



Universidad Nacional
de Mar del Plata



FACULTAD
DE INGENIERIA

Universidad Nacional de Mar del Plata

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO FINAL

ESTUDIO DE PROCESOS Y MÉTODOS DE
OBTENCIÓN DE DATOS DEL ÁREA PRODUCTIVA
DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA



-Autores-

Canónaco Santiago Javier, Mat. 12333

Fernández Sofía Pilar, Mat. 12197

Mar del Plata, julio de 2015



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Universidad Nacional
de Mar del Plata



FACULTAD
DE INGENIERIA

Universidad Nacional de Mar del Plata

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO FINAL

ESTUDIO DE PROCESOS Y MÉTODOS DE
OBTENCIÓN DE DATOS DEL ÁREA PRODUCTIVA
DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA



-Autores-

Canónaco Santiago Javier, Mat. 12333

Fernández Sofía Pilar, Mat. 12197

Mar del Plata, julio de 2015

SEGUNDA PORTADA

Título del trabajo: “Estudio de procesos y métodos de obtención de datos del área productiva de una empresa metalmecánica”

Autores: Canónaco Santiago Javier, Fernández Sofá Pilar

Mesa evaluadora:

- Ing. Luciana Tabone

- Lic. Juan Pablo Grammático

- Ing. Daniel Laville

Director: Lic. Juan Pablo Grammático

Codirector: Ing. Daniel Laville

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Extracción no convencional: también llamada perforación hidráulica o *fracking*, consiste en la inyección de grandes masas de agua, arena y aditivos a altas presiones en la formación sedimentaria de características poco permeables, con el objetivo de fracturarla para extraer el petróleo y/o gas contenido.
- Fitting hidráulico: elementos de montaje para sistemas de hidráulica, cuya función implica conectar las parte del sistema para conducir el fluido de forma eficiente y segura. Incluye adaptadores, bridas, cuplas, entrerroscas, terminales, entre otros.
- Fitting neumático: elementos de montaje para sistemas neumáticos, cuya función implica conectar las parte del sistema para conducir el fluido de forma eficiente y segura. Incluye adaptadores, bridas, cuplas, entrerroscas, terminales, entre otros.
- Hidrocarburos: compuestos orgánicos naturales formados por carbono e hidrógeno. Cuando un hidrocarburo es extraído en estado líquido de una formación geológica, recibe el nombre de petróleo. Por el contrario, si es extraído en estado gaseoso recibe el nombre de gas natural.
- *Shale*: en español, roca de esquisto, es una formación sedimentaria que contiene hidrocarburos líquidos y gaseosos (*shale gas* y *shale oil*). La característica fundamental del *shale* es que no posee suficiente permeabilidad para que el gas y el petróleo puedan ser extraídos con los métodos convencionales, por lo que para obtenerlos se recurre a métodos no convencionales de extracción.

INDICE

SEGUNDA PORTADA	II
GLOSARIO DE TÉRMINOS	III
INDICE DE FIGURAS	V
INDICE DE TABLAS	VI
RESUMEN	VIII
PALABRAS CLAVES	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. Descripción de la organización.....	2
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	8
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. Objetivo general	9
3.2. Objetivos específicos	9
4. MARCO TEÓRICO.....	10
4.1. Contexto.....	10
4.1.1. Hidrocarburos: Contexto Internacional	10
4.1.2. Hidrocarburos: Contexto Nacional.....	13
4.1.3. Equipamiento: Contexto Nacional	15
4.2. Herramientas para la descripción de procesos.....	16
4.2.1. Diagrama de flujo	16
4.3. Gestión de inventarios.....	17
4.3.1. Administración de Inventarios	17
4.3.2. Punto de pedido	17
4.3.3. <i>Material requirements planning</i> (MRP)	18
4.3.4. Concepto de almacén virtual.....	19
4.4. Herramientas de análisis y modificación de procesos.....	20
4.4.1. Teoría del círculo de preocupación y círculo de influencia	20
4.4.2. Gestión por procesos	21
4.4.3. Control estadístico de procesos	22
4.4.4. Muestreo	24
4.4.5. Costos de la calidad y costos de la no calidad	27
4.5. Herramientas para la obtención de datos y toma de decisiones.....	28
4.5.1. Indicadores	28
5. ALCANCE	29
6. DESARROLLO.....	30
6.1. Situación problemática – diagnóstico	30

6.2.	Descripción de los procesos involucrados.....	35
6.2.1.	Proceso I: Corte y plegado.....	35
6.2.3.	Proceso II: Metalurgia	38
6.2.4.	Proceso III: Granalla	40
6.2.5.	Proceso IV: Pintura	40
6.2.6.	Proceso V: Montaje.....	41
6.3.	Descripción del proceso de registro de datos para toma de decisiones	43
7.	ANÁLISIS.....	44
7.1.	Análisis crítico de la situación actual del proceso de corte y plegado.....	45
7.2.	Análisis crítico de la situación actual del proceso metalúrgico	49
7.3.	Análisis crítico de la situación actual del proceso de granalla y proceso de pintura 50	
7.4.	Análisis crítico de la situación actual del proceso de montaje	51
7.5.	Análisis del proceso de registro de datos para la toma de decisiones	53
IV.	MEJORA DE LOS PROCESOS	55
8.	Propuestas de mejora	55
8.2.	Propuesta II: Revisión y reajuste de las horas teóricas de fabricación.....	71
8.3.	Propuesta III: Implementación de nuevos puntos de control	74
8.4.	Propuesta IV: Implementación de un sistema MRP.....	79
8.5.	Propuesta V: Registro de datos y tablero de control.....	81
V.	CONCLUSIÓN.....	83
VI.	BIBLIOGRAFÍA	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de la evaluación mundial de cuencas de shale oil y shale gas.....	11
Figura 2.	Recursos de shale gas y shale oil técnicamente recuperables	12
Figura 3.	Potencial argentino convencional vs. no convencional	13
Figura 4.	Mapa argentino de cuencas de shale	14
Figura 5.	Simbología diagrama de flujo	16
Figura 6.	Círculo de preocupación/círculo de influencia	20
Figura 7.	Control del proceso. Tres tipos de salida.....	23
Figura 8.	Distribución normal.....	24
Figura 9.	Nivel de confianza asociado a coeficiente de confianza.	27

Figura 10. Cantidad de unidades anuales compradas por grupo de chapas.....	59
Figura 11. Porcentaje de compra anual según tipo de chapa	60
Figura 12. Frecuencia acumulada CH16	Error! Marcador no definido.
Figura 13. Frecuencia de pedidos de CH16 en el período abril 2014 – abril 2015.....	63
Figura 14. Frecuencia acumulada de pedidos de CH16 en el período abril 2014 – 2015	64
Figura 15. Frecuencia de pedidos de CH11 en el período abril 2014 – abril 2015.....	64
Figura 16. Frecuencia acumulada de pedidos de CH11 en el período abril 2014 – 2015	65
Figura 17. Frecuencia de pedidos de CH22 en el período abril 2014 – abril 2015.....	65
Figura 18. Frecuencia acumulada de pedidos de CH22 en el período abril 2014 – 2015	66
Figura 19. Tipos de inspección.....	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos clasificados por categoría	2
Tabla 2. Clasificación de materiales a almacenar.....	7
Tabla 3. Recursos de Shale por cuenca.....	14
Tabla 4. Ejemplos de materiales primarios.....	33
Tabla 5. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto a las compras	46
Tabla 6. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto a la disponibilidad de material	47
Tabla 7. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto a los planos.....	48
Tabla 8. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto al corte y plegado de piezas.....	49
Tabla 9. Análisis del círculo de influencia de Metalurgia respecto a los materiales de entrada	50
Tabla 11. Análisis del círculo de influencia de Metalurgia respecto a los materiales en proceso	50
Tabla 11. Análisis del círculo de influencia de Montaje respecto a los materiales	52
Tabla 12. Análisis del círculo de influencia de Montaje respecto a la planificación	53
Tabla 13. Registros de datos actuales.....	53
Tabla 14. Problemas asociados a los procesos centrales de fabricación	55

Tabla 15. Cantidad de unidades anuales compradas por chapa y/o grupo de chapas	58
Tabla 16. Chapas frecuentes.....	61
Tabla 17. Frecuencia de anual compra para chapas frecuentes.....	61
Tabla 18. Ejemplo de pedidos pequeños en cortos tiempos.....	62
Tabla 19. Análisis ejemplo Tabla 15	62
Tabla 20. Cantidad de chapas frecuentes por equipo.....	67
Tabla 21. Cantidad de equipos por proyecto	67
Tabla 22. Valores y cantidades de reposición	68
Tabla 23. Resultados prueba CH16.....	70
Tabla 24. Resultado prueba CH11	70
Tabla 25. Resultados prueba CH22.....	70
Tabla 26. Media y desviación estándar de hh de fabricación para los equipos analizados...	72
Tabla 27. Error porcentual HH.....	73
Tabla 28. Comparación HH Teóricas totales de fabricación para Frac Pump 2500 HP	73
Tabla 29. Datos MAS	75
Tabla 30. Variables claves	81
Tabla 31. Indicadores y metas de desempeño	82

RESUMEN

El presente proyecto aborda el estudio de los procesos centrales de fabricación de una empresa metalmeccánica de la ciudad de Mar del Plata. Como consecuencia de un abrupto crecimiento productivo, la organización se encuentra con dificultades para estabilizar el sistema de producción y cumplir con los plazos de entrega establecidos. En respuesta a ello, se describen y analizan a través del concepto de Círculo de Influencia vs. Círculo de Preocupación, los procesos de Corte y Plegado, Metalurgia, Granalla, Pintura y Montaje y se proponen mejoras e indicadores para medir la gestión de cada área recientemente mencionada. Concretamente en relación al análisis se identifican dificultades por la no disponibilidad de los materiales de fabricación, por el incumplimiento de las horas teóricas planificadas definidas para cada etapa y por retrasos propios de las estaciones de trabajo como consecuencia de reprocesos y/o falta de control de las tareas. En respuesta a lo anterior, se elaboran propuestas que pretenden agilizar el sistema productivo en su totalidad, si bien el análisis se da de forma particular, atendiendo no sólo a las interrelaciones entre los cinco procesos sino también a la política empresarial y a las condiciones impuestas por la Dirección. En este sentido, las propuestas elaboradas son seis; gestionar el abastecimiento de materiales metalúrgicos, controlar estadísticamente las horas hombre para ajustar la planificación, controlar datos de entrada y salida en las estaciones de Corte y Plegado, Metalurgia y Montaje, e implantar un objetivo a largo plazo de implementación de MRP, considerando en esta última propuesta, que a través del éxito de las anteriores, la organización logrará establecer las condiciones necesarias para empezar a pensar en un abastecimiento programado de componentes. Como última medida, se definen las variables críticas de cada proceso, considerándose tales aquellas que permiten medir el comportamiento del sector, en función de los objetivos de producción.

PALABRAS CLAVES

Mejora de procesos, gestión de inventarios, tiempos de producción planificados, control de procesos, indicadores de producción, MRP

I. INTRODUCCIÓN

La empresa estudiada se encuentra ubicada en el parque industrial del Municipio de General Pueyrredón, desde el año 2004. Pertenece al sector metalmecánico, específicamente es la única empresa en Argentina dedicada a la producción de equipos de asistencia a pozo para la extracción de petróleo por medio de fractura hidráulica o *fracking*¹.

La producción está orientada al mercado nacional, el cual registra una expansión a partir de la explotación del yacimiento petrolífero de Vaca Muerta en el año 2013. Como consecuencia de ello, y junto con la actual política estatal que restringe la importación de equipos para este tipo de industrias, la empresa registra un importante aumento en la demanda de sus productos.

Este aumento en la demanda se tradujo en un crecimiento exponencial de la organización en términos de carga de trabajo, el cual trajo consigo el incremento del personal y del tamaño y capacidad de las instalaciones. Este crecimiento superó la capacidad de la organización de administrar los recursos, impidiendo el normal desarrollo de la planificación y generando desconcierto en el sistema productivo.

Desde el departamento de Producción surge la necesidad de dar respuesta a este desorden generalizado del proceso de producción, que afecta no sólo al cumplimiento de los tiempos de entrega y a la relación con los clientes, sino también al ambiente interno.

Mediante el presente trabajo se propone encontrar una solución a partir del análisis de los procesos involucrados en la cadena productiva, que permita determinar las variables críticas y los métodos de obtención, registro y tratamiento de datos, para garantizar la confiabilidad en la toma de decisiones.

El resultado pretende mejorar la gestión de la organización en lo que al sistema productivo compete, realizando mediciones más concretas y representativas que las actuales, que permitan determinar tanto la capacidad de los procesos por sectores como la productividad del sistema.

¹Fracking, o fractura hidráulica: técnica empleada para extraer gas natural de yacimientos no convencionales

1. Descripción de la organización

Fundada en el año 2004 y radicada en el Parque Industrial General Savio, se trata de una empresa marplatense especializada en el diseño, manufactura y comercialización de equipos de operación y transporte para: servicios al pozo en la Industria del Petróleo - Gas, de Minería y de la Construcción.

Los equipos de la empresa se encuentran operando en distintos lugares del mundo con un rendimiento excepcional: Argentina, Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela, México, Estados Unidos, Omán, Egipto y otros tantos países.

Desde el año 2013, las condiciones del ambiente externo organizacional condujeron a la empresa a destinar el 100% de su producción a la manufactura de equipos de asistencia a pozo para la extracción de petróleo por métodos no convencionales, comúnmente denominado *fracking*.

Hoy en día, la empresa es la única conformada por capitales argentinos capaz de fabricar equipos petroleros de gran porte.

De esta forma, la organización provee a las grandes petroleras internacionales los equipos necesarios para la operación en los pozos de fractura en el territorio argentino.

Se fabrican equipos de cementación, de perforación y estimulación, encontrando en cada grupo no menos de 10 unidades distintas de operación.

PERFORACIÓN	
	
Flush by	Mobile Pump and Tank

Tabla 1. Equipos clasificados por categoría

Fuente: Elaboración propia

ESTIMULACIÓN	
 <p>Frac Pump</p>	 <p>Pileta de Fractura 500 BBL</p>
CEMENTACIÓN	
 <p>Bulk Cementer</p>	 <p>Unidad de Gelificación Sobre Skid</p>

Tabla 1 (continuación). Equipos clasificados por categoría

Fuente: Elaboración propia

La característica fundamental de la organización es la flexibilidad a la hora del diseño y la producción del equipamiento. No existen dos unidades exactamente iguales. Los productos son “customizados” para cada proyecto y para cada cliente.

En la Figura I.1 se presenta el organigrama de la organización. A continuación se describen algunas de sus áreas.

- Ventas

El volumen de ventas es bajo en términos de cantidad de unidades, situación que se revierte si se cuantifican las ventas en términos de rentabilidad o de volumen monetario.

La cartera de clientes está compuesta por alrededor de 15 empresas, cifra que resalta la importancia de mantener una relación estrecha y de confianza con cada una de ellas. Esta relación es establecida por el vicepresidente de la organización, encargado de llevar adelante la venta de las unidades. La estructura del área de ventas la completa el presidente de la empresa, que se encarga de evaluar las condiciones finales de cada negocio y aprobarlos.

Las ventas se realizan en general con al menos 6 meses de anticipación, y pueden alcanzar los 10 meses de anterioridad. En ocasiones también puede ocurrir lo inverso y

realizarse la venta de un equipo que debe estar en marcha en el pozo en 3 meses desde la operación de venta, situación que cambia las prioridades de producción sobre la marcha.

Al momento de la venta se establecen las condiciones de diseño y manufactura del producto requerido, así como también los certificados de calidad y trazabilidad de la unidad y las especificaciones de marcas proveedoras de componentes exigidas, cuando es aplicable.

- Compras

La compra de los materiales es llevada a cabo por el departamento de Compras. Consta de un grupo de 5 personas abocadas cada una a la relación con un conjunto de proveedores en particular.

Los proveedores de la organización son de carácter nacional e internacional. En el caso de compras en el exterior, se presta especial atención en la gestión dado que la compra va acompañada del proceso de importación del componente en cuestión.

- Diseño e Ingeniería

El diseño y la ingeniería de los equipos se realiza por proyecto. Cuando un equipo es vendido es automáticamente asignado a una de las 5 oficinas de diseño e ingeniería existentes, encargada desde ese entonces de llevar adelante el proyecto. En general, la asignación de proyectos no es aleatoria, sino que cada oficina de trabajo está especializada en un conjunto de productos determinados.

El proceso de diseño de los equipos es particular para cada proyecto, dado que en ocasiones se realiza el diseño integral de la unidad y en ocasiones el cliente envía los planos de algunos módulos del equipo, o especifica parámetros del diseño.

Esto quiere decir que en general el proceso es llevado adelante en trabajo conjunto con el cliente.

Las oficinas de diseño e ingeniería se encargan de elaborar los planos de los equipos, de definir los materiales que los componen y de seguir al equipo en toda la cadena productiva, hasta entregarlo al cliente.

- Producción

La producción de los equipos se planifica y se lleva adelante en función de las ventas realizadas. En general, se producen entre 10 y 17 equipos mensuales.

Para comprender el proceso productivo se diferencian las siguientes etapas:

1. Corte y plegado: ingeniería envía los planos a la oficina de producción con las piezas que componen los subensambles de los equipos. En esta primera etapa se cortan, pliegan y tornean las piezas que más tarde se ensamblarán.
2. Metalurgia: una vez terminadas las piezas indicadas en los planos, pasan a la etapa metalúrgica en donde se efectúa el armado de la estructura del equipo; se sueldan las piezas que se cortaron en la etapa 1. Hay tres naves metalúrgicas y personal especializado en distintos tipos de soldadura, como soldadura con electrodo revestido MIG y MAG y/o soldadura por puntos. Además hay una línea dedicada exclusivamente a la metalurgia de piezas de acero inoxidable y a la metalurgia de equipos criogénicos.
3. Granalla: cuando el equipo toma forma, la estructura es granallada en las cabinas especializadas para tal fin. El objetivo de esta etapa es preparar las superficies de las unidades para ser pintadas y obtener el acabado superficial deseado.
4. Pintura: el equipo es granallado e inmediatamente es enviado a las cabinas de pintura, diseñadas especialmente para reproducir los colores como si se estuviera trabajando con la luz del mediodía. Dentro de las cabinas no se generan sombras, lo que favorece el proceso porque nada interrumpe el plano sobre el que se trabaja. Además, poseen un sistema de secado rápido y de eliminación de los gases que genera el proceso.
5. Montaje: la última parte del proceso de producción consiste en el montaje de las unidades. En esta etapa se montan al equipo los sistemas de frenos, hidráulica, combustible, neumática y electrónica. Hay un supervisor especializado en cada uno de los sistemas mencionados y dos supervisores generales del área. Además, en la oficina de producción hay un ingeniero a cargo del proceso general. Entre los componentes que se montan se mencionan válvulas, motores, bombas, radiadores, actuadores, cañerías de alta presión, mangueras de frenos, mangueras hidráulicas, mangueras de aire comprimido, elementos de medición, accesorios hidráulicos como codos, entrerroscas, cuplas y niples, elementos de transmisión, rodamientos y acoples, entre muchos otros.

Cada una de estas actividades constituye una estación de trabajo dentro del sistema productivo, a excepción de la etapa metalúrgica donde los equipos pasan por más de una estación dentro y/o fuera de la planta. Esto quiere decir que los procesos de armado de los equipos se realizan no sólo en las inmediaciones de la empresa ubicada en el Parque Industrial General Savio, sino que también se terceriza² el armado a talleres metalúrgicos locales. Además, la empresa cuenta con una planta metalúrgica en la ciudad de Rosario, recientemente inaugurada. En esta segunda planta se arman equipos sencillos que no

² Tercerización: contratación de servicios externos, también conocido como *subcontratación*

requieren montaje de componentes comerciales y en general las piezas componentes se cortan y pliegan en la estación de trabajo de Corte y Plegado de la central de Mar del Plata.

Adicionalmente, otra tarea que en ocasiones se subcontrata es la de granalla y pintura de las unidades. Esto ocurre cuando hay una alta carga de trabajo y no se llega a procesar la tasa de piezas necesarias.

- Gestión de la Calidad

El departamento de Gestión de la Calidad trabaja sobre todo el proceso productivo, desde la venta del equipo hasta que es entregado al cliente. Desarrolla un Sistema de Gestión de la Calidad que está certificado Normas de Calidad ISO 9001.

Cuando los equipos salen de la estación de montaje, aquellos que están sometidos a presión y requieren prueba hidráulica o prueba de tintas, se evalúan bajo la supervisión de este departamento.

Además, Calidad identifica la necesidad de capacitaciones en las distintas etapas del proceso y define los temas a desarrollarse. En general, las capacitaciones están orientadas a temas operativos referidos a circuitos hidráulicos, circuitos neumáticos, conformación de cañeras y manejo de herramientas en particular.

El público al cual están destinadas estas capacitaciones está compuesto por supervisores y personal de diseño e ingeniería afectado al tema en cuestión.

- Mejora de procesos

El departamento de Mejora de Procesos es el más nuevo de la organización. Nació hace un año y medio con el objetivo de trabajar sobre distintos procesos e ir mejorándolos.

Hay dos personas afectadas al área y actualmente tienen asignada como tarea principal la implementación del Sistema de Gestión Empresarial "OPEN ERP".

- Almacenamiento de materias primas

El almacenamiento de materias primas se divide en tres grandes grupos. Por un lado, los componentes que se cortan, pliegan y sueldan, a los que llamaremos componentes metalúrgicos, se almacenan en chaperos y cañeras, ubicados en el taller de corte y plegado. La demanda de estos materiales es constante, razón por la cual se los ubica en las inmediaciones del punto de utilización. La administración de estos materiales es llevada adelante por el supervisor del taller.

Por otro lado, los componentes de montaje se acopian en el almacén general de la planta. Se disponen paletizados en racks y/o estanterías, como en el caso de válvulas y mangueras, se ubican en cajones contenedores como en el caso de accesorios hidráulicos o se disponen en espacios destinados a tal fin como en el caso de motores, radiadores, neumáticos o ejes, que por su tamaño no pueden ser almacenados de otra manera. En este caso, la gestión la realiza el encargado general del almacén.

Finalmente, los materiales considerados consumibles se disponen en estanterías dentro de un pañol de herramientas, administradas por el pañolero encargado.

Materiales metalúrgicos		
Chapa laminada	Tubo estructural	Ángulo de alas iguales
		
Materiales de montaje		
Válvula mariposa	Codo roscado	Manguera
		
Materiales consumibles		
Electrodo	Disco de corte	Elementos de protección personal
		

Tabla 2. Clasificación de materiales a almacenar

Fuente: Elaboración propia

- Recursos Humanos

La empresa cuenta con 250 empleados efectivos, de los cuales aproximadamente 55 son profesionales de las áreas de ingeniería, producción, administración y calidad. La demanda de profesionales universitarios se orienta en general hacia diseñadores industriales y a ingenieros mecánicos, industriales, electrónicos, electromecánicos y navales.

Se identifica a la empresa como una organización de la Generación Y³: la mayor parte de sus empleados nacieron después de 1980. Esta particularidad otorga a la organización la flexibilidad y creatividad que caracteriza a los jóvenes profesionales.

Respecto a las tareas puntuales del área de Recursos Humanos, son llevadas a cabo por las dos personas que conforman el departamento. Entre las tareas responsables del área se encuentran la liquidación de sueldos, organización de eventos empresariales, y co-participación en la realización de capacitaciones con el área de Calidad y tareas relacionadas a la Seguridad e Higiene de la planta.

En diversas ocasiones sucede que los clientes brindan capacitaciones sobre temas puntuales que influyen en la conformación del producto final que ellos adquirieron. Lo mismo sucede con ciertos proveedores, que capacitan al personal de compras y de diseño e ingeniería para optimizar la selección de los productos pertenecientes a su cartera.

En relación a lo antes mencionado, es el área de Recursos Humanos quien genera el nexo con los capacitadores y organiza la presentación del evento.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Dirección carece de indicadores de gestión concretos que permitan tomar decisiones sobre las variables críticas de los procesos de producción que retrasan las entregas hacia los clientes internos y hacia el cliente final.

³ Término utilizado por primera vez en la editorial de agosto de 1993 de la revista *Ad Age* para describir a los adolescentes nacidos a partir del año 1985. Concierno a la generación cuyo desarrollo coincide con el auge de las innovaciones tecnológicas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Analizar los procesos de corte y plegado, metalurgia, pintura y montaje, y sus métodos de obtención de datos para la toma de decisiones, en una empresa metalmecánica en función de una mejora de la productividad

3.2. Objetivos específicos

- Realizar una descripción de los procesos seleccionados y de sus métodos de obtención de datos para la toma de decisiones utilizados actualmente
- Elaborar un análisis crítico de los procesos seleccionados y de sus métodos de obtención de datos actuales
- Definir qué mejoras se pueden implementar en los procesos analizados
- Seleccionar indicadores para la toma de decisiones
- Diseñar un tablero de control

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Contexto

La organización responde hoy en día a una demanda de tipo derivada, correspondiente a la demanda de hidrocarburos para la obtención de energía por métodos no convencionales de extracción.

Consecuentemente, al momento de analizar el contexto en el que la empresa está inmersa resulta necesario conocer qué sucede con este tipo de energía tanto en el marco global como en el marco nacional.

4.1.1. Hidrocarburos: Contexto Internacional

A lo largo de la historia del mundo el hombre ha demandado energía para sus actividades. Según la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (Energy Information Administration, EIA)⁴, en los últimos 25 años la demanda energética se duplicó, y todo indica que seguirá en aumento. Los países necesitan energía para hacer funcionar sus industrias y para mover sus economías, situación que ubica en el tope de las discusiones internacionales la extracción de hidrocarburos para obtener mencionada energía.

Según el informe institucional de YPF del año 2013, "Petróleo y gas no convencionales. El desafío energético de la Argentina", las actividades económicas mundiales han conducido al agotamiento de la capacidad de producción de petróleo convencional, estimada en 75 millones de barriles diarios. Las previsiones mundiales para 2030 indican que el mercado demandará una suma de 105 millones de barriles diarios, situación que los recursos energéticos convencionales no están en condiciones de satisfacer. Esto significa que el consumo de la sociedad de los próximos 25 años no estará cubierto si sólo se incurre en métodos convencionales de extracción de hidrocarburos.

Por su parte, la extracción de hidrocarburos por métodos no convencionales nace como respuesta al agotamiento de la capacidad de producción por los métodos sabidos, sumado a la capacidad tecnológica de realizar esta extracción.

Cabe destacar que los recursos de shale son conocidos desde principios del siglo XX, donde las barreras tecnológicas impidieron su explotación. No obstante, fue en los últimos años en que el shale gas y el shale oil pasaron a formar parte de la matriz energética

⁴EIA: Administración de Información Energética de Estados Unidos. Organismo de estadística y de análisis dependiente del Departamento de Energía de los Estados Unidos. La EIA recoge, analiza y difunde información independiente de energía

de grandes potencias mundiales, especialmente Estados Unidos, quien prevé el autoabastecimiento energético en los próximos años a través de la explotación de reservas no convencionales.

Según un informe publicado por la EIA, las reservas mundiales de petróleo no convencional ascienden a 345 mil millones de barriles de shale oil y 7299 billones de pies cúbicos de shale gas (Ver Figura 1), lo que significa que el recurso es capaz de abastecer al mercado futuro.

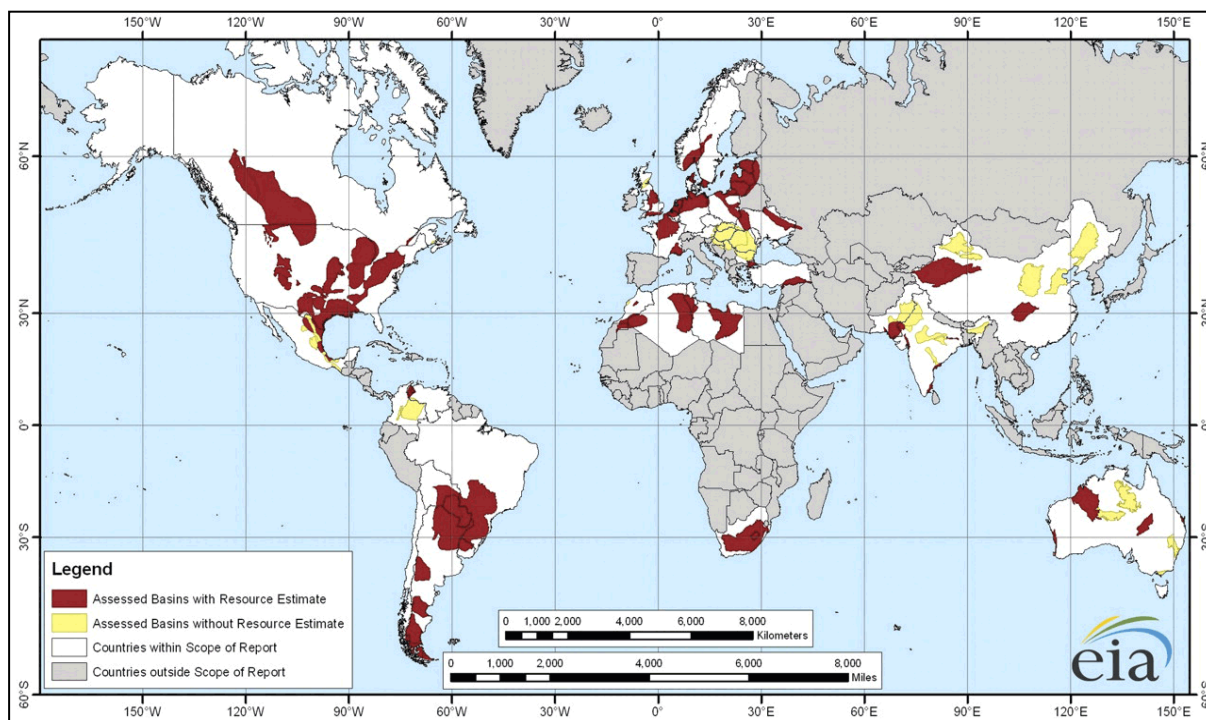


Figura 1. Mapa de la evaluación mundial de cuencas de shale oil y shale gas
Fuente: EIA, Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2011

Todo indica entonces que la extracción de hidrocarburos se volcará a los métodos no convencionales más tarde que temprano.

Según el mencionado informe publicado por la EIA, la Argentina ocupa el segundo lugar en el mundo en recursos no convencionales de gas y el cuarto en petróleo. Los recursos nacionales de *shale oil* y *shale gas* se estiman en 27 billones de barriles y 802 trillones de pies cúbicos respectivamente, cifras que sólo supera China para ambos recursos y Rusia y Estados Unidos para el caso del *shale oil*. (Ver Figura 2. Recursos de shale gas y shale oil técnicamente recuperables)



Recursos de shale gas técnicamente recuperables - 2013 (TCF)

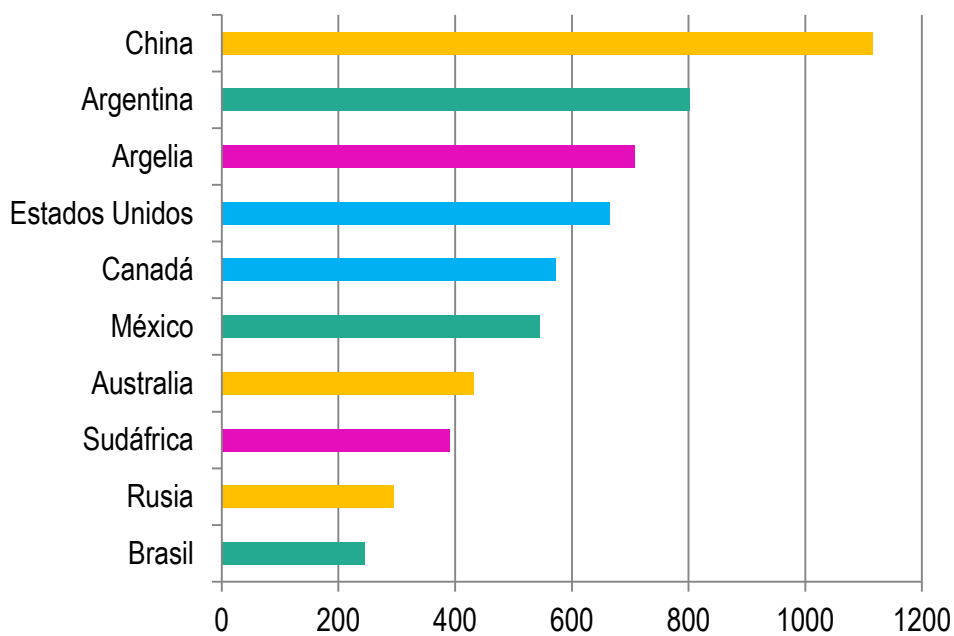


Figura 2. Recursos de shale gas y shale oil técnicamente recuperables
Fuente: EIA, Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2014

4.1.2. Hidrocarburos: Contexto Nacional

Argentina se encuentra en una situación estratégica favorable en lo que a yacimientos de shale respecta. Como se mencionó anteriormente, sus reservas ocupan los primeros puestos del ranking mundial.

La situación internacional apuntando a la extracción no convencional para abastecer los mercados futuros representa para la Argentina una gran oportunidad.

A continuación, en la Figura 3 se observa una gráfica comparativa del potencial gasífero y petrolífero del país respecto a recursos convencionales y no convencionales.



Figura 3. Potencial argentino convencional vs. no convencional

Fuente: Institucional YPF, El desafío energético de la Argentina, 2013

Como puede observarse tanto el potencial gasífero como el petrolífero se encuentra formado en su mayor parte de recursos no convencionales.

Asimismo, en la Figura 4. Mapa argentino de cuencas de shale se observan en detalle la ubicación de las cuencas de *shale* nacionales con recursos recuperables.



Figura 4. Mapa argentino de cuencas de shale

Fuente: EIA, Administración de Información Energética de Estados Unidos, 2014

Para complementar esta información, en la Tabla 3. Recursos de Shale por cuenca se encuentran las cantidades de shale oil y shale gas de las distintas cuencas en territorio nacional.

Cuenca	Formaciones	Shale gas [TCF]	Shale oil [millones de bbl]
Neuquina	Los mollos, Vaca Muerta	583	19880
San Jorge	Aguada Bandera, Pozo D-129	86	500
Austral Magallanes	Inoceramus, Magnas Verdes	130	6560
Paraná-Chaco	Ponta Grossa	3,2	10
Total		802	30000

Tabla 3. Recursos de Shale por cuenca

Fuente: Elaboración propia en base a Fundación Bariloche, Shale Oil y Shale Gas en Argentina. Estado de situación y prospectiva, agosto 2013

4.1.3. Equipamiento: Contexto Nacional

Como se mencionó en secciones anteriores, la empresa es la única organización de capitales nacionales con la capacidad de abastecer a la industria petrolera de los equipos necesarios para explotar yacimientos no convencionales de hidrocarburos.

En adición a ello, el Estado ofrece proteccionismo a los productos que la organización es capaz de fabricar, impidiendo a las multinacionales que operan los yacimientos nacionales importar el equipamiento.

Ambas situaciones generan un contexto de operación ideal para la organización, en el cual no tiene competencia nacional ni internacional dentro del mercado Argentino.

Esto significa que en la medida en que el mercado continúe demandando este tipo de energía, los requerimientos del equipamiento para obtenerla seguirán en alza.

4.2. Herramientas para la descripción de procesos

4.2.1. Diagrama de flujo

Como explica la Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (FUNIBEQ) en un informe que describe esta herramienta de descripción de procesos, un diagrama de flujo es una representación gráfica de las etapas que se deben realizar para obtener a un resultado, que puede ser un producto, un servicio o una combinación de ambos. Cada etapa se representa con un bloque respetando la simbología siguiente

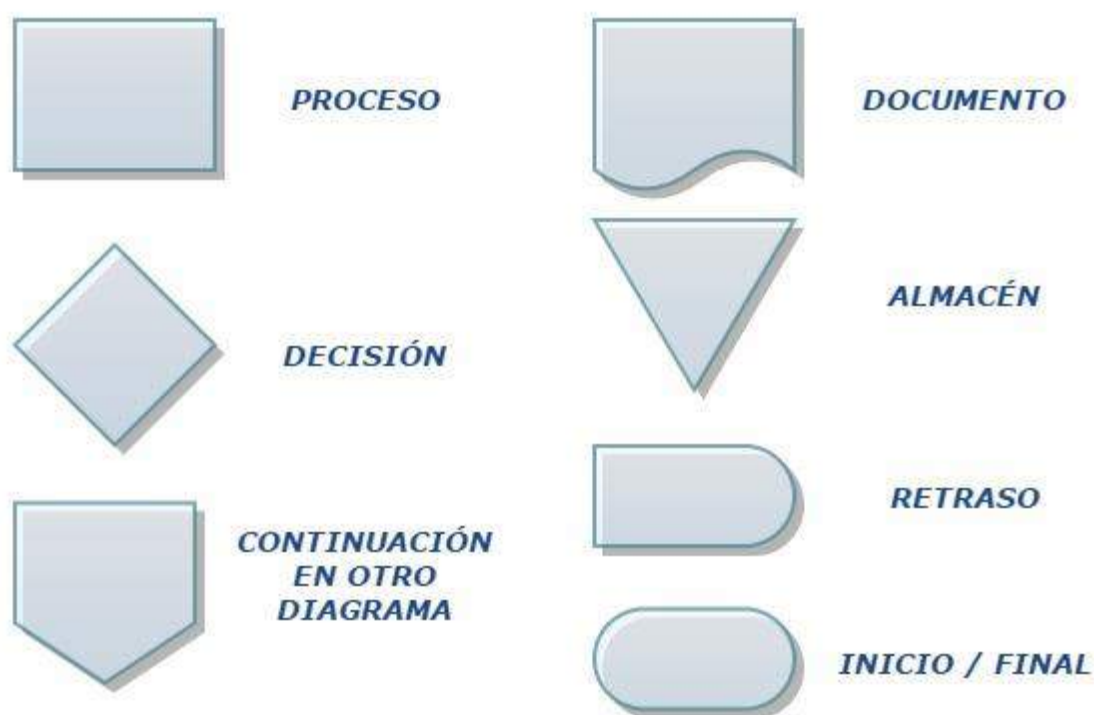


Figura 5. Simbología diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

Los diagramas de flujo son útiles porque permiten definir claramente los límites de un proceso diferenciando sus proveedores y clientes, y el orden en que se ejecutan las actividades. Además esta herramienta facilita un análisis de los procesos centrandose en los puntos de control, los ciclos de reprocesamiento, las actividades (el valor agregado, los costos, las fuentes de errores y reprocesos) y la documentación.

4.3. Gestión de inventarios

4.3.1. Administración de Inventarios

“El inventario se crea cuando el volumen de materiales, partes o bienes terminados que se recibe es mayor que el volumen de los mismos que se distribuye; el inventario se agota cuando la distribución es mayor que la recepción de materiales” (Krajewski y Ritzman, 2000).

La administración de inventarios es uno de los puntos clave en la gestión de toda organización. Los objetivos principales de las distintas técnicas son reducir al mínimo posible las existencias (materias primas, insumos y materiales, productos en curso, productos terminados), a la vez que se garantiza su disponibilidad.

Uno de los factores determinantes a la hora de elegir un método de administración de inventarios es la naturaleza de la demanda. Esta puede ser de dos tipos:

- Demanda independiente: es generada por los pedidos de los clientes, y se encuentra ligada a las condiciones del mercado. Es aleatoria y por lo tanto independiente de las operaciones de la organización.
- Demanda dependiente: se obtiene al determinar los componentes que son necesarios para la obtención de los productos finales. Se forma de las decisiones de la organización para cumplir con su Plan Maestro de Producción.

La demanda independiente debe administrarse mediante métodos de punto de pedido o reorden, mientras los inventarios con demanda dependiente deben gestionarse utilizando un sistema MRP o JIT.

4.3.2. Punto de pedido

Partiendo del informe de MH Education sobre Gestión de stock, encontramos que el método de punto de pedido sigue la lógica de reponer las existencias de un material cuando llega a un nivel bajo. El análisis se realiza sobre tres factores:

- La demanda: es fundamental estimar de la forma más aproximada su comportamiento y reconocer los factores que influyen sobre ella, como el precio, la escases, la competencia, períodos de estacionalidad, entre otros.
- El nivel de servicio: asociado a la satisfacción del cliente. Se entiende como la cantidad de clientes que encuentran el producto cuando lo demandan. Una rotura de stock o inexistencia puede provocar que los clientes elijan reemplazar el producto por el de otro competidor.

- Los costes: los inventarios grandes pueden garantizar niveles de servicio muy altos, pero involucran grandes inversiones de capital. Para minimizar los costes de inventarios debe conocerse el coste total, que se compone de costes de adquisición, costes de emisión de pedidos y costes de almacenamiento.

A partir del uso de fórmulas que involucran a los tres factores principales el método de punto de reorden permite calcular:

- El punto de pedido: indica que debe realizarse un nuevo pedido para evitar el desabastecimiento.
- El stock de seguridad: aquellas existencias disponibles que aseguran abastecer la demanda media hasta que se reciba el nuevo pedido.
- El lote óptimo: el lote cuyo tamaño minimiza el coste total de inventario.
- El sistema de revisión: que puede ser continuo o en períodos de tiempo.

4.3.3. *Material requirements planning (MRP)*

Como explican Medina León, Alberto et al. (2002) en su informe del Sistema MRP para la Universidad de la Matanza, la aplicación de este método consiste en determinar que se debe aprovisionar y que se debe fabricar, en qué cantidades y en qué momento para cumplir con los compromisos establecido. Su uso es de gran utilidad en casos donde se presenten las siguientes condiciones:

- El producto final es complejo y de costo elevado
- Los tiempos de abastecimiento y de producción son altos
- Los componentes responden a una demanda dependiente

El método MRP se basa en un soporte informático que establece una programación de lanzamiento de pedidos que asegura el mínimo nivel posible de inventario para garantizar la entrega de los productos finales en las fechas fijadas en el Plan Maestro de Producción. Es decir, los sistemas MRP son sistemas de administración de inventarios y planificación de la producción.

Los sistemas MRP se encuentran constituidos por los siguientes elementos:

- Plan Maestro de Producción: es un documento que contiene las cantidades y fechas de entrega de los distintos productos finales, determinado en base a los pedidos de los clientes y el pronóstico de la demanda.
- Lista de materiales: contiene información acerca de los componentes que forman cada producto. Generalmente se representa en forma de árbol, lo que permite reconocer distintos niveles o etapas de fabricación.

- Fichero de registro de inventarios: permiten realizar un seguimiento sobre las existencias de cada componente y de los pedidos realizados que aguardan recepción. De esta forma se evita volver a pedir o fabricar componentes que ya se encuentran disponibles.

4.3.4. Concepto de almacén virtual

Como explica Ballou R. (2004) en su libro Logística: administración de la cadena de suministro, los almacenes virtuales son herramientas informáticas de gran utilidad en la administración de inventarios. Funcionan como bases de datos en las que se cargan los datos referentes a los almacenes de la empresa, permitiendo realizar operaciones que aceleren el proceso de toma de decisiones.

Otra ventaja que poseen los almacenes virtuales, y que se tendrán en cuenta en la elaboración de las propuestas de mejora, es que su diseño flexible permite crear configurar distintas relaciones entre almacenes, y permisos de usuario para tener acceso y/o realizar operaciones sobre determinado almacén virtual. De esta forma se puede contar con un almacén donde se encuentren todas las existencias físicas, y asignar parte del mismo a cada usuario, evitando que se realicen operaciones sobre el material que se encuentra reservado para otro uso.

4.4. Herramientas de análisis y modificación de procesos

4.4.1. Teoría del círculo de preocupación y círculo de influencia

El concepto de círculo de preocupación/círculo de influencia fue introducido por COVEY, STEPHEN R en su libro “Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva: la revolución ética en la vida cotidiana y en la empresa”, en 1989.

Covey (1989) explica que existen cosas sobre las que se tiene un compromiso mental y emocional, correspondiente a aquellas que preocupan, y cosas sobre las que no se tiene dicho compromiso y, consecuentemente, no preocupan. En este punto, el autor separa estos dos tipos de cosas por el llamado “círculo de preocupación”.

Dentro del círculo de preocupación, a su vez, existen cosas sobre las que no se tiene control real, y otras sobre las que sí se puede hacer algo de manera concreta. De esta manera el autor circunscribe el llamado “círculo de influencia” dentro del ya mencionado “círculo de preocupación”. El círculo de influencia contiene entonces aquellas cosas que preocupan y sobre las que se puede ejercer algún tipo de control real.

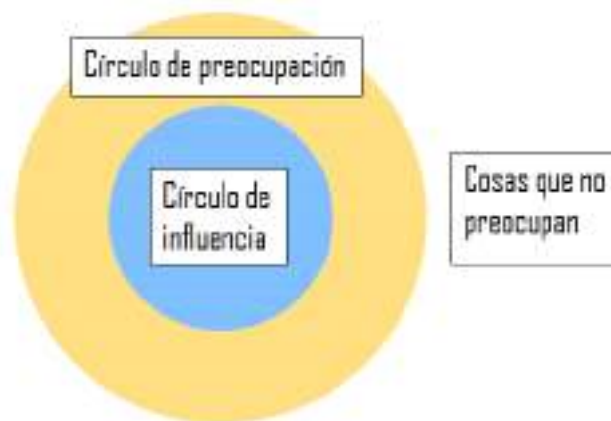


Figura 6. Círculo de preocupación/círculo de influencia

Fuente: Elaboración propia

Covey (1989) explica que centrando los esfuerzos dentro de la zona de influencia los resultados resultan positivos. Contrariamente, si se centran los esfuerzos en cosas sobre las que no se tiene control real, los resultados resultan poco efectivos dado que se limitan a situar el foco en los defectos de otras personas o sistemas, en los problemas del medio y en acusaciones.

4.4.2. Gestión por procesos

Tomando como base la Guía para una Gestión basada en procesos del Instituto Andaluz de Tecnología, un proceso puede definirse como cualquier actividad o un conjunto ordenado de actividades que utilizan recursos (humanos, materiales, administrativos) y controles para obtener uno o varios resultados (bienes, servicios o ambos). Tradicionalmente la administración se enfocó en los resultados que se desean obtener, basándose en la detección de errores en los puestos de control. En consecuencia, esta filosofía de administración desarrolla una aceptación por el rechazo y aumenta el número de productos fuera de las especificaciones y reprocesos.

La gestión por procesos, a diferencia de la administración tradicional, se basa en la prevención y en la búsqueda de la mejora continua. Cada persona debe reconocer entradas, salidas, recursos, controles, objetivos, clientes, etcétera que definen los procesos con los que se encuentra vinculado. La aplicación de un modelo de gestión de este tipo implica establecer una estructura organizacional flexible, de forma que los controles se enfoquen en la evaluación de las variables de los procesos, sin dejar de lado el control de los resultados. Esto permite que al detectarse la necesidad de efectuar acciones correctivas se trabaje sobre las causas que originan los problemas, en lugar de los evitar solo los síntomas que se evidencian.

La gestión de procesos incluye las siguientes etapas para su implementación:

- **Diseño y planificación:** identificar las necesidades del cliente y definir los objetivos del proceso, el diseño debe prevenir la ocurrencia de fallos y obtención de productos defectuosos. La planificación tiene como meta garantizar altos niveles de eficacia y eficiencia. En esta etapa además, se deben establecer indicadores que permitan realizar un seguimiento del desempeño del proceso.
- **Ejecución:** para poner en marcha el proceso de forma adecuada es necesario evaluar factores como la selección, inducción y capacitación del personal, la calidad de las materias primas e insumos, el funcionamiento adecuado de las maquinarias y equipos, un sistema de comunicación y retroalimentación adecuado, la definición de responsables para las distintas tareas, el cumplimiento de los procedimientos, entre otros.
- **Control:** es imprescindible realizar un seguimiento y control de los procesos y los resultados obtenidos, de forma que se identifiquen las desviaciones que afectan a la continuidad de los procesos y/o el nivel de calidad esperado. Esta etapa implica además analizar las causas de las desviaciones y desarrollar acciones para eliminarlas.
- **Mejora continua:** contempla la implementación de acciones correctivas y preventivas con el fin de mejorar el desempeño de los procesos en términos de cumplimiento de los objetivos, utilización de recursos y satisfacción de los clientes.

4.4.3. Control estadístico de procesos

Como explica Reyes, J. (2005) los procesos industriales al encontrarse ligados a factores aleatorios no permiten obtener siempre los mismos resultados en la producción. Dicho de otra forma, los productos obtenidos de un mismo proceso no son uniformes por el hecho de estar expuestos a diferentes fuentes de variaciones, incluso cuando se desarrollan en la forma prevista.

En el caso del proceso productivo estudiado, rara vez un equipo (producto, resultado) se obtiene de igual forma y en iguales tiempos que otro. Si bien hay un estándar de tiempo estipulado, representado por las horas teóricas de fabricación definidas para cada modelo, la planificación suele estar desfasada de los tiempos reales. Esto quiere decir que, en ocasiones, existen fluctuaciones de determinadas variables que arrojan como resultado mayores tiempos de producción.

Dichas variaciones representan una preocupación y deben reducirse tanto cuánto sea posible y mantenerse dentro de límites aceptables. Los sistemas de control estadístico de procesos son sistemas de retroalimentación que tienen como objetivo realizar un seguimiento del proceso para determinar las causas de las variaciones, y actuar en consecuencia.

Entre las ventajas de la aplicación del control estadístico de procesos se encuentran

- Diferencia entre causas asignables y no asignables al proceso. Las primeras son aquellas causas que actúan en determinados momentos produciendo gran variabilidad, sus efectos son predecibles y definidos, y se eliminan cuando se elimina la causa, por ejemplo: desajuste de las máquinas, defectos de la materia prima, operarios no cualificados, etcétera. Las causas no asignables, por otro lado, son causas cuyos efectos individuales son pequeños y difíciles de eliminar, producen una variabilidad estable y predecible, por ejemplo: la imprecisión de las herramientas, la vibración de las máquinas, cambios de materia prima, diferencias en las condiciones atmosféricas, experiencia, motivación, entre otros.
- Puede aplicarse en cualquier tipo de empresa, y su objeto de estudio incluye personas, tareas, materiales, etcétera, considerando cuatro factores de cantidad, tiempo, costo y calidad.
- Permite determinar y analizar las causas de las desviaciones de forma rápida para tomar decisiones y aplicar acciones correctivas que mantengan al proceso dentro de los límites establecidos.

El control estadístico de procesos consiste en observar periódicamente el proceso y descubrir mediante gráficos cuándo están actuando causas asignables, con objeto de descubrirlas y eliminarlas. Cuando en el proceso sólo actúan causas no asignables se dice que el proceso está bajo control. El objetivo es entonces eliminar las causas asignables y controlar los procesos productivos.

En la Figura 7. Control del proceso. Tres tipos de salida., se observan las diferencias en el comportamiento de un proceso con variaciones naturales dentro de los límites, un proceso bajo control y un proceso fuera de control en relación al tamaño, límites de especificación y frecuencia.

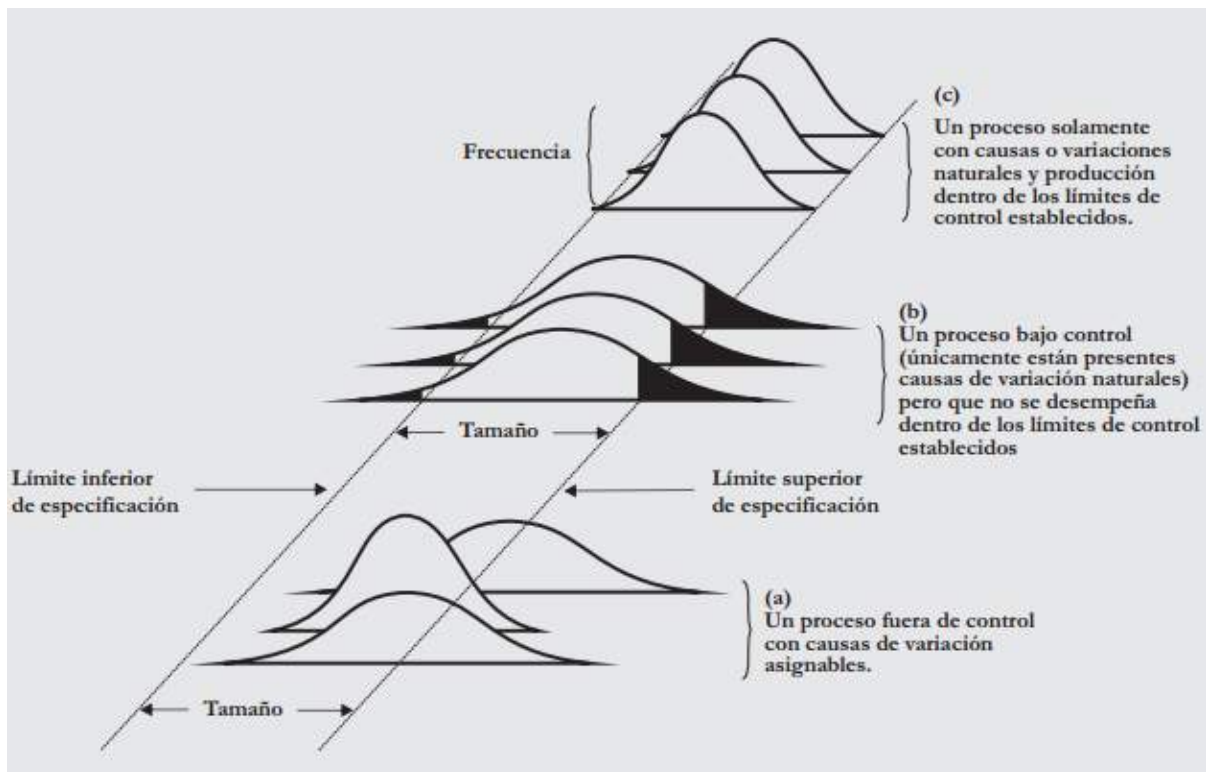


Figura 7. Control del proceso. Tres tipos de salida.

Fuente: Administración de las Operaciones. Control Estadístico de Procesos.

Roberto Carro Paz, Daniel González Gomez

Por otro lado, es necesario considerar que aplicar un sistema de control estadístico implica trabajar con un método de medición de variables que se encuentran asociados a un porcentaje de error que debe ser lo suficientemente confiable. De otra forma no se logrará controlar el proceso de forma eficiente.

Puede desarrollarse un análisis rápido a partir del estudio de una función de densidad de distribución normal. Este tipo de función estadística depende de dos

parámetros, la media (μ) y la desviación (σ). Llevando múltiplos de σ hacia ambos lados de μ , nos encontramos con que el 68% de la población está contenida en un entorno $\pm 1\sigma$ alrededor de μ , el 95% de la población está contenido en un entorno $\pm 2\sigma$ alrededor de μ y que el 99,73% está comprendido en $\pm 3\sigma$ alrededor de μ .

La representación gráfica de lo descrito en el párrafo anterior se observa en la Figura 8. Distribución normal.

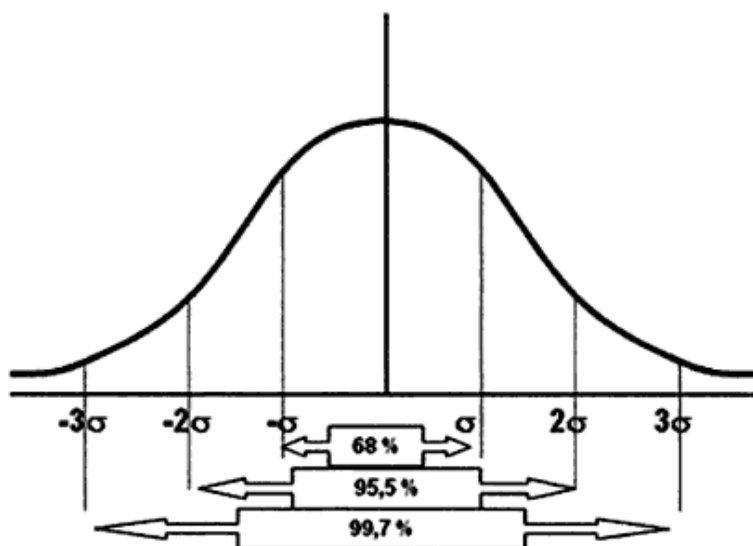


Figura 8. Distribución normal

Fuente: Administración de las Operaciones. Control Estadístico de Procesos.

Roberto Carro Paz, Daniel González Gomez

4.4.4. Muestreo

Manuel Vivanco (2005), en su libro Muestreo Estadístico, Diseño y Aplicaciones, expone al muestro estadístico como una herramienta de la investigación científica cuya función básica es determinar qué parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre ella.

En el caso del presente estudio se utilizará la herramienta para asistir a una propuesta de control de procesos, donde se pretende determinar qué cantidad de productos finales de la estación de trabajo deben analizarse para obtener información del total producido, ante la imposibilidad de analizar todos ellos.

La correcta determinación del tamaño de la muestra evita que se realice un estudio sobre un número reducido de casos, donde la estimación de parámetros será errónea por no

contemplar determinadas características de la población, al mismo tiempo que evita que se realicen estudios sobre un número innecesario de casos, situación que se traduce en inversión innecesaria de recursos

Conceptos básicos

1. Población total o población objetivo. Es el grupo de individuos del que se pretende obtener información, elementos acerca de los cuales se desea hacer inferencia
2. Población estudiada. En ocasiones la población no es accesible en su totalidad, y se trabaja sobre una parte de ella. La población estudiada corresponde entonces a la población de la que se obtiene la muestra.
3. Unidades de muestreo: Son elementos o colecciones de elementos de la población con posibilidades de entregar información
4. Muestra: Es una colección de elementos seleccionados representativos de la población. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de la misma.

Métodos de muestreo

La clasificación más amplia de métodos de muestreo los agrupa en probabilísticos y no probabilísticos. Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos donde la probabilidad de los elementos de la población de formar parte de la muestra coincide para todo ellos. Esta equiprobabilidad asegura la representatividad de la muestra extraída.

Contrariamente, en los métodos de muestreo no probabilísticos, no todos los elementos de la población tienen igual probabilidad de ser elegidos.

El muestreo aleatorio simple (MAS) es el más sencillo de los modelos de muestreo probabilístico y consiste en seleccionar los individuos a muestrear de una lista, de manera azarosa. Se lo utilizará para muestrear planos en la estación de corte y plegado.

El muestreo estratificado, por su parte, es un diseño de muestreo probabilístico donde se divide la población en estratos, como su nombre lo indica. La estratificación puede basarse en una amplia variedad de atributos o características de la población. La muestra estratificada se obtiene seleccionando una muestra aleatoria simple de cada uno de los estratos en que se subdivide la población de forma independiente. Este tipo de muestreo se utiliza cuando la población de estudio no es homogénea y resulta difícil obtener precisión en la muestra general, como es el caso de las piezas producidas por la estación de corte y plegado, dado que existen diferentes procesos dentro de la estación de trabajo, como corte con guillotina, serrucho, rolado, torneado, etc.

Tamaño de la muestra MAS

Si $\hat{\theta}$ es el estimador de un parámetro θ y se supone que $\hat{\theta} \sim N(\theta, V(\hat{\theta}))$ entonces si se desea cometer un error de estimación no mayor a d_0 con una confianza $1-\alpha$ la ecuación base a resolver para determinar el tamaño de muestra necesario es la Ecuación 1. Relación entre error de estimación y tamaño de la muestra que se detalla a continuación:

$$Z_{1-\alpha/2} \sqrt{V(\hat{\theta})} \leq d_0$$

(Ecuación 1. Relación entre error de estimación y tamaño de la muestra)

Donde la varianza del estimador $V(\hat{\theta})$ cambia según el diseño muestral y el parámetro que se quiere estimar.

Para determinar el tamaño de muestra para estimar una proporción de la población usando un diseño MAS se define:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_0 = (Z_{1-\alpha/2}/d_0)^2 p^*(1-p^*) \text{ si } n_0/N \leq 0,05 \\ n \geq \\ n' = n_0/(1+n_0/N) \text{ si } n_0/N > 0,05 \end{array} \right.$$

(Ecuación 2. Tamaño de la muestra usando un diseño MAS)

Siendo:

p = Parámetro de interés

p^* = Estimador del parámetro de interés, la proporción esperada. (Podrá ser, por ejemplo, la probabilidad del suceso en cuestión)

d_0 = Error de estimación aceptado, $1-\alpha$

α = Nivel de confianza o de seguridad.

N = tamaño de la población

El nivel de confianza prefijado da lugar a un coeficiente $Z(\alpha)$. El valor del coeficiente $Z(\alpha)$ en función de α se encuadra en la Figura 9. Nivel de confianza asociado a coeficiente de confianza.

Fuente: Manuel Vivanco, 2005. Editorial Universitaria, SA Primera edición Diciembre 2005

Nivel de confianza	90%	95%	95,5%	99%	99,7%
Coficiente de confianza	1,64	1,96	2	2,58	3

Figura 9. Nivel de confianza asociado a coeficiente de confianza.

Fuente: Manuel Vivanco, 2005. Editorial Universitaria, SA Primera edición Diciembre 2005

4.4.5. Costos de la calidad y costos de la no calidad

El doctor ingeniero Cuatrecasas Arbos, Luis (2010) explica en su obra Gestión integral de la calidad. Implantación, control y certificación, que cuando se trabaja en el análisis para mejorar los procesos es importante conocer la diferencia entre los costos de calidad y los costos de no calidad. Estos términos ayudan a comprender los beneficios de aplicar técnicas basadas en la prevención, detección y corrección de aspectos que no cumplan con los niveles necesarios para lograr la satisfacción de los clientes.

Los costos de la calidad son los costos destinados a alcanzar un nivel de calidad determinado, y hacen referencia a los recursos materiales, humanos y financieros destinados a:

- Capacitar y formar un equipo de gestión de la calidad
- Aplicar mantenimiento preventivo
- Controlar las especificaciones del producto y revisar el proceso de diseño
- Evaluar los proveedores y revisar el proceso de aprovisionamiento
- Verificar que las funciones cumplan los criterios y procedimientos establecidos mediante auditorías y certificaciones
- Formación y evaluación del personal
- Y otras cuestiones como administrar y gestionar las funciones anteriores, realizar análisis de causas y fallos, implementar procedimientos, etcétera.

Por otra parte, se encuentran los costos de la no calidad, es decir aquellos costos que se generan por el incumplimiento de las especificaciones, pudiendo diferenciarse dos grupos:

- Internos: aquellos fallos y defectos que se detectan dentro del sistema productivo antes que trasciendan a los clientes. Originan retrasos y variaciones en la producción, incursión en horas extra, reprocesos, y tiempos improductivos, entre otros.
- Externos: se evidencian una vez que el producto o servicio llegó a los clientes. En este grupo se encuentran los costos de servicio post-venta, las reparaciones y

sustituciones en el plazo de garantía, reembolsos e indemnizaciones, pérdida de clientes y disminución de las ventas, etcétera.

Una cuantificación de los costos basada en esta clasificación permite estudiar las ventajas de destinar parte del presupuesto a la gestión de la calidad, y es un paso fundamental en la evaluación y el control de los programas destinados a la mejora de los procesos.

4.5. Herramientas para la obtención de datos y toma de decisiones

4.5.1. Indicadores

Como menciona Fernandez Hatre (2003), la evaluación del desempeño, conlleva el compromiso de todos los involucrados en la generación del producto que ofrece la organización, y permite detectar inconsistencias entre las operaciones de la institución y sus objetivos prioritarios, promueve adecuaciones en los procesos internos y aporta mayor transparencia a la gestión. Una herramienta para medir el desempeño es a partir de indicadores.

Los indicadores son expresiones cuantitativas o cualitativas que determinan el comportamiento de una variable o de variables relacionadas. Su uso permite observar su evolución a través del tiempo y evaluar el desempeño a partir de la comparación con períodos anteriores o con un resultado estándar respectivamente.

La importancia de la definición y el uso de indicadores radica en la transformación de simples datos en información con la cual es posible evaluar el logro de metas y objetivos desarrollados durante la etapa de planificación estratégica.

Un sistema que entregue información regular sobre la calidad de la gestión posibilitará mayor eficiencia en la asignación de recursos físicos, humanos y financieros, proporcionará una base de seguridad y confianza en su desempeño al conjunto de los funcionarios implicados en su implementación -en la medida que delimita mejor el campo de sus atribuciones y deberes-, incrementará la autonomía y responsabilidad de los directivos - en tanto cuenten con bases sustentables de información para la toma de decisiones, y ayudará a mejorar la coordinación con los demás niveles del aparato público

5. ALCANCE

Para definir el alcance de este proyecto se recurre a un diagrama de procesos del sistema productivo que permita identificar las actividades que se pretenden abordar. Esta gráfica brinda una noción integral del funcionamiento del sistema de producción y permite contextualizar adecuadamente los procesos seleccionados para el análisis. Ver Figura I.2 Diagrama de proceso.

Como se observa en el diagrama de procesos, el alcance del análisis se limita a los procesos de corte y plegado, metalurgia, granalla, pintura y montaje de las unidades, todos ellos pertenecientes al proceso central.

En segundo lugar se definen los siguientes aspectos que hacen al alcance del trabajo:

- Debido a la urgencia que requiere encontrar soluciones a los problemas planteados el plazo de realización del proyecto se define en 3 meses. En este lapso de tiempo además de definir las variables críticas e indicadores de gestión para los procesos indicados, se aplicará el modelo al área de corte y plegado, con el objetivo de promover su posterior aplicación en el resto del sistema y a fines prácticos de los resultados del presente proyecto.
- No se contratará personal adicional pero podrán redefinirse las tareas y responsabilidades de cada puesto.
- Se tendrán en cuenta únicamente las operaciones que se realizan en la planta ubicada en la planta ubicada en el Parque Industrial General Savio, perteneciente al Partido de General Pueyrredón. Exceptuando de esta forma a las operaciones realizadas en talleres de terceros y en la planta de Ramallo.
- Respecto a las propuestas de mejora se realizarán en función de los recursos disponibles de la empresa.
- Las propuestas de mejora, si bien pretenden mejorar la productividad de la empresa, no serán analizadas cuantitativamente desde el beneficio que otorgan en ese factor.

6. DESARROLLO

6.1. Situación problemática – diagnóstico

La situación problemática está dada por la dificultad que presenta la organización para gestionar algunos de los recursos empresariales relacionados con la producción, tales como los recursos materiales de transformación y de utilización, la información del sistema, la asignación de tareas de los recursos humanos y los recursos administrativos. Esta dificultad en la gestión genera, en ocasiones, situaciones de desorganización del sistema productivo, algunas de las cuales se enuncian a continuación:

I. Necesidad de reprogramación de las fechas de entrega pactadas con el cliente

En ocasiones ocurre que la fecha de entrega pactada con el cliente al momento de la venta debe ser reprogramada dado que las unidades no están en condiciones de ser entregadas por no estar terminadas.

La reprogramación de fechas se da no sólo antes de empezar la producción sino también durante la fabricación de las unidades.

En general, los atrasos que se registran implican semanas de espera por parte del cliente, porque el proceso de producción es tan complejo que las repercusiones a lo largo del sistema productivo son muy grandes.

Si se toman los datos de los departamentos de ventas y producción respecto a la cantidad de clientes (15) y al volumen de producción (entre 10 y 17 equipos mensuales) y se considera un mes con una programación de producción que atiende a 6 clientes diferentes, implica, por ejemplo, que no cumplir con la fecha de entrega pactada de 4 unidades es equivalente a no cumplir con el 20% de los objetivos mensuales en el caso más alentador, y con el 33% en el más desfavorable, ambos casos resulta alarmantes.

Asimismo, suponiendo que las 4 unidades corresponden a 4 clientes diferentes, se obtiene un 27% de los clientes de la cartera de la empresa insatisfechos o un 7% en la misma situación suponiendo ahora que los 4 equipos corresponden al mismo comprador.

Si en lugar de tomar toda la cartera de clientes se toman aquellos que tienen entregas ese mes, se tiene entre un 17% y un 67% de insatisfacción según se supongan 4 clientes diferentes con 1 retraso cada uno o un mismo cliente con 4 retrasos.

Este ejemplo evidencia que si en cualquier organización un cliente insatisfecho es un problema crucial, las condiciones de esta empresa hacen necesario un especial énfasis en solucionar cualquier situación que genere estos percances.

II. Tiempos improductivos

Durante el proceso productivo ocurre frecuentemente que una estación de trabajo está trabajando al 100% y la siguiente está a la espera de recibir el material en proceso sin registrar actividad alguna. Los operarios están entonces sin tareas concretas asignadas, perdiéndose de esta manera las horas productivas que representa la estación de trabajo en cuestión.

III. Reprocesos

Esta situación se presenta fundamentalmente en las etapas de corte y plegado y de granalla y pintura de las unidades.

En el primer caso se cortan y/o pliegan mal las piezas, situación que se advierte al momento de soldar los componentes.

En el caso de pintura, ocurre que hay cambios en el montaje del equipo a último momento o se reprocesa algún sub-ensamble y necesariamente tiene que ser pintado nuevamente.

En ambos casos cuando la falla se advierte es tarde para impedir las consecuencias. El reproceso no sólo genera espera al material que deba estar siendo procesado sino que retrasa el flujo normal de producción del equipo al que pertenece.

IV. Incumplimiento de los procedimientos de proceso

En situaciones ocurre que los procedimientos establecidos por el Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa no son correctamente gestionados por quienes debieran intervenir en ellos.

Esto indica por un lado fisuras en la aplicación de los procedimientos y por otro lado dificultades a la hora de controlarlos.

Los incumplimientos se dan tanto del área de oficina como por parte del taller, representado en esta oportunidad por los supervisores de los procesos.

V. Problemas en el flujo de materiales

El conflicto con el flujo de materiales se genera tanto para componentes primarios como para materiales en proceso.

a) Materiales primarios

Se definen como primarios a aquellos materiales que se utilizan para conformar los subensambles (o materiales en proceso) de los equipos. Corresponde a los componentes que se compran y se almacenan en la planta y que al momento de ser requeridos se utilizan en el estado en que fueron adquiridos.

Material primario	Parte del proceso en la que se utiliza normalmente	Imagen
Chapa	Corte y plegado	
Tubo estructural	Metalurgia	
Brida	Metalurgia	
Niple	Metalurgia	
Válvula	Montaje	
Bulón	Montaje	

Unión de golpe	Montaje	
Filtro hidráulico	Montaje	
Motor	Montaje	

Tabla 4. Ejemplos de materiales primarios

Fuente: Elaboración propia

En el caso de componentes primarios ocurre en algunas circunstancias que al ser solicitados por el proceso no están disponibles. En general sucede que se comienza a producir las unidades sin estar la lista de materiales del equipo totalmente definida. Esto genera que los requerimientos de materiales se emitan de manera irregular y a pesar de los esfuerzos del departamento de Compras por cumplir con los requerimientos en tiempo y forma, el tiempo no resulta suficiente para lograr un flujo de materiales normal.

En adhesión a lo anterior, suele ocurrir que los materiales para un determinado proyecto fueron pedidos y comprados en tiempo y forma, pero otro equipo con urgencia de entrega los utilizó a pesar de no tenerlos asignados. En ese caso, el equipo que sí contaba con su listado de materiales definido, comprado y recepcionado se encuentra con faltantes al momento de la utilización por la situación recientemente expuesta.

Sumado a ello, muchos de los materiales que se utilizan en la etapa de montaje como válvulas, bombas, motores, componentes eléctricos, hidráulicos y neumáticos, entre otros, se compran en el exterior. Esta situación de compra trae aparejado problemas en la aduana al momento de ingresar los contenedores al país. Éstos en ocasiones llegan al país en tiempo y forma pero quedan retenidos en el aeropuerto por consideraciones legales que forman parte de la burocracia del proceso de importación.

En resumen, el flujo de materiales primarios es irregular por problemas en la definición de los requerimientos, en la compra, recepción y/o almacenamiento.

La espera de un material muchas veces detiene el proceso en cuestión y si esto sucede en las últimas etapas de producción, cuando el equipo ya tomó las dimensiones que lo caracteriza, el problema se agrava ante la dificultad de “mover a un costado” la unidad de la estación de trabajo y continuar con el siguiente equipo hasta que el componente esté disponible. Esta situación se describe con mayor profundidad en la siguiente sección.

b) Materiales en proceso

En cuanto a los materiales en proceso, generan problemas por los reprocesos anteriormente mencionados, así como también por la imposibilidad de mover los subensambles como consecuencia de su tamaño. No se debe perder de vista la gran envergadura de los equipos en cuestión.

En relación a ello sucede que, en ocasiones, para trasladar el equipo o parte de éste de una nave a otra se requiere engancharlo a un camión y trasladarlo hasta la siguiente estación. Esta operación en general trae consigo problemas de tiempos.

La situación se agrava si el equipo no está montado sobre un tráiler o semi-trailer y se requiere para su traslado la contratación de una grúa.

En este punto se debe tener en cuenta que no sólo hay que trasladar el equipo para que sea reprocesado sino que la unidad debe volver a la estación en la cual se detecta la necesidad de reproceso. Esta actividad repite la necesidad de enganchar el producto al camión para el movimiento o de contratar una grúa que lo haga.

Si el equipo debe ser trasladado porque está parada su producción esperando la disponibilidad de un material, muchas veces se toma la decisión de no generar el movimiento y la unidad queda ocupando lugar en la estación de trabajo hasta que el componente llega y puede terminarse la operación. Esto por supuesto genera retrasos en la unidad siguiente que está en la cola esperando a ser procesada.

c) Falta de orden organizativo

c) 1. Cadena de mando

En determinadas situaciones la cadena de mando suele no ser clara para el personal, y se generan dudas sobre responsabilidades y definiciones como a quién se responde y a quién se coordina.

Al momento de tomar decisiones puntuales referidas a problemas y/o errores en la producción de los equipos, la dificultad existente en torno a la identificación de la cadena de mando genera confusión en el ambiente de trabajo.

c) 2. Espacio físico

La planta fue recientemente ampliada en las áreas de los talleres metalúrgicos, corte y plegado y almacén, con lo cual algunas zonas aún guardan secuelas de la reorganización de la instalación.

Sin embargo, el mayor desorden se ve en el espacio del proceso de montaje, y está relacionado con lo expuesto anteriormente en relación al flujo de materiales primarios y materiales en proceso.

c) 3. Reconocimiento de prioridades de producción

El cambio sobre la marcha de prioridades en la producción de las unidades genera desorden en el sistema productivo. Esta situación está íntimamente relacionada con el problema del flujo de materiales primarios, siendo una de las principales causantes del conflicto.

6.2. Descripción de los procesos involucrados

El proceso de fabricación de un equipo involucra todas las áreas de la empresa. Para contextualizar las relaciones entre las diversas áreas resulta interesante atender al diagrama de flujo contenido en la Figura I.3 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de equipos (parte 1) y la Figura I.4 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de equipos (parte 2)

A partir del conocimiento del diagrama expuesto, es posible construir una visión general de proceso de gestión de la organización. En las secciones siguientes se toman los procesos determinados en el alcance del presente trabajo, y se realiza una descripción más exhaustiva de la gestión que involucran.

6.2.1. Proceso I: Corte y plegado

El proceso de corte y plegado procede al diseño de las estructuras y a la determinación de las especificaciones técnicas, incluida la determinación de los materiales necesarios en cuestiones de tipo de material, calidad, resistencia, cantidad, etc.

Previo a iniciar la fabricación de una pieza, el responsable del proyecto, perteneciente al departamento de Diseño e Ingeniería, debe corroborar que esté realizada la orden de compra del material a procesar. Si se trata de un material de uso poco frecuente o fuera de las especificaciones habituales, se debe esperar a que el mismo se encuentre disponible. Si el material aún no fue entregado, pero es de uso frecuente y se encuentra en stock, se puede iniciar la realización de la pieza con el compromiso por parte del líder del proyecto de reclamar el material solicitado.

Una vez corroborado lo dicho anteriormente, el responsable del proyecto, emite dos copias de planos con el correspondiente sello "COPIA CONTROLADA". También se coloca un sello con la información de los procesos intervinientes en la pieza y un sello con la fecha de emisión del plano, cantidad de piezas a producir, número de serie del equipo y supervisor que recibe la pieza terminada. Este último dato puede ser completado por Producción en caso que el responsable de Ingeniería no haya definido quién recibirá la pieza.

Dichos planos son recibidos en la oficina de Producción, encargada de verificar el plano con la información requerida, expresada en el punto anterior. Si existe algún faltante, vuelve a Ingeniería, en caso contrario se agrega la fecha de finalización esperada de la pieza y se ubican en el Tablero de Control en la columna "PROGRAMADA" en el casillero correspondiente al equipo en cuestión, dándole curso a las tareas de Corte y Plegado.

Corte y Plegado verifica que la información del plano para procesar la pieza sea correcta como así también que contenga el peso de la misma, información fundamental para poder llevar a cabo un control de los Kg procesados por la empresa. El plano se carga en la "PLANILLA GENERAL DE CORTE Y PLEGADO" correspondiente al mes en curso, obteniendo un número de serie que se utiliza para realizar el seguimiento de las piezas. En dicho documento se indica la siguiente información: solicitante, N° de serie del equipo o equipos intervinientes, N° de plano, cantidad de piezas a procesar, peso de la pieza a procesar, material de la pieza a procesar, área de recepción de la pieza, fecha de entrega de plano, fecha requerida de la pieza, procesos intervinientes, estado de la pieza (EN PROCESO, EN ESPERA, SIN MATERIAL, TERMINADO).

En caso de que falte alguna información, como puede ser; cotas, tipo de material, peso, etc, se enviará un aviso vía e-mail al responsable del proyecto requiriéndola. En este lapso de tiempo, la pieza queda en el estado "EN ESPERA" sin salir al circuito de producción hasta que se reciba la respuesta del responsable. Una copia de los planos se ubica en el Tablero de Control en la columna "EN PROCESO" en el casillero correspondiente a su equipo y la otra se le entrega al supervisor de turno del sector, para

chequear la factibilidad de la operación, ya sea por material o por diseño de la pieza. En caso que no se pueda realizar por falta de material, el plano vuelve a la oficina de Producción para poder realizar el reclamo correspondiente quedando el mismo en una bandeja que está rotulada "SIN MATERIAL". Los responsables de Producción deben revisar los remitos de entrada de materiales para poder darle curso a la pieza, volviendo ésta al circuito normal de producción.

Si el material fue entregado y se utilizó para otra pieza, Producción informa por e-mail a las oficinas de Ingeniería involucradas; si no se pidió o no llegó, lo debe reclamar o pedir Ingeniería. Si es por un diseño incorrecto vuelve a la oficina de Ingeniería quedando la pieza con el estado "EN ESPERA", pudiendo aclarar en las observaciones lo sucedido.

La pieza continúa por los procesos correspondientes hasta su finalización, incluyendo las siguientes tareas

- Corte con guillotina
- Plegado
- Corte con pantógrafo de plasma u oxicorte
- Serrucho
- Ajuste
- Tornería
- Rolado

Cada operario debe aclarar en el plano la fecha en que realizó cada proceso y debe llevar la pieza al puesto de trabajo del proceso siguiente dentro de la estación de Corte y Plegado. El sello tiene un espacio al lado de cada operación para colocar la fecha de finalización de cada proceso. Esta fecha es luego cargada en la Planilla General. Una vez concluido el último proceso al que debe ser sometido la pieza, se la ubica en el sector asignado al supervisor metalúrgico correspondiente, ya sea propio o terceros.

Las piezas se identifican con la siguiente información: N° de Equipo, N° de Plano, cantidad de piezas y supervisor. Para esto, el operario que realice el proceso primario es el responsable de colocar una etiqueta con dicha información en la totalidad de las piezas del lote. Dichas etiquetas serán entregadas por la oficina de Corte y Plegado junto con los planos.

Una vez terminada la pieza, el encargado de la distribución de piezas es quien las reparte a los diferentes sectores metalúrgicos. Previamente debe chequear que los procesos estén completos, que las cantidades sean las correctas según lo indicado en el plano

correspondiente, y que las piezas estén debidamente identificadas. Si alguno de éstos requisitos no se cumplen, el material no debe ser retirado del sector.

Por último, el encargado de retirar las piezas las entrega con su respectivo plano al supervisor metalúrgico, o responsable que se asigne, quien tendrá que firmar el plano dando conformidad de lo recibido (cantidad, medida, etc.). En caso que el supervisor metalúrgico o responsable no firmara el plano, las piezas no pueden ser entregadas, y deben volver al sector de Corte y Plegado.

Una vez entregada la pieza y firmado el plano, éste se junta con la copia que previamente se dejó en producción y se colocan ambas en el Tablero de Control en la columna "FINALIZADA", en el casillero correspondiente a su equipo. Luego que el equipo es entregado al cliente, los planos se archivan en una carpeta o caja con el número de identificación que corresponda.

En la Figura I.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado se presenta el proceso recientemente descrito en el formato correspondiente a un diagrama de flujo.

6.2.3. Proceso II: Metalurgia

El proceso metalúrgico es inmediatamente posterior al proceso de corte y plegado de piezas. La distribución de piezas de la estación anterior se realiza dos veces al día. Una a primera hora de la mañana y otra pasado el mediodía. La entrega de piezas se realiza junto a la firma del plano con la conformidad de recepción otorgada.

Por excepción, si el supervisor metalúrgico necesitara fuera de los horarios de distribución una pieza que ya está procesada, es responsabilidad de los supervisores de Corte y Plegado hacer firmar el plano y entregar las piezas. Está prohibido retirar piezas del sector Corte y Plegado sin la autorización previa y sin la firma del plano que da conformidad.

Una vez que las piezas y los planos de conjuntos armados están disponibles en los talleres el proceso metalúrgico puede comenzar. Existen dentro de la planta cuatro talleres con sus respectivos supervisores. El primer taller corresponde a metalurgia de aceros inoxidables, el segundo y tercero a metalurgia de materiales comerciales, y el cuarto a metalurgia de recipientes y chasis.

Las tareas responden a la siguiente secuencia:



Figura 5. Tareas metalúrgicas para conformación de estructuras

Fuente: Elaboración propia

Tanto en el punteo como en el soldado definitivo de las estructuras se realiza una inspección por parte del departamento de Diseño e Ingeniería a cargo del líder del proyecto o correspondiente. Si la inspección es aprobada, el proceso metalúrgico deriva las estructuras a la siguiente estación de trabajo.

En general, las estructuras pasan sin problemas la inspección de soldado porque previamente son controladas en la inspección de punteo. El punteo consiste en realizar soldaduras débiles cada un metro entre uniones. Luego se mide en escuadra para corroborar que todas las dimensiones concuerden y asegurar que el equipo esté pre-armado correctamente.

Si una estructura no aprobara la inspección de soldado en primer lugar se evalúa la criticidad del conjunto. Si es relativamente baja, se arregla o emparcha y se vuelve a realizar la inspección. Caso contrario, pueden ocurrir dos cosas:

1. Se hace un rediseño, una redistribución de cargas que se adapte al resultado del conjunto
2. Se corta la soldadura, situación que se pretende evitar dado que exige la realización de un ensayo no destructivo, que incluye pruebas de tintas penetrantes o de partículas magnéticas que constaten que no hayan quedado tensiones residuales en la pieza. Si el material pasa el ensayo, se vuelve a soldar el conjunto, mientras que si no lo pasa la pieza debe realizarse de nuevo.

En ocasiones los equipos requieren el montaje parcial de determinado componente para puntear la estructura, dado que presentando el componente se pueden ajustar detalles del armado y soldado final. Un ejemplo de esta situación se da con algunos motores.

La forma más común de movimiento de material en proceso en las estaciones de trabajo metalúrgicas es el puente de grúa, debido a las dimensiones que manejan los conjuntos armados.

En la Figura I.6 se presenta el proceso recientemente descrito en el formato correspondiente a un diagrama de flujo.

6.2.4. Proceso III: Granalla

El proceso de granalla tiene como objeto limpiar y pulir el metal. En primera instancia se delimita la zona de trabajo, sectorizando y numerando el equipo. Luego se realiza una inspección de las piezas con el fin de detectar defectos constructivos como proyecciones y cordones irregulares de soldadura, cantos vivos, grietas y exfoliaciones, los cuales deben ser reparados antes de pasar a la siguiente etapa. Una vez eliminadas todas las imperfecciones, se lava con agua caliente a presión y detergente biodegradable con el fin de eliminar sales solubles, grasas y aceites que presente la superficie del equipo.

Finalmente se realiza el chorreado abrasivo hasta obtener un metal casi blanco, eliminando luego los restos de polvo y abrasivo mediante aire comprimido y aspirado.

El proceso de granallado de las unidades procede generalmente al Metalúrgico, aunque en ocasiones puede suceder al de Corte y Plegado cuando se trata de piezas que se montan en la última estación, a pesar de no ser comerciales.

Las cabinas de granallado se ubican entre el taller de Montaje y las cabinas de Pintura. El proceso requiere constante movimiento de piezas y consecuentemente hay una gran demanda del uso de los zampis para las pequeñas piezas y de camiones para enganchar las estructuras.

La planificación del área se realiza junto con la de del área de Pintura, y el supervisor general de Granalla responde también a Pintura.

En la Figura I.7 Diagrama de flujo del proceso de Granalla se presenta el proceso recientemente descrito en el formato correspondiente a un diagrama de flujo.

6.2.5. Proceso IV: Pintura

Las unidades ingresan a este proceso habiendo sido previamente granalladas. Para iniciar el proceso es necesario conocer el esquema de pintura y que la condición de la superficie sea adecuada. En caso que se formen manchas de óxido, la superficie deberá repasarse antes de aplicar la pintura, situación que representa un reproceso del material.

Para realizar la aplicación de pintura deben seguirse las instrucciones del esquema provisto por el encargado del equipo y las recomendaciones de la hoja técnica del producto a aplicar, informando al encargado en cada etapa finalizada del esquema de pintura.

El trabajo en el área no concluye hasta que la inspección de espesor es realizada. La prueba consiste en medir con un sensor eléctrico el grosor de la capa de pintura seca,

tomando siempre el promedio entre cinco puntos cada tres metros de distancia. La medición debe resultar uniforme y conforme a las especificaciones técnicas para que la inspección sea aprobada. Una vez alcanzado el espesor deseado, la tarea se da por concluida.

El proceso de Pintura se lleva a cabo dentro de cabinas ideadas para tal fin, diseñadas bajo condiciones de iluminación que permiten reproducir los colores de las superficies como si se estuviese trabajando a plena luz, sin sombras sobre la unidad de trabajo. Las cabinas, además, cuentan con un sistema de secado que permite unidades terminadas en menores tiempos que si se dejaran secar a condición ambiente.

Las pinturas que se utilizan en ocasiones se diseñan exclusivamente para la empresa, para cumplir con los requerimientos del cliente.

Cada proyecto tiene un diseño de colores específico, en función del cliente que lo solicita. Sucede, por ejemplo, que el blanco de un determinado cliente no es el mismo que el blanco de otros.

La etapa de Pintura es importante porque aporta a la imagen del producto final. Los clientes envían sus cartas de colores con las tolerancias que aceptan, las cuales se cotejan con el resultado del color final antes de dar conformidad al proceso.

En la Figura 1.8 Diagrama de flujo del proceso de Pintura se presenta el proceso recientemente descrito en el formato correspondiente a un diagrama de flujo.

6.2.6. Proceso V: Montaje

En general, el proceso de montaje procede al de granalla y pintura, aunque pueden presentarse equipos que demandan el orden inverso. En líneas generales sucede que mientras se monta el equipo, previamente granallado y pintado, se requieren estos dos procesos para alguna pieza que se fabrica en la planta y que debe ser montada al final, o bien para algún componente comercial que queda expuesto en el modelo final. Este es el caso de motores, válvulas y cañerías que requieren ser pintados del mismo color que el equipo por ser parte de su imagen.

La estación de montaje consta de un taller con 10 compartimientos numerados. En el box N°1 además de montarse equipos se realizan tareas de preparación de componentes, como por ejemplo el prensado de mangueras. En los boxes N°9 y N°10 se suelen estacionar equipos con faltante de materiales que pospone las tareas durante un tiempo considerable, si los hubiera, o bien grandes piezas metalúrgicas que deben montarse y no soldarse. Los restantes boxes funcionan de manera normal como estación de equipos.

El proceso de montaje de los equipos se lleva a cabo bajo el control de dos supervisores generales. Cada uno de ellos se especializa en determinados equipos,

independientemente del cliente y de la oficina que lidera el proyecto en cuestión. Uno de los supervisores monta equipos más complejos, y consecuentemente sus boxes manejan menor volumen de equipos respecto al otro supervisor, quien monta equipos menos complejos y maneja mayores volúmenes.

Los supervisores generales se encargan de montar la parte hidráulica, neumática y de accesorios, si las tuvieran.

Sumado a estos dos supervisores generales, el área cuenta con un supervisor más, que trabaja en conjunto con los anteriores y que se encarga exclusivamente de la parte eléctrica de los equipos. Todo proyecto que involucre cuestiones eléctricas y/o electrónicas debe pasar por este tercer supervisor, quien monta la estructura correspondiente y asegura el funcionamiento de la unidad.

De manera tal que un equipo entra al proceso en análisis con un supervisor general asignado, quien reparte diariamente su cuadrilla de operarios en los distintos proyectos que supervisa. La información básica requerida por la estación es la lista de materiales del equipo y los planos de conexiones correspondientes. Los materiales necesarios se piden en el almacén, donde se preparan los pedidos de cada proyecto en estanterías móviles que luego se desplazan hasta el box donde se encuentra la unidad. Una vez finalizado el equipo el mueble móvil vuelve al almacén, que reincorpora los materiales no utilizados.

En este punto se generan problemas por falta de designación de materiales, es decir se piden menos materiales que los realmente necesarios, por compras que no coinciden con los pedidos, o por pedidos que no llegan a tiempo a la planta para ser utilizados en el momento en que son requeridos.

Cada oficina tiene incorporado a su equipo de trabajo una persona que realiza el seguimiento de las unidades en la estación, asistiendo al supervisor en los problemas que se presentan. Asimismo, hay un ingeniero responsable del área, quien coordina a los tres supervisores de la estación y planifica.

La etapa de montaje resulta crítica en el proceso productivo por dos razones. En primer lugar corresponde al último eslabón del sistema de producción y acarrea los atrasos de cuatro estaciones anteriores. Esto hace que la presión por parte del sistema sea mayor que en otros puntos. Sumado a ello, montaje recibe el caudal de equipos que manejan los talleres metalúrgicos de la planta más el caudal de equipos que manejan los terceros, con las complicaciones que conlleva trabajar con un mayor volumen de unidades.

En segundo lugar, montaje utiliza numerosos materiales específicos de la área de la hidráulica, neumática y electrónica, cuyo tratamiento es sumamente técnico y rara vez reemplazable. Si una pieza debe ser cortada con urgencia y no está el material indicado, puede ser confeccionada con uno de calidad superior, que sobrepase las especificaciones necesarias, aunque no sea lo ideal, cabe aclarar. Contrariamente, si hay un faltante específico de un componente de montaje, el proceso no tiene una segunda opción y debe ser detenido hasta que se consiga esa parte. Empeora esta situación el hecho de que el material en cuestión sea de importación, algo muy común en casi la totalidad de los equipos que se fabrican.

Cuando una unidad abandona la estación de montaje está lista para ser entregada al cliente, exceptuando casos de unidades que previo a ser entregadas deben someterse a pruebas hidráulicas y/o inspecciones para certificaciones especiales. Las inspecciones del área de Calidad se realizan en los boxes de montaje, y una vez listo el equipo se mueve hacia el playón ubicado inmediatamente afuera del taller de Montaje, lugar donde el cliente retirará la unidad.

En la Figura I.9 Diagrama de flujo del proceso de Montaje se presenta el proceso recientemente descrito en el formato correspondiente a un diagrama de flujo.

6.3. Descripción del proceso de registro de datos para toma de decisiones

No existe hoy en día un proceso formal y procedimentado para la recolección de datos, cualquiera sea la naturaleza que se considere.

Sin embargo, se establece una serie de tareas que conforman el registro sobre el cual Producción toma las decisiones y planifica las actividades de la planta. Diariamente, los supervisores de los procesos centrales entregan a Producción una planilla donde se especifica la distribución del trabajo de la cuadrilla de operarios correspondiente al sector, expresada en horas por número de equipo. La información contenida en las planillas corresponde a la jornada inmediatamente anterior, y es transcrita a una planilla de Excel.

La computarización de los datos resulta en una hoja por sector donde figuran las horas de cada operario, por día y por equipo, además de la fichada diaria de cada empleado.

El objetivo es cotejar los datos provistos por los supervisores con las horas que cada individuo permanece en la planta, y corroborar coincidencia entre ambos.

Sumado a ello, cuando un proyecto abandona un sector, el registro permite contabilizar las horas hombre demandadas. De la misma forma, cuando el proyecto es entregado al cliente, el registro permite contabilizar las horas totales de fabricación.

El segundo registro que se toma es el de las fechas de inicio, entrega, reprogramación de la entrega y sector el proceso central en que se encuentra cada proyecto. (Ver Tabla I . 1 y Tabla I . 2) En este caso es Producción quien registra y procesa la información:

1. Estado del proyecto: no iniciado, corte y plegado, metalurgia, granalla y pintura, montaje, entregado
2. Fecha de inicio
3. Fecha de entrega programada inicial
4. Fecha/s de entrega reprogramada/s

El objetivo, además de conocer el estado de cada proyecto, es contabilizar, si los hubiera, los días de retraso.

Las anteriores dos tareas de registro mencionadas constituyen la base de datos sobre la cual se planifica la producción de la planta. Se pueden mencionar algunos otros registros de datos que pueden resultar interesantes para estudiar el desempeño de la producción, pero no se realiza un análisis de ellos ni se tienen en cuenta en las reuniones decisorias de Producción, Dirección e Ingeniería. Entre otros:

- Productos nos conformes y no conformidades, respecto al cual cabe destacar los esfuerzos del área de Calidad para con el procedimiento, y la desestimación de la herramienta por parte de las otras áreas.
- Piezas procesadas en la estación de corte y plegado, por subsector.
- Inspecciones de punteo y soldadura
- Ausentismo

7. ANÁLISIS

Se aborda el análisis bajo el concepto de círculo de preocupación/círculo de influencia introducido por Stephen COVEY (1989) en su libro “Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva: la revolución ética en la vida cotidiana y en la empresa”.

7.1. Análisis crítico de la situación actual del proceso de corte y plegado

Se analiza el proceso de corte y plegado a través de su diagrama de flujo, correspondiente a la Figura I.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado. Si se observa la secuencia de tareas, se identifican las siguientes preocupaciones:

1. Respecto a las compras:
 - a. ¿ El material necesario para el proceso fue solicitado al departamento de Compras?
 - b. ¿ El departamento de Compras procesó la solicitud y efectuó la compra?
 - c. ¿ La compra fue reclamada?
2. Respecto a la disponibilidad del material
 - a. ¿ Hay stock del material en cuestión?
 - b. ¿ Está disponible para ser usado?
3. Respecto a los planos de las piezas
 - a. ¿ Los planos provistos por Ingeniería contienen la información necesaria para construir la pieza?
 - b. ¿ Los planos enviados a la estación de trabajo contienen la información suficiente para la fabricación?
4. Respecto al corte y plegado de las piezas
 - a. ¿ Las piezas construidas están aprobadas?
 - b. ¿ Las piezas se construyeron en el tiempo estipulado?

Todas las preocupaciones antes mencionadas constituyen esperas y/o puntos de decisión en el proceso, que se traducen en mayores tiempos de fabricación. Es evidente entonces que todas ellas deben ser optimizadas e incluso eliminadas si fuera posible, pero no todas pueden ser abordadas desde el área de producción dado que no todas se encuentran dentro de su círculo de influencia.

1. Respecto a las compras: que la materia prima no esté comprada o, peor aún, no esté pedida, es una importante preocupación para la estación de trabajo. Lo cierto es que Corte y Plegado no se puede ocupar de pedir el material, ni tampoco será eficiente que reclame el material a Ingeniería para que éste último lo encargue a Compras.

Por otro lado, Corte y Plegado decide cada día qué planos se procesan y cuáles no. Esto significa que la estación de trabajo tiene control sobre los proyectos que se van a cortar y puede decidir, por ejemplo, reprogramar el inicio de un proyecto que no tiene material pedido a compras. Es importante destacar que esta reprogramación será posible en función de la prioridad de inicio de cada proyecto, es decir que no todos podrán ser reprogramados.

Esto implica que si un equipo no tiene material asignado y no puede ser reprogramada su producción, el sector se ve obligado a utilizar material disponible para otro equipo en ese proyecto. Esta utilización de préstamo soluciona el problema inmediato pero genera incertidumbre en el sistema general al no existir registros que evidencien estos movimientos.

En la Tabla 5 se puede observar el análisis del círculo de influencia del área de corte y plegado respecto a las compras.

1. Respecto a las compras		
Preocupación		Referencia del Diagrama de Flujo Figura 1.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado
¿ El material necesario para el proceso fue solicitado al departamento de Compras?		2
¿ El departamento de Compras procesó la solicitud y efectuó la compra?		2
¿ La compra fue reclamada?		3
¿ Por qué preocupa?		
Generación de demoras por falta de material. Se inicia el proceso y se debe frenar porque no hay material. Utilización de material asignado a otro equipo		7,21
No se tiene influencia	Realización del pedido de compra	
	Realización de la compra	
	Reclamo de la compra	
Sí se tiene influencia	Proyectos que se procesan Utilización del material	

Tabla 5. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto a las compras

Fuente: Elaboración propia

2. Respecto a la disponibilidad del material: que un material esté disponible para ser usado no depende únicamente de que se haya realizado la compra. En ocasiones ocurre que un proyecto tiene sus compras efectuadas y otro con mayor urgencia utiliza esa materia prima sin reponerla. Consecuentemente, cuando el primer proyecto entra a Corte y Plegado el proceso debe ser demorado porque el material fue parcial o totalmente usado para otro equipo y no existe registro que dé constancia de ello.

Esta es una situación que seguirá ocurriendo en la medida en que haya cambio de prioridades en la producción sobre la marcha. Corte y Plegado no puede trabajar sobre ello, dado que es la Dirección quien toma las decisiones de cambios de prioridades instantáneos.

Adicionalmente, no existe un stock real y confiable de la materia prima, y eso provoca desinformación a la hora de cortar un equipo. Es difícil saber si realmente es stock o si se está cortando un material asignado.

En la Tabla 6 se puede observar el análisis del círculo de influencia del área de corte y plegado respecto a la disponibilidad de material.

2. Respecto a la disponibilidad de material		
Preocupación		Referencia del Diagrama de Flujo Figura I.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado
¿ Hay stock del material en cuestión?		6
¿ Está disponible para ser usado?		20
¿ Por qué preocupa?		
Retrasos en la producción por falta de material y desorden por utilización de material asignado a otros proyectos		7,13,20,21
No se tiene influencia	Decisión de cambio de prioridades sobre la marcha del proceso productivo	
	Necesidad de cortar un equipo con material asignado a otro	
	Emisión de planos sin compra de materiales metalúrgicos asociados	
Sí se tiene influencia	Información de stock de materiales metalúrgicos actualizada y confiable	
	Proyectos que se procesan	

Tabla 6. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto a la disponibilidad de material

Fuente: Elaboración propia

3. Respecto a los planos de las piezas: Corte y Plegado recibe los planos del departamento de Diseño e Ingeniería y realiza un visado general del estado de éstos. En caso de detectarse una falla el plano debe volver a Ingeniería para ser redefinido por el responsable del proyecto (Figura I.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado, referencias 11 y 12). Planificación de la Producción adiciona información a los planos sobre fecha de inicio, finalización y responsable de fabricación. Hecho esto las piezas están en condiciones de iniciarse en el proceso de corte (Figura I.5, referencia 15).

Una vez que los planos son enviados a la estación de trabajo puede ocurrir que se detecten errores que impidan realizar la fabricación de la pieza, como por ejemplo que el plano carezca de cotas claras que definan las dimensiones, o que se haya definido una pieza con un material y un radio de curvatura incompatibles mecánicamente (Figura I.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado, referencia 18 y 19). En este caso el

proceso se detiene y el plano debe regresar a Planificación de la Producción, que se encarga de resolver el conflicto.

En ambas demoras los tiempos involucrados en el reproceso de la información varían en función del error cometido entre pocos minutos y jornadas completas de trabajo.

En esta ocasión es evidente que el círculo de influencia se limita al control de los planos. Resulta interesante que además de detectar errores, éstos se registren. Conocer esta información permite realizar un análisis sobre las causas reconociendo las más comunes y generando acciones correctivas.

En la Tabla 7 se puede observar el análisis del círculo de influencia del área de corte y plegado respecto a los planos.

3. Respecto a los planos de las piezas		
Preocupación		Referencia del Diagrama de Flujo Figura 1.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado
¿ Los planos provistos por Ingeniería contienen la información necesaria para construir la pieza?		11
¿ Los planos enviados a la estación de trabajo contienen la información suficiente para la fabricación?		16,18
¿ Por qué preocupa?		
Genera demoras en el proceso e implica reprocesos en las áreas de Diseño e Ingeniería y/o Planificación de la Producción		12,19
No se tiene influencia	Edición de datos técnicos en los planos	
Sí se tiene influencia	Control de la información contenida en los planos que ingresan al circuito	

Tabla 7. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto a los planos

Fuente: Elaboración propia

4. Respecto al corte y plegado de piezas: Si los tres puntos antes mencionados se cumplen (material comprado, disponible para ser utilizado y planos acorde a las especificaciones), que las piezas sean aprobadas por la estación siguiente y que sean entregadas en el tiempo estipulado son resultados sobre los cuales el área tiene plena influencia. Este punto se relaciona la capacitación y el conocimiento técnico de los operarios del sector y con la disponibilidad y operatividad de las máquinas y herramientas, ambos aspectos inseparables de la gestión en manos de los Ingenieros. Es decir que en este sentido el área tiene total control e influencia y las decisiones que se toman condicionan el resultado y la respuesta a los interrogantes planteados, ¿ las piezas construidas están aprobadas?, ¿ las piezas se construyeron en el tiempo estipulado?

En la Tabla 8 se puede observar el análisis del círculo de influencia del área de corte y plegado respecto al corte y plegado de piezas.

4. Respecto al corte y plegado de las piezas	
Preocupación	Referencia del Diagrama de Flujo Figura 1.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado
¿ Las piezas construidas están aprobadas?	22, 25, 26
¿ Las piezas se construyeron en el tiempo estipulado?	-
¿ Por qué preocupa?	
Constituye el objetivo del sector, fabricar las piezas que forman los equipos en tiempo y forma	-
No se tiene influencia	
Sí se tiene influencia	Gestión del proceso, organización y dirección de las tareas
	Capacitación de los operarios orientada a la calidad de realización de los trabajos

Tabla 8. Análisis del círculo de influencia de Corte y Plegado respecto al corte y plegado de piezas

Fuente: Elaboración propia

7.2. Análisis crítico de la situación actual del proceso metalúrgico

Se analiza el proceso metalúrgico a partir de la Figura 1.6 Diagrama de flujo del proceso de Metalurgia. Se observan allí las siguientes preocupaciones:

1. Respecto al material de entrada
 - a. ¿ Las piezas recibidas alcanzan la conformidad?
 - b. ¿ Los planos de los conjuntos armados contienen la información necesaria?
2. Respecto al material en proceso/de salida
 - a. ¿ Se aprueba la inspección del punteo de la estructura?
 - b. ¿ Se aprueba la inspección del soldado de la estructura?

En cuanto al material de entrada, que las piezas recibidas alcancen la conformidad no es parte del círculo de influencia del sector, aunque sí pertenece al de preocupación. Lo mismo sucede con los planos de los conjuntos armados. Esto ocurre porque ambos son entradas del proceso, una de materia prima y la otra de información.

El sector se debe preocupar por estos aspectos porque condicionan el desempeño del proceso, pero no pueden influir de manera directa. En la Tabla 9 se observa de qué manera se puede involucrar.

1. Respetto a los materiales de entrada	
Preocupación	
¿ Las piezas recibidas alcanzan la conformidad?	
¿ Los planos de los conjuntos armados contienen la información necesaria?	
¿ Por qué preocupa?	
Las piezas que no alcanzan la conformidad y los planos con falta de información condicionan el inicio del proceso metalúrgico.	
No se tiene influencia	Correcta confección de piezas y/o planos
Sí se tiene influencia	Control de los elementos de entrada

Tabla 9. Análisis del círculo de influencia de Metalurgia respecto a los materiales de entrada

Fuente: Elaboración propia

Atendiendo al segundo grupo de preocupación, que involucra la aceptación de inspecciones de materiales en proceso y de salida, asumiendo que las piezas constituyentes de los conjuntos son conformes a los planos y que los planos de los conjuntos armados constituyen un instructivo completo y confiable, el único proceso influyente resulta ser metalurgia. Sobre esta preocupación se tiene pleno control real por tratarse del resultado mismo del proceso.

En la Tabla 10 se observa el análisis del círculo de influencia del proceso metalúrgico respecto a los materiales en proceso/de salida.

2. Respetto al material en proceso/de salida	
Preocupación	
¿ Se aprueba la inspección del punteo de la estructura?	
¿ Se aprueba la inspección del soldado de la estructura?	
¿ Por qué preocupa?	
Las inspecciones no aprobadas implican reprocesos.	
No se tiene influencia	Decisión de aprobación.
Sí se tiene influencia	Objeto de la decisión de aprobación, que implica un trabajo correcto y conforme a las especificaciones.

Tabla 10. Análisis del círculo de influencia de Metalurgia respecto a los materiales en proceso

Fuente: Elaboración propia

7.3. Análisis crítico de la situación actual del proceso de granalla y proceso de pintura

El análisis de los procesos de granalla y pintura no se abordará desde el concepto de círculo de preocupación y círculo de influencia. En su lugar se reconocen las características a tener en cuenta en la posterior elaboración de propuestas de mejora:

- Las dificultades principales que afectan la planificación de la producción en estas etapas de fabricación está representada por los retrasos de los procesos anteriores y la recepción de partes de equipos sin identificación. Los retrasos en la planificación no permiten trabajar con fechas de inicio y finalización para estos procesos, si no que el plan de producción se limita a diferenciar entre los equipos en proceso y aquellos que se encuentran en espera.
- Los registros actuales no se completan de forma correcta. En consecuencia no se poseen datos para realizar un análisis confiable.
- Operativamente son procesos sencillos y de menor duración en comparación con el resto, y cuentan con instructivos y procedimientos claros que sirven de guía a los supervisores y operarios que realizan las distintas tareas.
- Las dimensiones del taller de granalla y del taller de pintura permiten trabajar en no más de 3 o 4 equipos de forma simultánea lo que amplifica el efecto de los retrasos en estas estaciones.
- La mayor parte de la producción de granalla y pintura se encuentra tercerizada, quedando fuera de consideración por el alcance de este trabajo.

7.4. Análisis crítico de la situación actual del proceso de montaje

En relación al proceso de montaje, las preocupaciones del área se desprenden de la descripción del proceso y de su observación directa. Se identifican dos grandes preocupaciones

1. Respecto a los materiales:
 - a. ¿ Los componentes de montaje fueron solicitados a compras?
 - b. ¿ La compra de los componentes se efectuó?
 - c. ¿ Los componentes de montaje están en la planta?
 - d. ¿ Los materiales fueron separados del almacén y llevados a la estación de montaje?
2. Respecto a la planificación:
 - a. ¿ Los equipos ingresan al proceso con atrasos?
 - b. ¿ La capacidad de la mano de obra se ajusta a las necesidades planificadas?
 - c. ¿ La planificación de las horas teóricas de trabajo coinciden con las horas reales?

Referido a los materiales de montaje, reincide el conflicto que se genera en el proceso de compra de materiales metalúrgicos, desde la generación de la solicitud hasta su confirmación de compra. Adicionalmente, en el caso de los componentes de montaje ocurre que muchos de ellos son importados, por lo que el tiempo de entrega está sujeto a la aprobación de la documentación correspondiente para ingresarlos al país. En ocasiones, se

registran tiempos de hasta 10 semanas de recepción del componente. La disponibilidad de los materiales de montaje se ve afectada entonces por factores tales como la solicitud de la compra, la confirmación de ésta, el lead time del proveedor, y los tiempos sujetos a la importación.

Otra preocupación que afecta el proceso radica en la separación física de los materiales en el almacén y en la correcta asignación en los muebles destinados a cada proyecto. El flujo de materiales entre almacén y montaje es problemático, porque las listas de materiales en ocasiones resultan poco coincidentes con la realidad y los supervisores arman los equipos con materiales que no son contemplados en dichos documentos. Esta situación provoca un flujo constante de personal entre almacén y montaje en busca de componentes.

En la Tabla 11 se observa el análisis del círculo de influencia del proceso de montaje respecto a los materiales.

1. Respecto a los materiales	
Preocupación	
¿ Los componentes de montaje fueron solicitados a compras?	
¿ La compra de los componentes se efectuó?	
¿ Los componentes de montaje están en la planta?	
¿ Los materiales fueron separados del almacén y llevados a la estación de montaje?	
¿ Por qué preocupa?	
La falta de material retrasa la terminación de los equipos. Muchos de los componentes involucrados en el proceso tienen tiempos de entrega superiores a 10 semanas	
No se tiene influencia	Solicitud, compra, recepción y separación de materiales.
Sí se tiene influencia	Exigencia de documentación actualizada y completa

Tabla 11. Análisis del círculo de influencia de Montaje respecto a los materiales

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, pero no menos importante, se encuentran las preocupaciones respecto a la planificación del sector. En este sentido se repiten interrogantes que contemplan el ingreso del material en proceso al sector con retrasos de estaciones previas. En este punto se genera una demanda difícilmente cubierta, que combina: equipos que entran atrasados, equipos que deben ser procesados y se dejan de lado para atender a los primeros, equipos cuyas horas planificadas no se ajustan a los tiempos reales y mano de obra insuficiente para cubrir las solicitudes de las oficinas y del sistema en general, que presiona para terminar la fabricación de los proyectos.

En la Tabla 12 se observa el análisis del círculo de influencia del proceso de montaje respecto a la planificación.

2. Respecto a la planificación	
Preocupación	
¿ Los equipos ingresan al proceso con atrasos?	
¿ La capacidad de la mano de obra se ajusta a las necesidades planificadas?	
¿ La planificación de las horas teóricas de trabajo coincide con las horas reales?	
¿ Por qué preocupa?	
Los errores en la planificación de los tiempos de la estación se traducen en entregas fuera de término e implican, entre otras cosas, insatisfacción del cliente.	
No se tiene influencia	Ingreso de equipos con atrasos de estaciones previas
Sí se tiene influencia	Ajuste de la planificación de horas en función de la capacidad y de la demanda de cada proyecto

Tabla 12. Análisis del círculo de influencia de Montaje respecto a la planificación

Fuente: Elaboración propia

La influencia en este caso es respecto al ajuste de la planificación y a la retroalimentación de las horas teóricas en función de las cuales se planifica. El sector debe acercarse a los tiempos reales de fabricación para poder realizar estimaciones más certeras de la capacidad del proceso.

7.5. Análisis del proceso de registro de datos para la toma de decisiones

Referido al registro de datos para la toma de decisiones se resume en la Tabla 13, la descripción realizada en secciones anteriores:

	Incluye	Quién registra los datos
Registro de horas	1. Fichada por operario	Fichero automático
	2. Imputación diaria de horas por operario y por equipo	Supervisor del proceso
Registro de estado	1. Fechas de inicio, finalización y reprogramación	Planificación de la Producción
	2. Parte del proceso central en la que se encuentra el proyecto	Planificación de la Producción

Tabla 13. Registros de datos actuales

Fuente: Elaboración propia

Ambos registros y sus objetivos resultan interesantes para la toma de decisiones en materia de planificación de la producción. Lo cierto es que las planillas se completan y en ocasiones no se analizan ni se retroalimentan los procesos con los resultados de los registros. Este es el clásico caso en que “lo urgente no deja tiempo para lo importante”, y los

problemas del día a día impiden que se complete el ciclo de planificación, realización, acción y retroalimentación.

Lo anterior provoca que los desfases entre la producción y lo inicialmente planificado pasen generalmente inadvertidos. El error recae entonces no sólo sobre quienes elaboran, o deberán elaborar los informes pertinentes, sino sobre quienes deberán evaluarlos y tomar decisiones al respecto.

IV. MEJORA DE LOS PROCESOS

8. Propuestas de mejora

En función del análisis realizado se presenta en esta sección el desarrollo de acciones propuestas para mejorar la gestión del sistema productivo.

A pesar que el análisis se realizó acotando cada etapa del proceso central a su zona de influencia, las propuestas se elaboran fundamentalmente de manera integral, considerando el compromiso que genera su aplicación en las áreas de soporte y gestión del sistema. El objetivo es garantizar el éxito de la aplicación práctica de las alternativas seleccionadas para suplir los conflictos del sistema en general. Sin esta mirada integral se cae en el error de no considerar al sistema y sus interrelaciones como tales.

De las preocupaciones analizadas para cada proceso en las tablas de la anterior sección, Tablas N° 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, se desprende el siguiente resumen/resultado para el cual se definirán cinco propuestas en las siguientes secciones.

	Corte y Plegado	Metalurgia	Granalla	Pintura	Montaje
Falta de material por ausencia de pedido de compra, ausencia de compra, o compra tardía	✓				✓
Incumplimiento de las horas teóricas planificadas		✓	✓	✓	✓
Retrasos propios de la estación por reprocesos	✓	✓	✓	✓	
Retrasos propios de la estación por falta de control	✓	✓			

Tabla 14. Problemas asociados a los procesos centrales de fabricación

Fuente: Elaboración propia

8.1. Propuesta I: Gestión de existencias de materiales metalúrgicos

La propuesta de llevar adelante la gestión de materiales metalúrgicos parte de la premisa de que la forma en que se llevan a cabo los pedidos y las compras de estos materiales entorpece el flujo de trabajo en la estación de Corte y Plegado, y consecuentemente, en toda la cadena productiva.

El modelo propuesto se limita al material metalúrgico utilizado por excelencia durante el proceso, la chapa. Existen otros materiales metalúrgicos como caños, ángulos, barras y tubos, entre otros, cuya administración no será contemplada en esta propuesta ante la necesidad de establecer límites en su alcance.

El objetivo entonces es establecer una forma de gestionar el aprovisionamiento de las chapas que se utilizan para la conformación de las estructuras de los equipos.

8.1.1. *Elaboración y justificación de la propuesta*

En primer lugar se procede identificar algunas características del material sobre el que se trabajará que agregan información de interés para la elaboración de la propuesta:

1. Las chapas constituyen la principal materia primera para producir los equipos.
2. Se consumen chapas de diferentes calidades y materiales, dependiendo de las propiedades mecánicas que se deseen, en función de las solicitudes a las que se expondrá la estructura que conformen.
3. Existen espesores y medidas de placa estándares. El espesor se mide en pulgadas, o su equivalente en milímetros, y las medidas de la placa en milímetros. En general, el mercado ofrece placas de 6000 o 12000 milímetros de largo. En cuanto al ancho, lo más común es encontrar medidas de 1500 o 1000 milímetros .
4. Lo más económico es tomar las medidas estándares. Por esta razón, ingeniería debe realizar el aprovechamiento de chapa de los equipos y pedir unidades enteras de material.
5. Si hay un requerimiento por menos de media chapa, no es procesado como tal y ese material es abastecido de los recortes generados en el sector de Corte y Plegado.
6. Si el requerimiento es mayor que media chapa pero menor a la unidad, se redondea a una y el sobrante es utilizado como recorte.
7. Los recortes se generan a diario en la estación y se utilizan con la misma frecuencia, razón por la cual el stock de recortes no constituye un problema en la gestión.
8. Existen chapas que son comunes a todos los equipos, independientemente del proyecto, de la oficina o del cliente en cuestión.
9. Existen chapas que sólo usan determinados modelos de equipo por algún requerimiento estructural específico.
10. La compra se cotiza en US\$/kilo o \$/kilo, según el proveedor
11. El 80% de las órdenes de compra se cotizan a un mismo proveedor
12. El lead time del proveedor más cotizado es de 10 a 15 días
13. Las chapas se almacenan apiladas según el espesor y el material. El espacio perimetral ocupado por una chapa es el mismo que el ocupado por 10.

Los datos con los que se cuenta para el desarrollo de la propuesta corresponde a las compras realizadas en el período comprendido entre Abril de 2014 y Abril de 2015. Es decir, no se tienen datos concretos de la demanda del sector productivo, sino de la demanda del área de Compras.

En el Anexo Virtual I.I se muestra un resumen de las compras realizadas en el período indicado. Los datos fueron obtenidos del sistema de gestión empresarial que maneja la organización, el cual brinda información de todas las líneas compradas, la fecha de compra, el proveedor correspondiente, el/los equipos para los que se compra y si la

compra está asociada a una lista de materiales o no. En Anexo Virtual I.II se encuentran listadas las chapas que se pueden pedir para construir los equipos, con sus respectivos códigos internos de referencia. En el Anexo Virtual I.III se muestran las compras del período ordenadas por tipo de chapa. Además, para trabajar con una medida más representativa del sistema se calcula la cantidad de unidades en función de los kilos y el precio promedio por unidad.

La primera acción que se toma para evaluar los datos es graficarlos en un diagrama de barras, con el objetivo de identificar chapas o grupos de chapas de frecuencia de demanda similar. A continuación se muestran los resultados tabulados en la Tabla 15 y graficados en la Figura 10⁵

⁵Se excluyen del análisis las chapas cuya frecuencia de compra anual es menor a 10 unidades

Referencia Interna	Nombre	Cantidad en unidades anuales compradas	Observación
A.01.09.00.00.0016	Chapa Laminado Comercial 6,35 (1/4") x 1500 x 6000 mm	664	<i>Chapas por encima de las 180 unidades anuales, 4 variedades involucradas</i>
A.01.09.00.00.0011	Chapa Laminado Comercial 4,7625 (3/16") x 1500 x 6000 mm	354	
A.01.09.00.00.0022	Chapa Laminado Comercial 9,525 (3/8") x 1500 x 6000 mm	191	
A.01.04.00.00.0007	Chapa A.I AISI 304 3 x 1500 x 3000 mm	181	
	Total	1390	
A.01.09.00.00.0008	Chapa Laminado Comercial 3,175 (1/8") x 1500 x 6000 mm	151	<i>Chapas por debajo de las 180 y por encima de las 100 unidades anuales, 5 variedades involucradas</i>
A.01.09.00.00.0049	Chapa Laminado Comercial Semilla de Melón 6,35 (1/4") x 1500x6000 mm	124	
A.01.09.00.00.0005	Chapa Laminado Comercial 2 x 1500 x 3000 mm	108	
A.01.05.00.00.0002	Chapa Aluminio 2 x 1000 x 2000 mm (11.40 kg/un)	103	
A.01.09.00.00.0019	Chapa Laminado Comercial 7,9375 (5/16") x 1500 x 6000 mm	102	
	Total	588	
A.01.09.00.00.0017	Chapa Laminado Comercial 6,35 (1/4") x 1500 x 8000 mm	77	<i>Chapas por debajo de las 100 y por encima de las 20 unidades anuales, 6 variedades involucradas</i>
A.01.09.00.00.0026	Chapa Laminado Comercial 12,7 (1/2") x 1500 x 6000 mm	64	
A.01.09.00.00.0047	Chapa Laminado Comercial Semilla de Melón 4,7625 (3/16") x 1500x6000 mm	45	
A.01.09.00.00.0044	Chapa Laminado Comercial Semilla de Melón 3,18 (1/8") x 1250x6000 mm	40	
A.01.03.00.00.0002	Chapa A-516 GR70 - 6,35 (1/4") x 2500 x 12000 mm	34	
A.01.09.00.00.0015	Chapa Laminado Comercial 4,7625 (3/16") x 1500x6800 mm	31	
	Total	291	
A.01.05.00.00.0004	Chapa Aluminio 3 x 1200 x 2400 mm (24.62 kg/un)	29	<i>Chapas por debajo de las 20 unidades anuales, 12 variedades involucradas</i>
A.01.09.00.00.0046	Chapa Laminado Comercial Semilla de Melón 4,7625 (3/16") x 1500x3000 mm	28	
A.01.07.00.00.0004	Chapa F-36 9,525 (3/8") x 2500 x 12000 mm	27	
A.01.04.00.00.0002	Chapa A.I AISI 304 2 x 1500 x 3000 mm	26	
A.01.02.00.00.0001	Chapa A514 G-B (T1) 12,7 (1/2") x 2500 x 12000 mm	24	
A.01.09.00.00.0030	Chapa Laminado Comercial 19,05 (3/4") x 1500 x 6000 mm	16	
A.01.05.00.00.0003	Chapa Aluminio 3 x 1000 x 2000 mm (17.1 kg/un)	15	
A.01.07.00.00.0003	Chapa F-36 9,525 (3/8") x 1245 x 12000 mm	15	
A.01.07.00.00.0001	Chapa F-36 6,35 (1/4") x 2500 x 12000 mm	14	
A.01.04.00.00.0019	Chapa A.I SA-240 304 3 x 1000 x 2000 mm	14	
A.01.01.00.00.0001	Chapa A-36 6,35 (1/4") x 2500 x 12000 mm	13	
A.01.07.00.00.0007	Chapa F-36 12,7 (1/2") x 2500 x 12000 mm	10	
	Total	232	

Tabla 15. Cantidad de unidades anuales compradas por chapa y/o grupo de chapas

Fuente: Elaboración propia

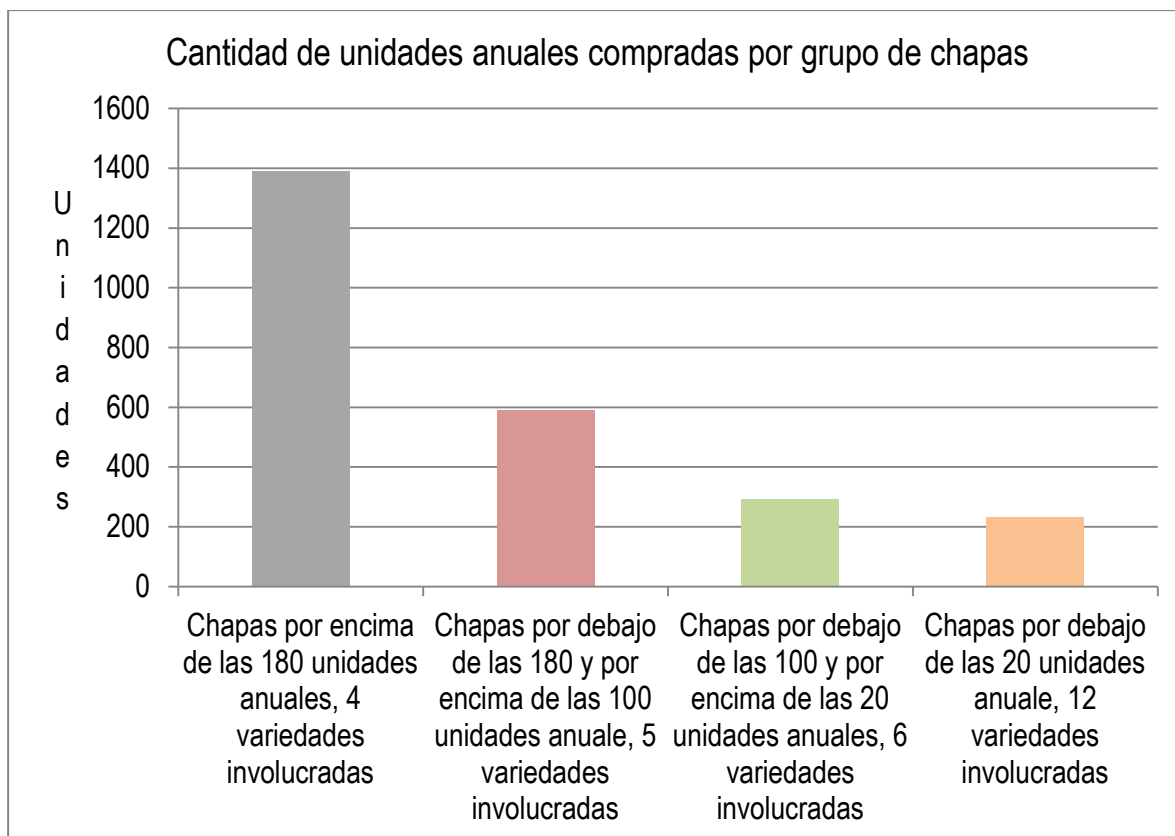


Figura 10. Cantidad de unidades anuales compradas por grupo de chapas

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se observa una notable diferencia entre la frecuencia de compra del primer grupo y la del segundo, tercero y cuarto. Sumado a ello se encuentra el hecho de que la composición de los grupos aumenta a medida que disminuye su frecuencia de compra. Los 4 tipos de chapas del primer grupo se consumen con mayor frecuencia (56% de las compras) que los restantes 23 tipos tomados para el análisis, como se muestra en la Figura 11. Porcentaje de compra anual según tipo de chapa

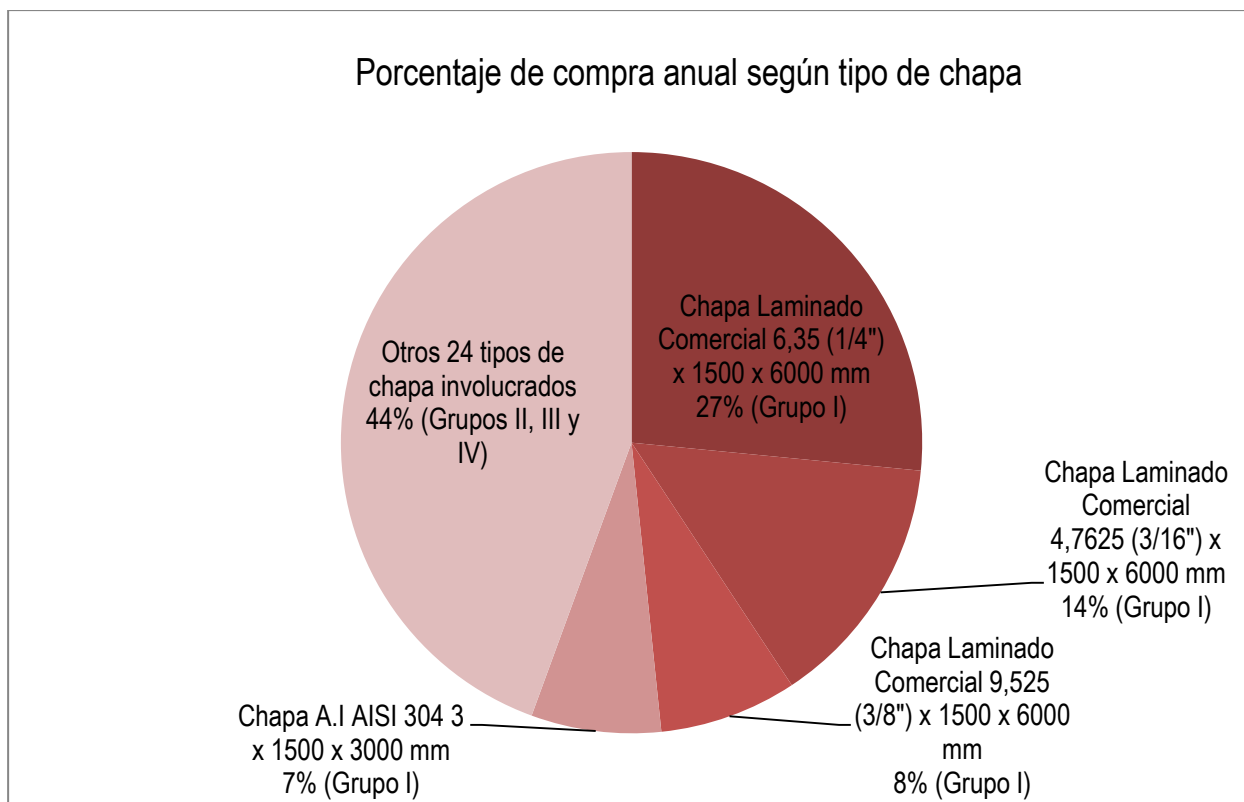


Figura 11. Porcentaje de compra anual según tipo de chapa

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior se concluye que el 56% de las unidades compradas durante el año en análisis corresponde sólo a 4 tipos de chapa distintos, mientras que el restante 44% se reparte entre 27 tipos diferentes. A las chapas que representan el 56% de las unidades anuales demandadas se las denominará, de ahora en más, chapas frecuentes. Por el contrario, a aquellas chapas que pertenecen al 44% restante se las denominará chapas poco frecuente.

Se continúa el desarrollo de la propuesta considerando sólo las chapas frecuentes, excluyendo del grupo cachapa A.I AISI 304 3 x 1500 x 3000 mm. Se toma la decisión de eliminarla del desarrollo de la propuesta porque es un material utilizado por un tipo de equipos particular, y su abastecimiento y demanda no responden a la misma problemática que las otras tres chapas frecuentes, comunes a todos los proyectos.

Se resumen los datos y se analizan los porcentajes que representan las chapas frecuentes en las Tablas 16 y 17.

Referencia Interna	Nombre	Cantidad [Unidades anuales]	[kg/unidad]	Precio [US\$/Uni]
A.01.09.00.00.0016	Chapa Laminado Comercial 6,35 (1/4") x 1500 x 6000 mm	664	448,62	472,89
A.01.09.00.00.0011	Chapa Laminado Comercial 4,7625 (3/16") x 1500 x 6000 mm	354	336,47	352,02
A.01.09.00.00.0022	Chapa Laminado Comercial 9,525 (3/8") x 1500 x 6000 mm	191	672,94	713,82

Tabla 16. Chapas frecuentes

Fuente: Elaboración propia

Referencia Interna	A.01.09.00.00.0016	A.01.09.00.00.0011	A.01.09.00.00.0022
Cantidad [Unidades anuales]	664	354	191
Frecuencia de compra total	52	39	36
Frecuencia de compra por debajo de 5 unidades	27	26	26
Porcentaje representado	52%	67%	72%
Frecuencia de compra por encima de 20 unidades	14	6	3
Porcentaje representado	27%	15%	8%

Tabla 17. Frecuencia de anual compra para chapas frecuentes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que en los tres casos las compras emitidas por debajo de 5 unidades por orden representan entre un 50% y un 70% del total. En el otro extremo se encuentran las compras correspondientes a más de 20 unidades por emisión, representadas en el 8% del total para el caso más desalentador y en el 27% para el más favorable.

Esta tendencia tan alta de órdenes de compra emitidas por menos de 5 unidades genera costos de gestión y entorpece las tareas del sector de Corte y Plegado y Almacén por recepciones pequeñas en poco tiempo.

En este sentido, la principal limitación del método actual de compras reside en que la emisión de órdenes se encuentra asociada a un equipo o proyecto. Esta situación que impide la agrupación de varios pedidos en una misma orden de compra provoca que las chapas de uso frecuente registren una gran cantidad de pedidos independientemente del tamaño y fecha de la orden.

En la Tabla 18. Ejemplo de pedidos pequeños en cortos tiempos se ejemplifica la situación antes descrita. Para la Chapa Laminado Comercial 4,7625 (3/16") x 1500 x 6000, referencia interna A.01.09.00.00.0011 se registran 6 órdenes de compra, todas ellas con cantidades menores a 5 unidades, emitidas en un lapso de 12 días. Es decir que en una semana y media se compraron 10 unidades del mismo producto con 6 órdenes de compra diferentes, lo que representa un promedio de 1,6 chapas por PO⁶ emitida.

A.01.09.00.00.0011		
Nº Orden de Compra	Fecha de creación	Cantidad
PO05889	2015-03-04	2
PO05887	2015-03-04	1
PO05756	2015-03-05	1
PO06046	2015-03-12	4
PO05781	2015-03-15	1
PO05460	2015-03-16	1

Tabla 18. Ejemplo de pedidos pequeños en cortos tiempos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se resumen los datos que se obtienen del análisis de las 6 PO que figuran en la Tabla 18 del tipo de chapa con referencia interna A.01.09.00.00.0011

Cantidad de chapas total	10
Cantidad de PO	6
Cantidad de PO con pedidos menores a 5 unidades	6
Días transcurridos entre la primer y la última	12

Tabla 19. Análisis ejemplo Tabla 15

Fuente: Elaboración propia

A partir de los registros de compras se construyeron los gráficos de frecuencia semanal de las tres clases de chapas en cuestión (Ver Anexo Virtual I.IV). Como se puede observar Figura II.1 Gráfico de frecuencia semanal de compras de CH16, Figura II.2 Gráfico de frecuencia semanal de compras de CH11 y Figura II.3 Gráfico de frecuencia semanal de compras de CH22 no se reconoce ningún patrón o tendencia, ni se distingue un valor que sugiera una cantidad mínima demandada al proveedor por período. Se vuelven a realizar los

⁶ PO: Purchase Order (orden de pedido)

gráficos en períodos quincenales y mensuales, en Figura II.4 Gráfico de frecuencia quincenal de compras de CH16, Figura II.5 Gráfico de frecuencia quincenal de compras de CH11 y Figura II.6 Gráfico de frecuencia quincenal de compras de CH22 y en Figura II.7 Gráfico de frecuencia mensual de compras de CH16, Figura II.8 Gráfico de frecuencia mensual de compras de CH11 y Figura II.9 Gráfico de frecuencia mensual de compras de CH22 respectivamente, pero se repite la situación anterior representada por picos aleatorios de pedidos de chapa.

Se decide entonces elaborar los gráficos en base a la frecuencia de los distintos tamaños de pedidos emitidos para cada chapa frecuente que se observan a continuación. (Ver valores en Tabla II.2 Unidades de CH16 solicitadas por PO, Tabla II.3 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH16 Tabla II.4 Unidades de CH11 solicitadas por PO Tabla II.5 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH11, Tabla II.6 Unidades de CH22 solicitadas por PO y Tabla II.7 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH22)

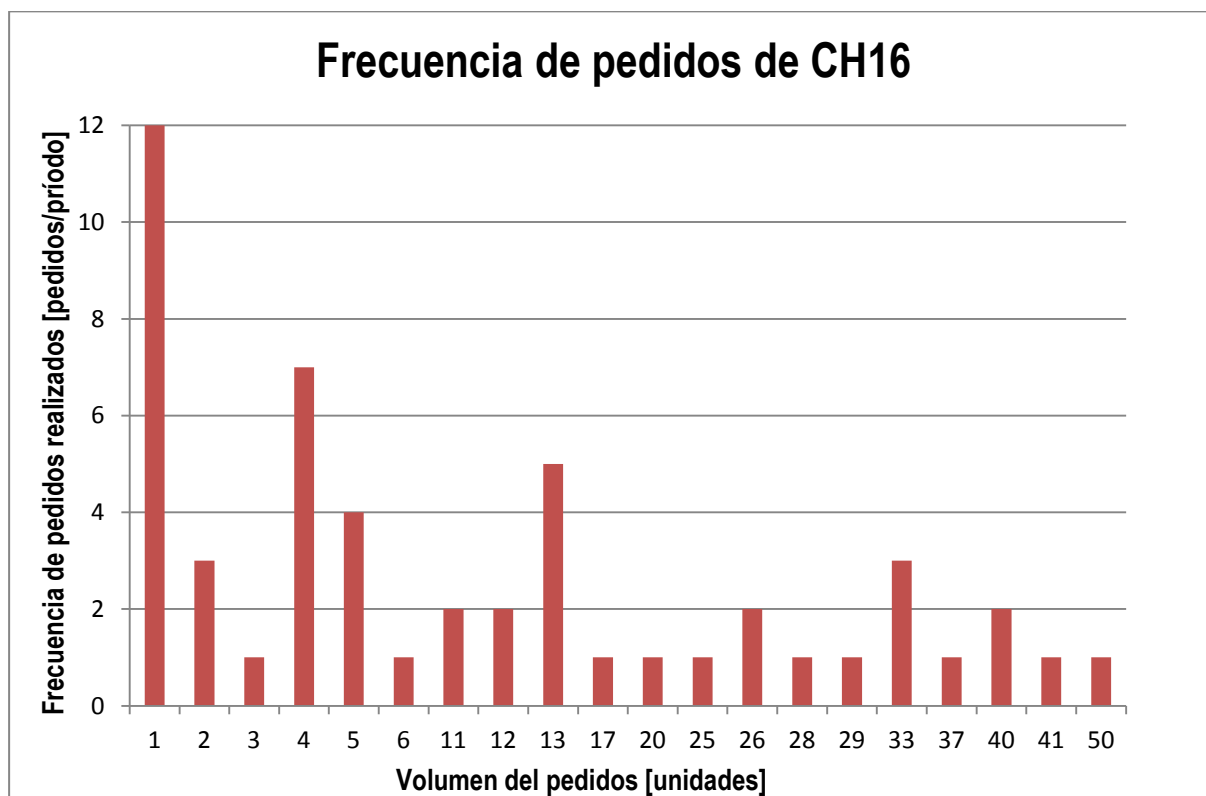


Figura 12. Frecuencia de pedidos de CH16 en el período abril 2014 – abril 2015

Fuente: Elaboración propia

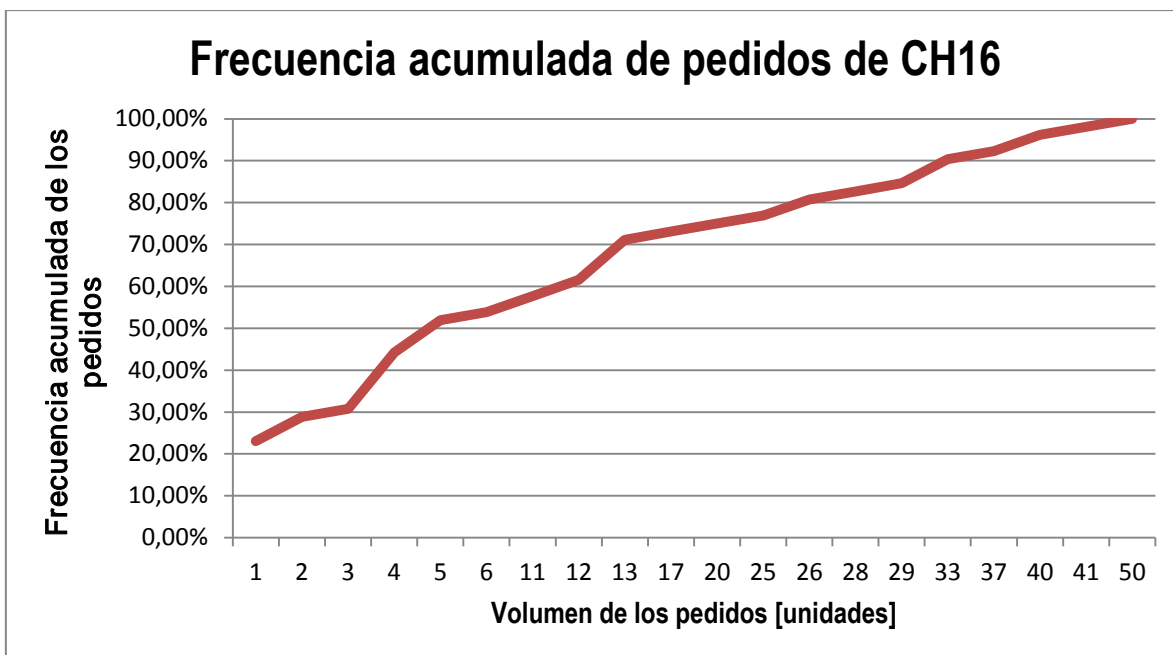


Figura 13. Frecuencia acumulada de pedidos de CH16 en el período abril 2014 – 2015

Fuente: Elaboración propia

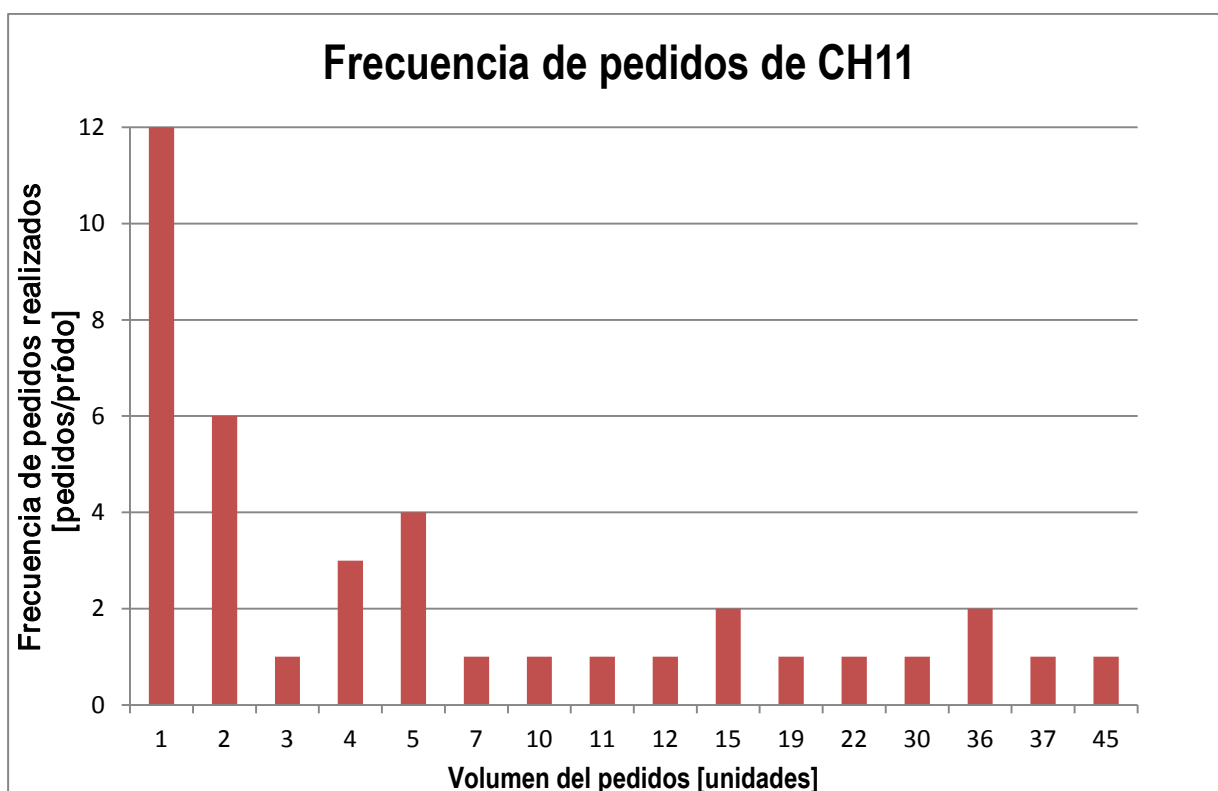


Figura 14. Frecuencia de pedidos de CH11 en el período abril 2014 – abril 2015

Fuente: Elaboración propia

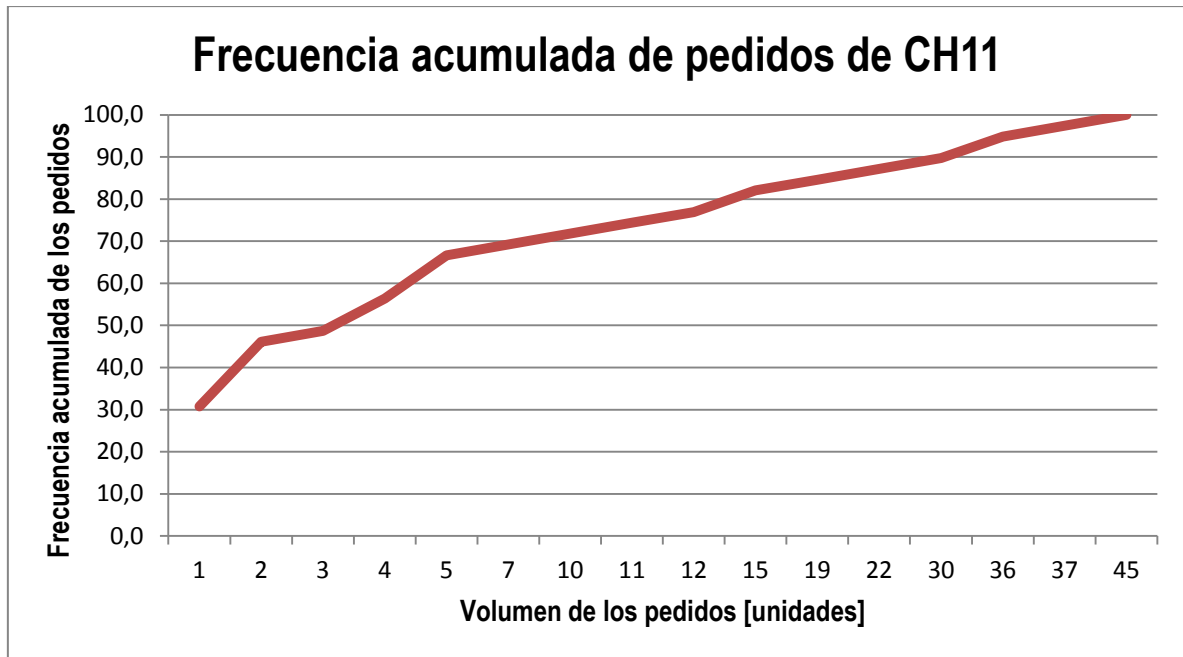


Figura 15. Frecuencia acumulada de pedidos de CH11 en el período abril 2014 – 2015

Fuente: Elaboración propia

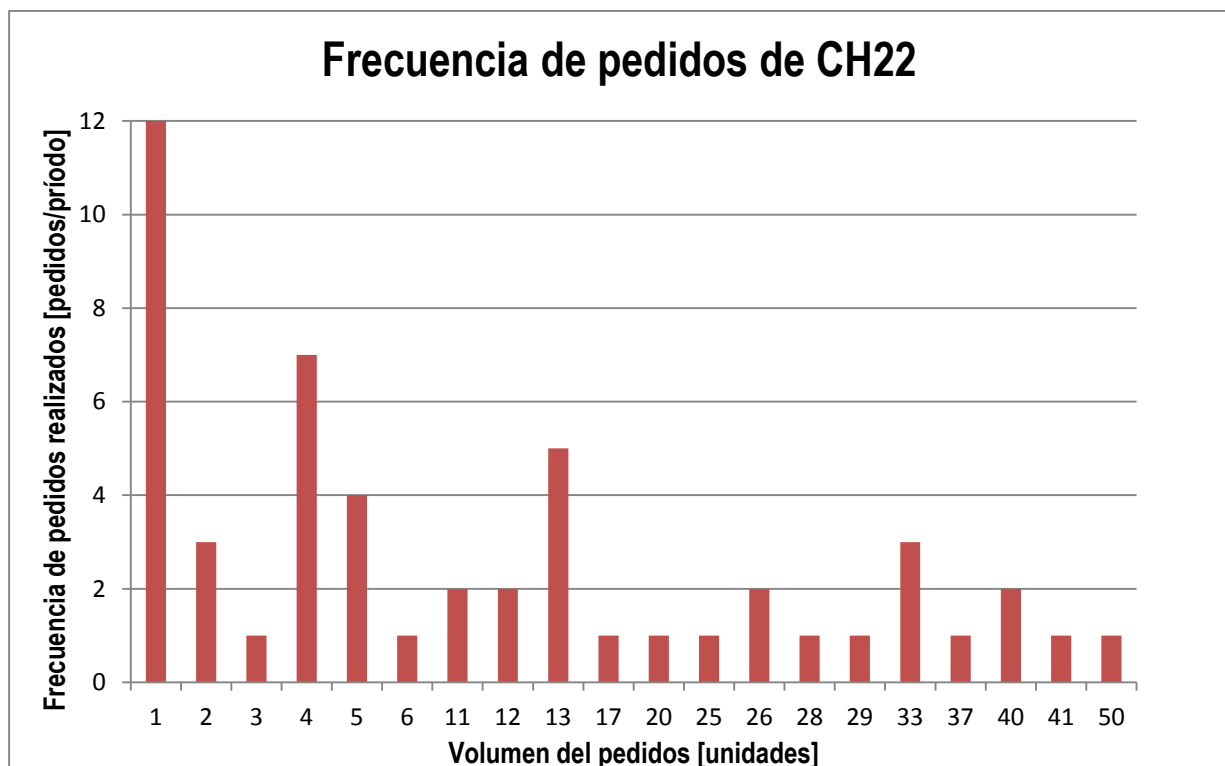


Figura 16. Frecuencia de pedidos de CH22 en el período abril 2014 – abril 2015

Fuente: Elaboración propia

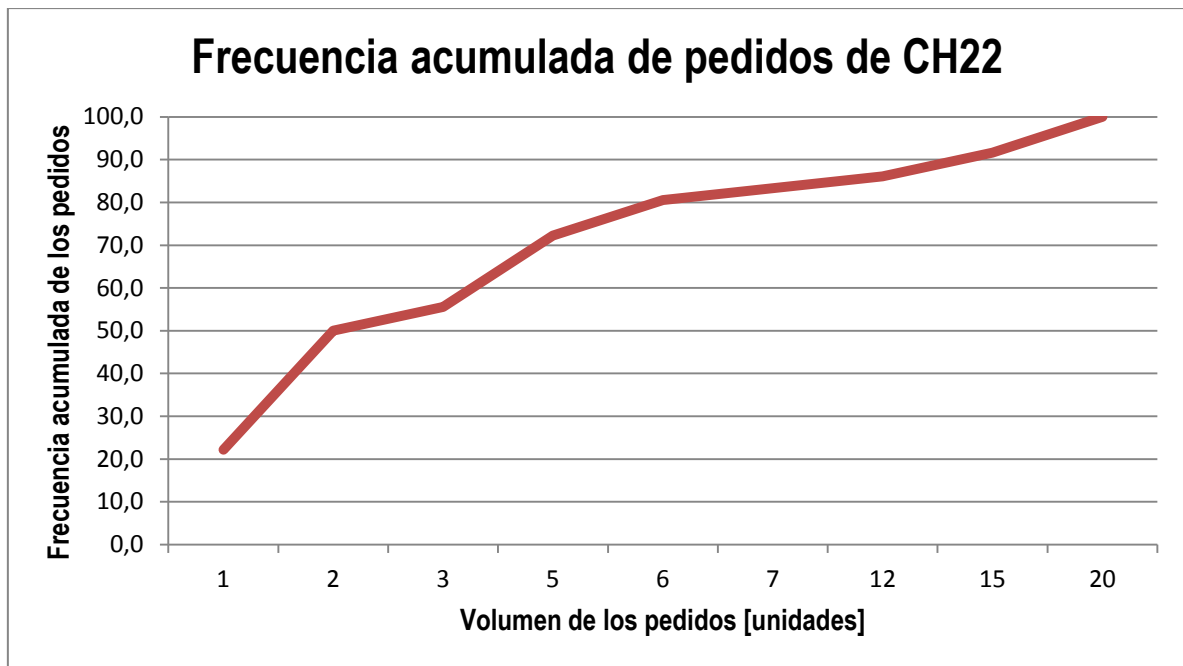


Figura 17. Frecuencia acumulada de pedidos de CH22 en el período abril 2014 – 2015

Fuente: Elaboración propia

Se observa en los tres casos que la mayor acumulación de órdenes de compra se da para pequeñas cantidades de unidades requeridas, mientras que a medida que aumenta este valor, la cantidad de órdenes de compra disminuye. Estas figuras no hacen más que atestiguar los datos arrojados en la Tabla 17.

Continuando con el análisis, y con el objetivo de trabajar sobre ese 65% de pedidos, se corta la muestra en el 70% de las compras acumuladas. Se obtiene:

- El 70% de los pedidos de CH16 se realizan por cantidades menores o iguales a 13 unidades. Asimismo, la mayor contribución al 70% de los pedidos de CH16 está dado por pedidos de 1,2,3,4 y 5 unidades, 73%, mientras que los pedidos de 6, 11, 12 y 13 unidades aportan el 27% restante. (Ver Tabla II.3 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH16)
- El 70% de los pedidos de CH11 se realizan por cantidades menores o iguales a 10 unidades. En este caso la contribución de pedidos de 9, 8 y 6 unidades es del 0%, mientras que los pedidos de 10 y 7 unidades representan un 7%. Esto quiere decir que del 70% de los pedidos totales, 93% responden a requerimientos menores a 5 unidades.
- El 70% de los pedido de CH22 se realizan por cantidades menores o iguales a 5 unidades.

Es decir, generalizando para las tres chapas frecuentes, el 70% de las compras corresponden a solicitudes menores o iguales a 5 unidades.

Con el objetivo de determinar qué representan los requerimientos menores a 5 unidades, se evalúan las cantidades de chapas frecuentes que constituyen 4 equipos seleccionados al azar entre aquellos que poseen lista de materiales definida (Tabla 20. Cantidad de chapas frecuentes por equipo) Posteriormente, en la Tabla 21 se muestra la proporción de la composición de equipos por proyecto (recordar que la compra de materiales se hace por proyecto)

	CH16	CH11	CH22
Equipo N°1	4,5	9	4
Equipo N°2	4	1,5	4
Equipo N°3	13	1	5
Equipo N°4	8,5	0	5

Tabla 20. Cantidad de chapas frecuentes por equipo

Fuente: Elaboración propia

Total de equipos Abril/Diciembre	158	
Proyectos de un equipo	29	18,35%
Proyectos de dos equipos	13	8,23%
Proyectos de tres o más equipos	116	73,42%

Tabla 21. Cantidad de equipos por proyecto

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se deduce que si bien un requerimiento de 5 unidades de chapas de un tipo puede constituir un proyecto, en el 81,65% de los casos los proyectos están conformados por dos o más equipos. De lo anterior se asume que en la situación más desfavorable para la generalización, en 8 de cada 10 requerimientos menores a 5 unidades de chapa se está cubriendo una demanda fuera del listado de materiales. Este tipo de demanda fue mencionada en secciones anteriores y se adjudican a definiciones de último momento, olvido de requerimientos, reemplazo de un material que se cortó para otro proyecto y no fue repuesto, etc.

En otras palabras, el 70% de las compras de chapas frecuentes se realizan por menos de 6 unidades. Esto, en un porcentaje mayor al 82% de los casos representa una definición de último momento, un requerimiento olvidado y emitido fuera del requerimiento general del proyecto o un material que fue prestado y necesita reposición.

8.1.2. Enunciado de la propuesta

Con lo mencionado anteriormente se procede a describir la propuesta de gestión de materiales metalúrgicos.

- Implementar y mantener actualizado un registro de stock de chapas (sean o no de uso frecuente) a través del software de gestión utilizado por la empresa, aprovechando la posibilidad de definir almacenes virtuales para cada proyecto y un almacén general que contenga el material en espera de asignación. De esta manera las compras con cantidades asignadas van a parar al almacén virtual correspondiente, mientras al stock general solo se suman las cantidades no asignadas. La suma entre stock general y almacenes virtuales coincide con las existencias físicas en la planta.

- Establecer una política de compras de chapas frecuentes en la cual las órdenes de compra se realicen de la siguiente manera:

a) Los requerimientos menores o iguales a 5 unidades de chapas frecuentes serán asignados directamente del stock general. Para ello se definen los valores y cantidades de reposición en la tabla siguiente

	A.01.09.00.00.0016	A.01.09.00.00.0011	A.01.09.00.00.0022
Punto de reposición[uni]	5	5	3
Valor a reponer [uni]	12	10	8

Tabla 22. Valores y cantidades de reposición

Fuente: Elaboración propia

b) Los requerimientos mayores a 5 unidades se acumulan durante la semana para ser procesados en conjunto al final del período en una única orden de compra.

c) Cada línea contenida en la orden de compra deberá contener la información del almacén al cual pertenece el material.

- Establecer una política de compras de chapas no frecuentes que repita los puntos b y c de la política de chapas frecuentes.

- Si bien el caso se plantea para las chapas frecuentes podrá aplicarse el mismo análisis para componentes con comportamientos similares, como las chapas del Grupo II, Chapas por debajo de las 180 y por encima de las 100 unidades anuales, 5 variedades involucradas (Ver Tabla 15. Cantidad de unidades anuales compradas por chapa y/o grupo de chapas)

En la Figura I.10 Diagrama de flujo Propuesta I se presenta un diagrama genérico del funcionamiento de la propuesta al ingresar un requerimiento de chapas al sistema de compras.

8.1.3. Resultados

Los resultados esperados se listan a continuación

- Disminuir la cantidad de órdenes de compras menores o iguales a 5 unidades y con ello la carga de trabajo del departamento de Compras, de Administración, del área de Recepción, y del supervisor de Corte y Plegado, quien realiza la recepción operativa de los materiales de su sector.
- Agilizar las demoras en el sistema productivo, especialmente en las áreas de Corte y Plegado y Metalurgia, ante la posibilidad de procesar aquellas piezas que tienen faltante de material que puede ser asignado del stock general y que, sin la implementación de la propuesta, deberán esperar su reposición. (Tiempos asociados de hasta 20 días)
- Resolver los problemas de asignación de componentes, para aquellas emisiones fuera de la lista de materiales, préstamos de materiales no registrados y faltantes de último momento, agilizando las esperas en la estación de trabajo por problemas de asignación y consecuentemente mejorando el comportamiento del sistema productivo.
- Disminuir los costos de gestión, recepción de materiales e incumplimiento con los clientes.

8.1.4. Prueba de la propuesta

A modo de ejemplo se realiza una prueba de la propuesta y como hubiese afectado a las decisiones de compra en la Tabla II.8 Prueba de la propuesta para la CH16, Tabla II.9 Prueba de la propuesta para la CH11 y Tabla II.10 Prueba de la propuesta para la CH22 el comportamiento de la propuesta con los datos correspondientes al periodo estudiado, en respuesta a la pregunta ¿ cómo hubiera respondido el sistema a la propuesta?

En las tablas 23, 24 y 25 se presentan los resultados correspondientes a cada tipo de chapa.

Prueba CH16			
Pedidos reales de los registros de compras: 52			
Pedidos asignados por método de prueba	25	Porcentaje de pedidos asignados	48,08%
Pedidos realizados por método de prueba	20	Porcentaje de disminución de pedidos	61,54%

Tabla 23. Resultados prueba CH16

Fuente: Elaboración propia

Prueba CH11			
Pedidos reales de los registros de compras: 39			
Pedidos asignados por método de prueba	24	Porcentaje de pedidos asignados	61,54%
Pedidos realizados por método de prueba	16	Porcentaje de disminución de pedidos	58,97%

Tabla 24. Resultado prueba CH11

Fuente: Elaboración propia

Prueba CH22			
Pedidos reales de los registros de compras: 36			
Pedidos asignados por método de prueba	21	Porcentaje de pedidos asignados	58,33%
Pedidos realizados por método de prueba	15	Porcentaje de disminución de pedidos	58,33%

Tabla 25. Resultados prueba CH22

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, con el uso de esta propuesta que combina la acumulación de pedidos en una única emisión semanal junto con la asignación desde el stock general para los pedidos menores o iguales a 5 unidades, las emisiones de órdenes de compra disminuyeron entre un 58-62%. Por otra parte los pedidos de 1 a 5 unidades resultaron asignados directamente del stock general casi en su totalidad, recordando que según los gráficos de frecuencia acumulada de Figura 13. Frecuencia acumulada de pedidos de CH16 en el período abril 2014 – 2015 Figura 15. Frecuencia acumulada de pedidos de CH11 en el período abril 2014 – 2015 y Figura 17. Frecuencia acumulada de pedidos de CH22 en el período abril 2014 – 2015, representan aproximadamente el 65% de las compras totales.

Al mismo tiempo, si bien no se puede simular, la implementación de la propuesta disminuye la cantidad de préstamos no registrados y pedidos de último momento para reponerlos gracias a la gestión de stock por almacenes virtuales.

De esta forma la prueba apoya la propuesta de gestión de materiales metalúrgicos como un método efectivo para abordar las preocupaciones que le dieron origen.

8.2. Propuesta II: Revisión y reajuste de las horas teóricas de fabricación

Partiendo de la dificultad que evidencia la empresa para entregar los equipos en los tiempos estipulados, aún cuando se recurre a la subcontratación de varios procesos para contrarrestar la falta de capacidad en las distintas estaciones de fabricación, resulta de suma importancia hacer foco sobre el incumplimiento de los tiempos de producción planificados.

Como primer paso para dar solución a esta situación es necesario desarrollar un estudio que determine en qué parte del sistema se encuentra el error, ya sea en una sobre exigencia en la planificación, en el desorden de los procesos de fabricación o en ambas.

Para realizar la revisión de las horas teóricas de fabricación y determinar si los procesos se encuentran sobre-exigidos o desordenados en su planeación, se propone realizar un control estadístico de los procesos, comparando las horas teóricas de fabricación utilizadas por la oficina de Planificación de la Producción con la media y la desviación obtenidas a partir de los registros de horas reales de fabricación relevadas por los supervisores en cada etapa del proceso central.

Actualmente los datos necesarios no se registran de manera confiable en todos los procesos, razón por la cual se decide desarrollar el análisis únicamente para proceso Metalúrgico. Sin embargo, vale aclarar, resulta imprescindible aplicarlo además en los talleres de Corte y plegado, Montaje, Granalla y Pintura para conseguir un diagnóstico certero del comportamiento de cada área y del sistema en general.

En el Anexo III se observa entonces el análisis descrito anteriormente sobre el desempeño del proceso de Metalurgia para los tres equipos que presentaron la mayor cantidad de datos de horas reales de fabricación registradas en el periodo comprendido entre Noviembre de 2014 y Marzo de 2015 (Ver Tabla III.1 HH Metalúrgicas Semitrailer Bulk Cementer, Tabla III.2 HH Metalúrgicas Frac Pump 2500 HP y Tabla III . 3HH Metalúrgicas Silo 1200 CUFT) Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 26. Media y desviación estándar de hh de fabricación para los equipos analizados:

EQUIPO	HH TEORICA	Media HH Real	Desviación HH Real	RelaciónDesviación/Media
Semitrailer Bulk Cementer	1000	1082,55	257,58	23,79%
Frac Pump 2500 HP	600	755,22	91,34	12,09%
Silos 1200 CUFT	250	270,91	19,84	7,32%

Tabla 26. Media y desviación estándar de hh de fabricación para los equipos analizados

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en los tres casos la media de horas-hombre reales de fabricación supera a las horas-hombre teóricas utilizadas por la oficina de Planificación para programar la producción. Esto quiere decir que, en general, no se cumple con el tiempo de producción planificado, sino que se lo excede generando retrasos en el sistema. Dicho de otra manera, para los tres casos analizados, hay una sobrecarga de horas al sistema de producción por imputación de tiempos menores a los reales en la planificación.

Por otra parte, el estudio de la dispersión permite determinar si el proceso se encuentra o no controlado, independientemente del tiempo teórico de fabricación. Cuando la dispersión es pequeña en relación a la media de la muestra, se puede concluir que el proceso se encuentra controlado dentro de ciertos parámetros y la media calculada representa un valor confiable del tiempo que demandan las tareas del sector metalúrgico para la fabricación de determinada clase de equipos. Tal es el caso de los Silos 1200 CUFT, para el cual el valor teórico utilizado es de 250 horas-hombre mientras los resultados estadísticos muestran un valor de $270,91 \pm 19,84$ horas-hombre. Al encontrarse la relación entre la dispersión y la media por debajo del 10% (en este caso es del 7,32%), se puede afirmar que el proceso se encuentra controlado y debe adoptarse un estándar de horas teóricas de fabricación cercano a 270,91 horas-hombre por sobre el actual de 250 horas-hombre. No obstante con el Semitrailer Bulk Cementer y el Frac Pump 2500 HP no ocurre lo mismo, la relación entre la dispersión y la media es de 23,79% y 12,09% respectivamente por lo que no puede afirmarse que el proceso se encuentre controlado. En estos casos es necesario realizar un análisis más exhaustivo sobre el proceso para reconocer las causas que provocan que se encuentren fuera de control. Sobre este punto vale aclarar que no existe actualmente un registro que permita reconocer las causas de los retrasos en la producción, y deberá implementarse para reconocer causas asignables y no asignables y, en caso de ser necesario, efectuar un análisis para controlar el/los proceso/s.

Otra dato de interés que se obtiene a partir de los datos de HH Teórica y la Media de HH Real es el error que implica trabajar con ese valor en la planificación de la producción del sector Metalúrgico como se observa en la Tabla 27.

EQUIPO	HH TEORICA	Media HH Real	Diferencia HH	Error porcentual
Semitrailer Bulk Cementer	1000	1082,55	82,55	8,26%
Frac Pump 2500 HP	600	755,22	155,22	25,87%
Silos 1200 CUFT	250	270,91	20,91	8,36%

Tabla 27. Error porcentual HH

Fuente: Elaboración propia

Es decir que la etapa de metalurgia en los equipos Semitrailer Bulk Cementer y los Silos 1200 CUFT tienden a demandar cerca de un 8% más del tiempo esperado, mientras que para el Frac Pump 2500 HP este valor se eleva al 25,87%, sólo considerando el sector metalúrgico. Para comprender la importancia de realizar este análisis sobre el resto de los procesos y mantener actualizados los valores de horas-hombre que demanda la fabricación de cada equipo se estudia el error que supone para el sistema trabajar con el estándar de 600 HH Teóricas de Metalurgia para el Frac Pump 2500 HP en lugar de las 740 HH que sugiere el método anterior. Dicha comparación se resume en la Tabla 28.

EQUIPO	Frac Pump 2500 HP ACTUAL	Frac Pump 2500 HP NUEVO
HH Teóricas Corte y Plegado	6300	
HH Teóricas Metalurgia	600	740
HH Teóricas Granalla	60	
HH Teóricas Pintura	130	
HH Teóricas Montaje	400	
HH Teóricas Total	7490	7630

Tabla 28. Comparación HH Teóricas totales de fabricación para Frac Pump 2500 HP

Fuente: Elaboración propia

Las 140 HH que no se consideran en la planificación del proceso metalúrgico representan que el proceso de fabricación del Frac Pump 2500 HP demande un 1,87% más del tiempo esperado (porcentaje que podrá incrementarse si se analizara el resto de los procesos centrales). Y lo que es aún más grave, representa para el sistema un retraso cuando en realidad surge de un error en la estimación de horas en la planificación.

Del análisis anterior se concluyen las siguientes recomendaciones para aplicar en la planificación del proceso metalúrgico:

- Realizar un análisis del proceso de fabricación del Semitrailer Bulk Cementer para controlar el proceso
- Realizar un análisis del proceso de fabricación del Frac Pump 2500 HP para controlar el proceso
- Adoptar una HH Teórica de 270 hs para el Silo 1200 CUFT

En forma de conclusión, la Figura I.11 Diagrama de flujo Propuesta II se representa de manera genérica el proceso de análisis y toma de decisiones propuesta para evaluar las horas-hombre teóricas que demanda la fabricación de un equipo en cada uno de los procesos centrales.

Es importante resaltar que para mejorar la confiabilidad del análisis resulta imprescindible el uso de herramientas que permitan registrar las causas que producen los retrasos en la producción. Esto permitirá reducir la dispersión implementando acciones correctivas, lo que será de suma urgencia en caso que el análisis anterior arrojara como resultado que alguno de los procesos no se encuentra controlado.

8.3. Propuesta III: Implementación de nuevos puntos de control

Volviendo al concepto de círculo de preocupación vs. círculo de influencia, se propone implementar puntos de control en todas las estaciones para trabajar sobre aquellos aspectos sobre los que no se tiene influencia directa, pero sí se puede decidir si extraerlos del sistema o dejarlos continuar en el flujo de trabajo. Tal es el caso de documentación y materiales provenientes de estaciones anteriores.

Puntos de control en el proceso de corte y plegado

Como se describió anteriormente, Ingeniería entrega planos a la estación de Corte y Plegado. En ocasiones, los planos entregados presentan errores de confección, situación que se atestigua una vez iniciado el proceso y que representa de manera inevitable una demora, cuando no un reproceso.

En este escenario resulta oportuno introducir un punto de control de planos entre que Ingeniería los entrega y Corte y Plegado los procesa. Para determinar la cantidad de planos que deben controlarse se utiliza el método de Muestreo Aleatorio Simple (MAS).

Datos de entrada:

1. Probabilidad de encontrar un plano defectuoso 7%. Este valor se estima a partir de observaciones registradas durante aproximadamente un mes de trabajo en la estación, casos observados/casos totales, sobre un total de 1403 casos.
2. Tamaño de la población: 1116 planos, considerando el promedio mensual de lotes de planos procesados entre Enero y Mayo de 2015.
3. Nivel de confianza: 95%
4. Error de estimación: 0.05

Los datos de entrada se observan en la Tabla 29.

MAS	
p	0,7
q	0,3
Nivel confianza	95%
ϵ	0,05
Z	1,96
N	1116
Tamaño de la muestra n	
250	

Tabla 29. Datos MAS

Fuente: Elaboración propia

Luego, según MAS, el tamaño de la muestra corresponde a 250 planos. Si trasladamos el valor mensual a un período diario, se deben muestrear al menos 13 planos al día, de forma aleatoria, tal como indica el método. De manera tal que diariamente se deben cargar en la planilla correspondiente los planos, se lo debe numerar del 1 al n y a través de la función =Aleatorio.entre que provee Excel, se sortean de manera aleatoria los planos a controlar.

Si el plano contiene errores, se reporta la correspondiente no conformidad al departamento de Calidad y se deja pendiente el inicio de la pieza hasta que el error sea reparado. En este sentido, se espera del departamento de Planificación de la Producción un compromiso mayor con el registro de las no conformidades que el que existe actualmente en el taller, donde se hace caso/uso omiso a/de esta herramienta.

El resultado de la propuesta es no dejar que los planos erróneos avancen en la estación de trabajo representando una demora latente, ajustando la cantidad de planos a

controlar a los parámetros antes definidos, ante la imposibilidad de examinar cada uno de ellos.

Procediendo de la misma forma, se propone un segundo punto de control dentro de la estación de trabajo, pero esta vez referido a las piezas que la propia estación fabrica. Diariamente la estación de Corte y Plegado genera numerosas piezas que constituyen el primer eslabón del proceso central de la organización, y resulta interesante llevar un registro de la conformidad de piezas del sector.

La forma de determinar la cantidad de piezas a muestrear es similar que para el primer punto de control, pero en este caso en lugar de planos se tratará de piezas terminadas. Como la población es mayor y menos homogénea, dado que las piezas son diferentes unas de otras y se someten a procesos de diferente complejidad se propone realizar un muestreo estratificado, donde se define un estrato para cada proceso dentro de la estación, a saber:

Estrato 1: Corte con guillotina

Estrato 2: Plegado

Estrato 3: Corte con pantógrafo de plasma u oxicorte

Estrato 4: Serrucho

Estrato 5: Tornera

Estrato 6: Rolado

La agrupación anterior permite tomar muestras de sub-poblaciones homogéneas y con características particulares. Algunos de los estratos tienen mayor probabilidad que otros de presentar una inconformidad con los requerimientos, y de dichos estratos los elementos muestreados serán mayores.

Para calcular la probabilidad de ocurrencia del suceso en cuestión (no conformidad del producto con los requerimientos) se debe registrar la actividad, tal como se realizó con los planos, durante un período considerable de tiempo, mayor o igual a un mes. (En caso de tomarse un mes pueden ajustarse los valores en los períodos siguientes)

Como la estación metalúrgica controla la conformidad de las piezas, los registros de este área pueden resultar útiles para comenzar el análisis.

Por falta de datos no se determinará el tamaño muestral del segundo punto de control propuesto, pero se presenta una guía para ponerlo en práctica:

1. Definir estratos
2. En la planilla de piezas en proceso y terminadas, especificar a qué estrato corresponde cada unidad

3. Definir el tamaño de la población por medio de la clasificación mencionada anteriormente en función de datos antiguos (podrá tomarse el mismo período que en el punto de control 1, Enero 2015 a Mayo 2015)

4. Definir la probabilidad de ocurrencia del suceso. Para ello se deben relevar las no conformidades de todas las piezas durante un tiempo mayor o igual a un mes, y proceder a la determinación de la ocurrencia a través de casos no conformes/casos totales observados

5. Definir el tamaño de las muestras por estrato según Muestreo Estadístico Estratificado.

Puntos de control en el proceso de montaje

1. Entrega de componentes

Acorde a lo mencionado en el análisis de Montaje, se propone introducir un primer punto de control al momento de la entrega de componentes. Como se describió anteriormente, almacén prepara muebles móviles con los componentes del listado de materiales y los entrega al personal de Montaje, quien dispone el mueble en el box de trabajo correspondiente.

Los objetivos del punto de control son:

- Registrar y firmar en conformidad todos los materiales que salen del almacén hacia producción para:

- Evitar que se pierdan o rompan piezas y se las vuelva a tomar del depósito.
- Conocer con exactitud qué materiales se retiran para cada proyecto

- Asegurar que Almacén interprete correctamente los listados de materiales y entregue las piezas adecuadas.

Se definen tres partes involucradas; el responsable del armado del mueble, el supervisor del equipo y un representante de Ingeniería. Se adosará al mueble el listado de materiales y se dará conformidad al movimiento firmando el documento. Si se presenta algún faltante u otra irregularidad, serán también registradas.

Además, se deberá registrar cada material extra que se saca para un proyecto y que no figura en la lista de materiales, o que figura y ya fue entregado. Esto significa que cada vez que se pide un material al almacén debe agregarse el movimiento a la documentación del mueble.

Al finalizar el Montaje, el mueble deberá volver a Almacén y se deberán reingresar las partes que no se utilizaron, registrándolas también.

Cabe destacar que cada movimiento (entrega, adición o devolución) se realizará desde el sistema de gestión. Esto implica que se imprime cada documento y se guarda en el mueble, pero también queda registrado informáticamente con su respectivo número de correlación. Al finalizar el proyecto el control ofrece una carpeta que contiene los siguientes documentos, todos ellos respaldados por su versión electrónica que identifica fecha y responsable del movimiento:

- Listado de entrega inicial
 - Listados de entregas adicionales
 - Listado de devoluciones.
2. Revisión del listado de materiales

Nuevamente en función del análisis del sector, se propone introducir un segundo punto de control en el procedimiento del proceso referido a la concordancia entre las listas de materiales y los materiales montados en el proyecto listo para ser entregado. El objetivo es retroalimentar el listado de materiales ajustándolo a la realidad del proceso. Como la cantidad de equipos entregados mensualmente es a lo sumo de 18 unidades, se resuelve controlar todos los productos, con excepción de aquellos equipos iguales constituyentes de un mismo proyecto y que se fabrican en simultáneo, en cuyo caso se controlara sólo un ejemplar.

Se tiene en cuenta en la propuesta la complejidad de los diferentes proyectos, con lo cual se definen dos grupos de equipos, los tipo A, referidos a aquellos de volúmenes bajos de componentes de montaje, y los tipo B, correspondiente a aquellos equipos más complejos. La definición de un grupo u otro queda a cargo del personal involucrado en la inspección.

Los equipos del grupo A se inspeccionan al final del proceso. Los tipo B por el contrario se inspeccionan en etapas conforme avanza el montaje, dado que al tener muchos componentes el control al final del proceso es complicado y demanda demasiado tiempo. Las etapas del grupo B se definen según nivelación del listado de materiales, en la Figura 18. Tipos de inspección, a continuación:

	Tipo A	Tipo B					
Formato de la inspección	Inspección al final del proceso	Inspección en etapas					
		Power Pack	Tanques y Tolvas	Plataformas	Electricidad	Neumática	Hidráulica
Personal Involucrado	Supervisor del equipo + Supervisor general de Montaje + Representante de Ingeniería						

Figura 18. Tipos de inspección

Fuente: Elaboración propia

El control consta entonces de tres partes involucradas. El supervisor del equipo y el representante de ingeniería son parte del proceso y por tanto sus opiniones podrán ser subjetivas. Por esta razón se incorpora al supervisor general del área de Montaje como parte imparcial en el control. De esta forma, el supervisor general lleva adelante el control utilizando como documento de respaldo la carpeta resultado del punto de control 1. La tarea consiste en asegurarse que las entregas, más las adiciones, menos las devoluciones, representen los componentes que realmente están montados en el equipo. El representante de Ingeniería deberá elevar un informe al departamento de Mejora de Procesos que contenga:

- Carpeta completa del control 1
- Justificación de materiales adicionales y devoluciones.
- Actualización del listado de materiales en función al punto anterior, cuando sea necesario.

sea necesario.

En la Figura I.12 Diagrama de flujo Propuesta III puede observarse como influye esta propuesta en el proceso de Corte y Plegado.

8.4. Propuesta IV: Implementación de un sistema MRP

En términos generales se observa que la organización posee características que permiten asociarla fuertemente con los sistemas MRP, sus productos finales son complejos y de costo elevado, los tiempos de abastecimiento y de producción son altos, y la metodología de producción por pedido hace que los componentes respondan a una demanda dependiente. Sin embargo, la implementación de un sistema MRP, si bien podrá parecer la solución a gran parte de los problemas que evidencia la empresa, es considerada como una propuesta a futuro. Recordemos que el uso de este tipo de sistemas precisa de las listas de materiales, el plan maestro de producción y los ficheros de registro de inventarios, que en este momento presentan errores que no permitirán aplicarlo de manera efectiva.

En primer lugar, las listas de materiales no se encuentran cargadas en su totalidad en el sistema de gestión que utiliza la empresa. Además, como se mencionó anteriormente, es frecuente que las listas de materiales se encuentren incompletas al momento de emitir las. Esto implica que luego se realicen pedidos adicionales para obtener los componentes faltantes en la lista de materiales original. En este sentido, la propuesta de gestión de materiales metalúrgicos que se aplicó para las chapas permite dar una respuesta rápida en los casos que se presente esta situación, pero la verdadera oportunidad de mejora está en realizar las correcciones de las listas de materiales para evitar que los mismos errores vuelvan a afectar a la producción, tal como se propuso en el Punto de Control 2 para el área de Montaje.

Por otra parte, el plan maestro de producción que especifica las fechas en que deben entregarse los equipos rara vez llega a cumplirse debido a la acumulación de retrasos que se dan a lo largo del proceso. En este caso, la propuesta de análisis y revisión de horas-hombre teóricas de fabricación permitirá determinar medias de tiempos de fabricación adecuadas a la situación actual y desviaciones que arrojen la necesidad de modificar el proceso en caso que no se encuentre bajo control. Para lograr esto será necesario además, generar un mayor compromiso en la elaboración de registros, tanto de los tiempos de fabricación como de las causas que originan retrasos.

Por último, en cuanto a los ficheros de registros de inventarios, la propuesta de gestión de materiales metalúrgicos busca disminuir el desorden administrativo y la carga de trabajo que supone el aprovisionamiento de chapas, pudiendo aplicarse en otros componentes e insumos. Al poseer un flujo de materiales más ordenado y clasificado en almacenes virtuales (cada uno con sus respectivos usuarios y/o administradores) se facilitan las tareas de seguimiento y control de cada inventario. Otra propuesta que colabora en la mejora del plan maestro de producción es la de implementación de nuevos puntos de control, ya que de esta forma se reducirán los reprocesos, logrando un flujo más ordenado en el proceso al evitar que los ensambles o subensambles deban regresar a estaciones anteriores para efectuar reparaciones o se produzcan esperas en una estación por fallas en los documentos, entre otros.

Por estas razones se propone la adecuación a un sistema MRP luego de aplicar las propuestas desarrolladas anteriormente e incluso otras que resulten necesarias para que la organización pueda gestionar dicho cambio con éxito.

8.5. Propuesta V: Registro de datos y tablero de control

Como última propuesta se presenta la implementación de un tablero de control que dé seguimiento a las propuestas anteriores desde el punto de vista operativo y que facilite la toma de decisiones por parte de la dirección.

El primer paso consiste en determinar variables claves de los distintos procesos teniendo en cuenta el análisis y las propuestas desarrolladas. En la Tabla 30. Variables claves se pueden observar las variables detectadas y los procesos centrales en los cuales deben ser consideradas variables claves.

Variable clave	Corte y Plegado	Metalurgia	Granalla y Pintura	Montaje
1. Disponibilidad del material	X			X
2. Material asignado a proyecto	X			X
3. Material de préstamo	X			
4. Planos procesados	X			
5. Porcentaje de piezas procesadas conforme a los requerimientos	X	X		
6. Tiempos de planificación y tiempos de producción	X	X	X	X
7. Kilos de chapa procesada por unidad de tiempo	X			
8. Kilos de chatarra por kilo de materia prima	X			

Tabla 30. Variables claves

Fuente: Elaboración propia

Luego se definen los indicadores en función las variables claves para cada proceso, atendiendo fundamentalmente a controlar los datos de entrada y de salida, y teniendo en cuenta las propuestas desarrolladas en el presente trabajo, que por supuesto abordan y pretenden fiscalizar algunas de las variables claves.

Contemplando las variables clave se establecieron los siguientes indicadores y se propusieron metas de desempeño (Tabla 31).

Variable clave	Indicador	Meta	Justificación
2 – 3	$\frac{\text{Requerimientos asignados}}{\text{Requerimientos totales}}$	$\geq 50\%$	Permitirá medir la efectividad de la Propuesta I, cuya prueba sobre las chapas de uso frecuente arrojó los resultados de una asignación de al menos 48% y reducción de las PO de materiales metalúrgicos entre 58-61%
1	$\frac{\text{Cantidad de PO actual}}{\text{Cantidad de PO del período anterior}}$	$\leq 40\%$	
6	$\frac{\text{Modelos sin reajuste de horas teóricas}}{\text{Modelos totales fabricados}}$	$\geq 70\%$	Se espera que la Propuesta II permita ajustar la relación entre HH teóricas y HH reales, y mantener los procesos bajo control. Se establecen metas iniciales de 70% para modelos sin reajuste de HH y 80% para modelos bajo control que pueden elevarse en periodos posteriores para aumentar el nivel de exigencia.
6	$\frac{\text{Cantidad de modelos bajo control}}{\text{Cantidad de modelos totales fabricados}}$	$\geq 80\%$	
4	$\frac{\text{Planos con errores}}{\text{Planos totales}}$	$\leq 7\%$	La meta establecida corresponde a la probabilidad de encontrar un plano con errores que se estudió en la Propuesta III
5	$\frac{\text{Piezas con errores}}{\text{Piezas totales}}$	$\leq 15\%$	Para establecer la meta se consultó al personal del sector. Hay que tener en cuenta que un defecto en una pieza puede ocasionar retrabajos en un conjunto formado por varias piezas.
5	$\frac{\text{Listas de materiales modificadas}}{\text{Listas de materiales totales procesadas}}$	$\leq 30\%$	Si bien la meta de modificar menos del 30% de las listas de materiales procesadas puede parecer alta, se debe tener en cuenta que actualmente una gran cantidad de las listas no se encuentran cargadas en forma correcta.
7 – 8	$\frac{\text{kg de chatarra} \cdot 100}{\text{kg de materia prima procesada}}$	<10000 Kg	El índice de scrap es un indicador de clase mundial para empresas metalmeccánicas, la meta se fija en disminuir el valor actual a partir de las propuestas que buscan disminuir los retrabajos en las piezas fabricadas.

Tabla 31. Indicadores y metas de desempeño

Fuente: Elaboración propia

Finalmente puede observarse en la Tabla I.3 Tablero de control elaborado, donde se encuentran los indicadores definidos a partir de los datos que deben registrarse para calcularlos y los responsables de su elaboración y de su análisis.

V. CONCLUSIÓN

A lo largo del presente trabajo se realizó un análisis de los procesos que conforman el proceso central productivo de la planta en estudio, corte y plegado, metalurgia, granalla, pintura y montaje. Se identificaron problemas para cada estación de trabajo, y se generalizaron al sistema productivo completo, con el objetivo de definir las variables críticas que desestabilizan el equilibrio del sistema y generan retrasos en las entregas tanto a clientes internos como a clientes finales. Se destacan:

1. Falta de material por ausencia de pedido de compra, ausencia de compra, o compra tardía
2. Incumplimiento de las horas teóricas planificadas
3. Retrasos propios de la estación por reprocesos
4. Retrasos propios de la estación por falta de control

Atendiendo a la realidad y a la forma de trabajo de la organización se plantearon cuatro propuestas que pretenden no sólo agilizar los procesos y equilibrar el sistema sino también proveer a la Dirección datos para la toma de decisiones operativas.

La primera propuesta sugiere gestionar las existencias de materiales metalúrgicos, en respuesta a la premisa de que la forma en que se llevan a cabo los pedidos y las compras de estos materiales entorpece el flujo de trabajo desde el primer eslabón de la cadena productiva, y sus consecuencias en materia de retrasos se arrastran durante todo el proceso.

A fines prácticos se limitó la propuesta al material metalúrgico utilizado por excelencia que es la materia prima chapa.

Se estableció un sistema de compra de chapas centrado en las tres de uso más frecuente, que constituyen el 56% de los pedidos analizados entre abril de 2014 y abril de 2015. Se simuló la propuesta en el período indicado y se obtuvieron reducciones en los porcentajes de órdenes de compra de entre un 50% y un 60%, según el material considerado.

La segunda propuesta corresponde a la revisión y al reajuste de las horas teóricas de fabricación, ante la necesidad advertida al observar los registros de horas planificadas vs. horas reales de procesar los datos y trabajar en función de ellos.

Para esta propuesta se utilizó el control estadístico de datos, limitando la aplicación práctica a uno de los cinco procesos centrales, el metalúrgico, ante la inconsistencia en los datos registrados en los procesos restantes.

De los tres equipos analizados en el sector de aplicación se observó que en todos ellos la media de las de horas-hombre reales de fabricación superó a las horas-hombre teóricas utilizadas por la oficina de Planificación para programar la producción, es decir que la planificación se excede en horas para los tres modelos. Asimismo, el estudio de la dispersión permitió determinar que el proceso de dos de los tres equipos se encuentra fuera de control, y que el error que implica trabajar con los estándares actuales en el sector metalúrgicos corresponde al 8% en el caso más alentador y al 25% en más desalentador.

La tercer propuesta corresponde a la implementación de nuevos puntos de control en el sector de corte y plegado y en el sector de montaje. Se trabajó con los datos de entrada y de salida para definir los controles, considerando planos y piezas terminadas para el primer sector y listado de materiales para el segundo.

En el caso del control de planos de corte y plegado se determinó un muestreo aleatorio simple de 13 muestras diarias para los planos que ingresan a la estación de trabajo, y un muestreo estratificado para las piezas terminadas.

Por otro lado, en el caso de listado de materiales se establecieron dos registros obligatorios de control de materiales ingresantes y sobrantes del proceso de montaje, y se definieron responsables.

Las tres propuestas anteriores constituyen las bases para el enunciado de la cuarta y última propuesta, la implementación de un sistema de MRP.

Esto significa que al contar con listados de materiales retroalimentados, con procesos controlados, con una programación de la producción ajustada y con una gestión de existencia de materiales, la organización se encontrará en condiciones de implementar un sistema de requerimientos programados de materiales, que responda de manera eficiente a las características de su producción.

Sin la aplicación de las propuestas iniciales, la producción asistida por MRP resulta una utopía para el caso en estudio. Una vez que el sistema esté estabilizado, la organización se encontrará en condiciones de crecer en materia de gestión y de eficiencia productiva, y estará en condiciones de tomar la cuarta sugerencia realizada.

A partir de las propuestas, se definieron las variables del proceso productivo en torno a las cuales se cree que se encuentra el control del sistema. Se definieron indicadores para cada una de ellas y se propusieron métricas y departamentos/personal de ejecución y análisis.

VI. BIBLIOGRAFÍA

GRECH, P. (2001) Introducción a la Ingeniería - Un enfoque a través del diseño. Ed. Pearson Educación de Colombia

COVEY, STEPHEN R. (2003) Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva: la revolución ética en la vida cotidiana y en la empresa. Ed. Buenos Aires Paidós

FUNIBEQ (2013) Extraído el 7 de marzo de 2015, de http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_flujo.pdf

Catreacasa Arbós, L. (2010) Extraído el 8 de marzo de 2015, de <http://www.inqualitas.net/articulos/898-costos-de-la-calidad-y-de-la-no-calidad>

Secretaría General de la Gobernación de Salta (2013) Extraído el 8 de marzo de 2015, de http://www.salta.gov.ar/descargas/archivos/ocspdfs/ocs_algunas_nociones_sobre_los_costos_de_la_no_calidad.pdf

U.S. Energy Information Administration (2015) Extraído el 19 de marzo de 2015, de <http://www.eia.gov/petroleum/drilling/pdf/marcellus.pdf>

U.S. Energy Information Administration (2013) Extraído el 19 de marzo de 2015, de <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>

U.S. Energy Information Administration (2015) Extraído el 19 de marzo de 2015, de <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=19991#>

U.S. Energy Information Administration (2014) Extraído el 19 de marzo de 2015, de <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=14431>

Yacimientos Petrolíferos Fiscales (2013) Extraído el 20 de marzo de 2015, de http://www.ypf.com/EnergiaYPF/Paginas/img/pdf/Camino_al_auto_abastecimiento.pdf

Infobae (2014) Extraído el 20 de marzo de 2015, de <http://www.infobae.com/2014/02/21/1545309-riqueza-fin-hay-varias-vacas-muertas-que-argentina-pase-ser-una-potencia-energetica-mundial>

Centro Andaluz de Tecnología . Extraído el 25 de marzo de 2015, de <http://www.centrosdeexcelencia.com/dotnetnuke/portals/0/guiagegestionprocesos.pdf>

Apuntes de cátedra de J.Reyes, de la Universidad de Antofagasta Extraído el 04 de junio de 2015, de

<http://www.uantof.cl/facultades/csbasicas/Matematicas/academicos/jreyes/DOCENCIA/APUNTES/APUNTES%20PDF/Unidad%207%20Muestreo.pdf>

Mc Graw Hill Education Extraído el 12 de mayo de 2015 de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448199316.pdf>

Universidad de Matanzas, 2002 Extraído el 12 de mayo de 2015 de <http://es.scribd.com/doc/42378261/MRP-Teoria-y-Casos#scribd>

FERNANDEZ HATRE, A. (2003) Indicadores de gestión y cuadro de mando. Instituto de Desarrollo Económico del Principado de Asturias

RODRIGUEZ TAYLOR, E. (2012) Guía para la construcción de indicadores de gestión. Departamento Administrativo de la Función Pública

Fundación Bariloche, 2013, extraído el 13 de abril de 2015 de <http://www.fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2014/11/Shale-oil-y-shale-gas.pdf>

ANEXO I. En este anexo se encuentran distintos tipos de diagramas y figuras que ayudan a la lectura y comprensión del trabajo.

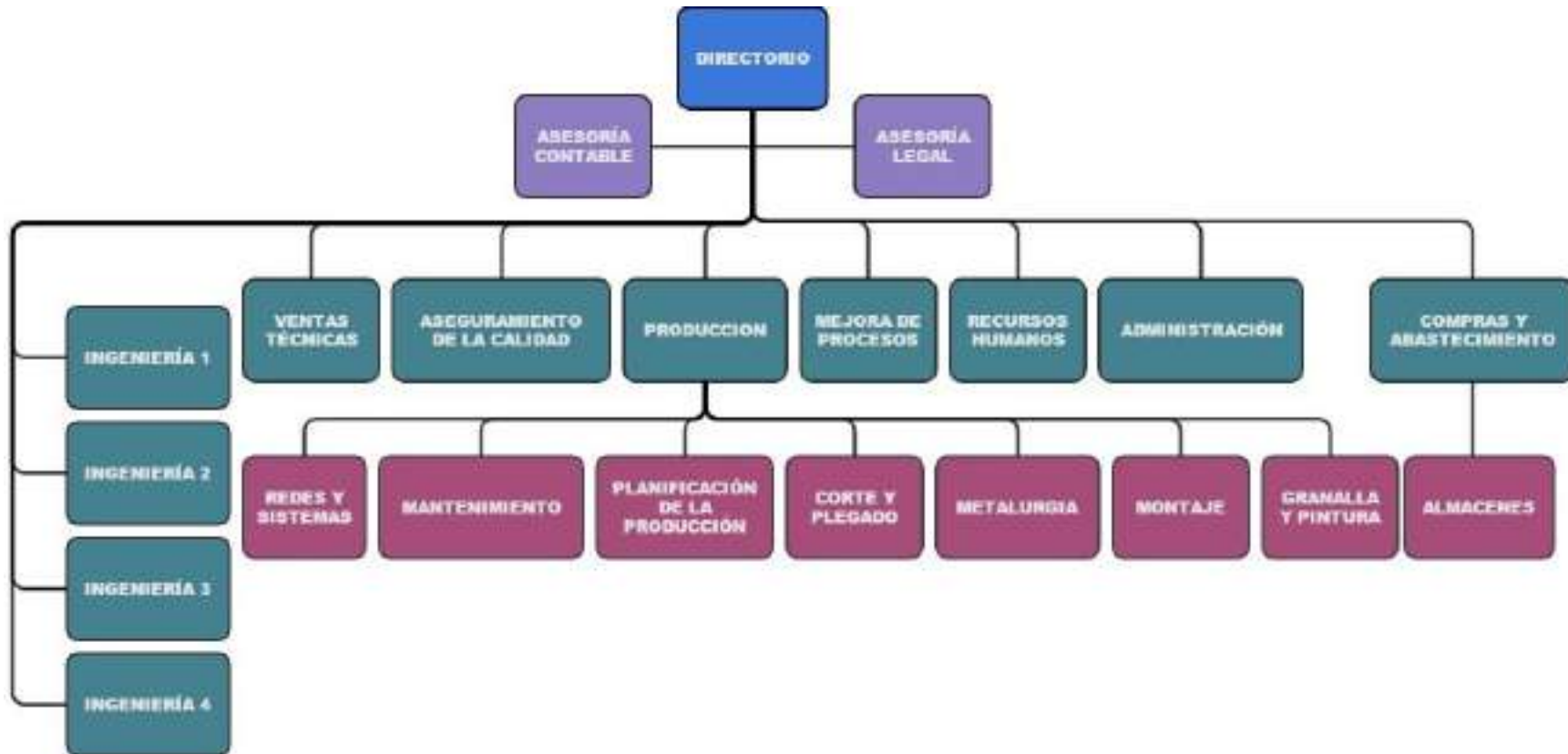


Figura I.1 Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración propia en base al Manual de Calidad de la organización

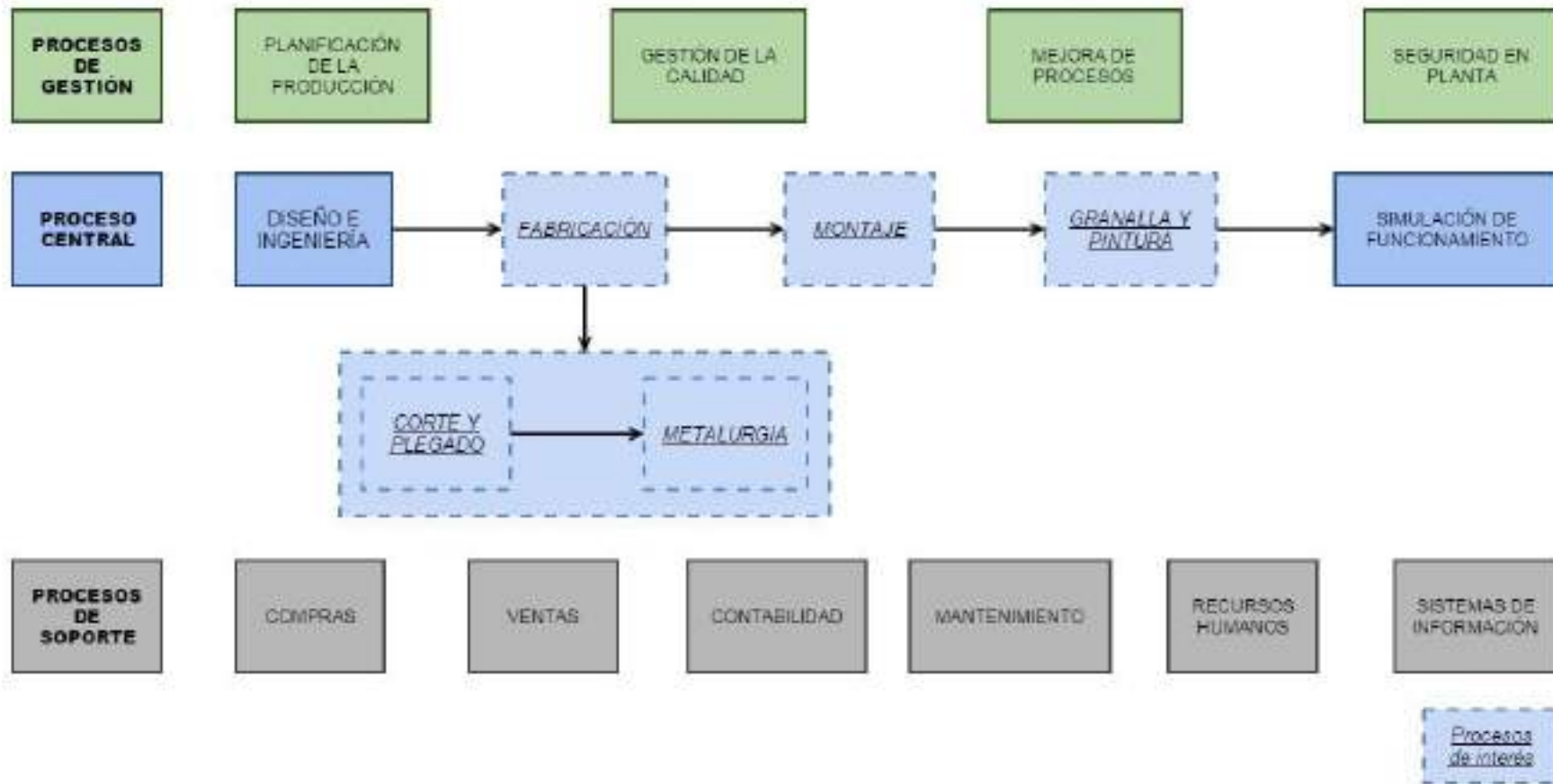


Figura 1.2 Diagrama de proceso

Fuente: Elaboración propia

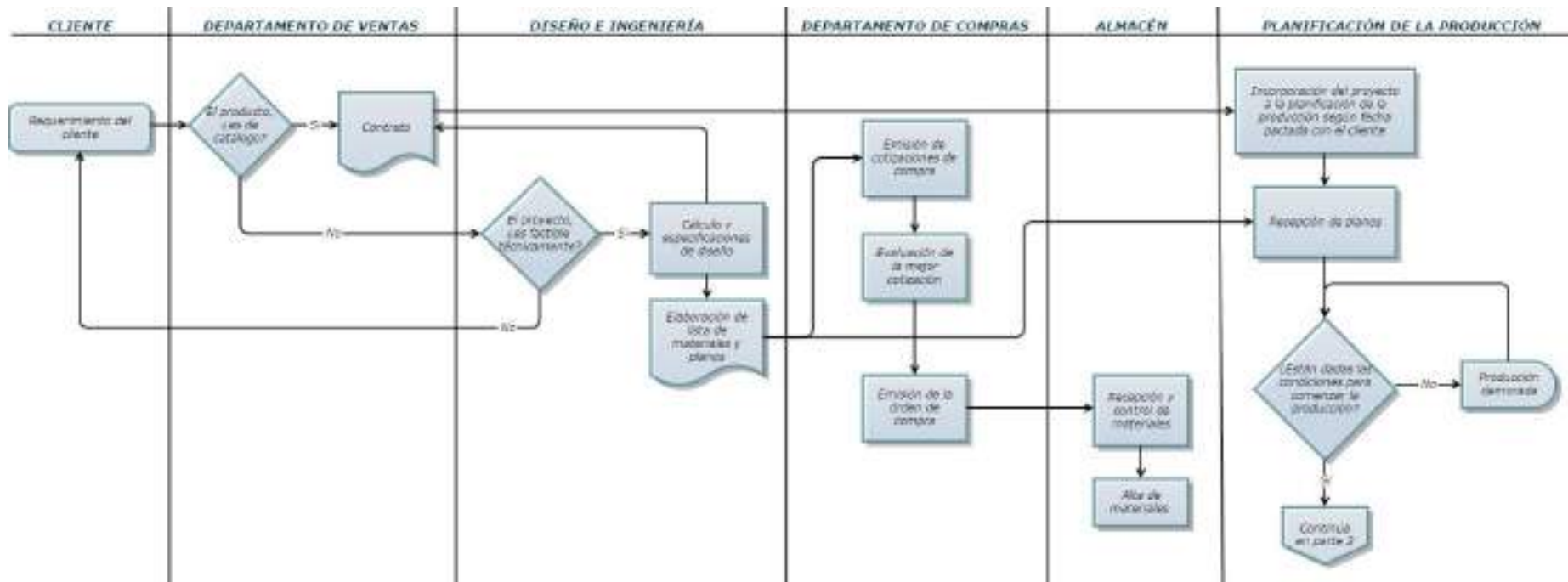


Figura I.3 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de equipos (parte 1)

Fuente: Elaboración propia

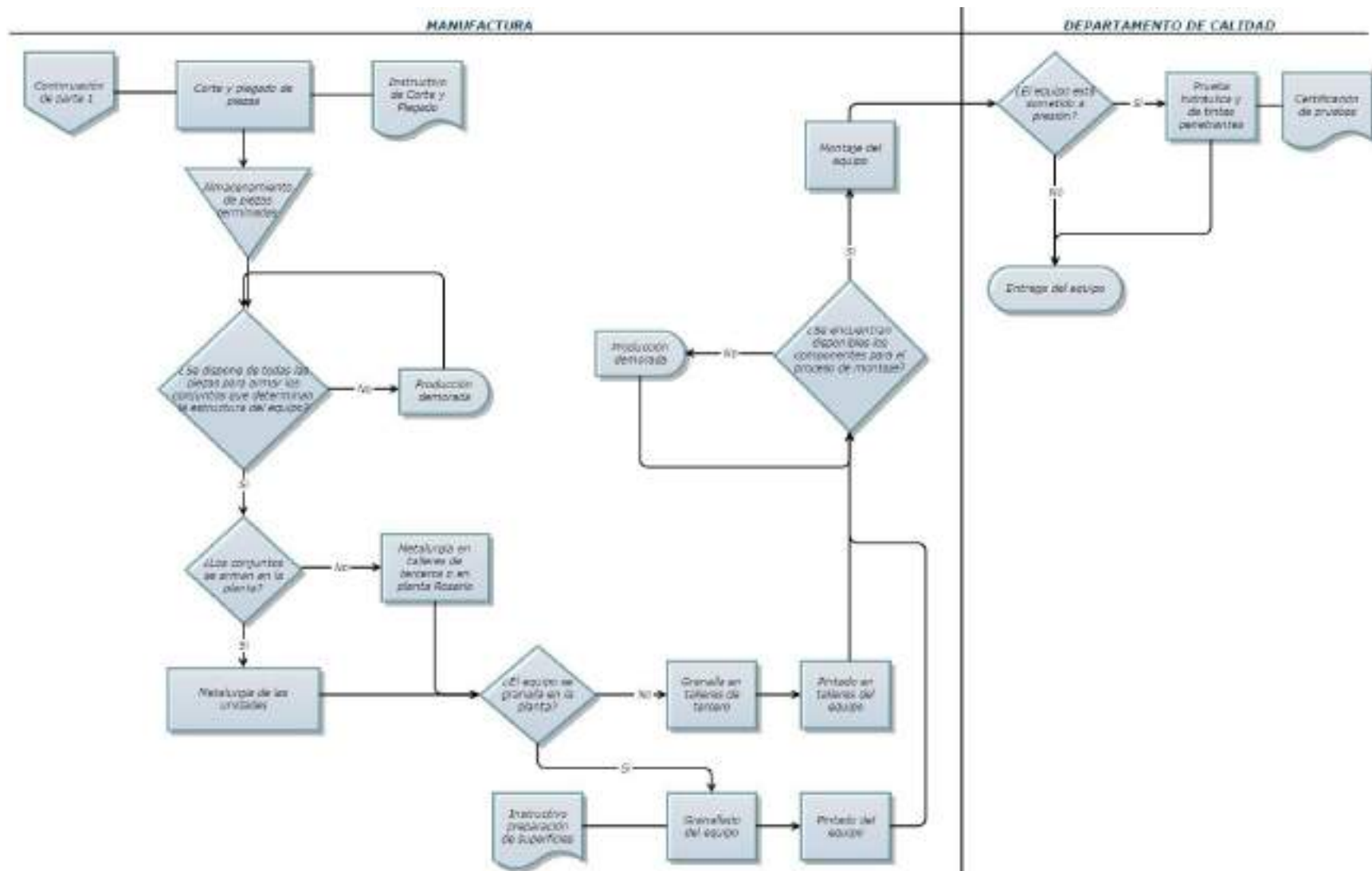


Figura I.4 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de equipos (parte 2)

Fuente: Elaboración propia

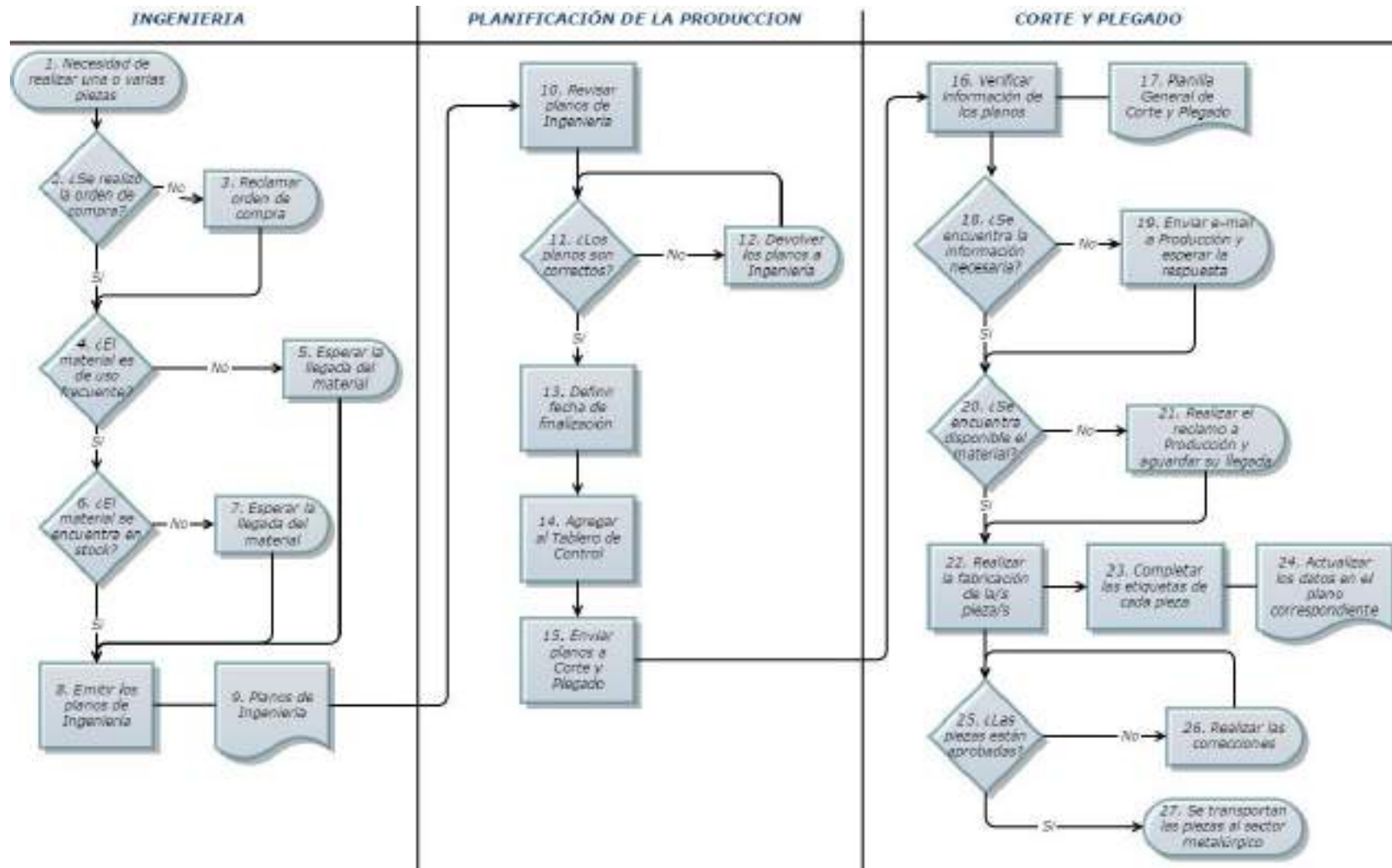


Figura I.5 Diagrama de flujo del proceso de Corte y Plegado

Fuente: Elaboración propia

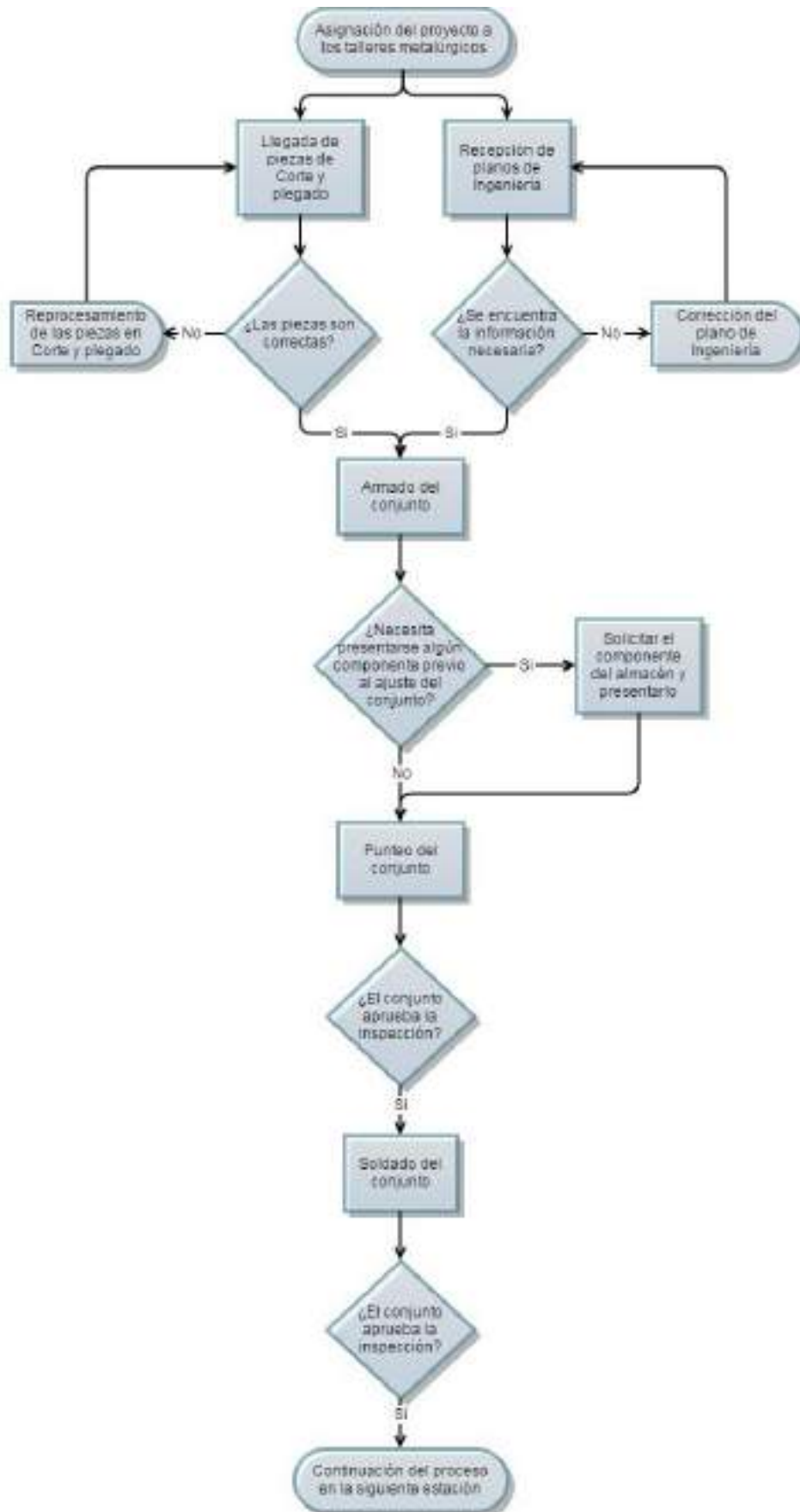


Figura I.6 Diagrama de flujo del proceso de Metalurgia
Fuente: Elaboración propia



Figura I.7 Diagrama de flujo del proceso de Granalla

Fuente: Elaboración propia

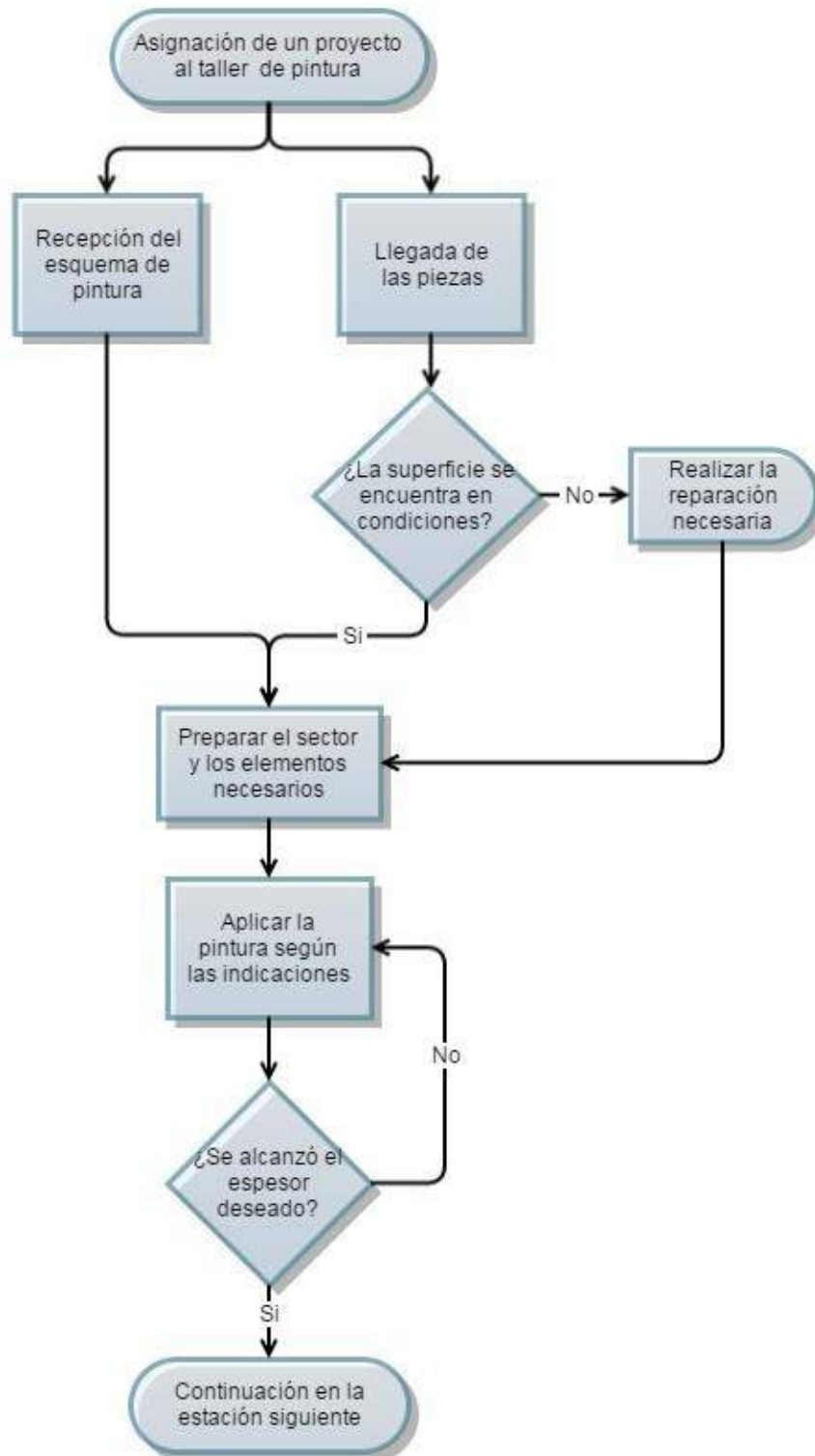


Figura I.8 Diagrama de flujo del proceso de Pintura

Fuente: Elaboración propia

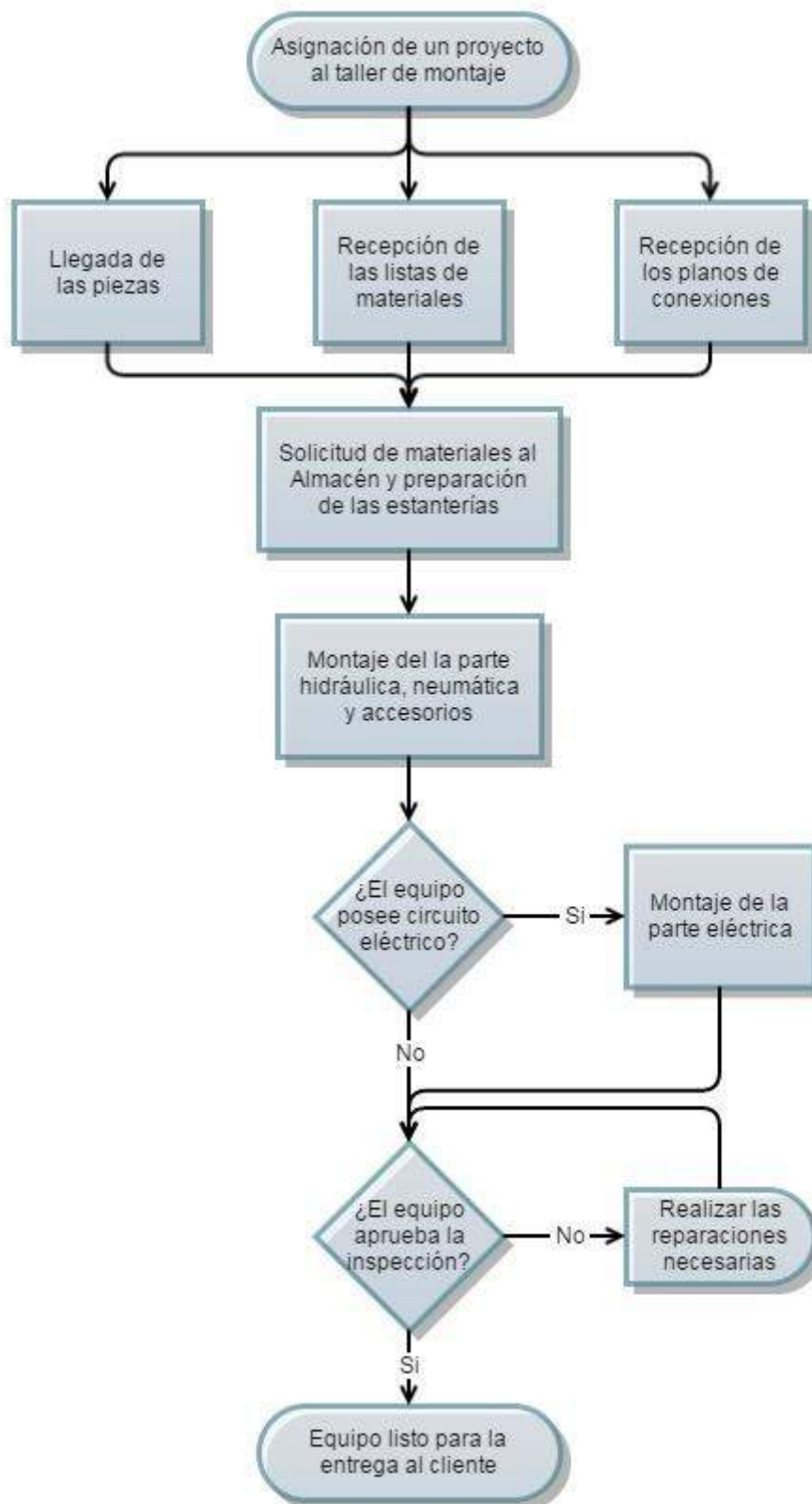


Figura I.9 Diagrama de flujo del proceso de Montaje

Fuente: Elaboración propia

EQUIPOS 2014							
Enero	Cliente	Estado	Equipo	Fecha PO	Fecha entrega original	Fecha entrega actualizada	Fecha de terminación

Tabla I . 1 Registro para seguimiento de equipos

Fuente: Elaboración propia en base a registro de la empresa

Fecha de liberación	Diferencia entrega original Vs fecha de terminación	INGENIERÍA	METALURGIA

Tabla I . 2 Registro para seguimiento de equipos (continuación)

Fuente: Elaboración propia en base a registro de la empresa

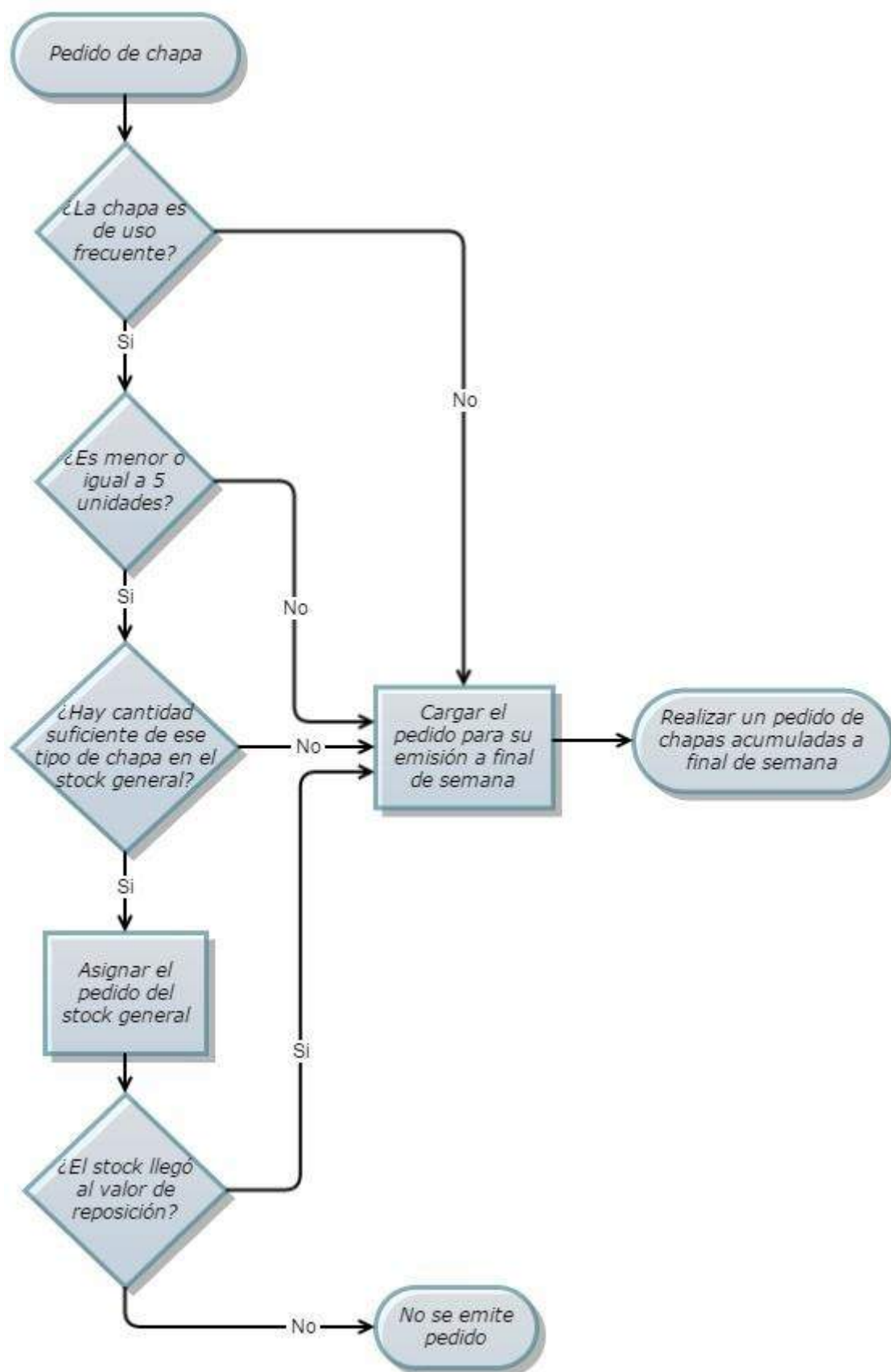


Figura I.10 Diagrama de flujo Propuesta I

Fuente: Elaboración propia

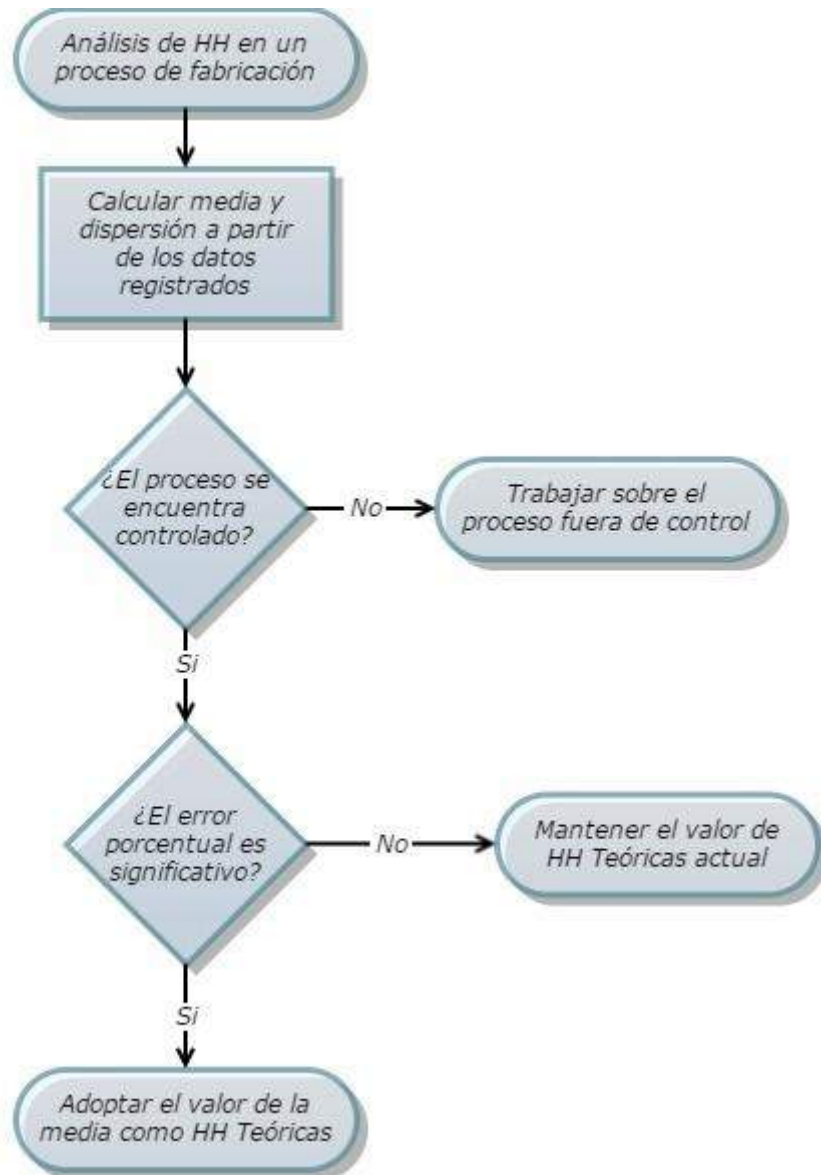


Figura I.11 Diagrama de flujo Propuesta II

Fuente: Elaboración propia

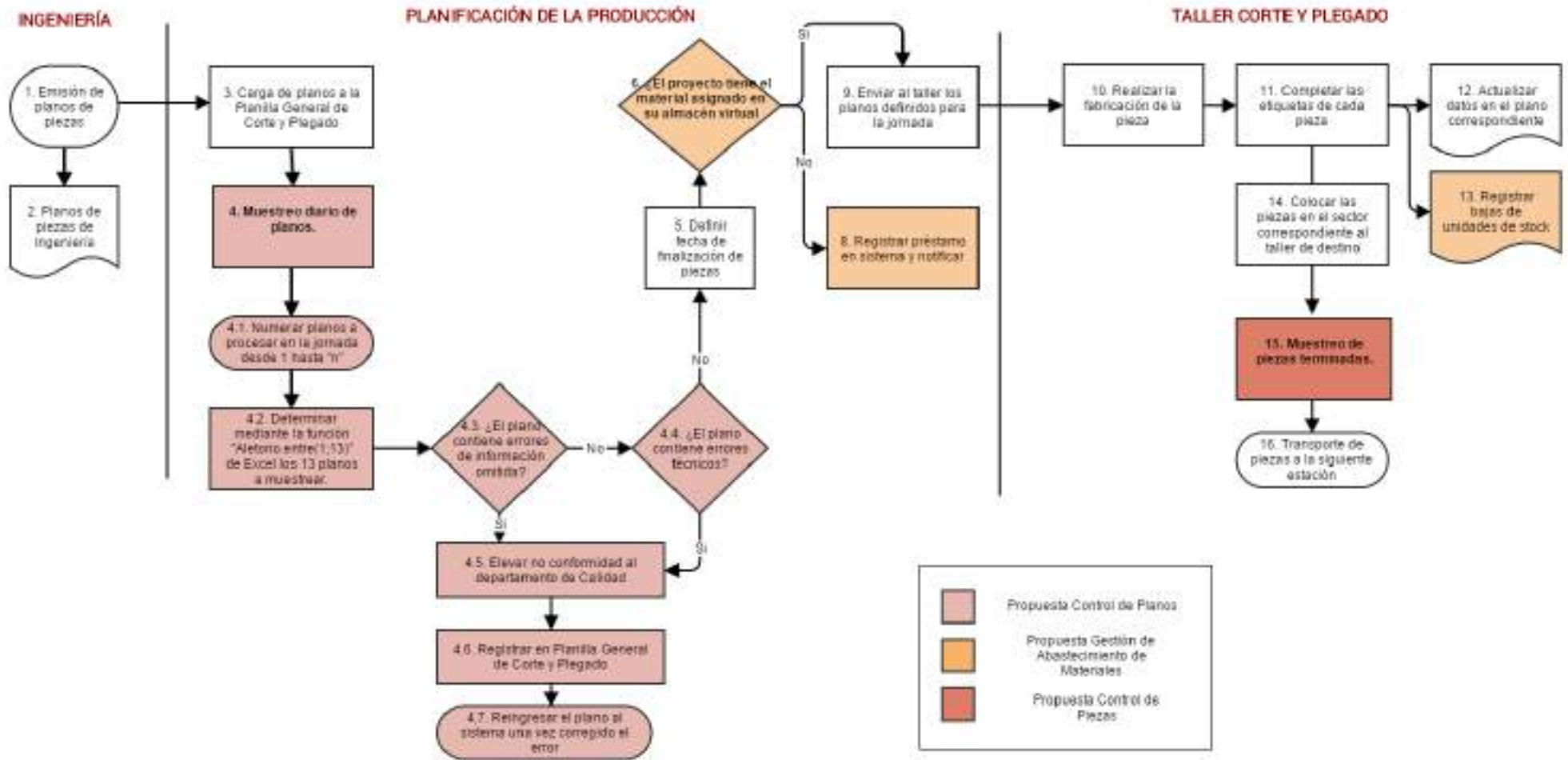


Figura I.12 Diagrama de flujo Propuesta III

Fuente: Elaboración propia

TABLERO DE CONTROL						
Objetivos Estratégicos	Indicadores	Metas	Iniciativa	Observaciones	Área de elaboración	Área de análisis
Aumentar la asignación de materiales desde stock	$\frac{\text{Requerimientos asignados}}{\text{Requerimientos totales}}$	$\geq 50\%$	Responde a Propuesta de Gestión de Materiales Metalúrgicos		Compras	Jefe de compras
Disminuir la cantidad de órdenes de compra de chapas	$\frac{\text{Cantidad de PO actual}}{\text{Cantidad de PO del período anterior}}$	$\leq 40\%$				
Aumentar el porcentaje de modelos sin diferencias significativas hh-teóricas y hh-reales de fabricación	$\frac{\text{Modelos sin reajuste de horas teóricas}}{\text{Modelos totales fabricados}}$	$\geq 70\%$	Responde a Propuesta de Revisión y Reajuste de las Horas Teóricas de Fabricación	Se define el indicador para cada sector del proceso central.	Planificación del área	Planificación de la producción, Jefe de planta
Aumentar el porcentaje de modelos cuyos procesos se encuentran bajo control	$\frac{\text{Cantidad de modelos bajo control}}{\text{Cantidad de modelos totales fabricados}}$	$\geq 80\%$				
Disminuir el porcentaje de interrupciones en la producción por fallas en los planos	$\frac{\text{Planos con errores}}{\text{Planos totales}}$	$\leq 7\%$	Responde a Propuesta de Control de Planos y Piezas de Corte y Plegado	Meta establecida en relación a la situación actual	Planificación de Corte y Plegado	Jefe de planta
Disminuir el porcentaje de reprocesos por errores en las piezas	$\frac{\text{Piezas con errores}}{\text{Piezas totales}}$	$\leq 15\%$				
Disminuir la cantidad de modificaciones en las listas de materiales	$\frac{\text{Listas de materiales modificadas}}{\text{Listas de materiales totales procesadas}}$	$\leq 30\%$	Responde a Propuesta de Revisión de Listado de Materiales		Mejora de Procesos	Oficinas de Ingeniería, Dirección
Aprovechar el material metalúrgico y reducir la chatarra	$\frac{\text{kg de chatarra} \cdot 100}{\text{kg de materia prima procesada}}$	$<10000 \text{ kg}$			Planificación de Corte y Plegado	

Tabla I.3 Tablero de control

Fuente: Elaboración propia

ANEXO II. En este anexo se encuentran cálculos, gráficos y tablas elaborados para cada la Propuesta I, Gestión de materiales metalúrgicos.

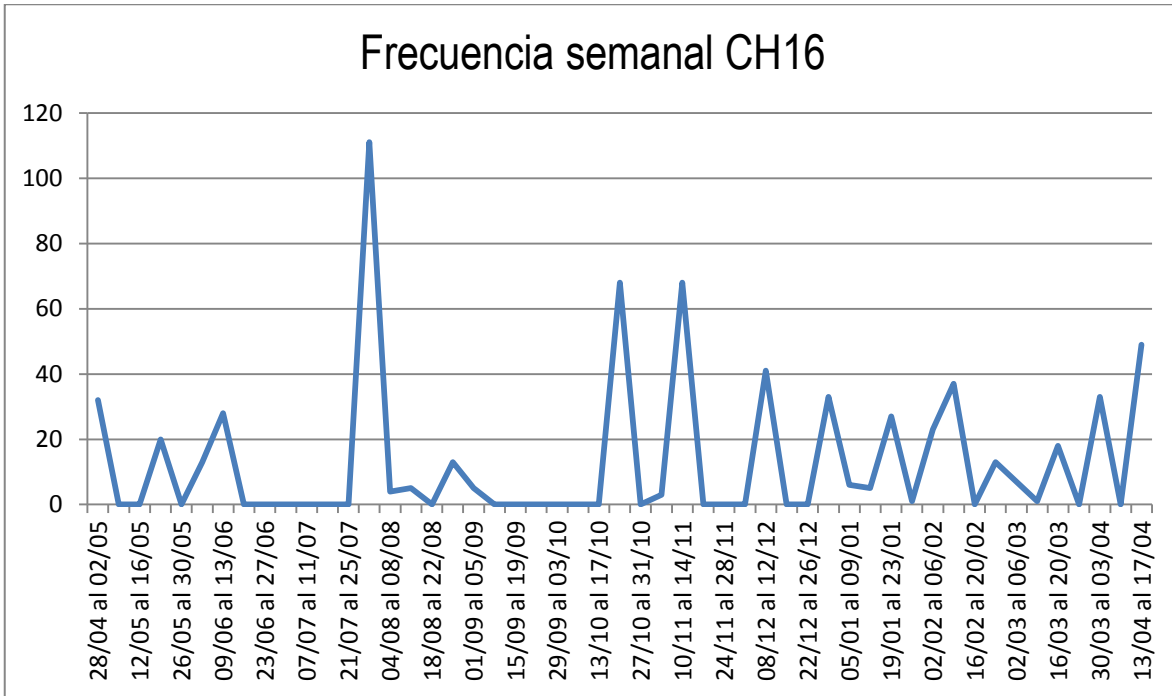


Figura II.1 Gráfico de frecuencia semanal de compras de CH16

Fuente: Elaboración propia

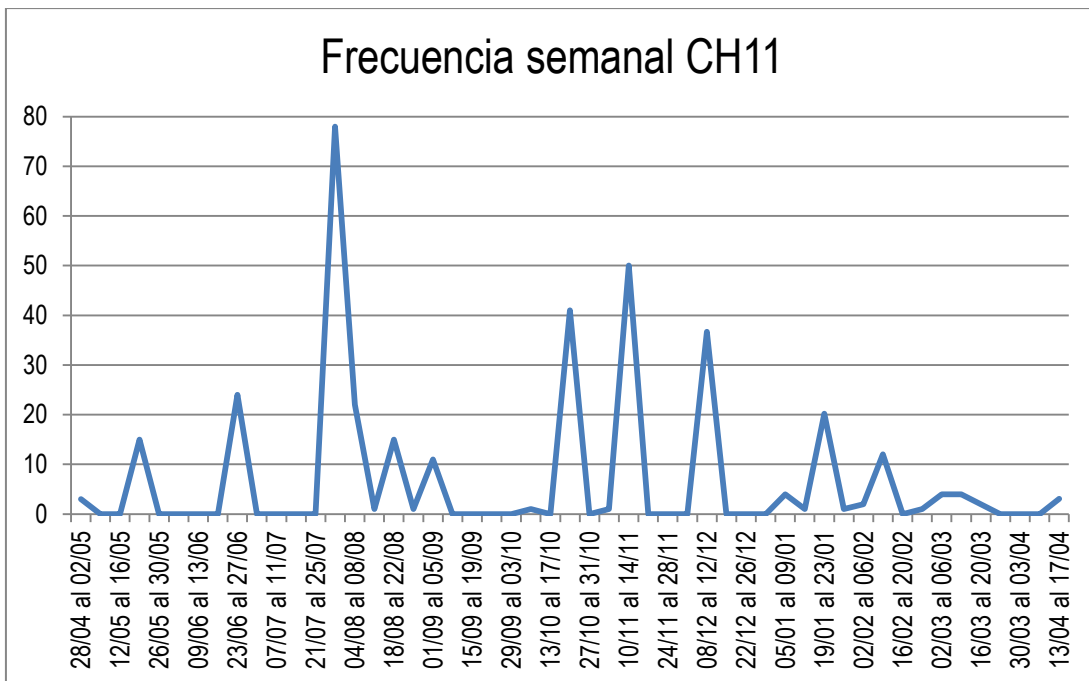


Figura II.2 Gráfico de frecuencia semanal de compras de CH11

Fuente: Elaboración propia

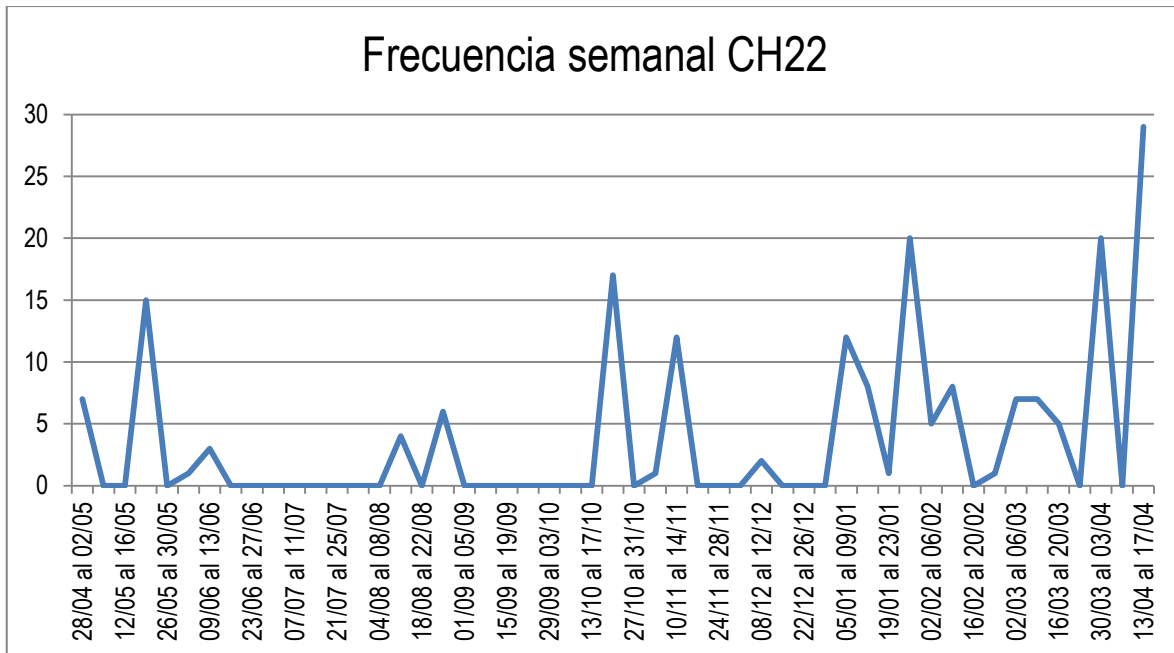


Figura II.3 Gráfico de frecuencia semanal de compras de CH22

Fuente: Elaboración propia

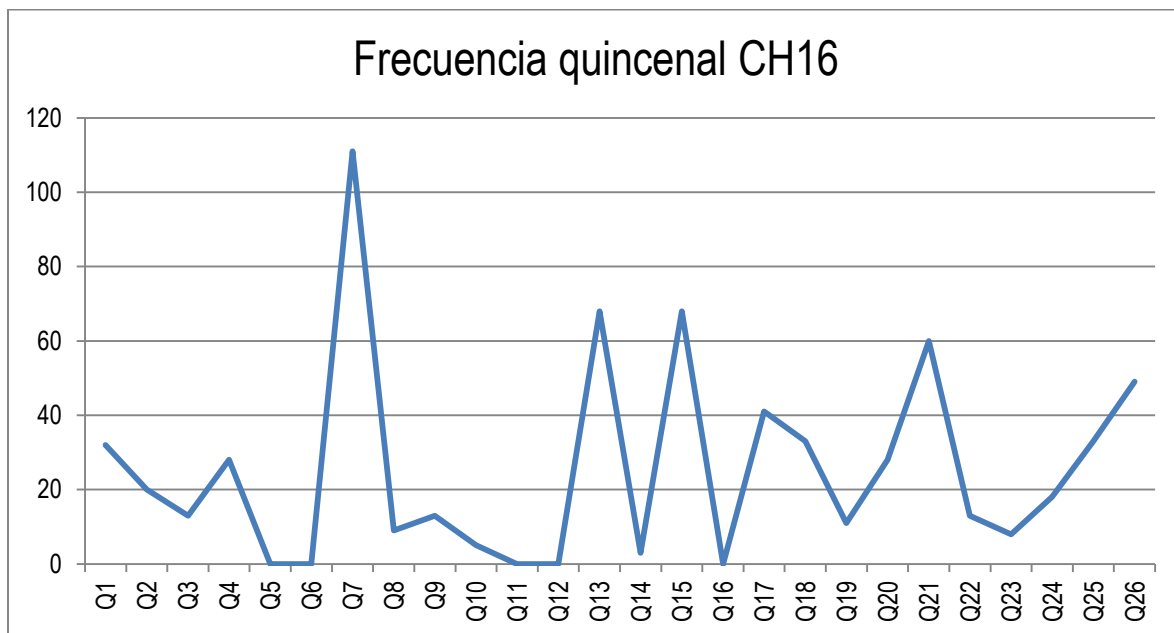


Figura II.4 Gráfico de frecuencia quincenal de compras de CH16

Fuente: Elaboración propia

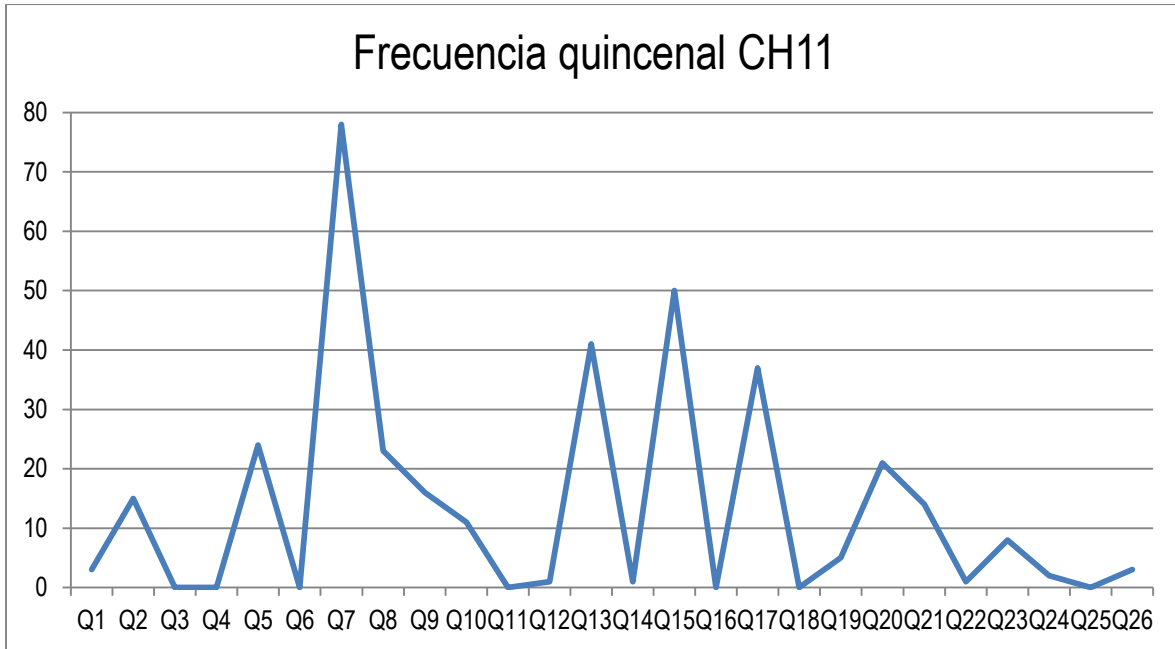


Figura II.5 Gráfico de frecuencia quincenal de compras de CH11

Fuente: Elaboración propia

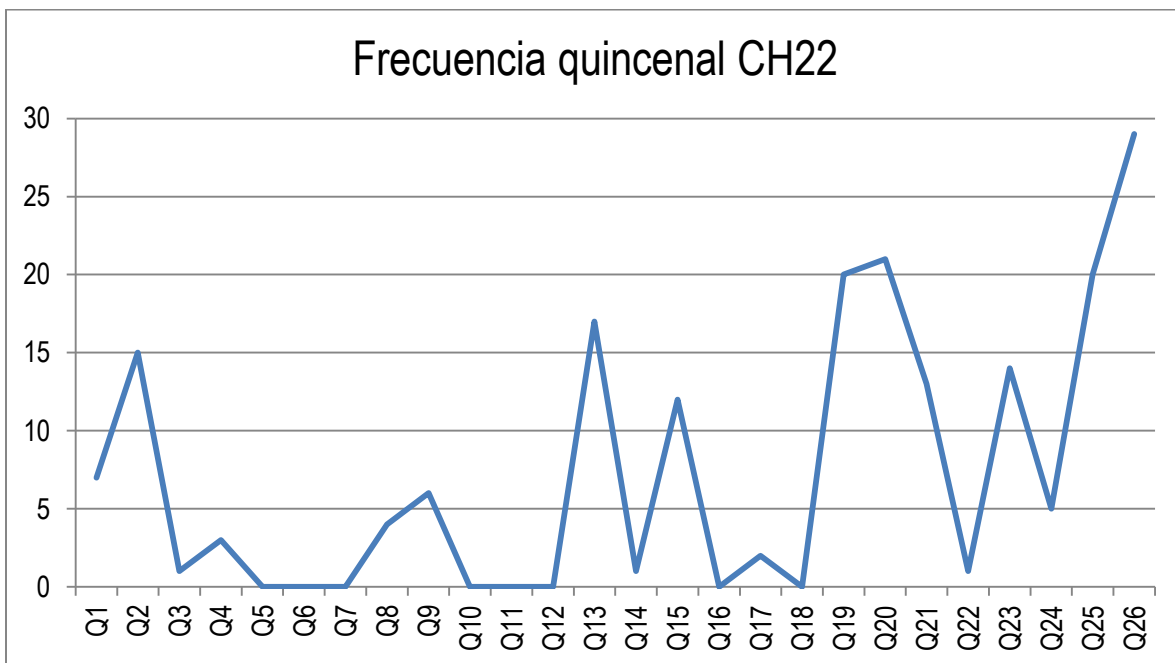


Figura II.6 Gráfico de frecuencia quincenal de compras de CH22

Fuente: Elaboración propia

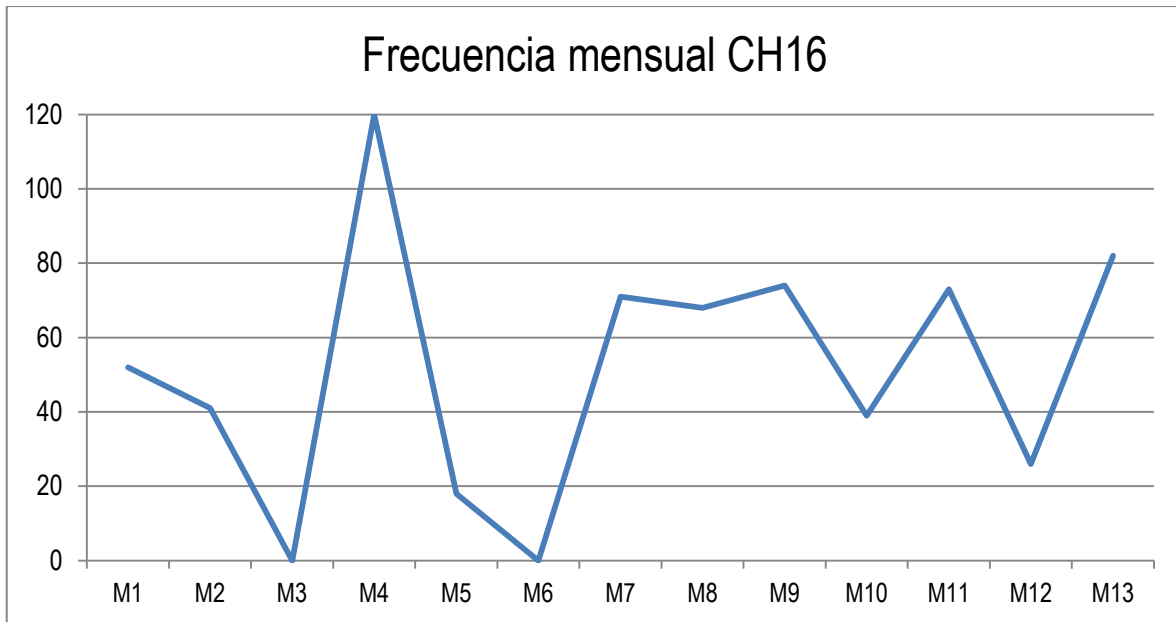


Figura II.7 Gráfico de frecuencia mensual de compras de CH16

Fuente: Elaboración propia

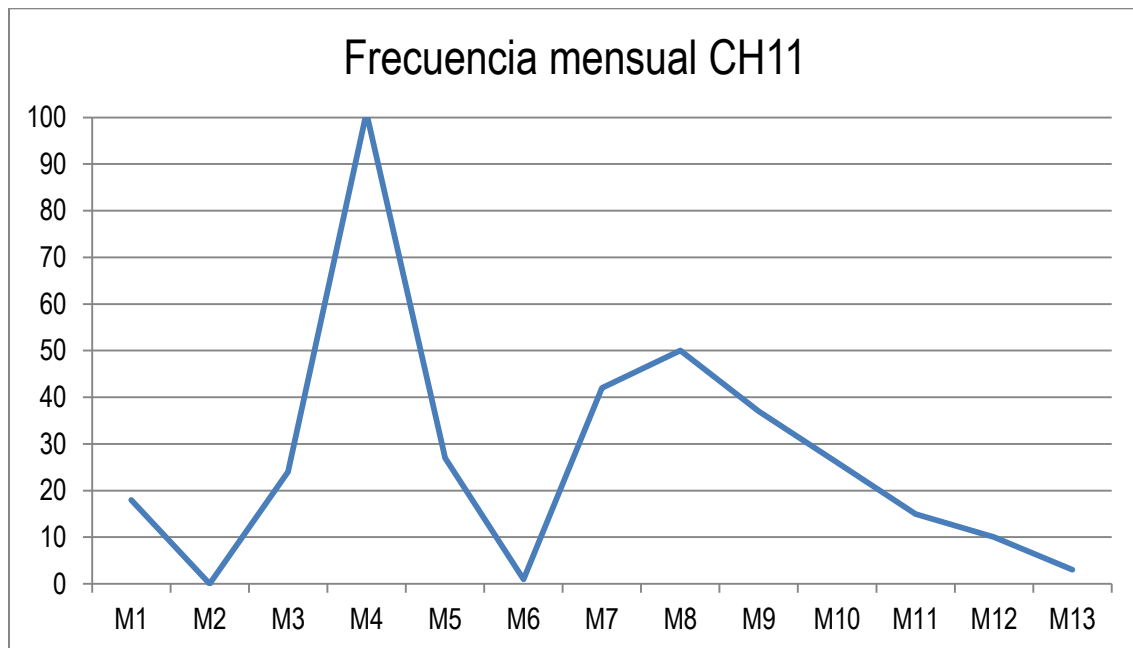


Figura II.8 Gráfico de frecuencia mensual de compras de CH11

Fuente: Elaboración propia

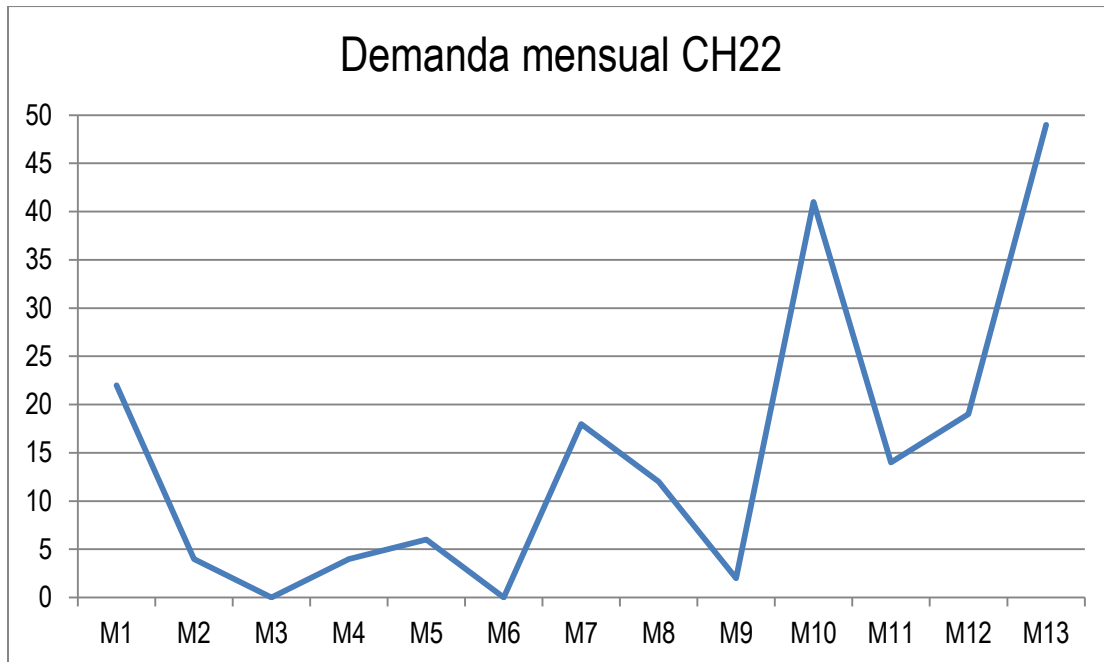


Figura II.9 Gráfico de frecuencia mensual de compras de CH22

Fuente: Elaboración propia

Referencia Interna	A.01.09.00.00.0016	A.01.09.00.00.0011	A.01.09.00.00.0022
Cantidad [Unidades anuales]	664	354	191
Frecuencia de compra total	52	39	36
Pedido mínimo en unidades (Frec acum. Al 70%)	12	5	5

Tabla II.1 Datos de chapas frecuentes

Fuente: Elaboración propia

A.01.09.00.00.0016			
PO	Unidades solicitadas/PO		
PO07572	13	PO03830	41
PO07570	1	PO03180	50
PO07556	33	PO03179	17
PO07528	2	PO03179	1
PO06046	1	PO02998	2
PO05889	1	PO02996	1
PO05887	1	PO02679	3
PO05886	1	PO02676	40
PO05781	4	PO02651	25
PO05756	4	PO01653	5
PO05675	33	PO01461	13
PO05464	1	PO01235	1
PO05460	13	PO01234	4
PO05314	13	PO01127	4
PO05010	11	PO00819	40
PO04997	26	PO00818	37
PO04838	12	PO00812	29
PO04804	11	PO00805	5
PO04655	1	PO00223	26
PO04473	5	PO00223	2
PO04473	5	PO00158	13
PO04467	12	PO00035	20
PO04363	4	PO00006	4
PO04363	1	PO00003	28
PO04337	4	TOTAL	664
PO04336	1		
PO04143	6		
PO04081	33		

Tabla II.2 Unidades de CH16 solicitadas por PO

Fuente: Elaboración propia

Unidades solicitadas	Frecuencia	Frecuencia acumulada %
1	12	23,1
2	3	28,8
3	1	30,8
4	7	44,2
5	4	51,9
6	1	53,8
11	2	57,7
12	2	61,5
13	5	71,2
17	1	73,1
20	1	75,0
25	1	76,9
26	2	80,8
28	1	82,7
29	1	84,6
33	3	90,4
37	1	92,3
40	2	96,2
41	1	98,1
50	1	100,0
TOTAL	52	

Tabla II.3 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH16

Fuente: Elaboración propia

A.01.09.00.00.0011			
PO	Unidades solicitadas/PO		
PO07572	1	PO03180	45
PO07528	2	PO03179	5
PO06046	4	PO02996	1
PO05889	2	PO02679	5
PO05887	1	PO02676	36
PO05781	1	PO02397	1
PO05756	1	PO01653	11
PO05517	1	PO01461	1
PO05460	1	PO01375	15
PO05010	12	PO01235	1
PO04804	2	PO01127	22
PO04655	1	PO00910	30
PO04473	7	PO00819	36
PO04467	2	PO00812	10
PO04467	2	PO00805	2
PO04363	4	PO00397	19
PO04363	5	PO00322	5
PO04337	1	PO00035	15
PO04143	4	PO00002	3
PO03830	37	TOTAL	354

Tabla II.4 Unidades de CH11 solicitadas por PO

Fuente: Elaboración propia

Unidades solicitadas	Frecuencia	Frecuencia acumulada %
1	12	30,8
2	6	46,2
3	1	48,7
4	3	56,4
5	4	66,7
7	1	69,2
10	1	71,8
11	1	74,4
12	1	76,9
15	2	82,1
19	1	84,6
22	1	87,2
30	1	89,7
36	2	94,9
37	1	97,4
45	1	100,0
TOTAL	39	

Tabla II.5 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH11

Fuente: Elaboración propia

A.01.09.00.00.0022			
PO	Unidades solicitadas/PO		
PO07572	5	PO04335	1
PO07570	2	PO04143	12
PO07556	20	PO03830	2
PO07528	2	PO03180	3
PO05889	1	PO03179	3
PO05887	1	PO03179	6
PO05781	5	PO02996	1
PO05756	5	PO02676	2
PO05675	20	PO02651	15
PO05464	2	PO01461	6
PO05460	5	PO01235	2
PO05314	1	PO01234	2
PO05010	6	PO00223	1
PO04997	2	PO00223	2
PO04804	5	PO00158	1
PO04637	20	PO00035	15
PO04473	1	PO00006	7
PO04337	5	PO04336	2
TOTAL	191		

Tabla II.6 Unidades de CH22 solicitadas por PO

Fuente: Elaboración propia

Unidades solicitadas	Frecuencia	Frecuencia acumulada %
1	8	22,2
2	10	50,0
3	2	55,6
5	6	72,2
6	3	80,6
7	1	83,3
12	1	86,1
15	2	91,7
20	3	100,0
TOTAL	36	

Tabla II.7 Frecuencia acumulada de unidades compradas CH22

Fuente: Elaboración propia

Prueba de la propuesta: Compras realizadas en el período Abril 2014 -Abril 2015

1. Prueba CH16

A.01.09.00.00.0016					
Fecha de emisión	Cantidad	Pedidos	Asignados de stock	Stock	Pedidos stock
28/04 al 02/05		28	4	8	0
2014-04-26	28				
2014-04-30	4				
05/05 al 09/05		0	0	8	0
12/05 al 16/05		0	0	8	0
19/05 al 23/05		0	0	8	0
2014-05-19	20				
26/05 al 30/05		0	0	8	0
02/06 al 06/06		13	0	8	0
2014-06-06	13				
09/06 al 13/06		26	2	6	0
2014-06-13	26				
2014-06-13	2				
16/06 al 20/06		0	0	6	0
23/06 al 27/06		0	0	6	0
30/06 al 04/07		0	0	6	0
07/07 al 11/07		0	0	6	0
14/07 al 18/07		0	0	6	0
21/07 al 25/07		0	0	6	0
28/07 al 01/08		106	5	1	11
2014-07-28	40				
2014-07-28	37				
2014-07-28	29				
2014-07-28	5				
04/08 al 08/08		4	0	1	0
2014-08-07	4				
11/08 al 15/08		0	5	7	0
2014-08-13	1				
2014-08-13	4				
18/08 al 22/08		0	0	7	0
25/08 al 29/08		13	0	7	0
2014-08-25	13				
01/09 al 05/09		0	5	2	10

2014-09-04	5				
08/09 al 12/09		0	0	2	0
15/09 al 19/09		0	0	12	0
22/09 al 26/09		0	0	12	0
29/09 al 03/10		0	0	12	0
06/10 al 10/10		0	0	12	0
13/10 al 17/10		0	0	12	0
20/10 al 24/10		65	3	9	0
2014-10-23	25				
2014-10-24	3				
2014-10-24	40				
27/10 al 31/10		0	0	9	0
03/11 al 07/11		0	3	6	0
2014-11-03	2				
2014-11-03	1				
10/11 al 14/11		67	1	5	7
2014-11-11	50				
2014-11-11	17				
2014-11-11	1				
17/11 al 21/11		0	0	5	0
24/11 al 28/11		0	0	12	0
01/12 al 5/12		0	0	12	0
08/12 al 12/12		41	0	12	0
2014-12-11	41				
15/12 al 19/12		0	0	12	0
22/12 al 26/12		0	0	12	0
29/12 al 02/01		33	0	12	0
2014-12-29	33				
05/01 al 09/01		6	0	12	0
2015-01-05	6				
12/01 al 16/01		0	5	7	0
2015-01-14	4				
2015-01-14	1				
19/01 al 23/01		22	5	2	10
2015-01-21	5				
2015-01-21	5				
2015-01-21	12				
2015-01-21	4				

2015-01-21	1				
26/01 al 30/01		0	1	1	0
2015-01-29	1				
02/02 al 06/02		23	0	1	0
2015-02-04	12				
2015-02-04	11				
09/02 al 13/02		37	0	11	0
2015-02-12	11				
2015-02-12	26				
16/02 al 20/02		0	0	11	0
23/02 al 27/02		13	0	11	0
2015-02-23	13				
02/03 al 06/03		0	7	4	8
2015-03-04	1				
2015-03-04	1				
2015-03-04	1				
2015-03-05	4				
09/03 al 13/03		0	1	3	0
2015-03-12	1				
16/03 al 20/03		13	5	6	0
2015-03-15	4				
2015-03-15	1				
2015-03-16	13				
23/03 al 27/03		0		6	0
30/03 al 03/04		33		6	0
2015-03-31	33				
06/04 al 10/04		0	0	6	0
13/04 al 17/04		46	3	3	9
2015-04-13	13				
2015-04-13	33				
2015-04-13	2				
2015-04-14	1				

Tabla II.8 Prueba de la propuesta para la CH16

Fuente: Elaboración propia

2. Prueba CH11

A.01.09.00.00.0011					
Fecha de emisión	Cantidad	Pedidos	Asignados de stock	Stock	Pedidos stock
28/04 al 02/05		0	3	7	0
2014-04-26	3				
05/05 al 09/05		0	0	7	0
12/05 al 16/05		0	0	7	0
19/05 al 23/05		15	0	7	0
2014-05-19	15				
26/05 al 30/05		0	0	7	0
02/06 al 06/06		0	0	7	0
09/06 al 13/06		0	0	7	0
16/06 al 20/06		0	0	7	0
23/06 al 27/06		19	5	2	8
2014-06-24	5				
2014-06-27	19				
30/06 al 04/07		0	0	2	0
07/07 al 11/07		0	0	10	0
14/07 al 18/07		0	0	10	0
21/07 al 25/07		0	0	10	0
28/07 al 01/08		76	2	8	0
2014-07-28	36				
2014-07-28	10				
2014-07-28	2				
2014-07-31	30				
04/08 al 08/08		22	0	8	0
2014-08-07	22				
11/08 al 15/08		0	1	7	0
2014-08-13	1				
18/08 al 22/08		15	0	7	0
2014-08-21	15				
25/08 al 29/08		0	1	6	0
2014-08-25	1				
01/09 al 05/09		11	0	6	0
2014-09-04	11				
08/09 al 12/09		0	0	6	0
15/09 al 19/09		0	0	6	0
22/09 al 26/09		0	0	6	0

29/09 al 03/10		0	0	6	0
06/10 al 10/10		0	1	5	5
2014-10-08	1				
13/10 al 17/10		0	0	5	0
20/10 al 24/10		36	5	5	5
2014-10-24	5				
2014-10-24	36				
27/10 al 31/10		0	0	5	0
03/11 al 07/11		0	1	9	0
2014-11-03	1				
10/11 al 14/11		45	5	4	6
2014-11-11	45				
2014-11-11	5				
17/11 al 21/11		0	0	4	0
24/11 al 28/11		0	0	10	0
01/12 al 5/12		0	0	10	0
08/12 al 12/12		37	0	10	0
2014-12-11	37				
15/12 al 19/12		0	0	10	0
22/12 al 26/12		0	0	10	0
29/12 al 02/01		0	0	10	0
05/01 al 09/01		0	4	6	0
2015-01-05	4				
12/01 al 16/01		0	1	5	5
2015-01-14	1				
19/01 al 23/01		12	8	2	8
2015-01-21	7				
2015-01-21	2				
2015-01-21	2				
2015-01-21	4				
2015-01-21	5				
26/01 al 30/01		0	1	1	0
2015-01-29	1				
02/02 al 06/02		0	2	7	0
2015-02-04	2				
09/02 al 13/02		12	0	7	0
2015-02-12	12				
16/02 al 20/02		0	0	7	0

23/02 al 27/02		0	1	6	0
2015-02-25	1				
02/03 al 06/03		0	4	2	8
2015-03-04	2				
2015-03-04	1				
2015-03-05	1				
09/03 al 13/03		4	0	2	0
2015-03-12	4				
16/03 al 20/03		0	2	8	0
2015-03-15	1				
2015-03-16	1				
23/03 al 27/03		0	0	8	0
30/03 al 03/04		0	0	8	0
06/04 al 10/04		0	0	8	0
13/04 al 17/04		0	3	5	5
2015-04-13	1				
2015-04-13	2				

Tabla II.9 Prueba de la propuesta para la CH11

Fuente: Elaboración propia

3. Prueba CH22

A.01.09.00.00.0022					
Fecha de emisión	Cantidad	Pedidos	Asignados de stock	Stock	Pedidos stock
28/04 al 02/05		7	0	8	0
2014-04-30	7				
05/05 al 09/05		0	0	8	0
12/05 al 16/05		0	0	8	0
19/05 al 23/05		15	0	8	0
2014-05-19	15				
26/05 al 30/05		0	0	8	0
02/06 al 06/06		0	1	7	0
2014-06-06	1				
09/06 al 13/06		0	3	4	0
2014-06-13	1				
2014-06-13	2				
16/06 al 20/06		0	0	4	0
23/06 al 27/06		0	0	4	0

30/06 al 04/07	0	0	4	0
07/07 al 11/07	0	0	4	0
14/07 al 18/07	0	0	4	0
21/07 al 25/07	0	0	4	0
28/07 al 01/08	0	0	4	0
04/08 al 08/08	0	0	4	0
11/08 al 15/08	0	4	0	8
2014-08-13	2			
2014-08-13	2			
18/08 al 22/08	0	0	0	0
25/08 al 29/08	6	0	8	0
2014-08-25	6			
01/09 al 05/09	0	0	8	0
08/09 al 12/09	0	0	8	0
15/09 al 19/09	0	0	8	0
22/09 al 26/09	0	0	8	0
29/09 al 03/10	0	0	8	0
06/10 al 10/10	0	0	8	0
13/10 al 17/10	0	0	8	0
20/10 al 24/10	15	2	6	0
2014-10-23	15			
2014-10-24	2			
27/10 al 31/10	0	0	6	0
03/11 al 07/11	0	1	5	0
2014-11-03	1			
10/11 al 14/11	9	3	2	6
2014-11-11	3			
2014-11-11	3			
2014-11-11	6			
17/11 al 21/11	0	0	2	0
24/11 al 28/11	0	0	8	0
01/12 al 5/12	0	0	8	0
08/12 al 12/12	0	2	6	0
2014-12-11	2			
15/12 al 19/12	0	0	6	0
22/12 al 26/12	0	0	6	0
29/12 al 02/01	0	0	6	0
05/01 al 09/01	12	0	6	0

2015-01-05	12				
12/01 al 16/01		5	3	3	5
2015-01-14	5				
2015-01-14	2				
2015-01-14	1				
19/01 al 23/01		0	1	2	0
2015-01-21	1				
26/01 al 30/01		20	0	7	0
2015-01-29	20				
02/02 al 06/02		0	5	2	6
2015-02-04	5				
09/02 al 13/02		6	2	0	0
2015-02-12	6				
2015-02-12	2				
16/02 al 20/02		0	0	6	6
23/02 al 27/02		0	1	5	0
2015-02-23	1				
02/03 al 06/03		5	2	3	0
2015-03-04	1				
2015-03-04	1				
2015-03-05	5				
09/03 al 13/03		0	0	3	0
16/03 al 20/03		5	7	1	7
2015-03-15	5				
2015-03-15	2				
2015-03-16	5				
23/03 al 27/03		0	0	1	0
30/03 al 03/04		20	0	8	0
2015-03-31	20				
06/04 al 10/04		0	0	8	0
13/04 al 17/04		22	7	1	7
2015-04-13	5				
2015-04-13	20				
2015-04-13	2				
2015-04-14	2				

Tabla II.10 Prueba de la propuesta para la CH22

Fuente: Elaboración propia

ANEXO III. En este anexo se encuentran cálculos, gráficos y tablas elaborados para cada la Propuesta II, Revisión y reajuste de las horas teóricas de fabricación

EQUIPO		
SEMITRAILER BULK CEMENTER		
HH TEORICA METALURGIA		
1000		
SUMA HH PROGRAMADAS	MEDIA	DISPERSION
1375,725	1082,55	257,58
1037		
1035		
1157,25		
1030		
1033		
1100,58		
871,455		
1080		
1078		
990		
995		
855		
860		
900		
910		
890		
1587		
1582		
1058		
856		
1868,25		
915		
917		

Tabla III.1 HH Metalúrgicas Semitrailer Bulk Cementer

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO		
FRAC PUMP 2500 HP		
HH TEORICA METALURGIA		
600		
SUMA HH PROGRAMADAS	MEDIA	DISPERSION
729,3	755,22	91,34
673,2		
673,2		
849		
765		
779		
617,1		
673,2		
997,2		
703,25		
650,75		
853,75		
765,25		
773,5		
740,25		
770,75		
850,25		
730		

Tabla III.2 HH Metalúrgicas Frac Pump 2500 HP

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO		
SILOS 1200 CUFT- SIN SKID		
HH TEORICA METALURGIA		
250		
SUMA HH PROGRAMADAS	MEDIA	DISPERSION
266	270,91	19,84
290		
245		
271		
278		
299		
294		
269		
279		
240		
249		

Tabla III . 3HH Metalúrgicas Silo 1200 CUFT

Fuente: Elaboración propia