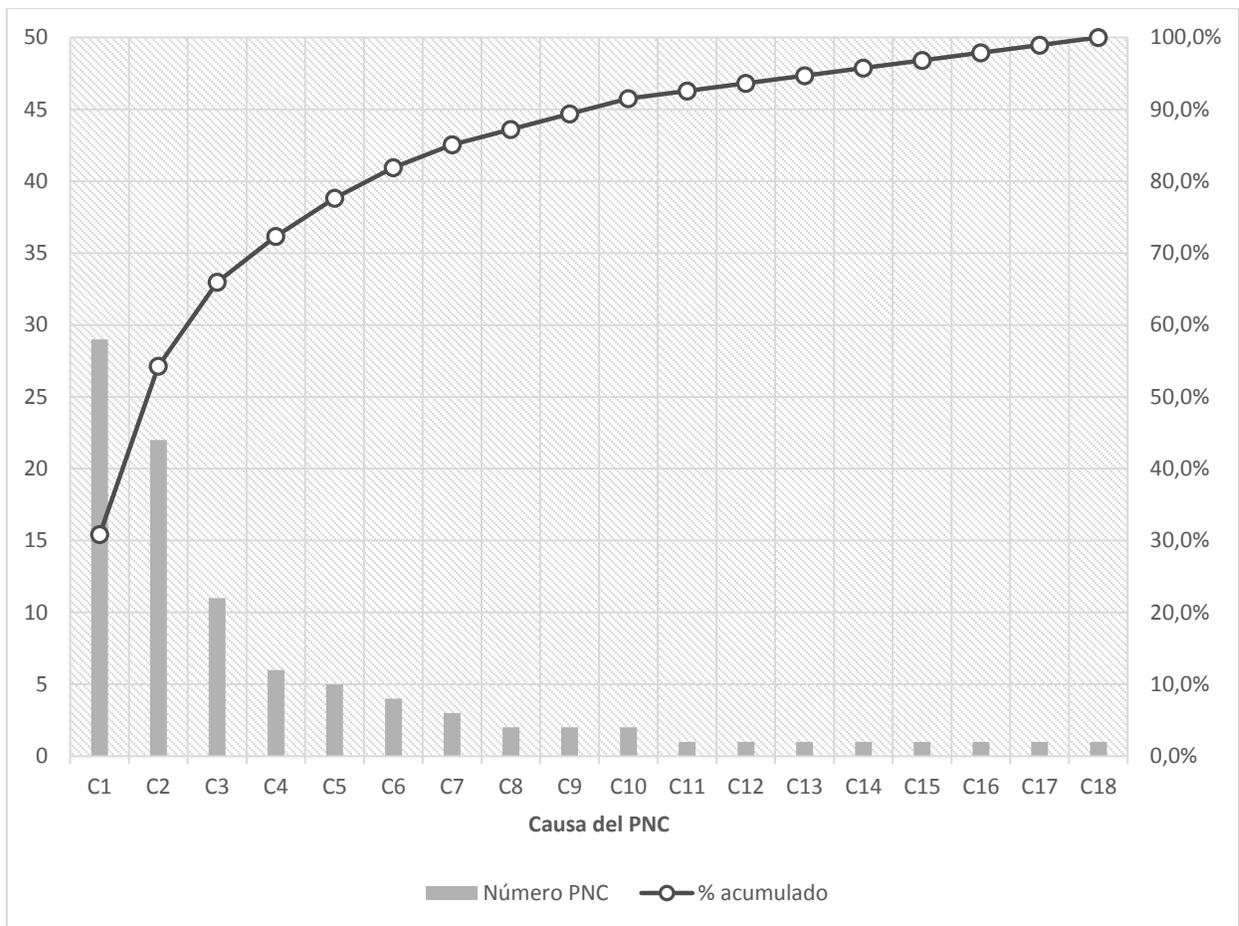


Gráfico 3 Diagrama de Pareto: Causas de PNC Atribuidos al Proceso de Ingeniería de Detalle

Cómo puede observarse en el diagrama, un número reducido de causas es responsable de un gran porcentaje de los Productos No Conformes que se originan en el proceso de ingeniería de detalle. En efecto, sólo dos de las 18 causas (equivalente al 11%) concentran más del 55% de los PNC, y basta considerar cinco causas (que corresponden al 27,7% de las mismas) para encontrar el origen de casi el 80% de los PNC detectados.

En la realidad, se observa que son las primeras tres razones las que han dado origen a un número particularmente elevado de PNC. A continuación se detallan las principales causas encontradas, considerándolas como el menor número de causas que explica al menos el 80% de los PNC detectados en el proceso de ingeniería de detalle, equivalente a las cinco primeras causas del diagrama de Pareto.

4.2.2.1 Principales Causas de PNC Detectadas

4.2.2.1.1 Requerimientos de Documentos Incompletos

Esta causa es responsable 29 Productos No Conformes, equivalente al 30,9% de los mismos. Se constata que en los PNC a los que se les atribuye esta causa, no contaban con requisitos de entrada suficientes para el correcto desarrollo del documento no conforme.

En prácticamente todos los casos se trataba de planos de fabricación, destinados al área de producción de la empresa, que eran realizados con un set de elementos de entrada como medidas de equipos, materiales a utilizar, decisiones de diseño u otros, que, o eran incompletos para lo que el proceso requería, o simplemente eran inexistentes.

En algunos casos esta causa podría estar relacionada con la inexistencia de criterios de diseño formales, detallada a continuación, o con errores en los planos de referencia usados. La diferencia radica en que los PNC asignados a la falta de requerimientos, se deben directamente al hecho de que se el documento elaborado (en casi todos los casos el plano) no cumplía con todos los requisitos, casi siempre implícitos, que son específicos para la pieza o equipo que se detalla en el documento. La falta de criterios formales, como se explica luego, se relaciona con criterios o reglas que aplican a un set de documentos y equipos y no a uno en particular.

4.2.2.1.2 Inexistencia de Criterios de Diseño Formales

El segundo motivo de origen de PNC más importante, responsable de 22 de los registros utilizados (lo que equivale al 23,4% de los registros de ingeniería), es la inexistencia de criterios de diseño formales. En todos estos casos, el registro de detección de Producto No Conforme señala que el documento presenta inconformidad respecto a criterios implícitos y generales a la elaboración de documentos: faltan vistas de algunos equipos que normalmente deben ser mostradas, faltan cotas y medidas específicas, sobran medidas o cotas en el plano impreso que inducen a confusión, falta especificar forma de montaje al no incluir símbolos que lo detallen.

Esta causa es importante y será tomada en cuenta al momento de rediseñar el proceso, pues se constata que aparte de la especificación del esquema de pintura del proceso de ingeniería de detalle – que detalla colores y códigos a usar en el diseño y pintado de equipos y sus elementos – no existen criterios de diseño formales, ni para la elaboración de planos, ni para la elaboración de los demás documentos que son responsabilidad del proceso de ingeniería de detalle. Lo anterior significa, además, que existe una heterogeneidad considerable al momento de revisar documentos del mismo tipo que han sido elaborados por personas distintas, o incluso en ciertos casos, por la misma persona.

4.2.2.1.3 Se Considera que Información es Obvia o Evidente

En un número importante de PNC, que considera 11 registros equivalentes al 11,7%, la causa raíz de la no conformidad se identificó en que no se comunicó información en el plano al ser considerada obvia o evidente. Es decir, durante la realización de los planos, proceso en que se toman muchas de las decisiones de diseño de los equipos, cierta información que se desprende de las decisiones tomadas y que por limitaciones del medio no es posible incorporar en los planos de forma directa, no se transmite con el documento ni se agrega al plano en forma de nota.

A diferencia de la causa previa, la inexistencia de criterios de diseño, la omisión de información importante y que no puede comunicarse dentro del mismo medio del

documento (plano, sketch, listado), no es incorporada pues se espera que dicha información se desprenda o deduzca de otras informaciones incluidas en el documento. A modo de ejemplo, en el nuevo diseño de una pieza estándar de los equipos de Enercom S.A., el área de producción levantó un PNC debido a que no era claro cómo debía ser armado el componente. Esta información no era directa a partir del diseño y medidas usadas, pero para quien diseñó la pieza su funcionamiento era tan obvio que no incluyó notas respecto de cómo debe ser armada la pieza. Este tipo de casos son recurrentes al analizar los registros de PNC originados en el área de ingeniería.

4.2.2.1.4 Cambios a Diseños No Son Probados en su Contexto

Un número menor de PNC (6 registros o el 6,4%) tienen su origen en que se modifican diseños ya establecidos como estándar dentro de la compañía o se entregan nuevas revisiones de planos cuyos cambios no son probados ni analizados en su contexto. Estos PNC son detectados mayormente en la interfaz de los diseños de los equipos con las instalaciones ya existentes de los clientes: en planos de conexión a equipos del cliente, o en las fundaciones de los equipos que deben ser instalados en terreno.

4.2.2.1.5 Planos Son Liberados Antes de Consensuar Diseño

El 5,3% de los registros (es decir, 5 PNC) fueron causados porque los planos son liberados al proceso siguiente antes de consensuar completamente un diseño o una decisión de diseño particular. Estas no conformidades ocurren principalmente con el envío de planos a fabricación: son casos en que una pieza ha habido comenzado a ser fabricada, o había sido fabricada en su totalidad, antes de que ingeniería entregara nuevas versiones de los planos de las piezas, requiriendo modificaciones, o antes de que se entregaran planos de equipos sin construir cuyo diseño (ya sea por cómo son montados o por las conexiones que contemplan) modifica piezas ya construidas.

Inicialmente esta causa fue clasificada simplemente como “se modifica pieza ya en fabricación”, pero en análisis posteriores se detectó que la causa raíz del error es que algunos planos son realizados con información parcial, por ejemplo en la elección del motor del equipo, cuando esa información es esencial para el correcto diseño y fabricación del equipo en cuestión.

4.2.2.1.6 No Se Realizó Plano de Conjunto

En un número limitado de registros (4 registros equivalentes al 4,3%), la causa de los mismos es que no se realizó el plano de conjunto correspondiente que permite detectar interferencias entre diseños de piezas que deben ser montadas o conectadas. Si bien esta causa podría estar ligada a la inexistencia de criterios de diseño, los que podrían o deberían indicar cuándo es imperativo hacer un plano de conjunto, en algunos casos los planos no fueron realizados pues los cambios en las piezas y diseños eran considerados menores.

4.2.2.2 Consideraciones Sobre Subcontratación de Procesos y Envío de Documentos

Durante las etapas previas al mapeo de ruta, dos factores del proceso de ingeniería de detalle fueron considerados como de interés al momento de mejorar el proceso de ingeniería de detalle, debido al impacto que se suponía podían tener.

El primero de ellos es la subcontratación de servicios por parte del área de ingeniería, la cual se limita a la solicitud de memorias de cálculo y cubicación de equipos y componentes a calculistas externos a la empresa. En la realidad, este paso se realiza mayormente al inicio de los proyectos para dimensionar las capacidades de los equipos y calcular los materiales y las dimensiones (espesores, longitudes, tipos de perfil) a utilizar para asegurar los requisitos de resistencia del equipo y las normas o certificaciones correspondientes, las cuales varían dependiendo de cada proyecto. Se constata que esta actividad tiene una muy baja incidencia en las no conformidades del área de ingeniería, por lo que su impacto en el proceso se remite principalmente a la rigidez que introduce un proceso externo en todo el proceso de ingeniería de detalle, ya que bloquea la continuidad de los demás procesos – no puede ser ejecutada en paralelo – y plantea dificultades en términos de flujos de información y control del proceso.

El segundo de los factores mencionados es el envío de documentos desde el área de ingeniería y los errores que en este proceso pueden ocurrir. Luego del análisis de causa-raíz de los Productos No Conformes, se observa que solo tres registros corresponden al no envío de nuevas versiones de documentos a las partes interesadas. Esto, sumado a un envío de documento erróneo (lo cual corresponde a un error humano y no de método), da cuenta tan sólo del 4,3% de los PNC de ingeniería, un impacto considerado muy bajo.

En vista de lo anterior, el rediseño del proceso no dará mayor importancia ni a los procesos subcontratados por ingeniería, por realizarse principalmente en el proceso de ingeniería básica, ni a la herramienta de envío de documentos usada por ingeniería, motivos que son responsables de un número muy limitado de Productos No Conformes.

4.3 Levantamiento del Proceso de Ingeniería de Detalle

4.3.1 Metodología de Levantamiento de Proceso

La metodología empleada en el levantamiento del proceso de ingeniería de detalle se basó en tres actividades principalmente: la realización de entrevistas con el personal involucrado en el proceso, una revisión de la documentación que la empresa posee del proceso, y finalmente en la observación del proceso mismo a través de visitas periódicas a la empresa.

Las entrevistas fueron realizadas en las oficinas de Enercom S.A. entre los meses de abril y mayo de 2014 con personal directamente involucrado en el proceso de ingeniería de detalle, incluyendo al gerente del área de ingeniería y al jefe de proyectistas. Estas fueron

conducidas en el transcurso de una hora en el mismo puesto de trabajo de cada individuo, con el fin de obtener una visión tanto de su descripción del proceso como de las herramientas usadas en las distintas etapas.

También fueron revisados los distintos registros y documentos con los que la empresa ha ido formalizando el proceso de ingeniería de detalle. Esto incluyó las versiones vigentes de los procedimientos aplicables al área de ingeniería de detalle: “Ingeniería de Detalle (P-ING-02)”, “Elaboración y Administración de Planos (P-ING-03)” y “Procedimiento ING Transmisión de Documentos”.

Estas dos actividades fueron complementadas con la observación del proceso mismo en terreno a través de visitas periódicas, durante las cuales se observaba el proceso general así como las actividades específicas de cada etapa, complementado con preguntas al personal más informales que las realizadas en las encuestas.

4.3.2 Documentación de la Empresa

4.3.2.1 Procedimiento de Ingeniería de Detalle

En la actualidad la empresa cuenta con una versión formalizada del procedimiento de ingeniería de detalle, detallada en el documento interno “P-ING-02 Procedimiento de Ingeniería de Detalle R6”, emitido el 28 de Diciembre de 2011. Este documento detalla las responsabilidades y relaciones entre gerente de ingeniería, control de calidad, jefe de proyectistas, ventas, instrumentistas y equipos de montaje, así como las herramientas, etapas y procesos correspondientes al proceso de ingeniería de detalle.

Las etapas del proceso señaladas en dicho documento, conforme con la norma ISO9001:2008, son:

1. Planificación del diseño y desarrollo
 - a. Recepción de requerimientos y documentos cliente
 - b. Determinación de número de planos a generar, y registro de esta información en planilla maestra de planos de ingeniería
 - c. Definición del plan de inspección y ensayos
2. Realización de cálculos (memorias de cálculos u otros)
3. Entrega de información para compras técnicas, procedente de realización de cálculos
4. Entrega de información a proyectistas
5. Elaboración de los planos
6. Revisión, verificación, aprobación de los planos
7. Distribución de los planos a producción

Es relevante notar que los puntos 5 y 6, si bien poseen una descripción más detallada en el procedimiento, restan ambiguos en algunos puntos. En particular, en cuanto a las revisiones de documentos generados por ingeniería, solo se establece que las revisiones

se realizan periódicamente sin señalar una estructura o plan de revisiones específicos, declarando además criterios poco claros para la aprobación de los mismos.

Por otro lado, el documento antes señalado presenta serias discordancias con el proceso real de ingeniería de detalle, debido a la antigüedad del documento y al cambio continuo en el proceso. Se señala el uso de herramientas y registros actualmente en desuso, y no considera otras herramientas de software o flujos de aprobación recientes, como el sistema diseñado para la transmisión interna de documentos de un área a otra.

4.3.2.2 Procedimiento de Elaboración y Administración de Planos

Este documento detalla responsabilidades y lineamientos para la realización de planos y su administración. Define también los requerimientos de los planos, en cuanto a formato como a la información que deben incluir, pero es preocupantemente poco detallado en ese aspecto.

Dentro de los requerimientos para la realización de los planos señala:

1. Los planos deben elaborarse planos en tamaño de formatos pequeños (A4, A3,A2) con el máximo de información. Uso de formato A1 posible.
2. Se debe incluir siempre formato, viñeta y cuadro de revisiones.
3. Deben incluir el esquema de pintura, procedimientos de soldadura, listado de materiales con peso de partes y piezas, y procedimientos de construcción cuando corresponda. Esto es especialmente necesario en los planos para fabricación externa ya que constituyen las especificaciones para la recepción conforme del trabajo.
4. Los planos deben contener las tolerancias y capacidades definidas para los equipos, los que serán utilizados como criterios para la fabricación y el control de calidad durante la fabricación y montaje cuando corresponda. Esto es especialmente necesario en los planos para fabricación externa ya que constituyen las especificaciones para la recepción conforme del trabajo.
5. Eventualmente se incluirán cuadros técnicos específicos (oxicorte, soldadura, etc.).
6. Incluir toda la información disponible para los equipos auxiliares (por ejemplo: marca modelo, tamaño, rpm, etc.). Cada elemento debe estar claramente identificado.
7. Se permite sólo un plano por archivo. No deberán quedar planos “auxiliares” en el mismo archivo, como tampoco en la carpeta, de modo de tener dentro del archivo sólo el material que tiene validez.
8. Los dibujos se harán en el espacio modelo y deben ser a escala natural. Los eventuales detalles pueden estar a otra escala. Las impresiones de preferencia se harán estando en el espacio papel.

9. Todos los planos que se impriman deben llevar el “stamp” para saber claramente la ruta donde se encuentra ubicado el archivo electrónico. Idealmente la ruta debe ubicarse en la parte superior izquierda y sobre el recuadro interior del formato.
10. Antes de proceder con la realización de los planos, se debe llenar la planilla “Programa Ingeniería” con el detalle de todos los Números de Planos y su contenido. No obstante lo anterior, se podrá agregar más planos al listado.
11. El primer plano (01) de un conjunto o subconjunto de un equipo, corresponderá a un “plano de marcas para despacho” .Este es un plano que contiene el conjunto del equipo y anexado a él, un “Listado de Partes” que es generado automáticamente a partir de la planilla “Resumen partes x plano”. Esta última planilla se recorta y su contenido se pega en el “Plano de marcas de despacho” en la parte superior derecha del plano 01.
12. El segundo plano (02) de un conjunto o subconjunto de un equipo, corresponderá a un “Plano de número de piezas para fabricación” .Este es un plano que contiene el conjunto del equipo junto con a un Listado de Materiales. El listado se genera manualmente a medida que se van detallando las piezas en el plano.
13. Desde el tercer plano en adelante se van detallando las piezas que componen el conjunto del equipo hasta definirlo completamente en los planos que sean necesarios. Este es un plano que contiene una o varias piezas del equipo junto con el Listado de Materiales de las piezas. El listado se genera manualmente.
14. Los planos que tengan aspectos pendientes o áreas de indefinición, deberán incluir una nube invertida (con las curvas hacia adentro) en dicha área. Se debe incluir una nota descriptiva.

De los puntos anteriores, cabe señalar que los puntos 11 y 12 se realizan actualmente en un solo documento. Además, se recalca lo amplio de los criterios y requisitos de los documentos, no estableciendo especificaciones en cuanto a formato o códigos a utilizar, ni definiendo criterios para la elaboración de requerimientos de los documentos.

Por otro lado, el procedimiento describe el proceso de aprobación y de asignación de números de revisión de los documentos, tanto cuando el cliente debe aprobar los documentos como cuando el proceso de aprobación es interno. Las indicaciones para este proceso son:

1. Cuando el proyectista haya completado los planos de un conjunto o subconjunto completo en revisión Ro, deberá imprimir 1 copia y entregar al ingeniero o en su reemplazo al gerente de ingeniería para su revisión.
2. Cuando el plano no requiere aprobación del cliente, el ingeniero o gerente de ingeniería deberá revisar el plano en RO, para detectar posibles errores, y verificar que cumple los requisitos establecidos por Ventas. Deberá verificar que la pieza o el equipo cumplirán la funcionalidad prevista, y otras especificaciones y requisitos determinados previamente, y que la información contenida cumple los requisitos

- para los resultados esperados para la ingeniería. Si el plano tiene reparos, será modificado manteniendo su revisión en RO hasta ser aprobado para fabricación.
3. Cuando el plano requiere la aprobación del cliente, se debe emitir en revisión A o posteriores (RA, RB, RC, etc.). Una vez aprobado por éste, pasa a RO. Se podrán emitir los planos hijos que no sean susceptibles de modificar con revisión RO.
 4. Una vez aprobado para fabricación, se sacará 1 copia impresa la que será validada con el timbre de “APROBADO PARA FABRICACION” con la firma del ingeniero o gerente de ingeniería y la fecha de revisión. Se debe firmar la viñeta con los involucrados en la elaboración y revisión del plano. Se podrán emitir nuevas copias del plano, si producción así lo requiera en sus distintas áreas.
 5. Las copias firmadas y timbradas se entregarán al Gerente de Operaciones a través del programa Transmisión Documentos (planilla Excel en Drive), quien revisará que los planos contengan toda información requerida para la construcción, en especial los de fabricación externa. Podrá solicitar modificaciones a Ingeniería. Si está conforme, entrega a Asistente de Producción para cubicación y solicitud de materiales a Adquisiciones, y posteriormente distribuirá al contratista asignado al trabajo. Al momento de la distribución el gerente de producción timbra el plano como “LIBERADO PARA CONSTRUCCIÓN”.

Al igual que con los criterios de elaboración de planos, se destaca que el procedimiento define algunos lineamientos (como nomenclatura y el uso de marcas de aprobación) pero no define criterios específicos para la aprobación de un plano ni lineamientos para la elaboración de dichos criterios. Por tanto, el proceso de revisión y aprobación queda poco especificado.

4.4 Descripción del Proceso de Ingeniería de Detalle

A continuación se incluye el diagrama de flujo que representa las actividades que se realizan durante el proceso de ingeniería de detalle. Los diagramas de flujo son usados para analizar, diseñar, documentar o gestionar procesos o programas en numerosos rubros [38].

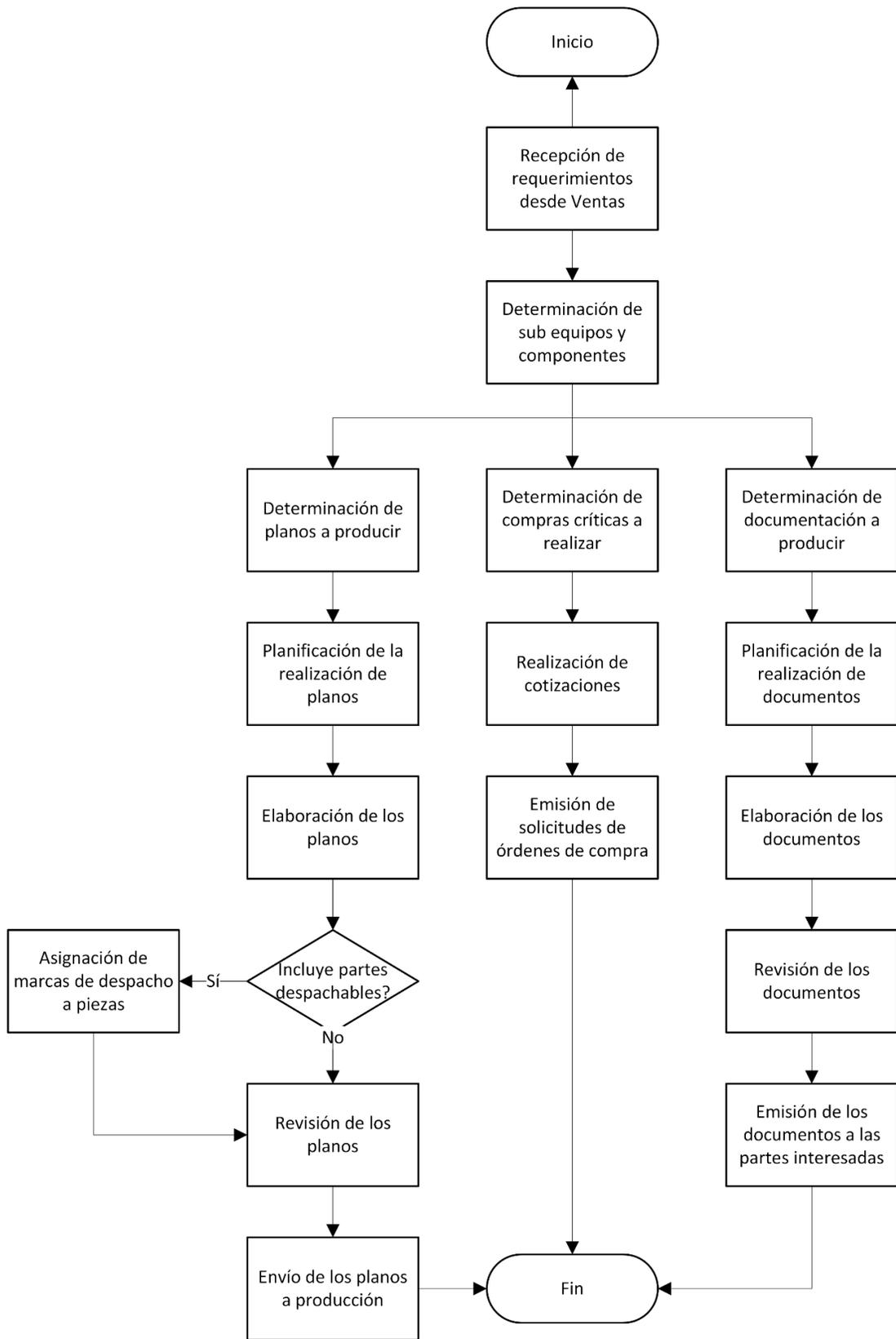


Ilustración 8 Diagrama de Flujo de Proceso de Ingeniería de Detalle Actual

4.4.1 Descripción de Actividades

4.4.1.1 Recepción de Requerimientos Desde Ventas

- **Herramienta:**
 - Unidad de almacenamiento de red, ubicada en servidor de la compañía
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Carpeta con elementos de entrada para la realización de la ingeniería del proyecto

En esta etapa se da inicio al proceso de ingeniería de detalle. Según la documentación de la empresa, “corresponderá al Gerente de Ingeniería determinar los elementos de entrada del diseño y desarrollo”. Los elementos de entrada de los proyectos comprenden, en general:

- Checklist de apertura de OT (todos los proyectos)
- Carta Oferta (todos los proyectos)
- Orden de compra (si existe) o aceptación de la propuesta
- Balances y cálculos preliminares de ingeniería
- Diseños previos que sirvan de referencia (definir en reunión de apertura OT)
- Planos validación Ventas (si existen)
- Contrato y/o cotización en última versión (debe incluir los requisitos funcionales de desempeño del equipo, información que podrá ir en documento anexo)
- Planos proporcionados por el cliente, planos de referencia y manuales (si existen)
- Memoria de cálculo de Ventas.
- Normativa aplicable (legal, normas de emisión, normas técnicas)
- Bases técnicas y administrativas, cuando corresponda a una licitación
- Otra documentación relacionada aportada por el cliente

Todos estos registros son guardados en carpeta digital asignada a la OT en el servidor de la empresa, excepto los planos de equipos anteriores o normativa aplicable que se encuentran ya en el servidor en carpetas respectivas.

4.4.1.2 Determinación de Sub-Equipos y Componentes

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Listado de equipos y componentes

En esta etapa, el gerente de ingeniería, tomando los elementos de entrada del proyecto, determina los sub-equipos y componentes que conformarán el proyecto, los cuales serán desarrollados por separado. Este listado de componentes debe registrarse en la hoja de cálculo “Programa Ingeniería”, en la cual se almacena la información de componentes, equipos y planos de los proyectos actualmente en desarrollo.

Cabe señalar que este proceso se basa principalmente en la experiencia y conocimiento del gerente de ingeniería y de otros recursos del área de ingeniería, los que en una reunión de inicio deciden cómo se organiza la información del proyecto separándolo en varios componentes. Estos componentes son caracterizados de forma general, sin especificar dimensiones u otros elementos particulares de diseño.

4.4.1.3 Determinación de Planos a Producir

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**
 - Projectistas y jefe de projectistas
- **Resultado:**
 - Listado de planos, por equipo

En esta etapa los proyectistas y el jefe de proyectistas, tomando como elemento de entrada el listado de equipos definido en la etapa anterior, determinan el número de planos que corresponde a cada equipo y los registran en el listado de planos de la planilla “Programa Ingeniería”. Esta lista no es definitiva, pero permite tener una idea inicial de la cantidad de documentos y las horas-hombre que serán necesarias para el proyecto.

4.4.1.4 Planificación de la Realización de Planos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería y jefe de proyectistas
- **Resultado:**
 - Listado de documentos con recurso asignado en “Programa Ingeniería”

El gerente de ingeniería y el jefe de proyectistas, luego de estimar el esfuerzo necesario para realizar cada documento, determinan en qué orden se deben desarrollar los mismos y se los asignan a alguno de los recursos del área de ingeniería para su realización. Esto queda registrado en la planilla “Programa Ingeniería”, pero el ordenamiento de los documentos y la comunicación de estas asignaciones se hace de modo verbal dentro del departamento.

4.4.1.5 Elaboración de los Planos

- **Herramienta:**

- AutoCAD, Inventor, unidad de red de servidor de la empresa, impresoras
- **Responsable:**
 - Proyectistas e instrumentistas asignados
- **Resultado:**
 - Plano (de detalle, de conjunto, de despacho) o diagrama (de alambrado, de panel de control, P&ID) en formato digital y en formato papel

La elaboración de planos se realiza según los elementos de entrada de los que se disponga (normalmente especificaciones y decisiones de diseño que se han tomado en las fases de ingeniería básica y en la realización de otros planos). En la práctica, los elementos de entrada son poco específicos y es responsabilidad de quien realiza el plano de una pieza determinada el buscar los planos de otros equipos que definan medidas, cotas o especificaciones para el plano a realizar (estos son generalmente planos de conjunto realizados, o planos de piezas y componentes que serán conectados al equipo a diseñar).

Los proyectistas trabajan generalmente en modo local, y guardan versiones de los documentos en el servidor de la empresa al que todos los equipos de la compañía tienen acceso. Por otro lado, el proceso de realización de un plano o diagrama es generalmente iterativo, considerando la impresión del plano en varias ocasiones para discutir decisiones y elementos de diseño con el gerente de ingeniería o el jefe de proyectistas cuando los elementos de entrada y los requerimientos del documento no son suficientemente detallados.

4.4.1.6 Asignación de Marcas de Despacho a Piezas

- **Herramienta:**
 - AutoCAD, hoja de cálculo de Google “Listado de Partes” según proyecto
- **Responsable:**
 - Proyectistas
- **Resultado:**
 - Plano de conjunto con marcas de despacho, listado de números de parte

Esta etapa se realiza sólo cuando en la etapa de realización de planos, se incluye en un plano de conjunto un componente que debe ser despachado de manera individual. Como regla, toda pieza que pueda ser vendida como repuesto debe tener un número de parte, y por otro lado, cada pieza despachada debe contar con una marca de despacho o número de parte para despacho. Estas marcas se agregan a los planos de conjunto sobre las vistas de cada parte, superponiendo el número asignado a la pieza correspondiente.

4.4.1.7 Revisión de los Planos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**

- Ingeniero o gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Listado de planos o diagramas aprobados, sello y timbre de aprobación en versiones impresas de planos

Se revisa que los planos sean aceptables para ser enviados a fabricación o al cliente, y luego se solicita la aprobación del documento. Una vez aprobado el plano, el registro de estado de este documento es marcado como “100%” en la planilla “Programa Ingeniería” y se timbra y firma su versión en papel para ser entregada al cliente o a fabricación.

Otros detalles del proceso de revisión de los planos, en particular las jerarquías de quienes deben aprobar planos y la nomenclatura usada para emitir revisiones de documentos, se muestran en el procedimiento detallado en 4.3.2.2.

4.4.1.8 Envío de los Planos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “[Ing] Transmisión de Documentos”
- **Responsable:**
 - Proyectista, jefe de proyectistas, ingeniero o gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Carpeta en Google Drive con documentos enviados y correo electrónico de confirmación

El envío de documentos se realiza utilizando una herramienta desarrollada en Google Apps Script y las hojas de cálculo de Google, que permite la creación de envíos o *transmittals*, los que consisten en una carpeta de Google Drive asociada a un listado de documentos a transmitir. El proyectista, o quien sea designado por el gerente de ingeniería o el jefe de proyectistas para enviar los documentos ya sea al área de fabricación o al cliente, debe subir los archivos que desea enviar a la carpeta de Drive, y usando la función de envío de la planilla se registra el envío de documentos y se notifica al destinatario.

4.4.1.9 Determinación de Compras Críticas

- **Herramienta:**
 - Planos de conjunto y de detalle
- **Responsable:**
 - Ingeniero, gerente de ingeniería, jefe de proyectistas
- **Resultado:**
 - Listado de compras críticas del proyecto, en formato Microsoft Excel o en hoja de cálculo de Google

La etapa de determinación de compras críticas del proyecto se realiza al inicio del proyecto, cuando se definen los componentes principales del equipo, y durante la

realización de planos de conjunto y de detalle, proceso en el cual se toman decisiones de diseño que muchas veces involucran la selección o especificación de uno o más componentes. Una parte de este listado, correspondiente a los componentes que de por sí constituyen un sub-equipo del proyecto, es integrada en el listado de partes del proyecto que se ubica en la planilla “Programa Ingeniería” y en la planilla “Listado de partes” correspondiente al proyecto. El resto de los elementos, se define en las viñetas de los planos y son transferidos a listados independientes en hojas de cálculo, ya que las compras de ingeniería son realizadas por una parte limitada del personal.

4.4.1.10 Realización de Cotizaciones

- **Herramienta:**
 - No aplica.
- **Responsable:**
 - Ingeniero
- **Resultado:**
 - Listado de cotizaciones de compras críticas

El ingeniero del área de ingeniería procede a buscar proveedores y solicitar cotizaciones para los distintos elementos del listado de compras críticas, a medida que los elementos de dicho listado se van definiendo. Este proceso es poco especificado, ya que el proceso de cotización puede variar dependiendo del proveedor y del tipo de compra a realizar.

4.4.1.11 Emisión de Solicitudes de Órdenes de Compra

- **Herramienta:**
 - SAP Business One
- **Responsable:**
 - Ingeniero
- **Resultado:**
 - Solicitudes de órdenes de compra en el sistema SAP

Una vez realizadas las cotizaciones y decidido cuál cotización se aceptará para los elementos del listado de compras críticas, se procede a emitir una solicitud de orden de compra a través del software SAP Business One. Estas solicitudes son luego tratadas por el área de finanzas, quienes las aceptan para emitir la orden de compra válida y gestionar, por su lado, el proceso de compra y recepción de los elementos.

4.4.1.12 Determinación de Documentación a Producir

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**
 - Ingeniero y gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Listado de documentos a realizar, en planilla “Programa Ingeniería”

En esta etapa el ingeniero y el gerente de ingeniería determinan, si corresponde, cuáles son los otros documentos que deben realizarse para el proyecto. En general se incluyen aquí manuales de operación, manuales de mantención, listados de partes y repuestos y certificados varios. Este listado es registrado en el listado de documentos de la planilla “Programa Ingeniería”.

4.4.1.13 Planificación de la Realización de Documentos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Listado de documentos con recurso asignado en “Programa Ingeniería”

El gerente de ingeniería determina qué recurso se hará cargo de la realización de cada documento en la planilla “Programa Ingeniería”. Esta asignación de documentos se hace de forma gradual y periódica, a medida que se van definiendo los documentos a elaborar.

4.4.1.14 Elaboración de los Documentos

- **Herramienta:**
 - Documentos de texto de Google
- **Responsable:**
 - Ingeniero
- **Resultado:**
 - Documento en formato digital, y formato papel si corresponde

La elaboración de documentos se realiza según los elementos de entrada de los que se disponga. Dado que los documentos que se realizan, fuera de los planos y diagramas, son documentos generales cuyos requerimientos, por su frecuente realización, se encuentran medianamente definidos.

Estos documentos eran previamente realizados en modo local por cada recurso asignado, sin embargo desde la adopción de Google Drive los documentos se realizan en Google Docs, lo que facilita las tareas de elaboración y revisión de los documentos, además de incorporar un registro de cambios y controles para compartir documentos integrados a la plataforma.

4.4.1.15 Revisión de los Planos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Programa Ingeniería”
- **Responsable:**
 - Ingeniero o gerente de ingeniería
- **Resultado:**

- Listado de documentos aprobados, registro de revisiones y aprobaciones en portada del documento

Se revisa que los documentos sean aceptables para ser liberados al cliente, ya sea interno o externo, y luego se solicita su aprobación. Una vez aprobado el documento, el registro de su estado es marcado como “100%” en la planilla “Programa Ingeniería” y se debe llenar el registro de revisión y aprobación en el documento mismo.

Con respecto al proceso de revisión de planos, la revisión de documentos no está formalizada en un procedimiento que detalle quién debe realizarla, bajo cuáles criterios ni en qué momento.

4.4.1.16 Emisión de los Documentos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “[Ing] Transmisión de Documentos” o impresoras / plotters de ingeniería
- **Responsable:**
 - Ingeniero o gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Carpeta en Google Drive con documentos enviados y correo electrónico de confirmación

El envío de documentos se realiza utilizando la misma herramienta usada para el envío de planos y diagramas de forma interna o a clientes. El ingeniero (o el gerente de ingeniería) registra el envío y sube los archivos correspondientes a la carpeta asignada en Drive, y para luego transmitir los documentos al destinatario.

4.5 Otros Puntos Críticos del Proceso de Ingeniería de Detalle

Además de los puntos críticos identificados en el análisis de causa-raíz de los 94 registros de Producto No Conforme, durante el levantamiento de proceso se observaron otros puntos críticos, los cuales se detallan a continuación.

4.5.1 Inconsistencias en Definición de Número de Parte y Número de Pieza en Planos

Durante la etapa de entrevistas, varias personas indicaron que existían inconsistencias en la manera de asignar números de parte y números de pieza durante la elaboración de los planos: algunos son un correlativo de piezas que aparecen en el plano que luego deben ser ingresadas en la planilla “Programa Ingeniería”, pero esta información no siempre fluía como era esperado.

Sin embargo, el punto principal señalado es que una misma parte puede ser identificada por varios números distintos, lo cual dificulta la comunicación cuando se intenta identificar una pieza por su número de parte, o por su marca de despacho, o por el número de pieza para fabricación. Por ende, sería necesario definir una estructura para ordenar esta información y consensuar la forma de designar y referir las partes de cada equipo, de modo de facilitar los procesos posteriores de despacho, montaje y post-venta.

Esta inconsistencia se manifiesta también en los números de parte que se asignan a ciertos componentes que son comprados y luego despachados sin ser intervenidos, y que posteriormente serán vendidos como repuestos. Estos elementos poseen un código de parte en SAP, el cual no tiene relación con el número de parte que se le asigna. Es más, en muchos casos el número de parte SAP que corresponde a un insumo o parte no se anota en los listados de partes del proyecto, lo que dificulta de sobremanera la venta de algunos repuestos.

4.5.2 Información Descentralizada y Desagregada, Duplicidad de Roles y Datos

En línea con lo anterior, se indica que ciertas informaciones se encuentran disgregadas en distintos lugares y medios. A modo de ejemplo, el número de plano se encuentra en el listado de documentos en “Programa Ingeniería” pero el número de parte se encuentra al interior del plano, y en el “Listado de Partes”, y esto sólo cuando la pieza es un elemento para despacho y que por lo tanto posee un número de despacho.

Esta forma confusa de nombrar los documentos, enunciada en el punto previo, se complementa con que los distintos números y códigos son usados en contextos distintos y no es fácil poder identificar correctamente un componente basado en algunos de los números utilizados. A modo de ejemplo, recientemente un cliente solicitó un listado de repuestos usando como referencia las descripciones y números de parte incluidos en el manual de mantenciones entregado con el equipo: para al menos tres de los elementos de la lista solicitada, el número de parte indicado en el manual de reparaciones no pudo ser encontrado en los listados de partes ni en los listados de compras del proyecto, por lo que se tuvo que proceder a buscar según la descripción del elemento revisando manualmente las descripciones de cientos de órdenes de compra.

4.5.3 Compras y Despachos Urgentes Recurrentes

Si bien este punto fue indicado principalmente por personal del área de finanzas durante el proceso de observación del proceso de ingeniería de detalle, se considera apropiado incluirlo en el análisis debido a que las compras y despachos poseen como elementos de entrada los listados que el proceso de ingeniería de detalle produce.

En particular, los listados de materiales son elaborados dentro de los planos, y luego una persona del área de fabricación debe revisar el plano, obtener el listado de compras que deben realizarse (considerando que muchas veces el listado del plano incluye compras

críticas que ya fueron realizadas), y luego emitir las solicitudes de órdenes de compra necesarias. En el caso de los despachos, cada vez que se despachan equipos se debe generar un *packing-list* o listado de despacho que enumera cada pieza despachada, junto con su marca de despacho y el lugar o conjunto en que se despacha. Estos últimos elementos (si va montado en un conjunto, o cuál es el número de marca de despacho correspondiente a cada pieza) son determinados en el proceso de ingeniería de detalle.

Capítulo 5

Rediseño del Proceso de Ingeniería de Detalle

5.1 Requisitos del Nuevo Proceso de Ingeniería de Detalle

El rediseño del proceso de Ingeniería de Detalle se centrará en mitigar, e idealmente eliminar, las causas principales de Productos No Conformes identificadas en el análisis de causa raíz de la sección 4.2.2. Estas causas son, ordenadas de mayor a menor incidencia:

1. Requerimientos de documento incompletos
2. Inexistencia de criterios de diseño formales
3. Se considera que información es obvia/evidente
4. Cambios a diseños no son probados en su contexto
5. Planos son liberados antes de consensuar diseño
6. No se realizó plano de conjunto

De las causas indicadas, se identifica que dos de ellas (causas 4 y 6) están relacionadas de manera indirecta con la ausencia de criterios de diseño formales (causa 2). La existencia de criterios de diseño formalizados y bien detallados debiese señalar cuándo se debe realizar un plano de conjunto, quitando al proyectista la responsabilidad de determinar si procede la realización de dicho plano, y a través de la realización de la vista de conjunto se resuelven gran parte de los errores al no considerar un diseño en su contexto. En ese sentido, se debe especificar que los planos de conjunto incluyan las fundaciones e instalaciones existentes del cliente, aunque de modo esquemático, para identificar las interferencias entre la pieza diseñada y los elementos que la rodean.

Además, la causa 4 se relaciona con la causa 1 en que muchas veces el contexto de una pieza debiese estar indicado dentro de los requerimientos y elementos de entrada del documento o plano a realizar, lo cual actualmente no ocurre.

Por ende, se considerarán cuatro de estas causas: requerimientos de documento incompletos, inexistencia de criterios de diseño, información es considerada obvia y planos son liberados antes de consensuar diseño. Los requisitos que se desprendan de las causas antes mencionadas, junto con otros requisitos identificados del proceso, se clasifican en requisitos internos del proceso (necesarios para la correcta realización de las actividades) y externos (requisitos que otros procesos imponen sobre los productos que se generan en el proceso).

5.1.1 Requisitos Internos

5.1.1.1 Todo Documento Debe Tener un Listado de Requerimientos Asociado

Todo documento que deba ser realizado deberá ser acompañado de un listado de requerimientos comprensivo y específico, que detalle los requisitos técnicos y de formato del documento. En particular, se detectó que en muchos casos la incongruencia en medidas en distintos planos se debía a que estas medidas, por ejemplo de conectores o acoples, no estaban definidas de forma explícita al momento de hacer un plano, por lo que el proyectista suponía el uso de una medida o consultaba otros planos de equipos aledaños.

Una variante de este requisito sería especificar los documentos que tienen directa relación con el documento a elaborar, es decir, construir un listado de documentos de referencia específico para cada documento. En algunos casos observados, no existía claridad de qué planos o equipos serían impactados por el documento a elaborar, muchas veces modificando de forma indirecta equipos que ya se encontraban en proceso de fabricación.

Esto eliminaría los errores y Productos No Conformes en los que el documento no cumple con requisitos implícitos, correspondientes a la mayoría de los PNC detectados.

5.1.1.2 Todo Documento Debe Poseer Criterios de Diseño Formales, Tanto Generales Como Específicos Según Tipo de Documento

Los documentos elaborados en el proceso de ingeniería pueden ser catalogados según las categorías mencionadas en la sección 4.1. Estos tipos de documentos poseen criterios de elaboración particulares para cada grupo, pero que aplican a todos los documentos que pertenecen a dicho grupo de forma indistinta. Además, existen criterios de diseño para los equipos y componentes que no se han formalizado, como los criterios para la elección de ciertos mecanismos o diseños mecánicos por sobre otros, dejando la toma de estas decisiones al encargado de realizar el documento o transmitiéndose de manera formal al momento de asignar la elaboración del documento.

Este requisito implicaría agregar, como responsabilidad del proceso de ingeniería de detalle, la realización y actualización de estos criterios de diseño, los cuales deberían incluir criterios específicos para al menos los siguientes tipos de documentos:

- Planos de detalle
- Planos de conjunto
- Diagramas eléctricos
- Manuales

Estos deben detallar información sobre formato de los documentos, una guía de estilo de los documentos, y consideraciones generales sobre la forma y estructura de los mismos

que sean aplicables a cada categoría. En general, deben establecer cuáles son los criterios con los que se medirá el nivel de calidad de los elementos producidos, con los cuales sea evidente determinar si un documento es conforme, en particular con respecto a las expectativas de calidad del mismo, antes de transmitirlo al cliente final.

Además, debiesen especificarse criterios de diseño generales para el diseño mecánico de los equipos, de modo de guiar la elaboración de los diseños técnicos y facilitar la toma de decisiones técnicas durante esta etapa. En la actualidad, muchas decisiones deben ser consultadas constantemente con el gerente de ingeniería, quien debe por ende supervisar y determinar buena parte de las decisiones de diseño que se toman en el proceso de ingeniería de detalle, limitando de manera considerable la capacidad de carga de trabajo que el departamento de ingeniería puede soportar.

Una correcta elaboración de criterios de diseño y de elaboración de documentos podría corregir los errores que dan origen a los Productos No Conformes asignados a esta causa, al definir la parte general de los requerimientos que se especifican en el punto anterior, los que deberán ser complementados con requerimientos específicos para cada documento. Por otro lado, la elaboración de estos requisitos tendría la externalidad positiva de homogeneizar la estructura y presentación de los documentos elaborados, aspectos que según comentarios del gerente de operaciones “son señalados por varios de los clientes como deficientes”.

5.1.1.3 Toda Decisión Global de Diseño de una Pieza o Equipo Debe Ser Identificadas, Procesadas y Registradas

Otro de los problemas recurrentes en los PNC de ingeniería es la toma tardía de decisiones de diseño, lo que impacta muchas veces otros componentes que ya se encuentran en fabricación. Son pocos los casos que se explican por cambios de requerimientos de último minuto. La mayoría de los casos ocurrieron porque las especificaciones de un equipo fueron determinadas de manera parcial (dejando así elementos por definir), y el registro de estas decisiones y de los aspectos por definir no se hizo o no estaba disponible para todos.

Por ende, este requerimiento busca dar solución a este problema estableciendo que, previo a la realización de documentos, se deben determinar cuáles son las decisiones de diseño a tomar, y registrarlas en un documento que sea accesible a todas las partes involucradas, registro que deberá irse actualizando a medida que las decisiones se tomen. Idealmente, estas decisiones serían procesadas a cabalidad previo a la etapa de elaboración de planos para minimizar el número de decisiones de diseño que se dejan pendientes y que posteriormente tienen un impacto en componentes que se encuentran en el proceso de fabricación.

5.1.2 Requisitos Externos

5.1.2.1 Documentos Producidos Deben Incluir Toda la Información Especificada en sus Requerimientos y en los Criterios de Diseño

Este requerimiento está ligado a la causa de PNC “se considera que información es obvia o evidente”, y consiste en reforzar los aspectos señalados en el procedimiento actual de elaboración de planos que señala que estos “deben incluir el esquema de pintura, procedimientos de soldadura, listado de materiales con peso de partes y piezas, y procedimientos de construcción cuando corresponda”. En la práctica, “cuando corresponda” se traduce en que la decisión de incorporar procedimientos de fabricación queda a juicio del proyectista que elabora el plano, quien puede no tener conciencia de la complejidad de fabricar el componente plasmado en el plano.

Considerando lo anterior, se determina que en los requerimientos del documento debe especificarse de forma explícita si el documento debe incluir instrucciones de fabricación, o yendo aún más lejos, incorporar instrucciones de fabricación en todos los planos de fabricación. Esto último, que puede parecer tedioso, debiese complementarse con la elaboración de instrucciones de fabricación generales o por tipo de equipo estándar, de modo que para las piezas cuyo proceso de fabricación no es particularmente complejo se incorporen las instrucciones de fabricación estándar.

Este requerimiento se observa en la interfaz entre el proceso de ingeniería de detalle y el proceso de fabricación, ya que los elementos de salida del primero constituyen los elementos de entrada del segundo.

5.1.3 Documentos y Equipos Deben Ser Fácilmente Identificables

Esto guarda relación con uno de los puntos críticos relevados durante las entrevistas realizadas durante el levantamiento de proceso: inconsistencia en los números de parte asignados a los equipos, y falta de claridad en el proceso de asignación de estas marcas.

Este requerimiento se desprende de los requerimientos de otras áreas de la empresa para con los productos del proceso de ingeniería de detalle, puesto que es en esta etapa que se genera la información de los proyectos que es utilizada posteriormente.

5.1.4 Documentos Deben Ser Entregados Oportunamente

Este requisito existe debido a que los demás procesos de la empresa utilizan como elementos de entrada los productos que se generan en Ingeniería de Detalle. Se constata que este proceso es el principal cuello de botella del proceso de venta y fabricación de equipos de Enercom S.A., lo cual se agrava considerando que según lo señalado por la gerencia “todos los proyectos presentan al menos un mes de retraso” en la entrega.

Este requerimiento externo se traduce en que la planificación y la asignación de recursos en esta etapa deben ser realizadas con particular cuidado, más aun si se tiene en cuenta

que los cambios de especificación por parte del cliente ocurren en prácticamente en todos los casos. Esto último significa que la metodología que el área de ingeniería utilice para la planificación y la gestión de los proyectos debe permitir responder rápidamente a los cambios de requerimientos y a las variaciones en la carga de trabajo.

Además, se deberán considerar mejores prácticas y alternativas de rediseño que no aumenten el tiempo de entrega de ingeniería de detalle, lo que contrarrestaría los efectos de reducción de costo asociados a la disminución en la tasa de PNC.

5.2 Mejores Prácticas

El siguiente listado de mejores prácticas ha sido determinado luego de un estudio de la literatura en materia de rediseño de procesos, como parte de la elaboración del marco conceptual. Los criterios de selección usados se basan en el marco de evaluación que se propone en la revisión realizada por Reijers y Liman Mansar (2005) [33].

Reijers y Liman Mansar se basan en el marco de evaluación planteado por Brand y Van der Kolk, e identifican cuatro dimensiones principales de efectos que los rediseños y las mejores prácticas pueden tener en los procesos: tiempo, costo, calidad y flexibilidad. Si bien el ideal es un rediseño que mejore estos cuatro aspectos de manera simultánea, el marco propuesto señala que, en general, mejorar uno de estos aspectos afecta a otro negativamente.

Tomando como base los cuatro efectos antes mencionados, los autores realizan una evaluación de las mejores prácticas identificadas en la literatura, categorizándolas además en alguno de los siguientes aspectos de los procesos:

- Clientes: enfocadas en mejorar el vínculo con el cliente
- Operación del proceso: enfocadas en cómo implementar el flujo de trabajo
- Comportamiento del proceso: enfocadas en cuándo el flujo de trabajo es realizado
- Organización: aquellas que consideran la estructura de la organización y los recursos empleados
- Información: aquellas relacionadas con la información que se usa o crea en el proceso
- Tecnología: relacionadas con las tecnologías que se usan o pueden usarse en los procesos de negocio
- Ambiente externo: aquellas que buscan mejorar la colaboración con otros agentes que pueden participar del proceso (sin considerar el cliente)

5.2.1 Criterio de Selección de Mejores Prácticas

De acuerdo a los objetivos de este trabajo de título, a las recomendaciones recogidas en la elaboración del marco conceptual y a los requisitos que se han identificado para el

proceso de Ingeniería de Detalle, se ha determinado que los criterios de selección para las mejores prácticas sean:

1. Estas reducen el costo de operación, o lo mantienen
2. Estas mejoran la calidad del proceso, o la mantienen
3. Estas no disminuyen considerablemente la flexibilidad del proceso
4. Estas no aumentan considerablemente los tiempos de entrega

Los criterios 1 y 2 son los más importantes y por ende se usarán como primer filtro, debido a que la reducción de costos a través de minimizar los PNC obliga a que la calidad del proceso no disminuya. Los últimos dos criterios señalados son blandos, es decir, podrían considerarse mejores prácticas que reduzcan moderadamente la flexibilidad del proceso si estas aportan beneficios importantes en otras áreas.

Cabe señalar que las mejores prácticas seleccionadas y aquellas que se encuentran en la literatura que conforma la base de este trabajo han sido obtenidas a partir de experiencias directas en empresas, casos de estudio o del trabajo de empresas de consultoría especializadas en BPR [33]. En particular, la gran mayoría de las mejores prácticas que pueden recogerse en la literatura y de la experiencia de otras empresas, no posee el sustento cuantitativo adecuado, como señala Van der Aalst [39], por lo que la selección de mejores prácticas a considerar en el rediseño se basa en la revisión y evaluación comparativa realizada por Reijers y Liman Mansar.

5.2.2 Mejores Prácticas Seleccionadas

5.2.2.1 Clientes

5.2.2.1.1 Integración

Esta mejor práctica involucra considerar la integración con un proceso de negocio del cliente o del proveedor. Esto produce en general una ejecución más eficiente del proceso, reduciendo de manera significativa los costos y el tiempo necesario, aunque tiene impacto negativo en la flexibilidad al aumentar la dependencia mutua de actores [33].

Se considerará para aconsejar la integración la revisión de planos, realizando una sola revisión en la que participen tanto actores de ingeniería como de producción, para eliminar una de las revisiones del proceso global.

5.2.2.2 Operación del Proceso

5.2.2.2.1 Eliminación de Tareas

Las tareas que no agregan valor desde el punto de vista del cliente pueden ser eliminadas, reduciendo así costos y tiempo de proceso, ambos en forma considerable. Sin embargo, la calidad del proceso puede verse disminuida de forma moderada, sin impactar en la flexibilidad del proceso [33].

Para el caso particular del proceso de ingeniería de detalle, se eliminarán tareas redundantes, en particular la doble revisión que ocurre al tener un actor que revisa un documento y luego un actor que lo aprueba. Se buscará eliminar la tarea de aprobación, dejando sólo el proceso de revisión como elemento de inspección del proceso.

Esto, que se relaciona con la integración mencionada en el punto anterior, reduciría el tiempo efectivo que el gerente de ingeniería y los ingenieros dedican a revisar los documentos en un 50%. Dado que del costo de elaboración de un plano la revisión por parte de un ingeniero y la aprobación del gerente cubren el 30%, según información de la empresa, la eliminación de la doble aprobación significaría una reducción del 15% en el costo de desarrollo de cada documento. Considerando que el costo de ingeniería de los proyectos corresponde aproximadamente al 10% de los mismos, el costo de desarrollo de cada proyecto se reduce en 1,5% sólo con las mejores prácticas mencionadas hasta ahora.

5.2.2.2.2 Composición de Tareas

Una de las mejores prácticas más citadas por la literatura consiste en combinar tareas pequeñas en tareas compuestas y dividir tareas grandes en tareas pequeñas más manejables. Esto trae mejoras en flexibilidad y en calidad [33], debido a que ciertas tareas demasiado grandes simplemente son complejas y difíciles de realizar correctamente. Algunos autores entregan respaldos cuantitativos de las ventajas de aplicar esta mejor práctica.

En el rediseño del proceso de ingeniería de detalle, se procederá principalmente a dividir la tarea “realizar plano” en dos procesos distintos que pueden ser realizados por dos actores diferentes: primero definir los requisitos generales y específicos del equipo y del plano, y luego proceder al dibujo del mismo. Además se considerará agrupar las revisiones de varios planos para realizarlas de manera conjunta con personal del área de producción, contrario a las aprobaciones atómicas que se realizan actualmente cuando cada documento está terminado.

En una primera etapa, esta separación de tareas podría aumentar moderadamente el tiempo de desarrollo de los planos y documentos, debido a que, además de buscar la información para definir los criterios de elaboración y diseño del plano mismo, esta información debe registrarse en un documento o sistema adaptado. Sin embargo, es previsible que en el futuro se cuente con una librería de criterios de diseño que pueden ser parcial o totalmente reutilizados, de modo que en el largo plazo se reduce el tiempo de preparación de las tareas y de recolección de la información al sistematizar el registro de la misma. Dado que no existen medidas actuales del tiempo que tardan los colaboradores en buscar la información y en desarrollar el documento, sino que existe sólo una noción del tiempo que se emplea en la realización de toda la tarea, no es posible estimar la reducción en tiempo que se obtendría con esta mejor práctica.

5.2.2.3 Comportamiento del Proceso

5.2.2.3.1 Cambios de Secuencia

Diversos autores recomiendan mover tareas a lugares y momentos más apropiados, argumentando que en muchos casos el orden de las tareas no responde necesariamente a las dependencias entre tareas. Esta mejor práctica conlleva reducciones moderadas en costo y tiempo de proceso, sin impactar negativamente la calidad o la flexibilidad [33].

En el caso del proceso de Enercom S.A., se considerará en el rediseño la reubicación secuencial de la actividad de “asignación de marcas de despacho a piezas” justo antes de determinar el número de planos a realizar, es decir, como parte de las etapas de definición y especificación del proyecto y sus equipos. Esto disminuye los tiempos de cambio de contexto que se requieren para, una vez finalizados todos los planos, comenzar a asignar números de parte para despacho a las piezas, las que no concuerdan ni con la información desarrollada previamente (existiendo dos componentes iguales con números de parte distintos según el proyecto), a la vez que contribuye a generar un sistema de nomenclatura de partes y piezas coherente y cohesivo, de extrema utilidad en los procesos de post-venta, mantención y venta de repuestos.

5.2.2.4 Organización

5.2.2.4.1 Especialistas – Generalistas

Se debe considerar si en el proceso rediseñado se proyecta llevar a la especialización de recursos o a la generalización de los mismos, lo cual se traduce en evaluar la proporción de recursos especialistas y generalistas del nuevo proceso. Un especialista puede desarrollar mayor eficiencia y aumentar el grado de calidad del proceso, y por el contrario el uso de recursos generalistas, capaces de trabajar en más tareas distintas, aumenta la flexibilidad y mejora el uso de los recursos, y por consiguiente, reducir los costos.

Para el proceso de Ingeniería de Detalle, esto significa que será necesario evaluar cuáles actividades requieren efectivamente un alto grado de especialización y cuáles pueden ser elaboradas por recursos más generalistas, y en base a ello asignar recursos a las distintas etapas del proceso. Dado que se apunta a una mayor autonomía en cuanto a la realización de los documentos, y que los criterios de diseño, tanto mecánicos como de otra índole, ya han sido explicitados y detallados, es apropiado considerar la distribución de recursos generalistas en la tarea de realización de planos y documentos, y asignar recursos especialistas en las tareas de definición de requerimientos y revisión de los documentos. Esta proporción seguiría siendo similar a la presente actualmente en la empresa, por lo que de forma directa esta mejor práctica no presenta un costo definido, a la vez que los beneficios son difíciles de cuantificar sin detallar mayormente la distribución de recursos y los planes a largo plazo de crecimiento de la empresa.

5.2.2.5 Información

5.2.2.5.1 Adición de Control

Autores clásicos como Hammer y Champy proponen esta mejor práctica consistente en chequear los elementos de entrada y de salida del proceso, precisamente al momento de su recepción o previo a su entrega. La adición de estas tareas resulta en una mejor calidad, y por consiguiente, en una reducción de los costos de reproceso, por lo que significa mejoras moderadas en costo y calidad, y un aumento moderado-alto de los tiempos de proceso [33].

En el caso del proceso a rediseñar, se verifica que las acciones y tareas de control se encuentran implementadas dentro del flujo de proceso. Sin embargo se constatan deficiencias en estas actividades que disminuyen su capacidad de reducir los errores y los reprocesos: si bien los procesos de revisión existen y se realizan, los criterios contra los cuales son revisados los productos no son claros. Esto tiene la desventaja de que productos deficientes pueden ser incorrectamente aprobados, y además la tarea de aprobación recae en recursos que tienen el conocimiento necesario de los requisitos a considerar. Esto último impide que las tareas de revisión puedan ser ejecutadas por otros recursos, aumentando los tiempos de proceso al requerir la participación de recursos altamente específicos y limitados.

Por ende, lo que se requiere es tener mayor claridad de los criterios de evaluación contra los cuales serán revisados los documentos. Esto va directamente relacionado con la definición de criterios de elaboración y diseño de planos y documentos, los cuales debiesen ser usados en la revisión final como pautas de evaluación. De este modo, se pretende sistematizar y estandarizar una etapa de revisión existente, sin agregar mayor tiempo de proceso y asegurando que los planos liberados a fabricación cumplen exactamente con sus requerimientos, disminuyendo el número de PNC detectados.

5.2.2.6 Tecnología

5.2.2.6.1 Automatización de Tareas

La automatización de tareas a través del uso de tecnologías permite que las tareas se realicen más rápido, con menor costo y con un mejor resultado. También se menciona la posibilidad de automatizar no la tarea completa, sino el soporte al recurso que realiza la tarea. Las ganancias en calidad y tiempo son moderadas, aunque se debe considerar el costo de desarrollar las herramientas de automatización [33].

En el caso de la Ingeniería de Detalle, se buscará automatizar tareas relacionadas con los flujos de información y soportar otras actividades mediante la automatización de herramientas de soporte. En particular, el envío de documentos al área de fabricación podrá ser automatizado una vez que el documento es revisado con éxito, y la asignación de números de documento y de números de parte podrá realizarse con la ayuda de una plataforma que asigne y registre estos números.

Debido al uso de la plataforma Google Apps para Empresas en la compañía, se cuenta con una infraestructura avanzada para desarrollar software simple que permita automatizar este tipo de tareas, lo cual disminuye los costos asociados al rediseño de los sistemas informáticos. Este costo será explorado en mayor detalle en el capítulo 7.

5.2.2.7 Ambiente Externo

Ninguna de las mejores prácticas planteadas en la literatura cumple con los requisitos de selección establecidos ni se considera apto para el proceso de Ingeniería de Detalle. Por ende, no se seleccionó ninguna mejor práctica de este ámbito para el rediseño del proceso de Enercom.

5.3 Rediseño del Proceso de Ingeniería de Detalle

Basado en las mejores prácticas seleccionadas previamente y a los requisitos establecidos para el proceso de Ingeniería de Detalle, se ha diseñado un nuevo proceso.

El nuevo proceso de Ingeniería de Detalle se destaca por presentar una reorganización de la manera de planificar y desarrollar los proyectos: partiendo por la adición de la etapa de elaboración de criterios de diseño específicos para cada tipo de equipo y de la etapa de definición de requerimientos de cada plano, hasta el cambio de orden de tareas como la planificación de la Ingeniería de Detalle y la asignación de números de pieza.

A continuación se detalla este nuevo proceso siguiendo la misma estructura usada para describir el proceso actual, presentado en la sección 4.4, detallando herramienta a usar, responsable de la actividad, el resultado o producto obtenido y una descripción de los cambios considerados.

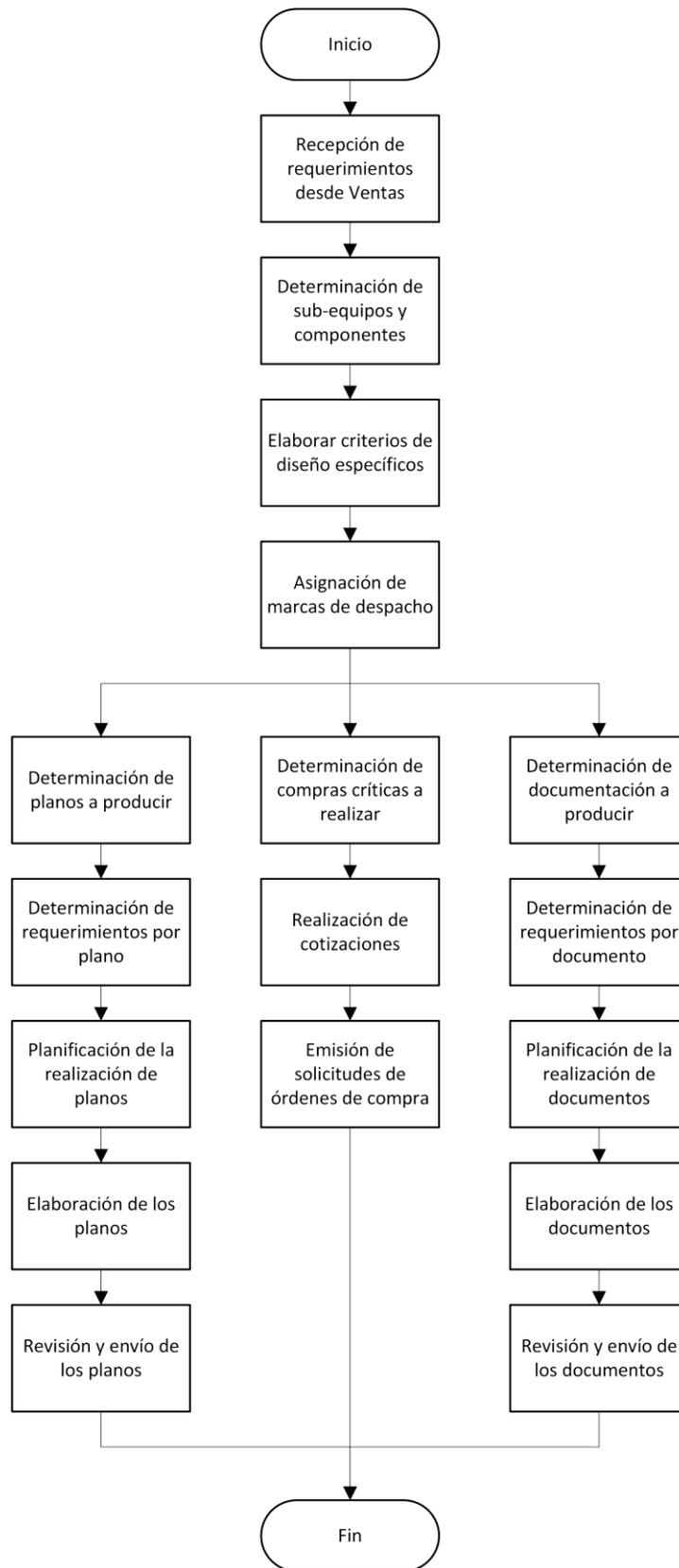


Ilustración 9 Diagrama de Flujo de Nuevo Proceso de Ingeniería de Detalle

5.3.1 Descripción de Actividades del Nuevo Proceso

5.3.1.1 Recepción de Requerimientos Desde Ventas

- **Herramienta:**
 - Documento de texto de Google, unidad de red de la empresa
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Carpeta con elementos de entrada para la realización de la ingeniería del proyecto y registro de elementos de entrada del proyecto en hoja resumen

Esta etapa se encuentra bien documentada en el proceso actual, y no será modificada de forma sustancial. Sólo se determina que se lleve un registro de los elementos de entrada que son recibidos o determinados para realizar el proyecto, documento que deberá estar disponible para todos en la carpeta relacionada a la OT en cuestión. Dicho listado de elementos deberá incorporarse en una hoja resumen del proyecto a crear en Google Drive y a registrar en la planilla “Listado de Documentos Técnicos”, y contener, al menos, el nombre del documento y su ubicación, particularmente importante si los documentos no son copiados al interior de la carpeta de la OT (como ocurre con planos de referencia y normativas).

5.3.1.2 Determinación de Sub-Equipos y Componentes

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Listado de equipos y componentes

Esta etapa se mantiene de la misma manera que en el proceso anterior. El objetivo es, tomando los elementos de entrada de la recepción de requerimientos, obtener un listado de los equipos y componentes que compondrán el proyecto, caracterizándolos de manera general.

5.3.1.3 Elaborar Criterios de Diseño Específicos

- **Herramienta:**
 - Documentos de texto de Google, hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería, ingeniero, jefe de instrumentistas y jefe de proyectistas
- **Resultado:**

- Documentos que detallen los criterios de diseño y las especificaciones técnicas de los sub-equipos y componentes

En esta nueva etapa, el equipo que supervisa el diseño se reúne para tomar las decisiones de diseño que definirán el equipo. Esta etapa debe ser realizada lo más minuciosamente posible, definiendo toda información o decisión de diseño global del equipo: esto incluye criterios de diseño tales como tipo de materiales a usar, lineamientos de diseño como colores o tipos de perfiles para las piezas, entre otros.

Estos criterios de diseño deberán ser registrados en documentos de Google Drive, debido a que permiten un control de versiones y el uso de comentarios y redacción colaborativa. Además, cada uno de estos documentos deberá ser registrado en el “Listado de Documentos Técnicos” y en la hoja resumen del proyecto.

5.3.1.4 Asignación de Marcas de Despacho

- **Herramienta:**
 - Hojas de cálculo de Google “Listado de Partes” según proyecto
- **Responsable:**
 - Ingeniero, gerente de ingeniería
- **Resultado:**
 - Listado de piezas con número de parte asignado

A diferencia de la fase de asignación de números de parte en el proceso actual, en el proceso rediseñado toda parte y pieza posee un número de parte asignado, el cual se registra en el documento “Listado de Partes” que se usa en la actualidad. Así, la decisión que se toma al momento de realizar los planos no es cuál número asignar, sino si incluir dicha información en el plano o no, recuperándola del listado ya confeccionado.

5.3.1.5 Determinación de Planos a Producir

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Proyectistas y jefe de proyectistas
- **Resultado:**
 - Listado de planos, por subOT y por sub-equipo

Esta etapa del proceso es básicamente idéntica a la del proceso actual, con la diferencia de que el registro de estos planos ha sido trasladado a otra planilla que incorporará más información y otras funcionalidades. En esta planilla el usuario debe inscribir los documentos dentro de una subOT dada, y el sistema asignará automáticamente un número de plano único para identificarlo. Esto reduce el tiempo de registro de los planos, pues algunos datos del registro se llenarán automáticamente gracias a programas realizados en Google Apps Script.

5.3.1.6 Determinación de Requerimientos por Plano

- **Herramienta:**
 - Documentos de texto de Google, hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Encargado de Elaboración de Requerimientos (ingeniero, jefe de instrumentistas, jefe de proyectistas o gerente de ingeniería)
- **Resultado:**
 - Documento detallando los requerimientos específicos del plano (uno por plano)

En esta etapa se deben definir y registrar los requerimientos específicos de cada plano. Estos deben contener toda la información necesaria para la elaboración de los planos y diagramas: funcionalidad esperada del equipo, dimensiones, cotas a respetar, altura de conectores, fundaciones y otros, tipos de elementos a utilizar. Se complementan con los criterios de diseño que se definen para el proyecto y con los criterios de elaboración de planos generales del área de ingeniería. El vínculo a cada documento de requerimientos debe incluirse en el registro del plano ubicado en la hoja “Listado de Documentos Técnicos”.

5.3.1.7 Planificación de la Realización de Planos

- **Herramienta:**
 - Herramientas de gestión de proyectos
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería y jefes de equipos
- **Resultado:**
 - Planificación de realización de planos: asignación de recursos y orden de realización

El gerente de ingeniería y los jefes de equipo (por el momento, jefe de proyectistas y jefe de instrumentación), realizan una estimación del esfuerzo necesario para realizar cada plano y luego los asignan para su realización. Se recomienda el uso de herramientas especiales de gestión de proyectos de tipo ágil, como *scrum*. La descripción de esta metodología de gestión no se incluye ya que no es prioritario para el proyecto de rediseño; lo necesario es que la realización de planos se priorice y planifique, independiente de la herramienta o metodología a usar.

5.3.1.8 Elaboración de los Planos

- **Herramienta:**
 - AutoCAD, Inventor, unidad de red de servidor de la empresa, impresoras
- **Responsable:**
 - Proyectistas e instrumentistas asignados

- **Resultado:**
 - Plano (de detalle, de conjunto, de despacho) o diagrama (de alambrado, de panel de control, P&ID) en formato digital y en formato papel

La actividad de elaboración de planos y diagramas se mantiene idéntica a la del proceso actual, con la salvedad de que los requisitos de entrada del plano ya han sido determinados y registrados. Por ende, el proceso consiste en tomar los requerimientos correspondientes y proceder a dibujar los planos. En caso de modificar características ya definidas o de definir elementos de diseño relevantes durante el proceso de realización del plano, esto deberá ser registrado en las especificaciones del sub-equipo impactado.

En esta etapa se deben incluir las marcas de despacho (números de parte) necesarios, de acuerdo a los requerimientos definidos previamente para el plano. El número ya ha sido asignado, la decisión pasa sólo por el hecho de incluirlo.

5.3.1.9 Revisión y Envío de Planos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Jefe de equipo
- **Resultado:**
 - Listado de planos o diagramas aprobados, sello y timbre de aprobación en versiones impresas de planos

El jefe del equipo que realiza el plano o diagrama deberá revisar la conformidad del documento con los requisitos que fueron establecidos previamente. Si el proceso de revisión es exitoso, es el jefe de equipo quien aprueba el documento, y al marcarlo como “Revisado” o “Aceptado” el documento es enviado directamente al destinatario, o liberado para que él pueda recuperarlo. Esto se hace automáticamente en la planilla “Listado de Documentos Técnicos”, que transmite el documento o notifica de su disponibilidad inmediatamente después de la aprobación.

De este modo se automatiza un paso del proceso (el envío del documento desde ingeniería) y se consolidan las actividades de revisión y aprobación. Además, se libera al gerente de ingeniería del proceso de revisión, liberando un recurso altamente necesario y liberándolo para la realización de otras tareas.

5.3.1.10 Determinación de Compras Críticas

- **Herramienta:**
 - Hojas de cálculo de Google, hoja de cálculo “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Ingeniero, gerente de ingeniería, jefe de proyectistas

- **Resultado:**
 - Listado de compras críticas del proyecto, en hoja de cálculo de Google

Esta etapa se mantiene idéntica a la del proceso actual, pero se requiere que el listado de compras críticas sea realizado en un documento en Google Docs y que este documento sea registrado en el “Listado de Documentos Técnicos” en la subOT correspondiente, con el fin de facilitar su control de avances y su ubicación.

5.3.1.11 Realización de Cotizaciones

- **Herramienta:**
 - No aplica.
- **Responsable:**
 - Ingeniero
- **Resultado:**
 - Listado de cotizaciones de compras críticas

Este proceso se mantiene idéntico al anterior. La única diferencia es que, una vez escogido el equipo o componente a comprar, esta decisión deberá registrarse en la hoja resumen del proyecto y en el listado de compras críticas.

5.3.1.12 Emisión de Solicitudes de Órdenes de Compra

- **Herramienta:**
 - SAP Business One
- **Responsable:**
 - Ingeniero
- **Resultado:**
 - Solicitudes de órdenes de compra en el sistema SAP

Debido a la especificidad del proceso y la baja flexibilidad de la herramienta, esta actividad se mantiene idéntica a la descrita al definir el proceso actual. En caso de modificar criterios de diseño o decisiones de diseño ya tomadas, se deberán actualizar los criterios de diseño elaborados para el proyecto y notificar de los cambios a los jefes de equipo del área de ingeniería.

5.3.1.13 Determinación de Documentación a Producir

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería, ingeniero
- **Resultado:**
 - Listado de documentos a realizar, por subOT y por sub-equipo

Esta etapa del proceso es idéntica a la determinación de planos a producir. El número de documento será asignado automáticamente al momento de registrarlo en la planilla “Listado de Documentos Técnicos”.

5.3.1.14 Determinación de Requerimientos por Documento

- **Herramienta:**
 - Documentos de texto de Google, hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Encargado de Elaboración de Requerimientos (jefe de equipo, ingeniero o gerente de ingeniería)
- **Resultado:**
 - Documento detallando los requerimientos específicos del documento (uno por documento)

En esta etapa se deben definir y registrar los requerimientos específicos de cada documento, al igual que con los planos en la actividad antes definida. Estos requisitos deben contener toda la información necesaria para la elaboración del documento, en particular: objetivo, criterios de formato y elementos de entrada bien especificados. Se complementan con los criterios de diseño que se definen para el proyecto y con los criterios de elaboración de planos generales del área de ingeniería. El vínculo a cada listado de requerimientos debe incluirse en el registro del documento ubicado en la hoja “Listado de Documentos Técnicos”.

5.3.1.15 Planificación de la Realización de Documentos

- **Herramienta:**
 - Herramientas de gestión de proyectos
- **Responsable:**
 - Gerente de ingeniería y jefes de equipos
- **Resultado:**
 - Planificación de realización de documentos: asignación de recursos y orden de realización

Descripción idéntica a la actividad de planificación de planos.

5.3.1.16 Elaboración de los Documentos

- **Herramienta:**
 - Documentos de texto de Google, hojas de cálculo de Google, hoja “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Miembros de equipo asignados
- **Resultado:**
 - Documentos digitales en Google Drive

La actividad de elaboración de documentos se mantiene idéntica a la del proceso actual, con la salvedad de que los requisitos de entrada ya han sido determinados y registrados.

5.3.1.17 Revisión y Envío de Documentos

- **Herramienta:**
 - Hoja de cálculo de Google “Listado de Documentos Técnicos”
- **Responsable:**
 - Jefe de equipo
- **Resultado:**
 - Listado de documentos aprobados, registro de aprobación en portada de documentos digitales

El jefe del equipo que realiza el documento deberá revisar su conformidad con los requisitos que fueron establecidos previamente. Si el proceso de revisión es exitoso, es el jefe de equipo quien aprueba el documento y al marcarlo como “Revisado” o “Aceptado” en el “Listado de Documentos Técnicos”, el documento es enviado directamente al destinatario o liberado para que él pueda recuperarlo.

5.3.2 Actividades de Soporte del Nuevo Proceso de Ingeniería de Detalle

Además de las actividades antes mencionadas, que se muestran en el diagrama de flujo del proceso de ingeniería de detalle, existen otras actividades que deben ser consideradas para soportar el nuevo proceso. Estas actividades no deben realizarse con cada proyecto, como ocurre con las actividades presentadas en el diagrama de flujo, sino que forman parte de procesos más estratégicos y de soporte, aunque su responsabilidad recae en el departamento de ingeniería.

5.3.2.1 Elaboración y Mantenimiento de Criterios de Diseño y Elaboración Generales de Planos, Diagramas y Documentos

Esta actividad es primordial para contribuir efectivamente a la reducción de los PNC correspondientes a una de las causas principales de no conformidad. El objetivo es definir y registrar los criterios detallados de diseño (colores a usar, tipos de perfil, tipografías a incorporar, criterios para la elección de componentes, tipos de perfiles y diseños que son aceptables por fabricación, entre otras informaciones) y los criterios de elaboración de documentos (formato, tamaño de documento, programa a utilizar, información a incluir, encabezados, viñetas, uso de logos, entre otros). Además se debe asegurar la revisión periódica de estos criterios para que estén actualizados según los procedimientos de fabricación vigentes, y a la evolución que pueden sufrir los criterios mismos.

Estos criterios de diseño y elaboración de documentos tienen un carácter general, y aplican a todos los documentos de un cierto tipo independiente del proyecto al que

pertenezcan. Así, estos documentos son la base para la realización de los documentos, base que será complementada con los criterios de diseño y elaboración propios del proyecto y la elaboración de requisitos propios de cada documento.

5.4 Responsabilidad del Nuevo Proceso

La evidencia muestra que es de vital importancia que los procesos rediseñados tengan sean de responsabilidad de una persona al interior de la empresa. Este debe ser un alto ejecutivo que cuente con las capacidades y la autoridad necesaria para asegurar que el proceso genere resultados [40].

De acuerdo a lo anterior, se ha determinado que el nuevo proceso de Ingeniería de Detalle siga siendo de responsabilidad del Gerente de Ingeniería. Sin embargo, se especifica que el desarrollo de las herramientas informáticas que pueden ser necesarias para el rediseño será de responsabilidad del Gerente de Operaciones de la compañía, debido a que es el departamento encargado de gestionar el desarrollo e implementación de las tecnologías y sistemas de información dentro de la empresa.

Capítulo 6

Rediseño de los Sistemas de la Organización

6.1 Rediseño de la Infraestructura de la Organización

Los cambios organizacionales que soportan el nuevo proceso pueden dividirse en tres cambios independientes, pero que se complementan para lograr que el nuevo proceso sea eficiente y escalable. Dichos cambios modificarán la estructura organizacional de la empresa, dando lugar a la estructura presentada en el organigrama siguiente.

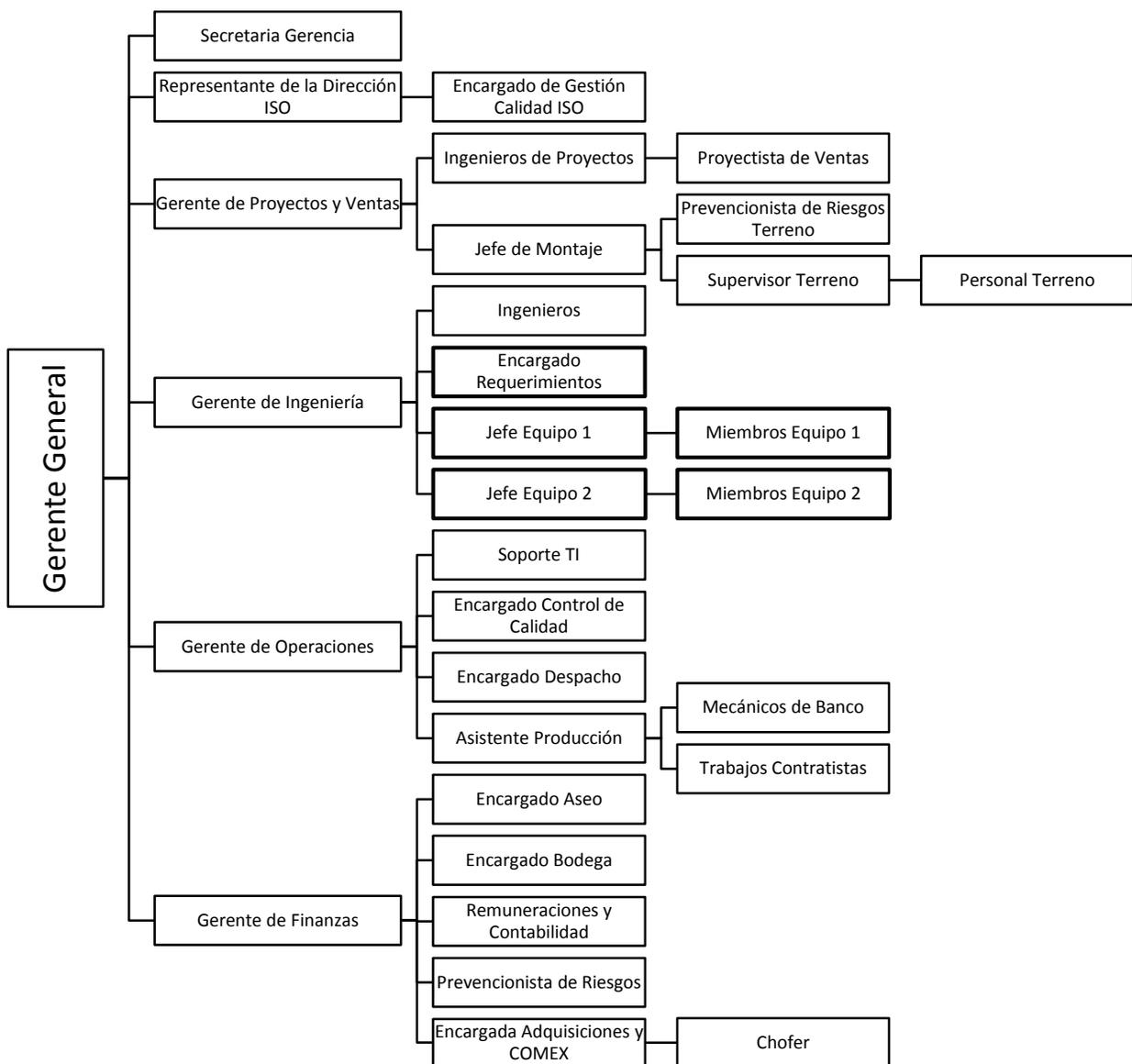


Ilustración 10 Estructura Organizacional Propuesta

6.1.1 Cambios a la Estructura Organizacional de la Empresa

6.1.1.1 Estructurar el Departamento de Ingeniería en Base a Equipos

La estructura actual del área de ingeniería es vertical y contempla solo un jefe de proyectistas que supervisa el trabajo de todos los dibujantes y que depende directamente del gerente de ingeniería.

La estructura propuesta plantea la existencia de múltiples equipos dentro del área de ingeniería, los que serán encabezados por un jefe de equipo que liderará las actividades de este y reportará directamente al gerente de ingeniería. El jefe de equipo sería el encargado de planificar la realización de actividades y tareas más detalladas, planificando por ejemplo la realización de planos, mientras el gerente de ingeniería es quien planifica la realización de determinados equipos o componentes, planificación de carácter más estratégico y de mediano a largo plazo.

Esto permitirá un escalamiento correcto del proceso de ingeniería de detalle, pudiendo considerar varios equipos que pueden especializarse en alguna de las líneas de productos de la empresa, y que permiten hacer frente de manera más eficiente a altas cargas de trabajo. En la estructura actual, cuando la carga de trabajo aumenta de manera importante se procede a la contratación de más personal – en particular, proyectistas e instrumentistas – pero se mantiene la misma estructura, con lo que el cargo de jefe de proyectistas y de jefe de instrumentistas se ve sobrepasado al deber monitorear y supervisar un número excesivo de recursos, actividades e información.

6.1.1.2 Transferir el Área de Instrumentación al Departamento de Ingeniería

El área de instrumentación pertenece en la actualidad al departamento de operaciones. En el rediseño propuesto de la organización, se propone trasladar esta especialidad al departamento de ingeniería como uno de los equipos de trabajo detallados en el punto anterior.

Así, igual que como se hizo con los equipos de proyectistas, se plantea la existencia de múltiples equipos de instrumentación para especializarse en diversas actividades o gestionar un mayor número de proyectos paralelos de mejor manera.

El área de tecnologías de información, que depende actualmente del jefe de instrumentación y control, dependerá directamente del gerente de operaciones.

6.1.1.3 Crear el Rol de Encargado de Requerimientos en el Departamento de Ingeniería

Debido a la introducción de actividades de realización de criterios de diseño y elaboración de documentos, y de especificación de requerimientos para cada plano o documento a producir, es necesario que alguien se haga responsable de estas actividades. Por ello se plantea la creación del rol de “encargado de requerimientos”,

quien confeccionará los requerimientos específicos de cada documento y, dentro de lo posible, participará de los procesos de revisión de los planos para confirmar que los planos cumplen con el listado de requisitos definido. Este rol no implica un puesto excluyente respecto de otros roles, de hecho en principio se contempla que este rol sea realizado por los jefes de equipo correspondientes.

6.2 Rediseño de Sistemas de Información

La definición de requerimientos de los sistemas de información que soportarán el proceso rediseñado se hará a través del uso de diagramas de caso de uso (*use-case*), considerados una herramienta básica en la definición de requerimientos funcionales de sistemas y herramientas de software. Si bien los casos de uso pueden detallar un número excesivo de detalles y no proveer información valiosa para el análisis, los diagramas de caso de uso permiten obtener una visión de mayor nivel del sistema y muestran una representación gráfica simplificada de lo que el sistema debe hacer [41]. Los casos de uso definidos y los actores mostrados describen como un usuario utiliza el sistema, definiendo lo que el sistema debe ser capaz de hacer, sin extenderse en detallar cómo funciona este internamente.

Para efectos de estos diagramas, se utilizarán los conceptos definidos en UML 2.0 (*Unified Modelling Language*) [42]:

- **Actor:** especifica un rol jugado por un usuario o cualquier otro sistema que interactúa con el sujeto. Puede ser una persona, un software o un equipo.
- **Caso de uso:** lista de pasos que definen interacciones entre un actor y un sistema y que apuntan a la realización de un objetivo.
- **Sistema:** un grupo de unidades de software o hardware relacionadas, dedicadas a una misma aplicación.

Los casos de uso son identificados en los diagramas UML por óvalos con texto, mientras los actores son identificados por figuras humanas. Líneas sólidas

6.2.1 Propuesta de Estructura de la Información

Considerando los puntos críticos relevados durante las entrevistas en el levantamiento de proceso, se hace evidente que la estructura usada para organizar la información de los proyectos puede ser mejorada con el fin de ordenar de mejor forma la gran cantidad de documentos que se generan.

De acuerdo a lo anterior, se propone incorporar un nuevo nivel a la estructura de información ubicado entre los niveles de documento y de subOT. Se propone registrar también equipos (o sub-equipos o componentes, de forma indistinta) que correspondan a una misma subOT, y asignar planos, diagramas y documentos directamente a un equipo o componente.

Existe una salvedad a esta estructura, y es la existencia de documentos generales a un proyecto, a una OT o a una subOT. Por ejemplo, los manuales de operación son propios de una OT y no de un componente del proyecto. Estos documentos deberán ser asignados a un componente denominado “oo” el que agrupará las informaciones pertenecientes al conjunto de los sub-equipos.

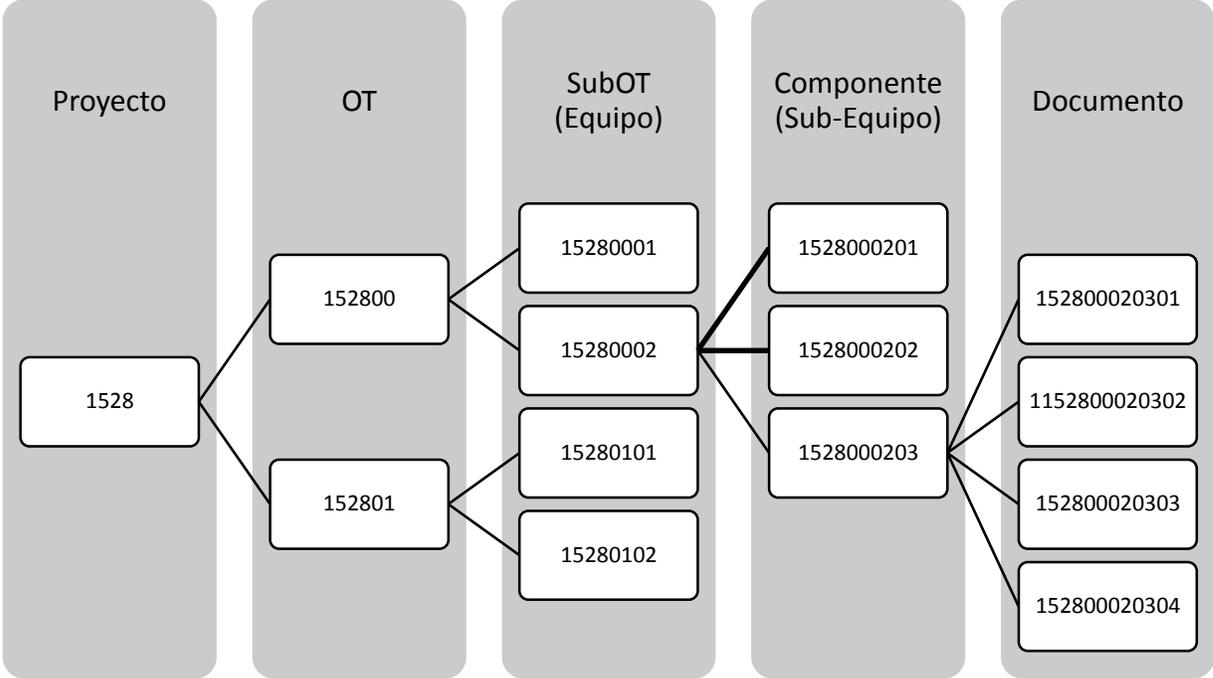


Ilustración 11 Propuesta de Estructura de la Información

Bajo esta estructura, los proyectos se identificarían con por un número de cuatro dígitos, las OT por uno de seis dígitos, las subOT o equipos por uno de ocho dígitos, los componentes por un número de diez dígitos y los documentos se identificarían con un número de doce dígitos.

6.2.2 Plataforma de Almacenamiento de Documentos Técnicos

Para la creación y almacenamiento de los documentos tales como planos, diagramas, manuales y otros, no será necesaria la realización de una nueva infraestructura o sistema de información.

Se continuará usando un registro híbrido: todos los documentos de texto y hojas de cálculo a generar se harán, dentro de lo posible, en la suite de productividad de Google Drive; los documentos como normativas, archivos PDF, documentos enviados por el cliente, todo documento de AutoCAD e Inventor y otros documentos que no puedan ser editados en la plataforma de Google serán almacenados en el servidor de la empresa.

6.2.3 Plataforma de Registro de Documentos Técnicos

Para soportar las etapas del proceso rediseñado que contemplan automatización de tareas y para poder mantener la información de documentos, requerimientos y listados de compras críticas centralizado, será necesario desarrollar una plataforma en la que se puedan realizar dichas actividades.

6.2.3.1 Identificación de Actores del Sistema

Los actores que interactuarán con el sistema son:

- Gerente de ingeniería
- Ingenieros
- Jefes de equipos
- Miembros de equipos
- Encargado de requerimientos
- Cliente (o destinatario del documento)

6.2.3.2 Identificación de Casos de Uso del Sistema

Los casos de uso que debe soportar correctamente el sistema son los siguientes:

- Registro de un documento
- Modificación de registro de un documento
- Eliminación de registro de un documento
- Registrar los requerimientos de un documento
- Liberar un documento (aprobar y enviar)
- Recibir notificación de documento liberado

6.2.3.3 Diagrama de Casos de Uso

Este diagrama presenta los requerimientos dinámicos o funcionales del sistema, es decir, especifica cómo debe comportarse el sistema con respecto a los actores externos que interactúan con él. Por tanto, no se definen principios ni requerimientos de funcionamiento internos, los cuales deben ser determinados en etapas siguientes de la definición de sistemas.

Este sistema es mencionado en la descripción de actividades como hoja de cálculo “Listado de Documentos Técnicos”, y ha sido proyectado como una planilla de Google en la que se han incorporado funcionalidades avanzadas gracias al uso de Google Apps Script para extender las aplicaciones.

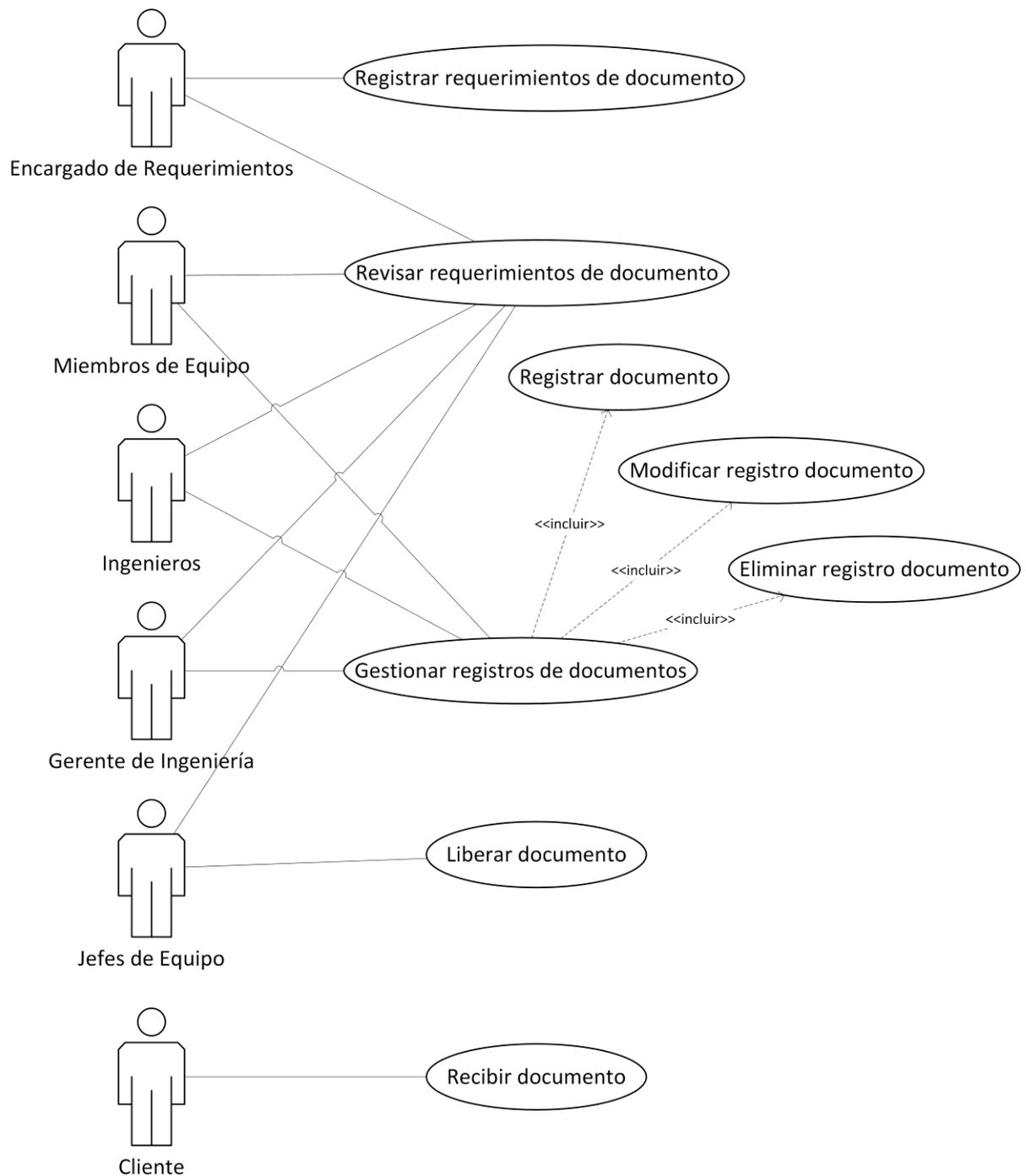


Ilustración 12 Diagrama de Caso de Uso de Plataforma de Registro de Documentos

De acuerdo a lo anteriormente especificado, el sistema debe soportar todos los casos de uso señalados y poder ofrecer acceso a ciertos casos de uso sólo a algunos usuarios. Debido a este último requerimiento (el de incorporar elementos de autenticación y de control de acceso), se propone utilizar los documentos de Google Drive como base para la plataforma.

6.3 Plan de Trabajo para la Implementación del Rediseño

La correcta implementación de un nuevo proceso de negocios o de un rediseño de un proceso es crucial para el éxito del proyecto. Sin embargo, muchas empresas tienden a utilizar metodologías tradicionales de implementación y tardan mucho tiempo en que las verdaderas innovaciones se vean implementadas, por lo que los resultados no llegan y el proyecto pierde apoyo [43].

Basado en los estudios de caso realizados por Michael Hammer, se evidencia que uno de los problemas recurrentes en las fases de implementación “suponer que las especificaciones iniciales de la innovación operacional serán precisas y completas” [43]. Se sugiere, entonces, que la implementación se realice de manera iterativa y por etapas, evaluando al cabo de cada fase los resultados obtenidos y mejorando las especificaciones correspondientes a la etapa siguiente. Según reporta Hammer, las experiencias positivas de las empresas se dan principalmente cuando los cambios más rápidos de implementar – en general los cambios de estructura organizacional y de orden de las etapas – se realizan en las primeras fases, y los cambios que toman más tiempo – como la implementación de sistemas informáticos y cambios en la infraestructura usada – se implementan en las fases siguientes como complemento de las primeras etapas.

En base a lo anterior, se ha definido la siguiente propuesta de plan de implementación, que servirá de guía para planificar en mayor detalle la implementación del rediseño:

Tabla 4 Plan de Implementación del Rediseño Propuesto

<i>Etapa</i>	<i>Descripción</i>	<i>Duración</i>
1	Comunicación a la organización. Se realizan reuniones y talleres para informar de la implementación, minimizar la resistencia al cambio e involucrar al personal en el proceso.	4 semanas
2	Reestructuración de responsabilidades. Se procede a implementar los cambios organizacionales más rápidos transfiriendo el área de instrumentación a ingeniería.	1 semana
3	Introducción de nuevas actividades de especificación de equipos, definir rol o asignar a rol existente. Definir medio a utilizar para registrar estas especificaciones. Verificar que se utilizan como elemento de entrada en la elaboración de planos, lo que debiese disminuir las incongruencias entre documentos relacionados.	2 semanas
4	Crear rol encargado de supervisar criterios de diseño y de elaboración de documentos. Realizar criterios de diseño e incorporar la conformidad con estos documentos a los requisitos de ingeniería de detalle. Asegurarse que los documentos que detallan estos criterios son entendidos por todos los involucrados y de fácil acceso. Revisar que estos criterios se utilicen y verificar beneficios obtenidos.	2 semanas

Etapa	Descripción	Duración
5	Incorporar actividad de definición de requerimientos por plano y/o documento al flujo de actividades. Este proceso puede ser soportado por herramientas ya en uso, como las carpetas de proyecto en servidor de red, previo a la implementación de la plataforma descrita en 6.2.	2 semanas
6	Desarrollar e implementar la plataforma de gestión de documentos descrita en el punto 6.2, de manera simultánea en las áreas de instrumentación y de proyectistas. Incorporar la nueva estructura de información junto con la introducción de la plataforma. Esto automatiza el envío de documentos descrito en el rediseño.	4 semanas
7	Introducción de nueva metodología de gestión de proyectos basada en metodología ágil, en equipo de proyectistas, equipo de ingeniería y equipo de instrumentistas. Definir líderes de equipo y realizar planificación y gestión de nuevos proyectos en base a la nueva metodología.	4 semanas
8	Alineación de estructura de departamento de ingeniería para soportar existencia de múltiples equipos. Definición de roles y replanteamiento de tareas de cargos tradicionales, para definir una estructura jerárquica y cambios rotación de recursos y roles de determinarse necesario. Este es probablemente el cambio que enfrentará mayor resistencia, pues la distribución del trabajo y de las tareas, así como las responsabilidades, cambian de manera importante.	4 semanas

Se recomienda además realizar reuniones y talleres entre cada nueva etapa, para recibir comentarios y *feedback* de los actores involucrados, de modo de planear de mejor manera las etapas de la implementación pendientes y evaluar cada etapa de la implementación.

6.4 Indicadores de Desempeño Posteriores al Rediseño

Para poder evaluar y monitorear el desempeño del nuevo proceso, y de este modo desarrollar iniciativas de mejora continua basadas en datos bien fundados, es necesario definir indicadores de desempeño para el proceso de ingeniería de detalle y poner en marcha los mecanismos de medición necesarios.

Es relevante recordar que para el desarrollo de este trabajo de título se contó con pocos indicadores, tomándose finalmente como indicador principal los registros de Productos No Conformes que se registran en el proceso de PNC del área de Gestión de Calidad. Este indicador, bien que una métrica del nivel de errores que existen en el proceso, no logra capturar otras variables de desempeño que pueden servir en los procesos de revisión de las actividades.

Definir e implementar indicadores apropiados parece obvio y necesario, sin embargo en la literatura se hace evidente que esta tarea es compleja y poco evidente. Especialmente en el caso de diseño en empresas en que el rendimiento es de suma importancia, y en particular en fases de diseño distribuido y en las interacciones entre diseño y manufactura, métricas apropiadas para controlar, medir y evaluar los procesos aún no han sido desarrolladas [14].

Luego de revisar la literatura disponible, en particular en relación con compañías ETO, pareciera ser que son dos los indicadores a implementar: el tiempo de proceso o entrega (en este caso, el tiempo de proceso de un documento desde que se recibe la solicitud hasta su entrega), y la tasa de errores que se cometen.

Para el primer indicador señalado, es necesario poner en marcha metodologías apropiadas de gestión de proyectos que permitan controlar los tiempos de proceso de los documentos. En primera instancia, bastaría con registrar en el propuesto “Listado de Documentos Técnicos” la fecha de solicitud y la fecha real de entrega del documento, con lo que se obtiene una aproximación del tiempo de proceso de cada documento.

Para el segundo indicador no basta con el registro de PNC actualmente disponible, sino que es necesario conocer cuáles documentos han sido identificados como no conformes de modo de poder evaluar los porcentajes de documentos que no cumplen los requisitos, ordenando por proyecto, fecha, o tipo. Por lo tanto, se recomienda extender el registro de Productos No Conformes existente para poder asociar un PNC a un documento en particular.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1 Evaluación Económica del Proyecto de Rediseño

7.1.1 Cuantificación de Beneficios por Reducción de PNC

El rediseño de proceso se ha centrado en eliminar o mitigar seis causas principales de Productos No Conformes. Estas son, en orden decreciente de incidencia:

1. Requerimientos de documento incompletos
2. Inexistencia de criterios de diseño formales
3. Se considera que información es obvia/evidente
4. Cambios a diseños no son probados en su contexto
5. Planos son liberados antes de consensuar diseño
6. No se realizó plano de conjunto

Juntas son responsables del 81,9% de los Productos No Conformes detectados en el área de Ingeniería. Sobre el total de PNC registrados entre julio de 2013 y junio de 2014, corresponden al 31,7% de todos los registros. De acuerdo al rediseño planteado, estas causas de no conformidad son removidas del proceso, aunque el error humano aún existe.

Los errores humanos fueron considerados dentro del análisis de causa raíz de los PNC de ingeniería, contando en total siete registros de los 94 de ingeniería – es decir, un 7,4%. Esta tasa se considera difícil de reducir, ya que los errores humanos son más difíciles de controlar y responden a un sinnúmero de factores que escapan al alcance de la empresa.

De acuerdo a lo anterior, se estima que la implementación del rediseño reducirá el número de Productos No Conformes de ingeniería en un 81,9%. Considerando un número de PNC de 94 registros sobre once meses, se asume que el número de PNC esperado en un periodo de doce meses (conservando la carga de trabajo del último año) será de 103 no conformidades, de los cuales el 81,9% equivale a 84 Productos No Conformes.

Por otro lado, la empresa ha facilitado información que permite estimar el costo promedio que tiene un PNC del área de ingeniería. En cuanto al tiempo de resolución, considerando que esto consume horas-hombre de distintos recursos incluyendo al gerente de ingeniería, se estima que cada PNC cuesta UF\$3,2. Al precio considerado de la UF de CLP\$24.000, el costo de analizar y dar respuesta a un PNC es de CLP\$76.800.

Por otro lado, el análisis de causa raíz de los PNC incluyó la determinación de si cada registro había implicado la modificación de planos ya realizados, lo cual tiene un costo

estimado de UF\$1,275 o CLP\$30.600 por cada modificación. En total, 45 de los registros implicaron el reproceso de un documento, plano o diagrama, lo que elevó el costo promedio por PNC en CLP\$14.649.

Esto se traduce en que el costo promedio por PNC en términos de tiempo de respuesta y tiempo de reproceso de documentos, que impactan directamente en el uso de recursos de ingeniería, es de CLP\$91.449 o UF\$3.81. Esto, sin considerar otros costos externos al proceso de ingeniería de detalle como la compra de nuevos materiales, el reproceso de piezas ya fabricadas y el impacto en la percepción de calidad del cliente.

Tomando en consideración todo lo anterior, se estima que la reducción anual de costos asociados al tratamiento de PNC dentro del proceso de ingeniería de detalle es de UF\$320,1 o CLP\$7.681.716.

7.1.2 Cuantificación de Costos de Implementación del Rediseño

Los costos de implementación de los rediseños corresponden en general a los costos de desarrollo de los sistemas necesarios para soportar los nuevos procesos. En el caso del rediseño propuesto, estos costos no son particularmente elevados.

El desarrollo de la plataforma de registro de documentos es el costo más importante en este aspecto. La herramienta disponible en la actualidad (una hoja de cálculo de Google simple) no permite automatizar tareas o asignar números de documento de forma automática, ni tampoco permite notificar al cliente una vez que los documentos han sido aprobados. Usando la plataforma de Google Apps for Business y Google Apps Script, herramientas que ya han sido usadas por el área de operaciones para desarrollar la plataforma de Producto No Conforme y la herramienta de transmisión de documentos, se estima que el tiempo necesario para desarrollar una aplicación que cumpla con los requisitos funcionales descritos en el capítulo 6 es de dos semanas a tiempo completo. Usando los costos de hora-hombre del recurso encargado de la programación de los sistemas, esto corresponde a un costo total de CLP\$600.000. Por otro lado Google Apps for Business posee una opción gratuita actualmente en uso por la empresa, y la creación de la plataforma usando Google Apps Script no involucra gastos adicionales de licencias o costos por servicio.

Otro costo que podría ser incluido en este apartado es el costo de las licencias de software de gestión de proyecto, aunque estas herramientas son opcionales y las metodologías propuestas de gestión de proyectos, y los requisitos que se establecen sobre esta actividad en el proceso rediseñado, no exigen el uso de software especial. En efecto, estas metodologías de gestión pueden ser conducidas utilizando notas, *post-its*, y listados simples.

Considerando entonces el costo de desarrollo de la única herramienta necesaria para la implantación del rediseño, el costo total de implementación asciende a CLP\$600.000. Este bajo costo es una de las ventajas de utilizar las plataformas que ya se encuentran

implementadas en la empresa (como los documentos colaborativos de Google) y de no modificar algunas etapas del proceso que involucran herramientas altamente específicas (como el tipo de software usado en la elaboración de los planos).

7.1.3 Contraste Entre Beneficios y Costo Esperados del Proyecto

Luego de realizar la estimación de costos y beneficios del proyecto, se recomienda a la empresa avanzar hacia la etapa de implementación del proyecto. Esta conclusión es clara considerando el costo esperado del proyecto de \$600.000, costo único en el tiempo, y los beneficios económicos evaluados en CLP\$7.681.716 anuales. Si además se tiene en consideración que la reducción de PNC de ingeniería tiene externalidades positivas en los costos de reproceso de equipos ya fabricados y en la compra de más insumos para costear los reprocesos, los beneficios del proyecto son en realidad mayores a los proyectados.

Es recomendable que se haga una evaluación más acuciosa sobre los costos de la implementación en términos de horas-hombre invertidas en los cambios organizacionales, una vez que se tenga más claridad de las actividades a realizar en cada etapa de la implementación, tales como talleres, reuniones, capacitaciones, entre otros.

7.1.4 Estimación de Reducción de Tiempo de Proceso

Del total de registros de PNC de ingeniería, fueron 67 los que causaron algún tipo de retraso en los procesos que dependen de los documentos de ingeniería de detalle. Calculando la cantidad de días entre la detección de un PNC y su respuesta (y considerando que el sistema notifica automáticamente a todos los gerentes al momento de registrar un nuevo PNC), se ha determinado que el promedio de días de atraso que producen estos PNC es de 9,7 días cada uno. La cifra anterior no considera el tiempo que tarda en aplicarse la respuesta dada, de palabra y por escrito, a cada PNC, por lo que el tiempo de atraso generado es ciertamente mayor.

Colectivamente, estos PNC han significado un total de 649,9 días de atraso repartidos en los proyectos desarrollados entre julio de 2013 y junio de 2014. Tomando en consideración que las órdenes de compra conllevan generalmente multas por atrasos de un promedio de 0,5% del precio de venta por cada día de atraso en la entrega de suministros, un atraso de 10 días (promedio de tiempo de respuesta de un PNC) en la entrega de un equipo o parte genera un aumento en el costo (debido a la multa por atraso) de un 5%.

Debido a que la repartición de estos tiempos de espera es difícil de determinar, no es posible obtener una estimación más clara de los atrasos reales generados por proyecto. Sin embargo, es importante notar que estos atrasos pueden aplicar a un número indeterminado de equipos, en cuyo caso serían atrasos de procesos paralelos y no necesariamente secuenciales, por lo que el impacto de estos atrasos es seguramente menor a la cifra calculada. Cabe notar, de todos modos, que cada PNC bloquea de forma

estricta los procesos pues ningún equipo detectado como no conforme puede continuar con el proceso de diseño y fabricación hasta que la no conformidad detectada es tratada y corregida.

Por otro lado, la reestructuración del proceso de Ingeniería de Detalle generará beneficios al disminuir el tiempo de proceso general de los documentos y planos. Lo anterior, debido a dos motivos principales:

- La eliminación del doble proceso de revisión de los documentos realizados, lo cual genera una reducción en el costo de realización de cada documento de un 15%, y una reducción promedio en el costo de desarrollo de cada proyecto del 1,5%.
- La sistematización y estandarización de criterios de diseño y elaboración, lo cual lleva a un proceso de diseño de equipos más eficiente y que permite capitalizar el conocimiento desarrollado en otros proyectos de manera más transversal a la compañía. Una vez elaborados los criterios de diseño de varios equipos estándar, la realización de numerosos planos no requerirá la definición de criterios específicos más allá de cambios de dimensiones y cotas, pues todos los demás criterios ya se encuentran definidos y especificados.

A pesar de que no se cuenta con datos precisos sobre el tiempo empleado en buscar la información necesaria para realizar un documento, en comparación con el tiempo empleado en efectivamente realizarlo, es posible hacer una estimación al respecto basado en las apreciaciones de los funcionarios de Enercom S.A.

Según señalan proyectistas e ingenieros de la Gerencia de Ingeniería, al comenzar la realización de un solo documento – fase posterior al inicio del proyecto – se invierte aproximadamente un 50% del tiempo buscando referencias, medidas necesarias, cotas y restricciones impuestas por el espacio físico disponible para el proyecto, entre otros datos necesarios para la correcta realización del documento. De este modo, reduciendo este tiempo de búsqueda de información en un 40% se lograría una reducción adicional en el costo de desarrollo de documentos de un 20%. Lo anterior, suponiendo que algunas informaciones no podrán ser estandarizadas para todos los proyectos y que deberán explicitarse durante la etapa de definición de criterios de diseño específicos para el documento durante la etapa de “Determinación de Requerimientos por Plano”, limitando la reducción lograda en el tiempo de proceso.

7.2 Dificultades Encontradas

En la literatura se identifican los largos tiempos de entrega de los proyectos como una de las causas de costos elevados y que introducen incertidumbre al proceso de diseño y fabricación de equipos. Como señalan Elfving, Tommelein y Ballard [13], existe en las empresas de ETO un círculo vicioso en el proceso de entrega de productos, en el que un tiempo mayor de fabricación genera mayor incertidumbre de ingeniería, lo cual a su vez

produce mayores tiempos de proceso en fabricación. Esto se resume en el diagrama siguiente.

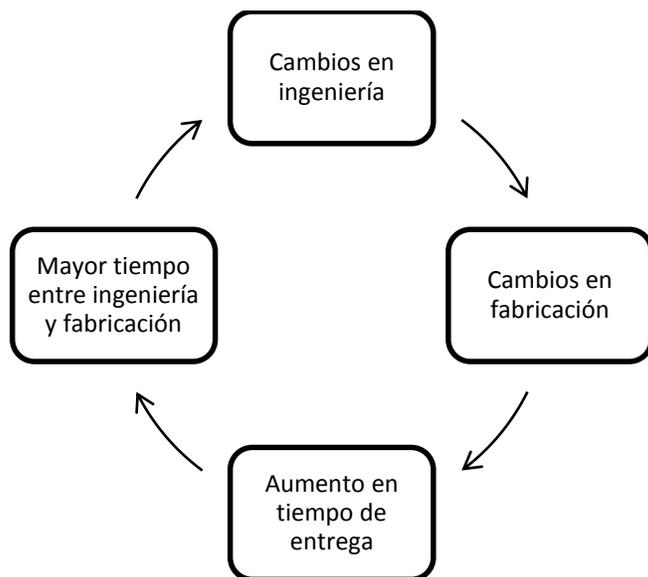


Ilustración 13 Círculo Vicioso del Proceso de Entrega de Productos en Empresas ETO

Esta negativa interacción entre diseño y manufactura es una muestra de lo compleja que es la relación entre estos dos procesos, y es un indicador del impacto que los problemas en la interfaz entre ambos procesos pueden tener.

Durante el rediseño del proceso actual de ingeniería de detalle, se tuvo particular atención en disminuir la incertidumbre del proceso, a través de la incorporación de actividades de definición de requerimientos y de la toma de decisiones relevantes a nivel de equipo y sub-equipo antes de proceder a la realización de los planos y diagramas. Sin embargo existe una incertidumbre alta inherente a la flexibilidad que debe mostrar la empresa frente a sus clientes, a los cambios en la carga de trabajo y a los cambios de especificación que sufren los proyectos durante su proceso. Por ende es primordial equilibrar una excesiva especificación prematura de los diseños contra la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios del entorno. Este equilibrio es particularmente difícil de definir de manera precisa sin conocer las especificidades de cada proyecto y sin poseer los conocimientos técnicos y mecánicos propios de la industria

Otra de las dificultades encontradas, sobretodo en el desarrollo inicial de este trabajo, es la falta de indicadores apropiados para medir el desempeño de los procesos (con el fin de seleccionar el proceso objeto del proyecto de desarrollo) y el desempeño del proceso rediseñado. Como se confirma en la literatura, el problema de la falta de indicadores pertinentes para los procesos de diseño o ubicados en la interfaz entre diseño y manufactura se presenta en prácticamente todas las compañías del sector ETO. Más aún, la pregunta de qué tan rápido puede llegar a ser un proceso sin afectar la calidad del mismo es prácticamente imposible de responder [13].

7.3 Aplicabilidad de BPR en Empresas del Tipo ETO

El rediseño de procesos ha sido considerado como un motor de cambios radicales y profundamente estructurales de las organizaciones, aumentando de forma importante las utilidades de la empresa y modificando su manera de operar. Esta visión altamente revolucionaria se vuelve prácticamente inalcanzable al aplicar BPR en empresas de diseño a la medida, debido a las características únicas y a la complejidad de los productos vendidos, lo que muchas veces involucra el uso de redes de apoyo y la intervención de numerosos actores en el proceso de creación de valor [14]. La realización de este trabajo confirma algunos elementos mencionados en la literatura y recopilados en el marco conceptual, que son característicos respecto de la aplicación de proyectos de rediseño de procesos en empresas de diseño a la medida o ETO.

Lo primero, es que las metodologías existentes de BPR no consideran elementos de gestión de riesgo, ni existen mejores prácticas que permitan lidiar con este factor de forma clara. El problema se produce porque, al trabajar las empresas como Enercom S.A. en base a proyectos, deben considerar en sus evaluaciones los factores de riesgo que los proyectos poseen, así como gestionar apropiadamente los contratos que establecen seguros y garantías entre proveedores y clientes. Este aspecto de la metodología de mejora de proceso escogida habría limitado el impacto del proyecto de haberse realizado en procesos que lidian con niveles mayores de riesgo, como el proceso de cobranza del área de finanzas.

Lo segundo, se releva de la inherente complejidad de implementar proyectos de rediseño de procesos a través de empresas colaboradoras o incluso distintas unidades de negocio al interior de la empresa. En particular, esto habría mermado de forma considerable el impacto de un proyecto de BPR en el proceso de montaje de los equipos – proceso altamente dependiente de la colaboración con otras empresas –, llevando finalmente a un fracaso del proyecto al no poder asegurar el éxito del proceso.

No obstante lo anterior, la realización de este trabajo en un proceso interno y perteneciente a una única área funcional de la empresa, ha permitido validar que el rediseño de procesos es útil y aplicable en la reconfiguración de procesos unitarios e internos a las organizaciones [14]. La literatura señala que una aplicación apropiada de rediseño de procesos en los proyectos produce importantes beneficios en eficiencia, al poner el foco sobre procesos claves.

Para que los proyectos de rediseño sean exitosos se deben tener en cuenta algunas consideraciones. Una adecuada gestión de los recursos humanos y del cambio organizacional es primordial para el éxito del proyecto, mientras que enmarcar el proyecto en una filosofía de gestión organizacional ayuda en la toma de decisiones y es esencial para que la aplicación de mejores prácticas sea efectiva.

En particular, se pudo constatar que en Enercom S.A. los individuos presentan altos grados de empoderamiento al interior de los procesos, debido fundamentalmente al profundo conocimiento técnico que requieren puestos como los jefes de proyectistas, el asistente de fabricación o el jefe de instrumentación. Este empoderamiento de los individuos por sobre la importancia de los roles organizacionales es uno de los elementos que dificultan la implementación de BPR en las organizaciones [14]. Por lo tanto, la gestión del cambio organizacional y el uso de habilidades de comunicación serán vitales en las etapas venideras de implementación y mejora continua del proceso.

Finalmente, es de suma importancia enmarcar los esfuerzos de rediseño de procesos en una visión del proyecto y del proceso futuro. Esta visión, que puede ser una de las tantas filosofías de mejora organizacional como *Total Quality Management*, *Lean Management* o *Seis Sigma*, es una condición necesaria para que la aplicación de mejores prácticas en BPR resulte efectiva [33].

Así, tomando en cuenta las consideraciones enunciadas previamente y limitando los alcances del proyecto a impactar procesos unitarios y pertenecientes a una única unidad de negocio, es posible desarrollar proyectos de rediseño de procesos que mejoren de manera significativa la eficiencia y eficacia del proceso, y, por consiguiente, mejoren la posición competitiva de la empresa.

Capítulo 8

Bibliografía

- [1] J. Gosling y M. M. Naim, «Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda,» *International Journal of Production Economics*, vol. 122, n^o 2, pp. 741-754, 2009.
- [2] C. Forza y F. Salvador, «Managing for variety in the order acquisition and fulfilment process: The contribution of product configuration systems,» *International Journal of Production Economics*, vol. 76, n^o 1, pp. 87-98, 2002.
- [3] G. Amaro, L. Hendry y B. Kingsman, «Competitive advantage, customisation and a new taxonomy for non make-to-stock companies,» *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 19, n^o 4, pp. 349-371, 1999.
- [4] C. Hicks, T. McGovern y C. Earl, «Supply chain management: A strategic issue in engineer to order manufacturing,» *International Journal of Production Economics*, vol. 65, n^o 2, pp. 179-190, 2000.
- [5] S. Hoekstra, J. Romme y S. Argelo, *Integral logistic structures: developing customer-oriented goods flow*, Londres: McGraw-Hill Book Co Ltd, 1992.
- [6] J. B. Naylor, M. M. Naim y D. Berry, «Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain,» *International Journal of Production Economics*, vol. 62, n^o 1, pp. 107-118, 1999.
- [7] B. Yang y N. Burns, «Implications of postponement for the supply chain,» *International Journal of Production Research*, vol. 41, n^o 9, pp. 2075-2090, 2003.
- [8] J. Olhager, «Strategic positioning of the order penetration point,» *International Journal of Production Economics*, vol. 85, n^o 3, pp. 319-329, 2003.
- [9] J. Wikner y M. Rudberg, «Integrating production and engineering perspectives on the customer order decoupling point,» *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 25, n^o 7, pp. 623-641, 2005.
- [10] C. Hicks, T. McGovern y C. F. Earl, «A typology of UK engineer-to-order companies,» *International Journal of Logistics*, vol. 4, n^o 1, pp. 43-56, 2001.

- [11] C. Bozarth y S. Chapman, «A contingency view of time-based competition for manufacturers,» *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, n° 6, pp. 56-67, 1996.
- [12] Secretaría Central de ISO, «Norma Internacional ISO9001 - Sistemas de gestión de la calidad,» Secretaría Central de ISO, Ginebra, 2008.
- [13] J. Elfving, I. D. Tommelein y G. Ballard, «Reducing lead time for electrical switchgear,» *Proceedings of the 10th Annual Conference International Group in Lean Construction (IGLC 10)*, Gramado, Brazil, pp. 237-250, 2002.
- [14] N. S. Cameron y P. M. Braiden, «Using business process re-engineering for the development of production efficiency in companies making engineered to order products,» *International Journal of Production Economics*, vol. 89, n° 3, pp. 261-273, 2004.
- [15] S. Aguirre Mayorga, «Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos,» *AD-Minister*, n° 10, pp. 21-32, 2012.
- [16] P. Harmon, *Business process change: a manager's guide to improving, redesigning, and automating processes*, San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003.
- [17] T. H. Davenport, *Process innovation: reengineering work through information technology*, Boston: Harvard Business Press, 1993.
- [18] S. S. Soin, *Total quality control essentials: Key elements, methodologies, and managing for success*, New York: McGraw-Hill, 1992.
- [19] M. E. Porter, *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*, New York: The Free Press, 1985.
- [20] S. Adesola y T. Baines, «Developing and evaluating a methodology for business process improvement,» *Business Process Management Journal*, vol. 11, n° 1, pp. 37-46, 2005.
- [21] H. J. Harrington, *Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness*, New York: McGraw-Hill, 1991.
- [22] B. Fisher, «Reengineering your business process,» *Journal of Systems Management*, vol. 47, n° 1, pp. 46-51, 1996.
- [23] J. A. Rodger y P. C. Pendharkar, «A BPR case study at Honeywell,» *Business*

Process Management Journal, vol. 7, n° 2, pp. 85-99, 2001.

- [24] M. Hammer y J. Champy, *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*, Harper Collins: New York, 1993.
- [25] T. H. Davenport y J. Short, «The new industrial engineering: Information technology and business process redesign,» *Sloan Management Review*, vol. 31, n° 4, pp. 11-27, 1990.
- [26] M. Hammer, «Reengineering work: Don't automate, obliterate,» *Harvard Business Review*, vol. 68, n° 4, pp. 104-112, 1990.
- [27] N. Venkatraman, «IT-induced business reconfiguration,» *The Corporation of the 1990s. Information Technology and Organizational Transformation*. Oxford University Press, New York, pp. 122-158, 1991.
- [28] E. Escalante, *Seis sigma: metodología y técnicas*, México: Editorial Limusa, 2006.
- [29] H. Smith y P. Fingar, *Business process management: the third wave*, Tampa: Meghan-Kiffer Press, 2003.
- [30] R. B. Handfield, *Re-engineering for Time-based Competition: Benchmarks and Best Practices for Production, R & D, and Purchasing*, Westport, CT: Quorum Books, 1995.
- [31] T. Wegelius-Lehtonen y S. Pahkala, «Developing material delivery processes in cooperation: an application example of the construction industry,» *International Journal of Production Economics*, vol. 56, pp. 689-698, 1998.
- [32] W. J. Hopp y M. L. Spearman, *Factory Physics: Foundation of Manufacturing Management*, Boston: McGraw-Hill, 1996.
- [33] H. A. Reijers y S. L. Mansar, «Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics,» *Omega*, vol. 33, n° 4, pp. 283-306, 2005.
- [34] Enercom S.A., «P-ING-02 Procedimiento de Ingeniería de Detalle R7,» 2013.
- [35] N. R. Tague, *The Quality Toolbox*, Milwaukee: ASQ Quality Press, 2005.
- [36] K. Ishikawa, «Guide to quality control,» *Asian Productivity Organization*, 1982.

- [37] F. H. Gregory, «Cause, Effect, Efficiency & Soft Systems Models,» *Journal of the Operational Research Society*, vol. 44, n^o 4, pp. 333-344, 1992.
- [38] ISO, « Information processing -- Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts,» 1985.
- [39] W. M. Van Der Aalst, «Workflow verification: Finding control-flow errors using petri-net-based techniques,» de *Business Process Management*, Berlin, Springer Berlin Heidelberg, 2000, pp. 161-183.
- [40] M. Hammer, «La auditoría de proceso,» *Harvard Business Review*, pp. 92-104, 2007.
- [41] G. A. Parker, «Use case diagrams in support of use case modeling: Deriving understanding from the picture,» *Journal of Database Management*, vol. 20, n^o 1, pp. 1-24, 2009.
- [42] Object Management Group, «OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure».
- [43] M. Hammer, «Cambio profundo,» *Harvard Business Review*, vol. 82, n^o 4, pp. 62-74, 2004.
- [44] W. J. Kettinger, J. T. Teng y S. Guha, «Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools,» *MIS Quarterly*, vol. 21, n^o 1, 1997.
- [45] R. S. Aguilar-Saven, «Business process modelling: Review and framework,» *International Journal of production economics*, vol. 90, n^o 2, pp. 129-149, 2004.

Capítulo 9

Anexos

9.1 Listado de Productos No Conformes de Ingeniería

El siguiente listado ha sido extraído de los registros de la empresa Enercom S.A. usados para detectar y solucionar los productos no conformes de manera global en la empresa. Se incluyen aquí solamente los PNC correspondientes al área de Ingeniería, y se ha excluido toda información detallada de cada PNC debido a que involucran información confidencial de la empresa.

Los PNC que no muestran días de respuesta, si provocó reproceso de piezas o modificación de plano se encontraban sin solucionar al momento de la realización de este trabajo.

<i>ID</i>	Causa	Días respuesta	Provocó reproceso	Modifica plano
384	Planos son liberados antes de consensuar diseño	44,8	Si	No
386	Cambios del cliente de última hora aceptados	28,0	Si	No
387	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,8	Si	Si
389	Inexistencia de criterios de diseño formales	7,1	Si	Si
390	Requerimientos de documento incompletos	43,2	Si	No
393	Se considera que información es obvia/evidente	7,9	No	Si
396	Inexistencia de criterios de diseño formales	34,9	Si	No
397	Planos son liberados antes de consensuar diseño	35,0	Si	No
399	Requerimientos de documento incompletos	20,3	No	No
404	Se considera que información es obvia/evidente	2,7	No	Si
406	Planos son liberados antes de consensuar diseño	5,8	No	Si
407	Requerimientos de documento incompletos	0,3	No	No
408	Error humano al calcular	0,1	No	No
413	Inexistencia de criterios de diseño formales	1,1	No	No
414	Requerimientos de documento incompletos	0,1	Si	No
415	Inexistencia de criterios de diseño formales	5,9	Si	No
416	No se realizó plano de conjunto	0,8	Si	No
419	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,0	No	No

ID	Causa	Días respuesta	Provocó reproceso	Modifica plano
426	Inexistencia de criterios de diseño formales	4,0	Si	No
430	Requerimientos de documento incompletos	71,3	Si	Si
432	Catálogos de proveedores desactualizados	0,5	Si	No
441	Planos no se realizan en el orden necesario	0,0	Si	No
442	Se considera que información es obvia/evidente	33,1	Si	Si
449	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,8	Si	Si
450	Requerimientos de documento incompletos	1,1	Si	Si
452	Se considera que información es obvia/evidente	0,0	Si	No
457	Requerimientos de documento incompletos	25,0	Si	No
460	Se considera que información es obvia/evidente	7,0	No	Si
461	Requerimientos de documento incompletos	7,0	Si	Si
464	Se considera que información es obvia/evidente	3,7	Si	No
465	Requerimientos de documento incompletos	0,1	Si	No
471	Requerimientos de documento incompletos	0,0	Si	Si
475	Inexistencia de criterios de diseño formales	43,1	Si	Si
476	Requerimientos de documento incompletos	0,0	Si	Si
477	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,0	Si	Si
478	No se realizó plano de conjunto	2,0	Si	No
483	Nuevas versiones no se envían oportunamente	0,3	No	No
489	Planos son liberados antes de consensuar diseño	0,0	Si	No
490	Se considera que información es obvia/evidente	0,0	No	No
491	Proveedor envía producto equivocado	4,9	Si	Si
493	Envío de documento equivocado	5,0	Si	Si
494	Olvida actualizar todas las medidas necesarias	5,8	Si	Si
495	Se considera que información es obvia/evidente	4,3	Si	Si
498	Nuevas versiones no se envían oportunamente	36,0	No	No
507	Requerimientos de documento incompletos	0,2	Si	Si
510	No se realizó plano de conjunto	0,9	Si	Si
517	Requerimientos de documento incompletos	12,7	Si	Si
519	Requerimientos de documento incompletos	0,2	Si	No

ID	Causa	Días respuesta	Provocó reproceso	Modifica plano
520	Requerimientos de documento incompletos	0,1	No	Si
524	No se realizó plano de conjunto	3,2	Si	Si
525	Requerimientos de documento incompletos	2,9	Si	Si
527	Inexistencia de criterios de diseño formales	2,1	No	Si
528	Inexistencia de criterios de diseño formales	1,0	No	Si
535	Se considera que información es obvia/evidente	0,1	No	No
538	Falla de la impresora o plotter	0,1	Si	No
540	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,8	No	No
543	Requerimientos de documento incompletos	0,1	No	No
546	Requerimientos de documento incompletos	0,1	Si	No
549	Inexistencia de criterios de diseño formales	2,1	Si	No
551	Planos son liberados antes de consensuar diseño	0,1	Si	Si
552	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,7	Si	Si
553	Cambios a diseños no son probados en su contexto	0,7	Si	Si
556	Catálogos de proveedores contienen errores	2,5	Si	No
557	Requerimientos de documento incompletos	2,5	Si	No
562	Inexistencia de criterios de diseño formales	77,7	Si	Si
564	Requerimientos de documento incompletos	3,0	Si	No
565	Error humano en la medición al fabricar	0,2	Si	No
570	Nuevas versiones no se envían oportunamente	0,7	No	No
572	Requerimientos de documento incompletos	46,3	Si	No
575	Cambios a diseños no son probados en su contexto	0,1	Si	Si
576	Requerimientos de documento incompletos	0,1	Si	Si
577	Error humano al calcular	1,2	Si	Si
578	Cambios a diseños no son probados en su contexto	24,9	Si	Si
580	Cambios a diseños no son probados en su contexto	0,1	Si	Si
587	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,0	Si	No

ID	Causa	Días respuesta	Provocó reproceso	Modifica plano
588	Olvida actualizar todas las medidas necesarias	1,0	Si	Si
590	Inexistencia de criterios de diseño formales	7,1	Si	Si
596	Requerimientos de documento incompletos	0,2	Si	Si
597	Se considera que información es obvia/evidente	2,3	No	No
599	Requerimientos de documento incompletos	2,3	No	No
601	No se modifican todos los documentos impactados por cambio	19,7	Si	Si
605	Cambios a diseños no son probados en su contexto	1,8	Si	No
606	Requerimientos de documento incompletos	0,0	Si	No
609	Se considera que información es obvia/evidente	34,9	No	No
610	Proveedor envía producto equivocado		No	No
621	Requerimientos de documento incompletos	14,8	Si	No
626	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,1	Si	Si
627	Inexistencia de criterios de diseño formales	8,8	Si	No
629	Cambios a diseños no son probados en su contexto	2,1	No	No
630	Requerimientos de documento incompletos			Si
631	Inexistencia de criterios de diseño formales			No
632	Inexistencia de criterios de diseño formales	0,9	No	Si
633	Requerimientos de documento incompletos	0,1	Si	Si
634	Requerimientos de documento incompletos	0,0	Si	Si

9.2 Diagrama de Ishikawa para “PNC Ingeniería de Detalle”

