

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LOS PROCESOS PRODUCTIVOS
DEL AREA DE REPARACIONES DE COTECMAR SEDE MAMONAL BASADO
EN LEAN MANUFACTURING**

CARLOS ALBERTO OCHOA GRAU

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2017

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LOS PROCESOS PRODUCTIVOS
DEL AREA DE REPARACIONES DE COTECMAR SEDE MAMONAL BASADO
EN LEAN MANUFACTURING**

CARLOS ALBERTO OCHOA GRAU

Trabajo de grado para optar al título de Administrador Industrial

ASESOR:

NATIVIDAD VILLABONA GOMEZ

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

2017

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias D.T. Y C., 06 de abril de 2017

DEDICATORIA

*A Dios quién me lleno de mucha sabiduría, entendimiento y voluntad
para poder culminar este proyecto.*

*A mis padres, hermanos, familiares y demás personas que siempre
me han apoyado.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios, quien me bendice día a día y me lleno de mucha sabiduría y entendimiento para superar todos los obstáculos en el desarrollo del presente proyecto de grado.

Agradecer a la empresa COTECMAR, quien me abrió las puertas y me brindó su apoyo para la realización de éste proyecto.

De igual manera, quiero agradecer los docentes y personal administrativo que laboran en la Universidad de Cartagena, especialmente en el programa de Administración Industrial, quienes me acompañaron durante toda mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1 ANTECEDENTES.....	21
4.1.1 Antecedentes Internacionales	21
4.1.2 Antecedentes Nacionales.....	24
4.2 MARCO TEORICO	28
4.2.1 Calidad Total	29
4.2.2 De la Producción en Masa a la Producción Ajustada.....	36
4.2.3 Sistema de Producción de Toyota (TPS)	43
4.2.4 Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)	50
4.2.4.1 Desperdicios	52
4.2.4.2 Principios del modelo Lean.....	55
4.2.4.3 Técnicas y herramientas.....	60
4.2.4.4 Metodología de implementación	67
4.2.4.5 Indicadores clave de desempeño (KPI)	71
4.3 MARCO CONCEPTUAL	74
5. DISEÑO METODOLÓGICO	80
5.1 ASPECTOS GENERALES	80
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	80
5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	81
5.3.1 Fuentes Primarias	81
5.3.2 Fuentes Secundarias	81

5.4	DELIMITACIÓN	82
5.5	DESCRIPCIÓN METODOLOGICA.....	82
5.6	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	85
6.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	87
6.1	PRESUPUESTO.....	87
6.2	CRONOGRAMA	88
7.	CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARITIMA Y FLUVIAL – COTECMAR.....	89
7.1	RESEÑA HISTORICA.....	89
7.2	MISIÓN.....	91
7.3	VISIÓN.....	91
7.4	DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO.....	91
7.5	VALORES CORPORATIVOS.....	92
7.6	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	93
7.7	MAPA DE PROCESOS	94
7.8	PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS	95
7.9	UBICACIÓN.....	97
8.	DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL ÁREA DE REPARACIONES – PLANTA MAMONAL	99
8.1	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS.....	99
8.2	ORGANIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO	105
8.3	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE MEJORA (DESPERDICIOS)	109
8.4	RESULTADOS: ENCUESTA DE DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL .	117
9.	EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN.....	129
9.1	EVALUACIÓN DE LA EMPRESA FRENTE A HERRAMIENTAS LEAN.	129
9.2	SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN A APLICAR.....	137
10.	DISEÑO DEL PLAN DE MEJORA E INDICADORES DE GESTIÓN	145
10.1	PLAN DE MEJORA BASADO EN LEAN MANUFACTURING	145
10.1.1	FASE 1: Preparación y lanzamiento	147
10.1.2	FASE 2: Mejora de las áreas de trabajo	150
10.1.2.1	Aplicación de las 5S's.....	150
10.1.2.2	Eventos Kaizen.....	157
10.1.3	FASE 3: Mejora de procesos internos	161

10.1.3.1	Cambios Rápidos (SMED).....	162
10.1.3.2	Mecanismos anti-error (Poka Yoke)	166
10.1.3.3	Trabajo Estandarizado.....	167
10.1.4	FASE 4: Mejora en el flujo de los procesos	169
10.1.4.1	Kanban y principios JIT	169
10.1.4.2	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	171
10.1.5	Recomendaciones y aspectos generales	173
10.2	INDICADORES DE GESTIÓN.....	175
11.	CONCLUSIONES	178
	BIBLIOGRAFÍA.....	179
	ANEXOS.....	186

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Principales exponentes de la calidad	32
Tabla 2. Tipos de Desperdicios.....	53
Tabla 3. Principios de Lean Manufacturing	56
Tabla 4. Las “seis grandes pérdidas” en los equipos productivos.....	64
Tabla 5. Plan de acción para el “salto Lean”	68
Tabla 6. Operacionalización de las variables.....	85
Tabla 7. Presupuesto de gastos del proyecto	87
Tabla 8. Principales servicios de Reparación y Mantenimiento	96
Tabla 9. Procesos productivos División de Varadero.....	102
Tabla 10. Procesos productivos División de Pintura	103
Tabla 11. Procesos productivos División de Soldadura	103
Tabla 12. Procesos productivos División de Mecánica	104
Tabla 13. Oportunidades de mejora identificadas.....	110
Tabla 14. Clasificación de oportunidades de mejora según tipo de desperdicios DVMEC	113
Tabla 15. Principales desperdicios que afectan el área.....	116
Tabla 16. Criterios para evaluación en Lista de Verificación	131
Tabla 17. Criterios para asignar grado de relación	137
Tabla 18. Matriz de relación entre Herramientas Lean y Desperdicios.....	138
Tabla 19. Análisis DOFA: 5S's.....	141
Tabla 20. Análisis DOFA: Kaizen.....	141
Tabla 21. Análisis DOFA: Trabajo Estandarizado.....	142
Tabla 22. Análisis DOFA: Poka Yoke	142
Tabla 23. Análisis DOFA: SMED	143
Tabla 24. Análisis DOFA: TPM	143
Tabla 25. Análisis DOFA: Just In Time (JIT)	144
Tabla 26. Indicadores de Gestión propuestos	176

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolución de la Calidad.	34
Figura 2. Casa del TPS.....	48
Figura 3. La pirámide “4P” del modelo Toyota.	49
Figura 4. Ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar).....	62
Figura 5. Simbología del VSM	63
Figura 6. “Hoja de ruta para la implantación Lean”	70
Figura 7. Cronograma del proyecto de investigación.....	88
Figura 8. Estructura Organizacional de Cotecmar	93
Figura 9. Mapa de procesos de Cotecmar	94
Figura 10. Ubicación geográfica de Cotecmar	98
Figura 11. Estructura organizacional GEMAM.....	101
Figura 12. Distribución del Taller de Soldadura	106
Figura 13. Distribución del Taller de Mecánica	107
Figura 14. Fases del Plan de Mejora	146
Figura 15. Estructura Equipos <i>Lean</i>	148
Figura 16. División del tiempo de preparación de las máquina.....	163

LISTA DE GRAFICOS

Pág.

Gráfico 1. ¿Conoce acerca de la metodología Lean Manufacturing, sus principios y técnicas?	118
Gráfico 2. Las siguientes son herramientas y técnicas que utiliza la metodología Lean Manufacturing, ¿Sobre cuál de estas conoce o ha sido capacitado?	118
Gráfico 3. Existen dos tipos de actividades dentro de un proceso, las que Agregan Valor al mismo y las que No. ¿Sabes cuál es la diferencia entre ambas?.....	119
Gráfico 4. Las actividades que No Agregan Valor al proceso son también llamadas “Desperdicios” ya que generan gasto de recursos adicionales como tiempo, esfuerzo, etc. ¿Reconoces alguno de las siguientes tipos?	120
Gráfico 5. En su puesto de trabajo, ¿Solo están los elementos necesarios realizar la tarea en el momento?	120
Gráfico 6. ¿Crees que la organización y el orden de las áreas de trabajo, almacenes y herramientas, al igual que su limpieza, son importantes para realizar un mejor trabajo?	121
Gráfico 7. ¿Crees que el tiempo gastado para buscar una herramienta en donde están almacenadas es rápido?	122
Gráfico 8. ¿Hacen falta guías, instructivos, o estándares (ayudas visuales) para realizar un mejor trabajo y más seguro?	122
Gráfico 9. ¿Estas capacitado para realizar las funciones de otros cargos en caso de ser necesario?	123
Gráfico 10. ¿Conoces los manuales de procedimiento creados para cada proceso que realizas?.....	124
Gráfico 11. Si operas alguna máquina o equipo, ¿Sabes cómo realizar su mantenimiento preventivo?	124
Gráfico 12. ¿Crees que hay algún proceso o actividad que podría hacerse de mejor manera?.....	125
Gráfico 13. Cuando se daña alguna herramienta, maquina o equipo. ¿Estos se reparan rápidamente?.....	126
Gráfico 14. ¿Cuentas con formas o mecanismos para evitar cometer errores en tu trabajo?	126
Gráfico 15. ¿Te gustaría participar en la búsqueda de mejores formas de realizar los trabajos?.....	127
Gráfico 16. De los siguientes problemas, marca aquellos que crees que afectan negativamente los trabajos que realizas, de forma más frecuente	128

Gráfico 17. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVSOL..... 133

Gráfico 18. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVMEC 134

Gráfico 19. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVPIN 134

Gráfico 20. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVAR 135

Gráfico 21. Nivel de aplicación de herramientas Lean - General 136

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Diagrama de flujo de proceso de Gestión de Proyectos de Reparación y Mantenimiento	186
Anexo 2. Distribución en planta del área de productiva	187
Anexo 3. Clasificación de oportunidades de mejora según tipos de desperdicios DVSOL.....	188
Anexo 4. Clasificación de oportunidades de mejora según tipos de desperdicios DVPIN.....	190
Anexo 5. Clasificación de oportunidades de mejora según tipos de desperdicios DVARD	192
Anexo 6. Modelo de Encuesta	194
Anexo 7. Lista de Verificación.....	196
Anexo 8. Puntos posibles vs. Puntos obtenidos en Lista de Verificación	198
Anexo 9. Modelo “Formato Tarjeta Roja”	199
Anexo 10. Modelo “Formato de Lista de elementos innecesarios”	199
Anexo 11. Modelo “Formato de Autoevaluación 5S’s”	200
Anexo 12. Modelo “Formato auditorias 5S”	201

INTRODUCCIÓN

Debido a la constante evolución de los mercados junto a la aparición de nuevas tecnologías y leyes, el sector industrial se ha vuelto altamente dinámico y competitivo. En éste, uno de los factores más críticos a la hora de observar la competitividad y diferenciación de una empresa frente a las demás es la calidad, es decir, que se cumplan cada vez con más exactitud las especificaciones de los clientes con el fin de que éstos sean satisfechos. Lo anterior hace que las empresas con y sin ánimo de lucro busquen la mejora continua de sus procesos a través de herramientas o estrategias que les permitan ser más eficientes y eficaces, buscando la cima de la productividad lo que les permitiría no solo satisfacer los requerimientos de sus clientes, sino también, generar mayores utilidades.

Muchas empresas optan por los distintos modelos de gestión que han sido desarrollados por los grandes pensadores e investigadores de la historia, o simplemente por la aplicación parcial de los mismos de modo que satisfagan sus expectativas económicas a corto plazo. Sin embargo, estas empresas solo se conforman con mejoras superficiales y tienden a estancarse en modelos que están muy lejos de adaptarse a las necesidades reales de un mercado cambiante.

El modelo de gestión Lean Manufacturing, también conocido como Lean Management, brinda una nueva filosofía de trabajo orientado a los procesos y a la satisfacción de los clientes al proveer procesos limpios y sin desperdicios que solo agregan valor al producto y/o servicio que éstos solicitan, en el momento que lo solicitan y en la cantidad que lo requieren; de forma que no solo se cumplen las expectativas del cliente, sino también se presentan mejoras sustanciales dentro de la organización, aumento de su productividad, cumplimiento de los tiempos de

entrega y procesos cada vez óptimos a través de la mejora continua de los mismos.

Así, durante el presente proyecto se hace énfasis en la propuesta de una metodología o plan de acción para llevar a cabo la implementación de un modelo de gestión apoyado en técnicas y herramientas Lean Manufacturing, que buscan la mejora continua de las áreas de trabajo y las actividades que allí se realizan, así como de filosofía de trabajo en la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial – COTECMAR. Técnicas y herramientas que ayudarían a optimizar los procesos llevados a cabo por la Corporación a través de eliminación todos aquellos desperdicios presentes en sus actividades, y así impulsar a COTECMAR en su camino hacia la excelencia y el mejoramiento de sus procesos, buscando ser un referente internacional y desarrollar su capacidad de innovación en ciencia y tecnología, hasta llegar a convertirse en un astillero de clase mundial.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial - COTECMAR, que pertenece a la Industria Astillera Nacional, es una Corporación de Ciencia y Tecnología sin ánimo de lucro que además de llevar a cabo actividades relacionadas con el diseño, construcción y reparación de embarcaciones, también está orientada a la creación de conocimiento a través de la investigación, desarrollo e innovación de ciencia y tecnologías para fortalecer la industria naval del país.

Dentro de los factores que participan en los procesos de un sector astillero a nivel mundial es común encontrar problemas inherentes a los mismos. Uno de los problemas que más se repiten son los asociados a los tiempos de entrega, es decir, al tiempo planeado para llevar a cabo los trabajos en contraste con el tiempo real en el que son ejecutados. Lo anterior se produce por, entre otras causas: las condiciones climáticas, deficiencias en el proceso productivo surgimiento de trabajos adicionales y, al grado de diversificación y especialización de los trabajos; lo que se traduce en un incremento general de los costos y los tiempos de trabajo en comparación con los originalmente planificados.

Actualmente, la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial - COTECMAR, también se ve afectada por este tipo de problemas. De acuerdo con el estudio de Muestreo de Trabajo realizado dentro de la Corporación por el instituto de investigación alemán Fraunhofer IPA (2013), se logró establecer que el tiempo para el desarrollo de proyectos de reparación de buques se prorroga en comparación con los tiempos

presupuestados al inicio de cada proyecto. De igual forma, en el estudio los autores identifican los tiempos muertos (inactivos) del proceso de reparación de buques clasificándolos en: tiempos muertos personales, espera por grúas o personal, espera por instrucciones de trabajo, operadores fumando sin trabajar, actividad sin identificación clara, e inspecciones de trabajo. Sin embargo, aunque esta clasificación brinda un punto de partida para actuar sobre los tiempos inactivos del proceso, no determina de forma clara cuáles son las oportunidades de mejora o problemas que causan estos tiempos improductivos del trabajo, ni un plan de acción que le dé solución a dichos problemas.

Además, gracias al estudio de muestreo de trabajo mencionado anteriormente, se determinó que en los procesos del área de reparación, los tiempos de inactividad representan aproximadamente el 30% del tiempo total del trabajo, cifra que preocupa en gran medida a la Gerencia de la Planta ya que además de aumentar los costos generales del proceso, dificulta que se alcancen los tiempos de entrega previamente establecidos por el Departamento de Planeación y Control de la Producción junto a la Gerencia de Proyectos.

En consecuencia, el departamento de I+D+i se ha propuesto intervenir en aquellos factores controlables por la organización y que limitan la productividad de sus procesos a través de la implementación estrategias que mejoren las áreas y puestos de trabajo haciéndolas más eficientes, y que permitan identificar problemas a tiempo así como establecer soluciones; lo que contribuirá al proceso de mejora continua de la Corporación y la calidad en sus actividades.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué plan de mejora basado Lean Manufacturing sería adecuado para fortalecer los procesos productivos del Área de Reparaciones de COTECMAR?

2. JUSTIFICACIÓN

Colombia tiene una ubicación geográfica privilegiada y posee costas en dos océanos (Atlántico y Pacífico) y extensos ríos, lo que lo hace un país en el que el sector astillero presenta un crecimiento considerable, provocando un aumento de la competitividad y a su vez las exigencias del mercado.

Por lo anterior, para todas las empresas de la industria, incluyendo COTECMAR, conseguir una ventaja competitiva representa una gran oportunidad de diferenciarse en el mercado nacional e internacional a través del mejoramiento y perfeccionamiento de los procesos que ejecutan, alcanzando un mayor nivel de calidad, productividad y competitividad.

De acuerdo con esto y el problema planteado anteriormente, se deriva la necesidad de diseñar un plan de acción que contribuya al mejoramiento de los procesos productivos del Área de Reparaciones de COTECMAR. Dicho plan, se fundamentará en el uso de las herramientas Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) que permitan fortalecer los procesos y la organización de la producción, con el fin de reducir los desperdicios; además de lograr cambios en la cultura organizacional orientada a búsqueda conjunta de mejoras en los procesos productivos de la Corporación, venciendo barreras y adquiriendo nuevos conocimientos que resulten más útiles y beneficiosos. Lo que se significaría una reducción de los costos y tiempos generales de producción, acercando los mismos a los presupuestados en el inicio de cada proyecto de reparación, permitiéndole a COTECMAR seguir siendo un referente nacional en el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial, además adquirir un mayor reconocimiento y ventaja competitiva en el mercado internacional.

Así, el presente trabajo de investigación se presenta como una oportunidad para el autor de fortalecer y poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el programa de formación de Administración Industrial, relacionados con la utilización de herramientas para la mejora de la productividad dentro de la empresa, siendo este caso Lean Manufacturing, y el análisis de los procesos industriales identificando su situación actual y las actividades que no agregan valor dichos procesos, denominadas dentro de la herramienta elegida como “desperdicios”. Además, este trabajo investigativo constituirá una referencia bibliográfica importante para la universidad sobre el uso de mejores prácticas empresariales dentro de la industria astillera del país, tema que no cuenta con muchos antecedentes dentro del ámbito nacional.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mejora basado en Lean Manufacturing para fortalecer los procesos productivos del Área de Reparaciones en la Planta Mamonal de COTECMAR, permitiendo eliminar desperdicios que generan tiempos improductivos del trabajo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Caracterizar y evaluar los procesos productivos desarrollados por el área de reparaciones para identificar desperdicios y posibles oportunidades de mejora.
- ❖ Analizar los desperdicios y problemas encontrados para identificar las herramientas Lean Manufacturing más eficaces que permitan reducirlos.
- ❖ Diseñar el plan de acción para la implementación de herramientas Lean Manufacturing propuestas, según las necesidades del área de reparaciones de la Corporación.
- ❖ Definir los indicadores de gestión que permitan medir la eficacia en la implementación de las herramientas Lean Manufacturing propuestas en el plan de mejora.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

Con el fin de contextualizar el uso Lean Manufacturing (LM) como herramienta para incrementar la productividad y eficiencia de las empresas al identificar y eliminar los desperdicios o actividades que no agregan valor al proceso productivo, a continuación se indagará dentro de la literatura para recopilar algunos estudios y/o trabajos investigativos de distintos autores que permitan comprender cómo han sido abordados dichos proyectos y cómo el uso de esta herramienta ha sido de utilidad para mejorar los procesos productivos de muchas empresas.

4.1.1 Antecedentes Internacionales

- Acharya, T. (2011) demostró cómo la correcta utilización de los principios de Lean Manufacturing, pueden lograr mejoras en los procesos almacenaje y manejo de materiales (logística) de una empresa dedicada a la fabricación de tableros de distribución eléctrica. Para esto, los esfuerzos estuvieron encaminados a la aplicación de herramientas como las 5S's, el VSM (Mapa de la Cadena de Valor), Kaizen y Kanban; con el fin de reducir los costos mediante la eliminación de actividades que no agregaban valor al proceso. Así, como primer paso se aplicó el VSM, seguido por las 5S's, la reorganización de la disposición de los materiales, reuniones Kaizen y la utilización de tarjetas Kanban para la reposición de los elementos necesarios. Esto dio como resultado mejoras como la reducción del 56% en el tiempo de manipulación de la mercancía, la reducción de las distancias, reducción de la mano de obra necesaria y el ahorro de espacio total (100m² aprox.), así como la reducción en los tiempos de ciclos y en los tiempos de búsqueda de materiales debido al almacenamiento en secuencia con su debida etiqueta de identificación.

- Das *et al.* (2014) llevaron a cabo un proyecto de investigación para implementar el sistema Lean Manufacturing en una fábrica de bobinas de aires acondicionados (entre otros elementos de refrigeración) con el fin de incrementar su productividad, para lo cual emplearon herramientas de Lean Manufacturing como VSM, SMED (cambios rápidos) y Kaizen (mejora continua). El resultado fue un aumento de la productividad en el proceso de fabricación del 77%, pasando de fabricar 121 a 214 bobinas por turno; además de otras mejoras como, los cambios en el tiempo de preparación de las maquinas expansoras que paso de 60 a 20 min., representando una reducción de tiempo del 67%, gracias en mayor parte, a los esfuerzos Kaizen.
- Escuder *et al.* (2015) demuestran que las prácticas de un modelo Lean pueden aplicarse a otras áreas y/o sectores tanto económicos como sociales; esto mediante un estudio enfocado al sector de la salud, en el cual utilizan distintas herramientas Lean en una sala de urgencia pediátrica. El estudio consistió en la aplicación del VSM al proceso de atención de pacientes, seguido por el uso de una herramienta de Lean llamada “A3 Thinking” (guía de resolución de problemas con base en el Ciclo PHVA) y la creación de indicadores para medir el tiempo de espera. Como resultado, se obtuvo una reducción del tiempo de espera mayor a 4 min., se diseñaron propuestas que, a través de su ejecución, permitirían una reducción de dicho tiempo en un 20% más, haciendo más eficiente el proceso de atención a los pacientes.

A partir de los estudios mostrados anteriormente, se pueden considerar algunos de los beneficios de la implementación de las técnicas y herramienta Lean al buscar mejoras en los procesos productivos de una organización y su flexibilidad para ser adaptados a distintos campos como la logística, producción y servicios, entre otros. Debido a que el presente documento sugiere la utilización de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar los procesos productivos en un

astillero naval, específicamente en su área de reparaciones, a continuación se revisaran algunos desarrollados en el sector de la industria naval internacional.

- Como muestra de las investigaciones relacionadas con la aplicación de Lean Manufacturing en la industria naval, Lamb (2001) realiza un estudio en el cual destaca las características de los astilleros de “clase mundial” existentes, además de aspectos como su productividad y cuáles de estos aplican principios de manufactura esbelta; con el fin de buscar mejores prácticas para el sector astillero en Estados Unidos. Del estudio se deduce que los países o zonas con mayor productividad en la construcción naval son, en ese orden, Japón, Corea, Europa del Norte y por ultimo Estados Unidos; además, se concluye que a pesar de que la aplicación de LM no es completa en ningún astillero del mundo por la complejidad de los procesos y el tipo de producto, los japoneses han adoptado la mayor cantidad de los principios aplicables a esta industria para la eliminación de desperdicios, destacando el uso del Just In Time (JIT) y el Flujo continuo, los cuales en conjunto, brindan muy buenos resultados.
- Kolich *et al.* (2012), preocupados por mejorar la industria de la construcción naval a fin de ser más competitivos, realizan un estudio en el cual proponen una metodología para la utilización de la herramienta VSM (Mapeo de cadena de valor) con la cual analizan el proceso de pre-ensamble de acero en un astillero real. Dada la metodología, construyen un gráfico del estado actual a partir de los datos recogidos del proceso y con base éste, proponen un estado futuro en el cual incorporan distintas mejoras al proceso basadas en la eliminación de actividades que no agregan valor. Así, eliminando actividades relacionadas con inventarios entre procesos y transportes innecesarios, los autores determinan que el ahorro de mano de obra alcanza un 33% en el estado futuro del proceso (incluyendo las mejoras).
- Según Hassan & Kajiwara (2013), el concepto de Lean Production (Producción Ajustada) se introduce de manera muy superficial en los procesos de la

construcción naval; procesos en los cuales existe gran cantidad de “despilfarros” que podrían ser eliminados con ayuda de estas técnicas, y así lograr una reducción de los costos y tiempos de producción, así como productos con mejor calidad y tiempos de entrega. Por esto, los autores realizan un estudio con el fin de identificar los “despilfarros” que pueden generar un aumento de tiempos y costos de producción en un astillero; al igual que utilizan la simulación (SIM-EVENT) para establecer el impacto de la aplicación de Kanban y otros principios Lean para mejorar el proceso de montaje de bloques. Como resultado de este estudio, se calcula la reducción de los tiempos de espera en días para los procesos de construcción de bloques, al igual que se concluye que la técnica JIT puede ser aplicada con éxito en este tipo de procesos.

4.1.2 Antecedentes Nacionales

- Refiriéndose a la implementación de técnicas Lean Manufacturing en el contexto colombiano, Arrieta *et al.* (2010), realizaron un estudio en el cual recogen los resultados de un *benchmarking* entre distintas empresas del sector de confecciones en la ciudad de Medellín, con el objetivo de evaluar el nivel de implementación de Lean Manufacturing en dichas empresas. Así, luego de realizar el estudio en 30 empresas del sector, los autores determinaron que el promedio general del grado de implementación de estas técnicas era de 62,17%, nivel que para los mismos era aceptable aunque se encontraba por debajo de las empresas de clase mundial.
- Martínez *et al.* (2015) también hacen uso de las técnicas de Manufactura Esbelta en el sector de la salud, pero en este caso en Colombia, a través de un estudio orientado a mejorar el tiempo de atención al paciente en una Unidad de Urgencias. Por esto, realiza una propuesta de mejora mediante la aplicación de Lean Manufacturing en un Hospital en La Sabana de Bogotá, para solucionar la

problemática de demoras en la atención de pacientes. Así, los autores establecen el estado actual de los procesos, identifican los desperdicios que generan demoras y proponen estrategias de mejora. Estas mejoras son evaluadas a través de la simulación (software Arena), arrojando como resultado una reducción del tiempo al llevar a cabo procesos como admisiones (ahorro de un 32% en el tiempo), salida-facturación (ahorro de 96% del tiempo) y procesos médicos (ahorro de 53% del tiempo), entre otros; demostrando la eficiencia de uso de técnicas como el VSM.

- Peralta & Rocha (2015) llevan a cabo un trabajo investigativo en el cual proponen la implementación de un modelo de gestión Lean Manufacturing en la empresa Ajoever S.A., la cual se dedica a la elaboración de productos petroquímicos, productos para el sector de la construcción, la decoración y empaques desechables y que está ubicada en la ciudad de Cartagena. En esta investigación, los autores realizan un análisis del grado de aplicación de los principios dentro de la empresa mediante la aplicación de encuestas, así como un análisis del entorno con herramientas DOFA y PEST para evaluar la conveniencia de la aplicación de estos principios; por último, los autores sugieren las estrategias para la puesta en práctica de cada uno de los cinco principios de Lean Manufacturing: especificar valor, identificar el flujo de valor, flujo continuo, sistema *pull* y perfección.
- Pérez *et al.* (2016) utilizan herramientas Lean Manufacturing en una empresa de confecciones para resolver problemas relacionados con la pérdida de tiempo en la línea de producción en su área de importaciones, que componen el 14% del tiempo total; además de otros problemas como la desorganización del área y grandes pérdidas económicas relacionadas con falta de controles y estándares en los procesos. Así, a través de su estudio, los autores diseñan e implementan una metodología de mejoramiento basada en las herramientas 5S y Control Visual, también conocida como Gestión Visual. Como resultado de la aplicación

de la metodología en el área piloto, los autores logran una reducción de los tiempos que no agregan valor en un 12%, obteniendo un ahorro anual de hasta 25,9 millones de pesos.

Luego de revisar la literatura se pudo evidenciar la existencia de antecedentes del uso de las técnicas y herramientas Lean Manufacturing para mejorar los procesos de las empresas pertenecientes a distintos sectores de la industria colombiana. Sin embargo, no ha sido posible encontrar prácticas documentadas del uso de estas herramientas en la Industria Astillera Nacional, incluyendo tanto a la construcción como a la reparación de buques y/o artefactos navales. La razón de esto, puede ser el uso actual de métodos tradicionales de producción naval y/o limitaciones tanto internas como externas de la industria.

Por otro lado, COTECMAR como Corporación dedicada a la innovación para el desarrollo industria naval, marítima y fluvial del país; ha desarrollado esfuerzos en años anteriores en pro de mejorar sus procesos productivos y que pueden dar una idea de las intenciones de la Corporación de dar un salto hacia una empresa más limpia con menos desperdicios dentro de sus procesos y una mejor calidad en sus productos y/o servicios. Dentro de los antecedentes conocidos relacionados con la temática del proyecto que se han evidenciado en COTECMAR tenemos:

- **Medición de la Productividad en Procesos de Reparación de Buques. (Porto, 2013).**

Dicho proyecto apoyado por los objetivos estratégicos de la Corporación en búsqueda de la mejora de su productividad, fue realizado en la Gerencia de Proyectos de Reparación y Mantenimiento de COTECMAR. Se trató de la aplicación de la metodología de Work Sampling (Muestreo de Trabajo), consistente en recolectar y analizar información, a través del muestreo estadístico y la toma de observaciones aleatoria con el fin de establecer el un porcentaje real

aproximado de la aparición de las actividades en los proyectos, así como también el porcentaje de tiempo inactivo presente en los trabajos de reparación de buques.

- **Improvement of the situation in the ship-repair direction of COTECMAR. (Fraunhofer IPA, 2013)**

Este estudio se llevó a cabo junto con el muestreo de trabajo desarrollado por Porto (2013) con el fin de establecer el porcentaje de tiempos inactivos de trabajo, el cual fue de 30% con respecto al total del tiempo de trabajo. Esto, sumado al análisis de Horas-Hombre y órdenes de trabajo planeadas vs. ejecutadas, ayudo a la creación de una herramienta llamada “Astillero Virtual” cuyo funcionamiento permitiría mejorar la planeación de los proyectos, mediante la previsión del tiempo de duración de los mismos teniendo en cuenta el histórico de los trabajos adicionales.

- **Aplicación de las herramientas de Gestión Visual de Lean Manufacturing en el taller de Mecánica de COTECMAR. (Vela, 2013)**

Este proyecto estuvo enfocado a la aplicación de una de las herramientas de Lean Manufacturing considerada como Gestión Visual, la cual radico en la realización de actividades orientadas a mejorar la transparencia de los procesos, así como a la creación de estándares que permitieran mejorar las condiciones y procesos del Taller de Mecánica del Departamento de Producción de GEMAM.

4.2 MARCO TEORICO

Muchos han sido los sucesos que han impactado la evolución de las industrias a lo largo de la historia ocasionando un constante cambio en el entorno en que se desenvuelven; lo que ha llevado a que busquen estrategias y modelos de gestión que permitan adaptarse a los cambios y mantener o aumentar la rentabilidad que en ultimas define la viabilidad de sus actividades económicas. Estas estrategias y modelos han tenido distintos enfoques hacía, por ejemplo, mejoras tecnológicas, en logística, en procesos productivos, estrategias de mercadeo, entre otras; que apuntan en mayor medida a satisfacer de una mejor forma las expectativas de sus clientes (Gutiérrez, H. & De la Vará, R., 2009, p.5), o lo que es lo mismo incrementar la calidad de los productos o servicios que ofrecen.

Lean Management o Lean Manufacturing (cuando se aplica a la producción industrial), es una de las metodologías más usadas por la industria moderna (Cuatrecasas, 2012, p.84) para mejorar los procesos productivos al aumentar su eficiencia haciéndolos más “limpios”, es decir, eliminando todas aquellas características que no aportan valor a dichos procesos y que en la mayoría de ocasiones solo incrementan los costos de producción.

Pero esta metodología o modelo de gestión enfocado a los procesos y que pretende aumentar la calidad de los mismos y del producto o servicio final no es nueva, sino que ha evolucionado a partir sus primeros aplicaciones y es necesario tener claro aspectos como su origen, su relación con la calidad total, sus técnicas y principios, su éxito en grandes empresas las cuales han sentado las bases para su aplicación, además de cuales han sido las metodologías usadas por distintos autores para su correcta implementación, entre otras. Por esto, a continuación se trataran estos temas de gran importancia para el desarrollo de la presente investigación y que serán de gran utilidad para entender la metodología usada durante todo el documento.

4.2.1 Calidad Total

El concepto de calidad es utilizado de forma general en distintas áreas de conocimiento y es definido de maneras distintas por autores dentro de la literatura debido a los diferentes enfoques y contextos en los que se utiliza, por lo cual tal como asegura Crosby (2006), hay numerosas definiciones de calidad y no existe una definición universal para este término (Wicks & Roethlein, 2009, p.85). De acuerdo con esto, dentro de la Real Academia Española se pueden encontrar definiciones de calidad como la “propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” o “buena calidad, superioridad o excelencia”, y también la “adecuación de un producto o servicio a las características especificadas”; siendo esta última la más acercada al contexto empresarial e industrial.

Así mismo en la norma ISO 9000:2015 (que describe los fundamentos de un sistema de gestión de la calidad y la terminología aplicable) emitida por la Organización Internacional de Normalización (ISO) se puntualiza el concepto de calidad como el “grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos”, definición técnica ampliamente aceptada y que explica la calidad como la medida en que los atributos de un objeto, ya sea un producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso; cumplen con las necesidades o expectativas del cliente o partes interesadas en dicho objeto.

Por otro lado y en desde el punto de vista de gestión organizacional, distintos autores llamados “gurús” o “maestros de la calidad” (Gutiérrez, 2010) plantean otras definiciones de calidad, como por ejemplo Philip Crosby (1979) que concibe la calidad como la “conformidad con los requisitos”, refiriéndose a que un producto o servicio es de calidad solo si cumple con una serie de características o especificaciones de diseño previamente establecidas (Hoyer & Hoyer, 2001, p.54).

De igual forma, Juran (1998, p.26) considerado otro de los gurús, resalta dos significados dentro de los muchos que según éste autor puede tener la calidad:

1. En primer lugar, plantea que la calidad se refiere a aquellas características del producto que se ajustan a las necesidades del cliente y proporcionan satisfacción al mismo, es decir que entre más alta es la calidad mayor es la satisfacción y con eso los costos debido a las inversiones o lo que se podría llamar costos de calidad.
2. Y por otro lado la calidad quiere decir “libre de deficiencias” o libre de errores que causan reprocesos o resultan en fallas de desempeño, insatisfacción del cliente y reclamos, entre otras; es decir, a mayor calidad menores costos por reprocesos y otros “costos de no calidad”.

Estos dos conceptos muestran dos enfoque distintos para la misma palabra por lo que Juran (1998, p.27) resaltaba la importancia de distinguir ambos significados y mermar la confusión que se produce al querer definir la palabra “calidad”, por lo que en última instancia propone una definición corta para ésta palabra al decir que la calidad es la “aptitud para el uso”.

Feigenbaum (1983) nos dice que la calidad es “la composición total de características del producto y servicio provenientes de marketing, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de lo cual el producto y servicio en uso responden a las expectativas del cliente” (Hoyer & Hoyer, 2001, p.56). La definición de este autor es muy importante ya que además de orientar la calidad hacia la satisfacción del cliente, ya que las expectativas de éste se transforman en características del producto (o servicio), se acerca al enfoque de la llamada *Calidad Total*, de la que se hablara más adelante y en el cual la calidad es vista como la sinergia de los distintos elementos que componen un sistema. De igual forma se pueden encontrar en la literatura muchas otras definiciones de la palabra “Calidad”, sin embargo en la Tabla 1, se muestran las definiciones de algunos de

los autores llamados “gurús” de la calidad y cuales han sido sus principales aportes a ésta.

La Calidad Total también conocida como Administración Total de la Calidad (TQM), consiste en “lograr la satisfacción total de los clientes por medio de un trabajo excelente desde la primera vez” (Sosa, 2006, p.32), por lo que para lograr la calidad total se debe trabajar desde dos enfoques: en primer lugar, se debe realizar un diagnóstico organizacional promovido por las directivas con el fin de determinar los problemas, necesidades y obstáculos que le impiden a la organización alcanzar la calidad total; y un segundo lugar, todo el personal debe estar comprometido en la búsqueda de soluciones a los problemas que se presenten mediante el trabajo en equipo.

Tabla 1. Principales exponentes de la calidad

Nombre del autor	Definición de “Calidad”	Principales aportes
Walter A. Shewhart (1891-1967)	La calidad puede ser vista desde dos perspectivas: subjetiva y objetiva. La subjetiva se refiere al valor o utilidad para una persona; mientras que la objetiva se refiere a las características constantes y medibles de un bien.	<ul style="list-style-type: none"> • Introduce el concepto de control estadístico de la calidad. • Crea las gráficas de control y los conceptos de causas comunes y causas especiales.
W. Edwards Deming (1900-1993)	La calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará.	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los 14 principios para asegurar la calidad en una organización. • Circulo de Deming o Ciclo PDCA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). • Describe las “7 enfermedades mortales de la gerencia”.
Philip B. Crosby (1926-2001)	La calidad es conformidad con los requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Perfecciona el concepto de “Cero defectos”. • Propone 4 principios absolutos de la calidad (cumplir con los requisitos, prevención, cero defectos y precio de incumplimiento como medida de la calidad). • Plantea 14 pasos hacia la calidad.
Armand V. Feigenbaum (1920-2014)	La calidad es la composición total de características del producto y servicio provenientes de marketing, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de lo cual el producto y servicio en uso responden a las expectativas del cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Introduce el término de “Control Total de la calidad” que posteriormente pasaría a llamarse “Administración total de la calidad”. • Introduce la idea de los costos de calidad.
Kaoru Ishikawa (1915-1989)	La alta calidad es la satisfacción de cualquier cambio en las expectativas del cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Crea el diagrama de causa- efecto, también llamado “Diagrama de Ishikawa”. • Contribuye a la creación de los círculos de

		<p>calidad en Japón.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describe el papel de las 7 herramientas básicas de la calidad (diagrama de Pareto, diagrama de causa-efecto, histogramas, diagrama de dispersión, flujogramas y graficas de control).
Joseph M. Juran (1904-2008)	La calidad puede entenderse como las características del producto que se ajustan a las necesidades del cliente para su satisfacción y a la ausencia de deficiencias del producto.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplica el principio de Pareto a la calidad. • Destaca el enfoque de la “Trilogía de la Calidad” (Planificación de la calidad, control de la calidad y mejora de la calidad). • Replica técnicas de Japón en el occidente.
Genichi Taguchi (1924-2012)	La calidad es la pérdida que un producto causa a la sociedad después de haber sido entregado... aparte de las pérdidas causadas por su función intrínseca.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla lo que se conoce como “Ingeniería de la calidad”. • Introduce el término de “Diseño robusto” refiriéndose al control de calidad. • Aplica la estadística y la ingeniería para la reducción de costos y mejora de la calidad en diseño de productos y procesos de fabricación.

Fuente: Elaboración del autor a partir de los aportes de Hoyer & Hoyer (2001), Gutiérrez (2010) y Juárez (2009).

De igual forma la Asociación Británica de Calidad (BQA por sus siglas en inglés) plantea que la Administración Total de la Calidad es una filosofía de gestión empresarial que reconoce que las necesidades del cliente y los objetivos de la empresa son inherentes y que esto es aplicable tanto en la industria como el comercio. Además asegura que la máxima eficiencia y eficacia dentro de la empresa se logra mediante el establecimiento de procesos y sistemas que promuevan la excelencia, evitar errores y potenciar los esfuerzos de todos los empleados (Peratec Ltd., 1994).

Figura 1. Evolución de la Calidad.



Fuente: Gutiérrez, H. (2010, p.11).

Pero la Administración Total de la Calidad no es un concepto aislado en la historia sino que aparece como resultado de la evolución de la calidad y de los distintos

enfoques por los que ha atravesado ésta última hasta llegar hoy en día lo que se conoce como “reestructuración de las organizaciones y mejora sistemática de procesos”, y que como nos dice Gutiérrez (2010), pertenece a una de las cinco etapas que según él ha atravesado la calidad y han generado cambios en los conceptos y métodos que esta utiliza. Además, estas cinco etapas (ver Figura 1) surgen de la recopilación de las mejores prácticas, ideas y métodos de etapas anteriores, fusionándose con mejoras y nuevas ideas y generadas por profesionales de la calidad y la administración.

El concepto de calidad total se conoce por primera vez cuando Feigenbaum escribe su libro *Total Quality Control* en 1949, pero es hasta finales de la década de 1950 y principios de la de 1960 cuando se desarrolla en Japón con los aportes de Edward Deming y Joseph Juran, y posteriormente a finales de la década de 1970 el mundo occidental empieza a preocuparse por el éxito de los japoneses por lo que comienzan a implementar técnicas del control total de la calidad (Sosa, 2006, p.16).

Así, el enfoque de la calidad total adquiere gran importancia en la actualidad al caracterizarse por centrar su atención en la satisfacción del cliente (interno y externo) el cual decide si los productos o servicios satisfacen o no sus expectativas, al tiempo que se preocupa por la prevención buscando soluciones a los problemas incluso antes de que estos se presenten evitándolos siempre que sea posible y por encontrar la excelencia del producto o servicio “a la primera”, lo que garantiza su éxito a largo plazo al igual que el de la empresa; a través de la orientación de los esfuerzos y participación de todo el personal de la organización impulsado por el liderazgo de la dirección y centrándose en la mejora continua (Galgano, 1995, p.16).

Entender este enfoque de la administración es de gran ayuda al tratar de comprender las distintas estrategias y metodologías existentes en la gestión de

organizaciones que se enfocan en mejorar los procesos productivos sin dejar a un lado la satisfacción del cliente y el valor que tiene un producto para éste. Asimismo solo es posible generar un cambio total dentro de la organización en la medida que los esfuerzos provengan de todas las personas que participan de sus actividades y procesos, buscando soluciones a los posibles problemas que se planteen y promoviendo un mejoramiento continuo en los procesos que permitan reducir costos y tiempos de producción, así como mejorar la características del producto y con esto se logre exceder las expectativas de los clientes internos y externos.

4.2.2 De la Producción en Masa a la Producción Ajustada

Paralelamente a la evolución del concepto de calidad y los cambios que ha sufrido su enfoque gracias a los grandes aportes de profesionales y consultores de la calidad como se muestra anteriormente; también han surgido diferentes modelos de gestión (y de producción) con sus propias teorías y metodologías que han buscado la forma óptima de administrar los recursos de una organización para cumplir sus objetivos estratégicos. Estos modelos pueden ser tan antiguos como las organizaciones de seres humanos debido a que siempre ha existido una forma de dirigir dichas organizaciones aunque sea de manera informal. Dado lo anterior y para interés de esta investigación, a continuación se hará un breve repaso de la literatura para conocer los modelos de producción en masa y de producción ajustada, enfoques que marcaron y siguen marcando trascendentalmente la evolución de las industrias, sus características, y cómo ha sido la transición de un modelo a otro generando nuevos conceptos como el de *Lean Manufacturing* o *Lean Management*.

Producción en Masa

A pesar de existir datos de organización de la producción en épocas anteriores, no es hasta la primera revolución industrial donde se marca un punto de inflexión que origina el cambio de la forma de producción artesanal hacia un modelo de producción en serie con la aparición de máquinas de fabricación y transporte de mercancías; avances que crearon el clima propicio para la aparición de aportes como la “dirección científica” de Frederick Taylor (1856-1915) y con ello el desarrollo de su famoso “método científico” del trabajo, considerado el punto de partida para organización y gestión de la producción (Cuatrecasas, 2012, p.80). Dicho enfoque se centraba en que la responsabilidad de las directivas era establecer un “método de trabajo, los incentivos y, en definitiva la organización adecuada para lograr una máxima eficiencia” (Cuatrecasas, 2012, p.81) y en el cual los trabajadores debían realizar el trabajo tal y como lo habían planeado las directivas para lograr una máxima economía de tiempos; así como también se caracterizaba por la organización funcional, la división y especialización del trabajo, la utilización de un método científico y el análisis de tiempos.

Muy pronto Henry Ford a partir de 1908 y hasta después de la primera guerra mundial, empezó a aplicar los conocimientos de división y especialización del trabajo y método científico enunciados por Taylor en la industria de fabricación de automóviles al crear la línea de ensamblaje o línea de producción de su “modelo T” basándose en la perfección de la intercambiabilidad de piezas, la utilización de maquinaria para realizar tareas específicas (automatización) y a la especialización de los trabajadores en el desarrollo una sola tarea, lo que permitió que los trabajadores hicieran cada vez más rápido la tarea con la cual se encontraban familiarizados (Womack, Jones, & Roos, 1990, p.26-30) . Además de esto, mejoras como la reducción de movimientos de los trabajadores y de los recorridos de una estación de trabajo a otra aumentaron notablemente la productividad y permitieron la disminución de los tiempos de fabricación y los costos asociados a

estos, facilitando la producción a gran escala de automóviles y la posterior ampliación de este método a la fabricación de otros productos (Hernández & Vizán, 2013, p.12).

Pero no solo Henry Ford contribuyó al desarrollo del enfoque de producción en masa, sino que tal como dice Womack *et al.* (1990), los aportes de Alfred Sloan (1875-1996) en General Motors fueron un complemento de este modelo de producción al encontrar soluciones a las deficiencias organizacionales que esta empresa poseía con respecto a diversificación de productos, problema que no tenía Ford en su organización ya que ésta solo elaboraba un producto durante esa época (el “modelo T”). Así fue como Sloan, presidente de GM a partir de 1920, propuso la descentralización de la empresa creando cinco divisiones que se encargarían de cada uno de los modelos de automóviles ofrecidos por la empresa, gestionándolos como sedes corporativas de manera individual e incluyendo profesionales de distintas áreas para esto. De igual forma creó centros de manufactura especializados para distintos componentes como generadores, mecanismos de dirección y carburadores, permitiendo la estandarización de muchos elementos mecánicos en todos los modelos desde el más económico hasta el más caro. Esto junto con una mayor personalización de los modelos y las novedades en el aspecto de los vehículos, y otros equipamientos adicionales, permitieron mantener el interés de los consumidores.

Estas mejores prácticas de la industria desarrolladas por Taylor, Ford y Sloan, dieron las bases para lo que se conoce hoy en día como producción en masa y tal como aseguran Rajadell, C., & Sánchez, G. (2010, p.2) supusieron el punto de partida para de la *producción ajustada (lean manufacturing)*.

Producción Ajustada

Mientras que Ford y General Motors consolidaban en occidente su modelo de producción en masa que se expandía a otras organizaciones y permitía obtener grandes ganancias gracias a la disminución en los costos de producción que supone la economía de escala y al aprovechamiento de la líneas de producción de productos similares; en Japón, después de la Segunda Guerra Mundial se desarrollaba un nuevo modelo de gestión de la producción aplicado también al sector automotriz pero por la Toyota Motor Company, enfocado a las necesidades del contexto japonés que en ese entonces se diferenciaba mucho de las condiciones en las que se desarrolló el modelo de Ford. Este modelo desarrollado por Toyota constituiría la base para lo que hoy en día se conoce como *Lean Manufacturing*.

El nacimiento del modelo desarrollado por Toyota comienza cuando Sakichi Toyoda, pensador e inventor japonés, incursiona en la importante industria textil apoyado por el gobierno japonés que en ese entonces deseaba promover la creación de pequeñas empresas familiares. En 1894, Toyoda quien poseía conocimientos de carpintería, empezó a hacer telares manuales de buen funcionamiento y que próximamente se convertirían en telares de madera motorizados con el fin de reducir el esfuerzo realizado por la persona que lo operaba. Luego (y siguiendo con sus inventos), Toyoda desarrolla por primera vez un telar mecánico impulsado por la máquina de vapor ya que en ese momento no contaba con electricidad y en 1926 comenzó la empresa *Toyoda Automatic Loom Works* (Liker, 2006, p.48). Finalmente las innovaciones de Sakichi Toyoda dieron lugar a sofisticados telares mecánicos automáticos y a uno de sus inventos más importantes que consistía en un mecanismo para detener automáticamente un telar cada vez que un hilo se rompía, un sistema que se ampliaría y pronto se convertiría en uno de los pilares del Sistema de Producción de Toyota (TPS por

sus siglas en ingles), llamado Jikoda (“automatización con un toque humano”) y del cual se hablara más adelante.

Luego, en 1929, Sakichi Toyoda vende los derechos de patente de sus telares a la empresa Platt Brothers, principal fabricante de equipos de hilado y tejido, y decide invertir el capital en la industria automotriz por lo cual encomienda a su hijo Kiichiro Toyoda iniciar la Toyota Motor Corporation, una división de la empresa de su padre dedicada a la producción de automóviles, y que sería fundada por Kiichiro como empresa independiente bajo el nombre de Toyota Motor Company en 1937 (Hernández & Vizán, 2013, p.12). Así, durante la Segunda Guerra Mundial, la empresa se dedicó a la producción de camiones con métodos artesanales para la milicia japonesa (Womack *et al.*, 1990, p.48).

Al terminar la Segunda Guerra Mundial con Japón como perdedor, Toyota que apenas estaba comenzando en la industria debía enfocarse en la fabricación de camiones comerciales necesarios para revitalizar la economía japonesa por lo que necesitaban una forma de ser productivos bajo la situación en que se encontraban. Pero tal como dice Liker (2006), incluso antes de la Segunda Guerra Mundial en 1930, los líderes de Toyota encabezados por Kiichiro Toyoda habían visitado a Ford y GM con el fin de estudiar la aplicación de la idea de la economía de escala a partir de las líneas de ensamblaje utilizadas por este modelo. Pero el mercado japonés no era propicio para el modelo de producción desarrollado por Ford debido a que, entre otras (Womack *et al.*, 1990, p.49-50):

- El mercado interno era pequeño y exigía una amplia gama de carros de lujo para funcionarios públicos, camiones comerciales, camiones pequeños y pequeños vehículos para las ciudades pobladas y con altos precios de energía, es decir, la demanda se encontraba fragmentada.

- Existían nuevas leyes laborales que apoyaban a los trabajadores en la negociación de condiciones de empleo más favorables y el despido de los mismos por parte de la administración se encontraba altamente restringido.
- Ya que la economía de Japón se encontraba en una difícil situación, Toyota no poseía capital suficiente para comprar las últimas tecnologías de producción masiva del mundo occidental.

Más adelante, Kiichiro Toyoda renunciaría al cargo de presidente debido una gran caída de las ventas de Toyota en 1948 que la llevo a reducir los costos incluyendo recortes salariales de todos los empleados y gerentes, e incluso a pedirle a 1.600 trabajadores que se retiraran voluntariamente de la compañía para evitar que ésta quebrara. Kiichiro se hizo responsable de dicho fracaso y posteriormente su primo Eiji Toyoda asumiría la presidencia de la compañía quien junto a su gerente de planta Taiichi Ohno tenían el reto de alcanzar la productividad que Ford ostentaba en sus plantas de producción (Liker, 2006, p.55). Por esto, en 1950, Eiji Toyoda junto con sus gerentes visitaron las plantas de Estados Unidos con el fin de observar las buenas practicas industriales de este país, sin embargo, descubrieron que el modelo de producción en masa no había cambiado mucho desde a década 1930 y que además este sistema de producción tenía muchos defectos inherentes como la sobreproducción, el gran inventario acumulado entre procesos, grandes tiempos de espera para ser procesados y lugares de trabajo completamente desorganizados, entre otros; lo que vieron como una oportunidad de para alcanzarlos y por lo cual Ohno tomo como punto de referencia la planta de producción de Ford.

Taiichi Ohno pensaba que uno de los elementos principales que necesitaba Toyota era el flujo continuo y la eliminación de residuos por lo cual utilizo las enseñanzas de Ford (quien a pesar de no aplicarlos correctamente, resaltaba la importancia de estos elementos) y de su línea de ensamblaje para hacer recorridos por las fábricas de Toyota y aplicar conocimientos de Jikoda y de flujo

continuo. Además incluiría otra idea muy importante dentro del nuevo Sistema de Producción de Toyota (TPS), tomada de los supermercados de americanos, que consistía en que cualquier supermercado bien dirigido, las unidades individuales se reponían a medida que cada elemento comenzaba a agotarse en el estante. Lo anterior aplicado a una planta de producción quiere decir que el proceso 1 no debe hacer más piezas hasta que el siguiente (“proceso 2”) no agote el suministro original de piezas del ‘proceso 1’ contenidas en pequeño stock de seguridad y enviara una señal a éste último requiriendo más piezas (Liker, 2006, p.57), concepto conocido como sistema *Pull* y que en el TPS utilizaría la técnica Kanban para señalar a un proceso anterior cuándo se necesitan más piezas, y además serviría de base para que fuera posible uno de los dos pilares de este sistema productivo, el Just-In-Time (JIT).

Toyota también acogió los conocimientos del pionero de la calidad Edward Deming, quien dio seminarios de productividad y calidad en Japón, y junto con los aportes de Joseph Juran y Kaoru Ishikawa, destacaron la importancia de cumplir y superar las expectativas de los clientes tanto internos como externos para toda organización (Hernández & Vizán, 2013, p.13). Asimismo, Deming propuso a los japoneses la utilización de un enfoque sistemático para la resolución de problemas conocido como el Ciclo de Deming o Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) como base para lograr la mejora continua de los procesos (filosofía Kaizen).

Así, Taiichi Ohno y compañía habían creado un nuevo modelo de producción que podía ser aplicado a diferentes tipos de empresas y mercados; un nuevo enfoque de producción que podría impulsar la productividad aún más que la producción en masa (Liker, 2006, p.58). Por lo que en la década de 1960, Toyota se dedicó a enseñar las técnicas usadas por el TPS a sus otras plantas y proveedores para que adoptaran estas buenas prácticas. Sin embargo, el modelo no era muy conocido en Japón hasta 1973, cuando la crisis del petróleo causó grandes pérdidas en las empresas japonesas mientras que Toyota se recuperaba

rápidamente, por lo que el gobierno japonés fomento la extensión del modelo de Toyota a las demás empresas del país mejorando así su industria con respecto a la de los demás países (Hernández & Vizán, 2013, p.13). De igual forma, pronto se daría a conocer este modelo en occidente gracias al libro de Womack, Jones & Ross (1990), *The machine that changed the world*, también es citado en este documento y donde por primera vez se utilizó por primera vez el termino de *Lean Manufacturing*.

4.2.3 Sistema de Producción de Toyota (TPS)

Toyota ha sido uno de los fabricantes de automóviles que se ha mantenido en los primeros lugares durante muchos años llegando a ocupar la cúspide en muchas ocasiones tanto en volumen producción de automóviles, como en ventas e incluso en valor de su marca. Si a cifras nos remitimos, en 2014 según un boletín de la “Organización Internacional de Constructores de Automóviles” (OICA, 2014), la producción de vehículos de Toyota fue de 10'475.338 unidades liderando el listado de producción mundial de automóviles por delante de marcas como Volkswagen (9'894.891 uds.) y General Motors (9'609.326 uds.). Igualmente y de forma más reciente, durante el 2015 las ventas de Toyota ascendieron a 8.4 millones de vehículos (Focus2move, 2015) con una participación del mercado de 9,5%, superando las 6.42 millones de unidades vendidas por Volkswagen quien se situada en segundo lugar y las 6.07 millones de unidades de Ford en tercer lugar.

De igual forma en cuanto a valor de marca se refiere, según un boletín emitido por *Brand Finance* (2015) líder de consultoría en valoración de marca y estrategia, Toyota destaca por poseer el primer lugar dentro del sector de fabricantes de automóviles con un valor de marca (activo intangible) estimado en USD\$35.017 millones superando a BMW con USD\$33.079 millones en segundo lugar y a Volkswagen con USD\$31.025 millones en la tercera plaza (Brand Finance, 2015)).

El éxito que Toyota ha tenido y sigue teniendo a lo largo de los años es, en gran parte, gracias al eficiente sistema productivo desarrollado por esta empresa, como respuesta a las dificultades y necesidades específicas del mercado que se dieron en el siglo XX, y que se ha mencionado anteriormente y es conocido como TPS. Este sistema de producción, tal como dice su creador Taiichi Ohno (1988, p.4), se basa en “la eliminación absoluta de desperdicios” en toda la organización mediante la utilización de diferentes técnicas y estrategias, con lo cual se pretende reducir los costos y ejercer control sobre la producción. Además el TPS se apoya en dos pilares fundamentales que son Just In Time y Jidoka; y su éxito depende en gran medida de desarrollar una filosofía del trabajo orientada a la mejora continua así como al trabajo en equipo (Liker, 2006).

- **Just In Time (JIT)**

Como se ha manifestado anteriormente, *Just In Time* (Justo a Tiempo), es un modelo de organización de la producción fundado en Toyota, constituido gracias al análisis que expertos de esta compañía realizaron en sus visitas a plantas de producción en masa y supermercados estadounidenses, y como respuesta a las necesidad de producir distintos productos en lotes de menor tamaño que los que suponía una economía escala; llegando a convertirse en uno termino muy conocido en las industrias y empresas en la actualidad.

Para Cuatrecasas (2012, p.89) el método JIT consiste en “producir sólo lo que se demanda y cuando se demanda por parte del cliente”, y que en muchas ocasiones éste cliente “no es otro que el proceso que viene a continuación en la cadena de valor”. Esta definición tiene en cuenta la importancia de las necesidades del cliente y aunque deja espacio para pensar que el cliente también puede ser una persona (cliente final), hace énfasis en que en un sistema de producción también deben satisfacerse sólo las necesidades concretas (en cuanto a recursos) que ciertas

actividades demandan a actividades anteriores y que en conjunto forman parte del proceso de transformación de un producto.

Esta última definición es muy parecida a la que Taiichi Ohno (1988, p.4), considerado el padre del JIT, plantea en su libro *Toyota production system: Beyond large-scale production*, en la cual JIT significa que, en el flujo de un proceso, las piezas correctas necesarias para el montaje, llegan a la línea de montaje en el momento en que se necesitan y solo en la cantidad necesaria. Una definición más enfocada a la fabricación de automóviles, contexto en donde fue desarrollada esta metodología de producción; pero que mantiene la misma esencia de abastecer con los elementos necesarios, en la cantidad exacta y en el momento oportuno.

De igual forma White (1985) afirma que JIT es una filosofía de control de inventario, cuyo objetivo es mantener simplemente suficiente material en el lugar adecuado en el momento justo para hacer la cantidad justa de producto (Chung & Bakar, 2001). Pero es importante tener claro que, aunque sea cierto que el método JIT invita a controlar las cantidades producidas y a mantener un inventario muy bajo, no solo puede verse como un sistema de control de inventario; sino más bien como una filosofía de trabajo en la cual se busca “gestionar la implantación de la producción y sus procesos basándose en el mínimo empleo de recursos, junto con la adaptación total a los requerimientos de los consumidores” (Cuatrecasas, 2012, p.84), lo que quiere decir eliminar los despilfarros entre procesos y con esto aumentar la productividad de los mismos.

Además, el método Just In Time se apoya en elementos como el flujo continuo, sistemas *Pull* (o de arrastre), *Takt Time*, cambios rápidos y logística integral, así como en el uso de herramientas como Kanban, que también son abordados en el presente documento.

- **Jidoka**

Como segundo pilar del TPS tenemos el *Jidoka*, que inicio con la idea de Sakichi Toyota en su fábrica de telares cuando creó el sistema en sus telares mecánicos que hacía que estos se detuvieran de forma automática cuando se rompía un hilo lo que evitaba errores en la producción e indicaba la necesidad de atención inmediata (Cuatrecasas, 2010, p.32).

Jidoka es un término japonés también conocido como “automatización con un toque humano” o simplemente “Autonomatización” (diferente de “automatización”), el cual consiste en un mecanismo de control de defectos en el que se detiene la producción presentarse cualquier error con el fin evitar la fabricación de productos defectuosos; esto con la intervención de la inteligencia humana en los procesos automatizados, quienes señalan cuando se producen estos errores, detienen la máquina y evitan que se sigan produciendo piezas defectuosas o que estas lleguen al siguiente proceso (Ohno, 1988). Además este mecanismo supone un cambio en la labor de los operarios, los cuales pueden alejarse de una maquina si esta funciona normalmente y solo asistirle en caso de que algo anormal ocurra, permitiendo que un operador pueda estar a cargo de varias máquinas. Así, *Jidoka* promueve la calidad total de la compañía, ya que permite “construir en calidad o ‘anti-error’ mientras se produce el material” (Liker, 2006, p.49).

Jidoka utiliza herramientas como *Andon* que es una “herramienta visual que muestra el estado actual de las operaciones, sólo con pasar por el lugar de trabajo” (Villaseñor & Galindo, 2007, p.41). Esta última es la forma que tiene el operario para señalar cuando ocurre algo anormal en una estación de trabajo y que se necesita de atención inmediata, y puede consistir en indicadores o luces acompañados de sonidos y alarmas. Además. *Jidoka* se apoya en otras técnicas como *Poka Yoke* (sistemas de auto inspección anti-errores), el control de la

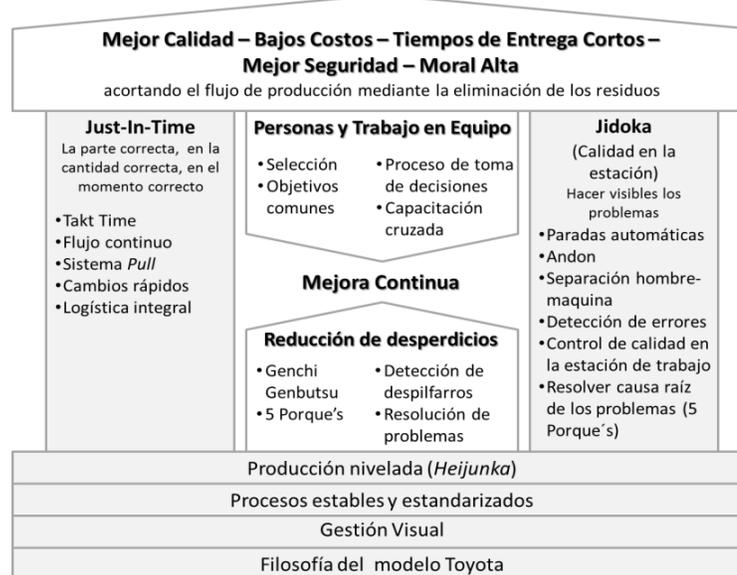
calidad en la estación de trabajo y la resolución de problemas desde la raíz, las cuales se trataran más adelante.

Casa del Sistema de Producción de Toyota

Como ya se ha demostrado, el Sistema de Producción de Toyota es bastante complejo al estar conformado por una gran variedad de técnicas y herramientas que promueven un proceso de producción libre de desperdicios y orientado a la satisfacción de las necesidades del cliente minimizando los elementos que no agregan valor. Por esto, en busca de crear una representación que resumiera el conjunto de conocimientos y métodos implantados en este sistema productivo, Fujio Cho, quien también fue presidente de Toyota, creo una representación del TPS a modo de una casa (ver Figura 2), para que pudiera ser entendida de manera fácil por los agentes externos a la Corporación (Liker, 2006).

Así, Liker (2006) explica que la representación del TPS en una casa, se debe a que esta última posee elementos que la soportan y la mantienen en pie; elementos que en la “Casa del TPS” estarían conformados por los dos pilares mencionados anteriormente: *Just In Time* y *Jidoka*; la base, en la cual se encuentran la nivelación de la producción, los procesos estandarizados, el uso de la gestión visual y la filosofía Toyota (dada por los principios de la compañía); mientras que en el centro se encuentran las personas quienes deben estar comprometidas con la absoluta eliminación de despilfarros y la mejora continua de los procesos; con el fin único de alcanzar objetivos que representan el techo de la casa como lo son: aumentar la calidad, la moral de las personas y la seguridad de las mismas, así como reducir los costos y los *lead times* o “tiempos de entrega”.

Figura 2. Casa del TPS.



Fuente: Liker, J. (2006).

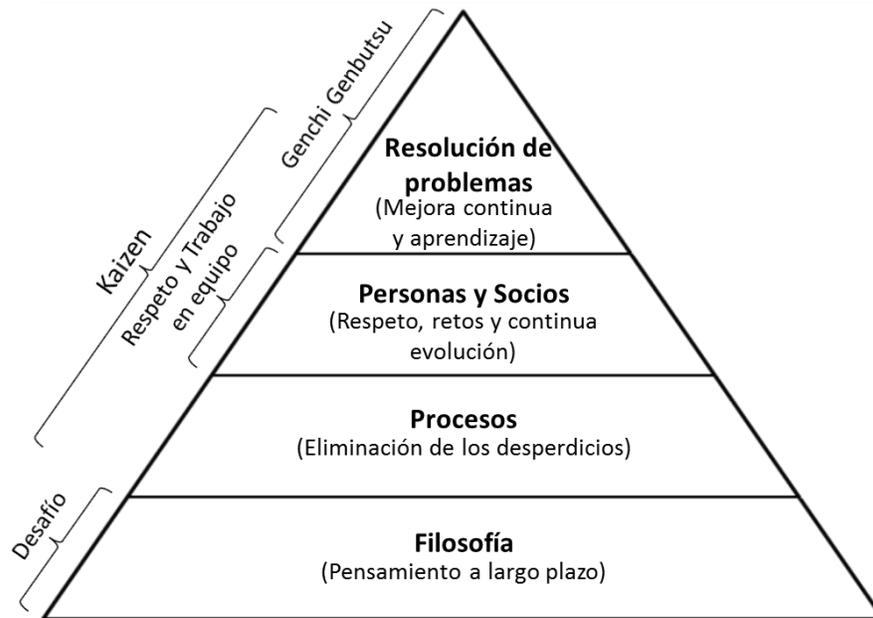
Los 14 principios del Toyota

Anteriormente se ha hablado de un conjunto de técnicas y herramientas utilizadas por el Sistema de Producción de Toyota para resolver temas como los altos inventarios, la proliferación de defectos, la eliminación de todo tipo de desperdicios en los procesos y la detección de errores, al igual que para acortar los tiempos de entrega, disminuir los recursos empleados en la producción y buscar el mejoramiento continuo de los procesos; sin embargo, este conjunto de herramientas por sí solas no son suficientes para asegurar el éxito de la implementación de un modelo de producción como éste en cualquier organización.

En su libro *Las claves del éxito de Toyota*, Liker (2006) presta especial atención a la cultura de Toyota, asegura que la parte más importante del TPS son las personas, ya éstas son las que aportan en mayor medida a su funcionamiento. Por esto, los trabajadores deben adoptar una cultura de mejora continua y participación activa en la resolución de problemas, al igual que deben estar comprometidos a utilizar las herramientas que brinda el TPS para mejorar su

trabajo de forma constante a través del trabajo en equipo, la comunicación y la utilización de su conocimiento. En éste libro, el autor menciona 14 principios fundamentales del modelo Toyota que son claves para el buen funcionamiento de este sistema productivo. Estos principios son agrupados en cuatro secciones o categorías (en inglés: *Philosophy, Process, People and Partners & Problem solving*), y representados por una pirámide llamada “4P” por sus iniciales en inglés (ver Figura 3). Así, a continuación se mostraran las cuatro categorías en los que se agrupan los 14 principios que caracterizan el modelo Toyota citados por Liker (2006):

Figura 3. La pirámide “4P” del modelo Toyota.



Fuente: Liker, J. (2006).

Estas cuatro categorías que contienen los 14 principios expuestos por Liker (2006), componen una guía eficaz para un modelo de gestión y cultura de trabajo que aseguran en gran medida el éxito de la implementación en cualquier empresa, de los métodos que utiliza el Sistema de Producción de Toyota base fundamental del *Lean Manufacturing* nombre con el que se denomina estas técnicas de manera

general para su aplicación en todas las organizaciones y del cual se hablara en el siguiente apartado.

4.2.4 Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta)

Tal como se ha insistido anteriormente, conocer los métodos, herramientas y principios creados en el TPS es algo de vital importancia, debido a que en estas prácticas de origen japonés es donde se fundamenta el modelo de gestión denominado Lean Manufacturing (o Lean management), el cual también se orienta a la eliminación de desperdicios y a emplear el mínimo de recursos posibles (Cuatrecasas, 2012, p. 84). Es por esto que incluso algunos autores como Wilson (2009) o Madariaga (2013) utilizan los términos de TPS y Lean Manufacturing indistintamente para referirse al modelo de gestión y producción enfocado en la eliminación de desperdicios en todos los procesos productivos. Además Madariaga (2013), asegura que términos como “TPS (Sistema de Producción de Toyota)”, “Lean production”, “Lean manufacturing”, “manufactura esbelta” y “producción ajustada” son sinónimos, aunque este autor prefiere usar la expresión *Lean Manufacturing*.

Es común que haya confusión al utilizar estos términos (Lean y TPS) o que surja la pregunta que si entre ambos existe alguna diferencia, sin embargo, ambos términos de forma práctica consisten en lo mismo, es decir, en un modelo de gestión de la producción enfocado a la eliminación de desperdicios en los procesos de la compañía. Por esto es normal ver que Lean Manufacturing se asocie con la Casa del TPS, o utilice métodos como *JIT*, *Jidoka*, *Kaizen*, y *Genchi Gembutsu*, entre otras. Sin embargo, se pueden establecer diferencias como que el TPS fue creado como sistema de control de cantidades, mientras que para Lean el control de la calidad es un punto fundamental; además que cuando se habla del TPS refiere específicamente a esta filosofía enfocada en la empresa Toyota,

quienes gracias a sus principios son la muestra más exitosa de implementación del pensamiento *Lean*, y en donde surgieron la mayoría de herramientas utilizadas por *Lean Manufacturing*; mientras que este último término, se utiliza para referirse a estas prácticas y su aplicación de forma general en la industria (Baudin, 2012).

La expresión *Lean Production* fue utilizada por primera vez por John Krafcik en 1988 con el fin de recoger los conceptos y técnicas del TPS y extender su aplicación a todos los contextos de la producción y las operaciones, que posteriormente sería traducido a “Producción Ajustada”. Luego este término fue conocido y tomo gran importancia a nivel mundial gracias a los libros escritos por James Womack y Daniel Jones, *The machine that changed the world*, donde los autores describían el modelo eficiente creado por los japoneses en Toyota; y el libro *Lean Thinking* donde los mismos explicaban los principios en los cuales se fundamenta el “pensamiento Lean” (Cuatrecasas, 2012). Así pues, nació este término el cual actualmente es utilizado para referirse a metodologías enfocadas a eliminar desperdicios en distintas áreas comerciales y que han sido llamadas por distintas personas como: “lean management”, “lean services”, “lean sales”, “lean office”, entre otros (Madariaga, 2013); sin embargo en el presente documento se utilizara preferiblemente la expresión *Lean* o *Lean Manufacturing* (LM) para evitar confusiones y porque es la más conocida a nivel industrial.

Aunque existen muchas definiciones de Lean Manufacturing dentro de la literatura, la gran mayoría de autores coinciden en que el objetivo principal de esta metodología es la eliminación de desperdicios. Es el caso de Hernández & Vizán (2013, p.10) quienes aseguran que Lean Manufacturing es “una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de ‘desperdicios’”, siendo estos desperdicios actividades o procesos que consumen más recursos de los necesarios.

Por otro lado, autores más conocidos como Womack & Jones (2003, p.15) plantean que *lean* podría resumirse como un modelo que provee una forma de hacer más con cada vez menos (menos esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo y menos espacio) buscando estar cada vez más cerca de ofrecer a sus clientes exactamente lo que quieren; refiriéndose al mínimo empleo de recursos para alcanzar la producción de los bienes demandados por los consumidores. Además, Liker (2006) reconoce al TPS como base del modelo Lean al afirmar que este “es el resultado final de aplicar el sistema de producción de Toyota a todas las áreas del negocio”, por lo que hay que recordar su función principal es la de eliminar todo tipo de desperdicios.

Asimismo, en su libro *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*, Cuatrecasas (2010) afirma que un sistema *lean* consiste en “entregar al cliente el producto exactamente solicitado por el con el máximo ajuste a sus especificaciones (*calidad*), con el mínimo consumo de recursos productivos (*coste*) y con la máxima rapidez de respuesta (*tiempo*)”; este concepto es más completo ya que incluye aspectos importantes del lean Manufacturing como la reducción de costos, mayor calidad y mejores tiempos de entrega, dados gracias a la eliminación de desperdicios existentes dentro un proceso, desperdicios de los que se hablan más detalladamente a continuación.

4.2.4.1 Desperdicios

En los conceptos mencionados anteriormente acerca del TPS y el Lean Manufacturing, se ha hablado en muchas ocasiones de que sus objetivos radican en la eliminación total de “desperdicios” o “despilfarros”, por lo cual es de gran importancia dejar claro lo que quieren decir estos término dentro de dichos sistemas productivos. En estos, un desperdicio no se refiere a un “residuo” que queda al no poder aprovechar algo en su totalidad; sino más bien a aquellos

derroches o excesos que pueden darse en un proceso productivo en cuanto a los recursos.

Estos desperdicios, también llamados *muda* (en japonés) o *waste* (en inglés), son según Womack & Jones (2006), cualquier actividad humana que absorbe recursos pero no crea ningún valor, como por ejemplo, los reprocesos, la producción de artículos que generan inventarios, los movimientos de trabajadores o procesos que realmente no son necesarios, entre otros. Por lo que se puede concluir que los desperdicios o despilfarros dentro de un sistema Lean, se refiere a todas aquellas actividades que hacen parte del proceso (y de las que se puede prescindir) que no están generando valor agregado al producto final y por consiguiente al cliente, quien no está dispuesto a pagar por estas actividades.

Taiichi Ohno identificó en Toyota los siete tipos principales de desperdicios que pueden encontrarse dentro de un proceso productivo (Liker, 2006) que son: sobreproducción, esperas, transporte innecesario, procesos incorrectos, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos. Más adelante Womack & Jones (2006) incluyen un octavo desperdicio considerado como: la creatividad no aprovechada de los empleados (talento humano). De estos ocho desperdicios (ver Tabla 4), Ohno (citado por Liker, 2006) consideraba que el más crítico es la sobreproducción ya que es causante de muchos de los demás.

Tabla 2. Tipos de Desperdicios

Tipos de desperdicios	Descripción	Ejemplos
Sobreproducción	Es producir más cantidades o mucho antes de las requeridas por el cliente o por el proceso siguiente lo que supone un mayor consumo de recursos y un incremento del stock de almacenamiento; además permite que se generen otros tipos de	<ul style="list-style-type: none"> • Producir sin que existan órdenes de pedido. • Producir solo por utilizar la capacidad total de una máquina. • Producir más cantidades “por si acaso”.

	desperdicios.	
Tiempos de espera	Ocurre cuando los operarios permanecen parados observando una máquina que trabaja de forma automática, o esperando por materiales, herramientas, maquinas, información, ordenes, etc. Se consideran tiempos perdidos ya que no agregan valor al proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Operarios esperando por maquinas averiadas o en reparación. • Retrasos en autorización de trabajos. • Operarios esperando por herramientas.
Inventarios	Se refiere al exceso de existencias, materia prima, inventario en proceso o terminado, que superan las cantidades necesarias satisfacer las demandas específicas del proceso. Esto que se traduce en costos de almacenamiento, transporte, retrasos y que muchas veces causan daños en la mercancía, al igual que esconde problemas como altos tiempos de entrega, maquinas paradas y largos tiempos de preparación de las mismas, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de materias primas, producto en proceso o terminado. • Documentos apilados esperando ser revisados. • Herramientas y equipos obsoletos o dañados (sin gestionar reparación).
Transporte innecesario	Movimiento innecesario de materia prima, producto en proceso, equipos, herramientas o máquinas de un lugar a otro recorriendo grandes trayectos. Esto resulta en pérdidas de tiempo, daños a los elementos que son manipulados, ocasionando reprocesos. Por lo cual las estaciones de trabajo deben estar lo más cerca posible y se deben diseñar rutas de transporte eficiente o minimizar los movimientos de materiales.	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte ineficiente. • Largos recorridos entre las áreas de trabajo. • Gran manipulación de elementos. • Transporte de elementos (documentos, piezas, productos) desde/hacia sitios a almacenamiento temporal.
Sobrepocesamiento o procesos inadecuados	Ocurre cuando se realizan pasos innecesarios al llevar a cabo un proceso o cuando se hacen de forma ineficiente por uso de herramientas defectuosas o mal	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos administrativos burocráticos innecesarios. • Falta de especificaciones y estándares de trabajo.

	diseño del producto. También se presentar al poner más valor agregado (hacer trabajo extra) que el que requiere el cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Mal diseño del producto o servicio. • Verificaciones innecesarias.
Movimientos innecesarios	Se refiere a cualquier movimiento hecho por los trabajadores durante sus actividades laborales que no agregan valor al proceso productivo y que podrían ser evitados.	<ul style="list-style-type: none"> • Personal subiendo y bajando escaleras en busca de documentos. • Trabajadores caminando de un lado al otro. • Trabajadores desplazándose a buscar herramientas, materiales, equipos, etc.
Defectos	Es la elaboración de un producto defectuoso o bien la prestación de un servicio con errores, lo cual no genera valor y en consecuencia provoca reprocesos, basura y trabajo extra, consumiendo recursos e incrementando los costos. Además disminuye la calidad de los productos y/o servicios generando insatisfacción en los clientes.	<ul style="list-style-type: none"> • Reprocesos. • Fabricación de productos defectuosos. • Prestación de servicios ineficientes. • Utilización de maquinaria, herramientas o equipo obsoleto o poco fiable. • Falta de especificaciones.
Talento humano	Se da cuando no se aprovecha la creatividad de los trabajadores que son quienes ejecutan las actividades diarias y pueden tener ideas de mejora; cuando no se escuchan sus sugerencias y no se promueve el aprendizaje organizacional.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de comunicación entre los distintos niveles de la empresa. • Los trabajadores no aportan ideas de mejora. • Pocos incentivos para los trabajadores.

Fuente: Liker (2006), Rajadell & Sánchez (2010) y Gutiérrez (2010).

4.2.4.2 Principios del modelo Lean

Tal como se ha planteado, en un modelo de gestión Lean se utilizan varias técnicas y herramientas para eliminar los desperdicios dentro de un proceso con el

objetivo hacerlo más eficiente; pero estas herramientas por si solas no aseguran que los desperdicios sean eliminados de forma eficaz, sino que además (al igual que el TPS), el modelo Lean precisa de la adopción de ciertos principios que sirven como guía para que este se pueda implementarse dentro de una organización y ser exitoso.

Dentro de la literatura se puede encontrar que diversos autores proponen diferentes principios que, a su juicio, son quienes guían los esfuerzos de implantación de una metodología Lean. Para Rajadell & Sánchez (2010), por ejemplo, el Lean Manufacturing se soporta en tres elementos fundamentales: Kaizen, es decir, la adopción de una filosofía de mejora continua que implica a todo el personal; el Control Total de la Calidad o lo que es lo mismo, la calidad en todas las áreas de la organización; y por último el Just In Time, es decir, fabricar lo necesario en las cantidades requeridas y en el momento justo, con el fin de adecuar el a las necesidades del cliente y eliminar los desperdicios del mismo.

Por otro lado Hernández & Vizán (2013) citan los principios los cuales se fundamenta el Lean Manufacturing, clasificándolos en dos grupos (ver Tabla 5): en primer lugar se encuentran los principios vistos desde una perspectiva del factor humano y de la cultura de trabajo; mientras que en el segundo grupo los principios hacen referencia a las “medidas operacionales y técnicas a usar”.

Tabla 3. Principios de Lean Manufacturing

Principios culturales	Principios operacionales
<ul style="list-style-type: none"> • Trabajar en planta y comprobar las cosas “in situ” (Gemba, Genchi Genbustsu). • Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros. • Interiorizar la cultura de “parar la línea”. • Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua. • Desarrollar personas involucradas que 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un flujo continuo que visualice los problemas a la superficie. • Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción. • Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción. • Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua. • Utilizar el control visual para la detección

<p>sigan la filosofía de la empresa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respetar la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos. • Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios. • Promover equipos y personas multidisciplinarios. • Descentralizar la toma de decisiones. • Integrar funciones y sistemas de información. • Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean. 	<p>de problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT. • Reducir los ciclos de fabricación y diseño. • Conseguir la eliminación de defectos.
--	--

Fuente: Hernández & Vizán (2013).

Tal como estos, se pueden hallar algunas diferencias en los principios que, a juicio de cada autor, forman parte de la estructura de Lean Manufacturing. Sin embargo, Womack & Jones (2003) en su libro *Lean Thinking*, resumen el “pensamiento Lean” en cinco principios: especificar con precisión el valor por producto (que es otorgado por el cliente), identificar el flujo de valor (para cada producto), crear flujo de valor continuo (sin interrupciones), crear un sistema *pull* (que solo se produzca cuando lo solicite el cliente) y perseguir la perfección. Estos principios serán brevemente explicados a continuación:

1. Especificar Valor (*Value*)

Según Womack & Jones (2003), el punto de partida para un modelo de gestión Lean se basa en especificar el valor que se está ofreciendo al cliente a través de cierto producto (“ya sea un bien, un servicio o ambos a la vez”), es decir, puntualizar las características que lo hacen valioso. Por esto y debido a que el valor solo puede ser definido por el cliente final, quien determina si vale la pena o no pagar el precio de un producto de acuerdo a sus expectativas, la organización debe preguntarse por qué un producto representa valor para el cliente, al igual que

comprender cuáles son sus expectativas y alinear todos los esfuerzos a conseguir lo que realmente quiere el cliente.

Además, crear valor no solo depende de la etapa de diseño del producto, sino también de todas las actividades que intervienen en el proceso de elaboración de un producto desde su concepción teórica hasta su entrega al consumidor final, por lo cual todas las actividades de cualquier organización deben estar orientadas a generar valor para el cliente (Cuatrecasas, 2010).

2. Identificar flujo de valor (*The value stream*)

El segundo principio consiste en analizar el flujo o cadena de valor de cada producto, el cual se compone de todas aquellas actividades que intervienen en la en el proceso de elaboración del mismo y que va desde la concepción del producto, incluyendo todas las etapas de diseño e ingeniería de producción, la gestión de la información de pedidos y entregas, y en las operaciones de transformación de materias primas en un producto terminado para ser entregado al cliente. El análisis de todo el flujo de valor permitirá descubrir cuáles son las actividades que no agregan valor al producto y que deben ser eliminadas, denominadas anteriormente como desperdicios; también permitirá saber que actividades generan valor (que también pueden mejorarse), y además, cuales actividades que no aportan valor no pueden ser evitadas debido a la tecnología o las herramientas de producción usadas actualmente (Womack & Jones, 2003).

3. Crear flujo continuo (*Flow*)

Este principio de Lean consiste en que, una vez se especifica el valor y es eliminado del flujo de valor todo tipo de desperdicio, se debe procurar “hacer fluir los pasos restantes que crean valor”, lo que significa hacer fluir el proceso sin interrupciones, por lo cual se busca eliminar los tiempos de espera entre los distintos pasos del proceso. Por esto, se debe abandonar la producción por

grandes lotes y redefinir la organización de la empresa tradicional compuesta por departamentos y/o funciones, ya que entre cada una de estas etapas se generan la mayor cantidad de desperdicios. Así, las operaciones deben estar lo más cerca posible, adecuadamente conectadas y darse de forma continua, de manera que el producto avance en pequeñas cantidades evitando estos se acumulen y esperen mucho tiempo para ser procesados por el siguiente paso, haciendo más eficiente el proceso en general (Womack & Jones, 2003).

4. Crear sistema de “arrastre” (*Pull*)

Como se ha hablado anteriormente, el sistema de “arrastre” (*pull* en inglés), es un elemento característico de un modelo Lean. Este principio se refiere producir justamente lo que quiere el cliente, en el momento en que lo requiere y en la cantidad que solicita, es decir, dejar a un lado los pronósticos de venta y la producción “por si acaso”, y darle al cliente solo el producto (bien, servicio, información, etc.) que éste demanda cuando lo demanda y en las cantidades específicas que demanda, ahorrando así la utilización de recursos que no son requeridos para satisfacer sus necesidades inmediatas.

5. Mejora continua y búsqueda de la perfección (*Perfection*)

Este último principio se fundamenta en que, a pesar de especificar valor, analizar el flujo de valor, hacer que fluya de forma continua y brindarle al cliente justamente lo que este necesita, siempre habrá margen de mejora; por lo cual los esfuerzos por acercarse a la perfecta satisfacción de las expectativas del cliente deben ser constantes y debe adoptarse una cultura de mejora continua que permita hacer los procesos más eficientes adaptándolos a las necesidades cambiantes de los clientes (Womack & Jones, 2003).

4.2.4.3 Técnicas y herramientas

Una vez expuestos los principios que guían el accionar del pensamiento Lean, es necesario conocer las herramientas básicas que utiliza este modelo de gestión para eliminar los desperdicios que pueden ser encontrados a lo largo de la cadena de valor de un producto o servicio. Por esto, a continuación se detallan algunas de estas herramientas (además de JIT y *Jidoka*, explicadas anteriormente), en qué consisten y por qué son de utilidad dentro del Lean Manufacturing para combatir aquellas actividades que no agregan valor dentro de un proceso.

- **Las 5S's**

Las 5S's es una metodología compuesta por cinco principios o pasos que deben llevarse a cabo en toda organización como base de un modelo de gestión LM, que permiten “organizar los lugares de trabajo con el propósito de mantenerlos funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros” (Gutiérrez, 2010, p. 110), involucrando el esfuerzo y compromiso de todo el personal, pudiendo ser aplicada de manera formal y normalizada a todas las áreas de la empresa.

Esta metodología de origen japonés recibe el nombre de “5S” debido a las iniciales de los cinco términos (también japoneses), cuya fonética empieza por “s”: *seiri* (*clasificar*, los elementos en necesarios innecesarios), *seiton* (*organizar*, los elementos de tal forma que sean de fácil acceso), *seiso* (*limpiar*, las áreas de trabajo y eliminar toda suciedad que pueda causar problemas), *seiketsu* (*estandarizar*, por medio de normas y señales) y *shitsuke* (*disciplina*, para mantener la aplicación de los pasos anteriores); los cuales son relativamente fácil de implementar a corto plazo y también permiten mejorar la gestión visual de la organización (Rajadell & Sánchez, 2010).

- **Kaizen**

Kaizen es un término japonés formado por las palabras japonesas *Kai*, que en español significa “cambiar”, y *Zen* que significa “bueno”, es decir, que cuando se habla de Kaizen se habla de mejoramiento o mejora continua (Alukal & Manos, 2006). Así, Kaizen consiste en una metodología de mejora continua orientada a todas las áreas de una organización y sus procesos, y a la vida personal, que supone pequeñas mejoras incrementales sin necesidad de grandes inversiones, que pueden ser implementadas rápidamente y que involucran la participación de todo el personal mediante la resolución de problemas y la estandarización de dichas mejoras (Villaseñor & Galindo, 2007). Por lo tanto, Masaaki Imai (1995) plantea que “no debe pasar un día sin que se haya hecho alguna clase de mejoramiento en algún lugar de la compañía”; y por otro lado destaca la diferencia entre Kaizen, que se refiere a mejoras pequeñas como resultado de esfuerzos progresivos, en comparación con la innovación, que se refiere a cambio drásticos y que generalmente requieren de una inversión mucho más alta.

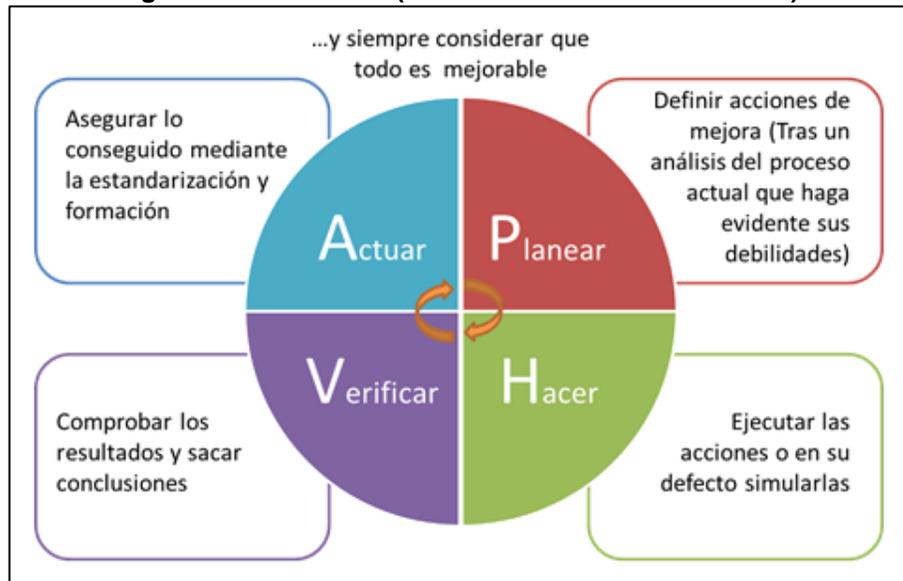
- **Ciclo PHVA**

El ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) también conocido como PDCA (por sus siglas en inglés Plan-Do-Check-Act), es una herramienta de mejora de la calidad basada en cuatro pasos (ver Figura 4) que, usados sistemáticamente y de forma reiterada, permiten mejorar de calidad a partir de la resolución de problemas asociados a esta y lograr la mejora continua de los procesos tanto a nivel administrativo, como táctico y/u operativo dentro de la empresa.

El ciclo PHVA Ver Figura 4, creado por Walter Shewhart y también conocido como Circulo de Deming al ser un concepto popularizado por Edward Deming (Walton, 2004), inicia por una primera etapa en la cual se analiza el entorno y se define el problema para posteriormente identificar las posibles causas y las estrategias para solucionarlos (Planear); seguido por la prueba de dichas estrategias en un área

piloto (Hacer), con lo cual se pretende evaluar los resultados de su aplicación (Verificar); y en base a estos resultados hacer los ajustes pertinentes y estandarizar las mejoras (Actuar) para optimizar la calidad del proceso o producto (Gutiérrez, 2010).

Figura 4. Ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar).



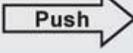
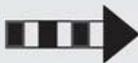
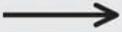
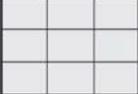
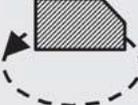
Fuente: Hernández & Vizán (2013).

- **VSM (Value Stream Mapping)**

VSM, en español “Mapeo de la cadena de valor”, es una herramienta de LM que permite analizar el proceso de producción de un producto al mostrar “tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente” (Rajadell & Sánchez, 2010, p.34), es decir, que se obtiene una visión amplia de todas aquellas actividades que intervienen actualmente en el proceso de obtención del producto, para así identificar la cadena de valor (aquellas actividades que agregan valor al producto), y dejar en evidencia cuáles son aquellas actividades consideradas como desperdicio y que por lo tanto deben ser eliminadas para obtener un proceso más eficiente (Hernández & Vizán, 2013).

Por lo tanto el VSM consiste en la elaboración de un diagrama, con el uso de ciertos símbolos (ver Figura 6) que representan el flujo de materiales e información, con respecto a la situación actual de un proceso, y posteriormente, luego de efectuar el análisis del flujo del producto e identificar las posibles soluciones a los problemas presentados, se obtiene un nuevo VSM (futuro) donde se han eliminado las actividades consideradas como desperdicios.

Figura 5. Simbología del VSM

Símbolos del Flujo de Materiales							
	Operación de Valor Añadido	Operación de Control	1000 piezas 1.3 días Material Parado	Movimiento de Materiales Empujado			
		<table border="1" data-bbox="800 888 922 1035"> <tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr> <tr><td>C/S: 400 seg.</td></tr> <tr><td>2 Turnos</td></tr> <tr><td>OEE: 60%</td></tr> </table>	T/C: 65 seg.	C/S: 400 seg.	2 Turnos	OEE: 60%	máx. 30 Piezas —FIFO— Flujo de Materiales en Secuencia
T/C: 65 seg.							
C/S: 400 seg.							
2 Turnos							
OEE: 60%							
Movimiento de Material Tirado	Datos de Proceso		Localizaciones Externas				
							
Transporte por Camión	Transporte interno	Supermercado					
Símbolos del Flujo de Información							
	Flujo de Información Manual	Flujo de Información Electrónico	Plan de Producción	Caja de Nivelado			
							
Kanban de Lote de Producción	Kanban de Movimiento	Kanban de Producción	Movimiento de Kanban en Lote				
							
Secuenciador	Ajustes "Informales" del Plan de Producción						

Fuente: (Rajadell & Sánchez, 2010).

- **SMED (Single Minute Exchange of Die)**

SMED (por sus siglas en inglés) es un conjunto de técnicas de origen japonés usadas dentro de un modelo de gestión de LM, en español “cambio de matriz en minutos de un dígito” (Cuatrecasas, 2012, p. 135), que buscan reducir los tiempos de preparación (o cambio) de máquinas y herramientas para la elaboración de productos, a unos pocos minutos (menos de 10). Este tiempo de preparación, como asegura Gutiérrez (2010, p. 96), comprende “el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de un modelo o serie, hasta la obtención de la primera pieza correcta del modelo o serie siguiente, y no únicamente al tiempo que se ocupa para los cambios y ajustes físicos de la maquinaria”. Además, Hernández & Vizán (2013), plantean que estos cambios se logran a partir del análisis detallado del proceso y con la introducción de cambios radicales tanto en máquinas como en herramientas, materiales e incluso en el mismo producto.

- **TPM (Total Productive Maintenance)**

El Mantenimiento Productivo Total es una técnica de gestión japonesa, enfocada al mantenimiento industrial, que pretende evitar las averías y pérdidas (ver Tabla 6) en los equipos de producción; apoyada por la participación de todo el personal, con el fin de mejorar y conservar el buen estado de las máquinas, equipos y herramientas (Hernández & Vizán, 2013).

Tabla 4. Las “seis grandes pérdidas” en los equipos productivos

Tipo	Perdidas	Características
Tiempos muertos	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas, de los equipos.
	2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso por reparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha.
Perdidas de velocidad el	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre velocidad actual y la de diseño del equipo.

proceso	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.

Fuente: Cuatrecasas (2012).

Así, tal como afirman Rajadell & Sánchez (2010, p.140), el TPM busca asegurar que “el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado”, es decir, que las maquinas (incluyendo equipos y herramientas) deben estar disponibles siempre que se necesite utilizarlas para satisfacer los requerimientos del cliente en el momento que éste precise (JIT), con lo cual mejora la eficiencia de los procesos en general.

- **Heijunka**

Heijunka es un término japonés que traduce al español “trabajo llano y nivelado”. Rajadell & Sánchez (2010, p. 71) definen esta herramienta como “una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente, conectando toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes”, es decir, que busca planificar y nivelar demanda de los clientes en volumen y variedad de productos, en un periodo de tiempo de un día o jornada de trabajo. Esto permite amortiguar las variaciones de la demanda mediante la producción de lotes pequeños de distintos productos con ayuda de cambios rápidos (SMED), en vez de fabricar lotes grandes de un producto antes de pasar al siguiente; por lo que se pasa de una línea de producción dedicada a un solo producto (la cual es sensible a las fluctuaciones de la demanda), a una línea flexible con capacidad de fabricar distintos tipos de productos a la vez (Hernández & Vizán, 2013).

Así, *Heijunka* contribuye al cumplimiento de dos de los principios del LM, Flujo Continuo y Sistema *Pull*, y por otro lado ayuda a eliminar los desniveles en la carga de trabajo (*mura*) y el trabajo intenso (*muri*) que pueden llevar a problemas de seguridad y/o calidad. Además, Rajadell & Sanchez (2010), destacan que si existe poca o nula variación en cuanto a los tipos productos a fabricar, puede que el uso de esta técnica no sea necesaria, por lo que puede concluirse que es una técnica enfocada a empresas manufactureras que produzcan gran variedad de productos.

- ***Kanban***

Kanban (termino japonés) significa “tarjeta” o “tablero”, y es una herramienta utilizada por la filosofía JIT que ayuda a implantar el sistema *pull* dentro de un sistema productivo (Cuatrecasas, 2012). Éste es considerado como un sistema de control y programación de la producción basada en tarjetas (aunque también puede referirse a otro tipo de señales) que consiste en que, cuando un proceso retira los suministros que necesita del proceso anterior, las tarjetas kanban señalan a este último la cantidad de piezas que deben producirse solamente para reponer las que han sido retiradas, y así mantener sincronizado el flujo de materiales desde el proveedor hasta la línea de montaje o proceso final (Rajadell & Sánchez, 2010).

Cuatrecasas (2012) explica que estas tarjetas contienen información como: nombre de pieza, unidad de lotes, tamaño del lote, origen, destino, entre otras; y se anexan a “contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos”. Además este autor resalta dos tipos de tarjetas: *Tarjeta o kanban de producción*, se utiliza para solicitar la producción de un lote de producto, para sustituir la cantidad producto ya acabado al haber sido solicitado por el proceso posterior, es decir, indica la cantidad que debe ordenarse que produzca el proceso

anterior; y la *Tarjeta o kanban de transporte*, se utiliza para solicitar la retirada de cierta cantidad de producto(s) de un proceso para ser enviado al proceso siguiente.

4.2.4.4 Metodología de implementación

Una vez comprendido el concepto de Lean Manufacturing, sus principios y herramientas principales en los que se apoya, es preciso establecer cuáles son las metodologías usadas para implementar un modelo de gestión Lean. Al igual que con las definiciones recogidas anteriormente, se evidencia en la literatura, que los autores sugieren distintas acciones o pasos para llevar a cabo la implantación de un modelo Lean, que varían tanto en los nombres (de los pasos), como en el número de los mismos. A continuación se mencionara algunas de estas metodologías planteadas por varios autores con el fin de sentar las bases y establecer una guía de cómo debe ser implementado un modelo de gestión Lean.

Como muestra, Womack & Jones (2003) trazan una secuencia específica de pasos (ver Tabla 7) que, según ellos, han provocado grandes resultados a través de su aplicación en distintas partes del mundo. Esta secuencia está conformada por cuatro fases que a su vez se subdividen en cierto número de pasos, a los cuales asignan un periodo de tiempo aproximado de ejecución. Además, estos autores resaltan la importancia de seleccionar líderes adecuados, con conocimiento y que promuevan la creación rápida de cambios dentro de la rutina de trabajo, y que amplíen estos cambios al resto de la organización.

Tabla 5. Plan de acción para el “salto Lean”

Marco de tiempo para el salto Lean		
Fase	Pasos específicos	Período de tiempo
1. Comenzar	1.1. Encontrar un agente de cambio.	Primeros seis meses
	1.2. Obtener conocimientos de Lean.	
	1.3. Dibujar el mapa de flujo de valor.	
	1.4. Comenzar <i>Kaikaku</i> (cambios radicales a la vista en el sistema productivo).	
	1.5. Ampliar su alcance (empezar con un área piloto y expandir poco a poco a las otras áreas)	
2. Crear una nueva organización	2.1. Organizar la producción por familia de productos.	Seis meses a dos años
	2.2. Crear una función Lean (personas dedicadas a su promoción).	
	2.3. Diseñar una política para las personas sobrantes (reubicarlas en otras tareas).	
	2.4. Diseñar una estrategia de crecimiento	
	2.5. Retirar “arrastradores de anclaje” (tomar medidas contra detractores del programa Lean).	
	2.6. Inculcar una mentalidad de “perfección” (mejora continua).	
3. Instalar sistemas de negocio (adaptado al pensamiento Lean)	3.1. Introducir la contabilidad Lean (costos y beneficios de los esfuerzos Lean).	Tres y cuatro años
	3.2. Remuneración en función de los resultados empresariales.	
	3.3. Poner en práctica la transparencia (en los procesos).	
	3.4. Establecer políticas de iniciativa.	
	3.5. Introducir el aprendizaje Lean (formación).	
	3.6. Encontrar herramientas del tamaño adecuado (ajustadas a cada departamento o familia de productos).	
4. Completar la transformación	4.1. Lograr que proveedores/clientes sigan su ejemplo.	Al final del quinto año
	4.2. Desarrollar una estrategia global Lean.	
	4.3. Transición de las mejoras implementadas por los directivos a las mejoras implementadas por los operarios.	

Fuente: Womack & Jones (2003).

Rajadell & Sánchez (2010, p. 181) afirman que el proceso de implementación de un modelo Lean no debe seguir una fórmula establecida, sino que existen “tantas maneras como intentos se conozcan”, es decir, que puede haber muchas formas de llevar a cabo la implementación del mismo; sin embargo, estos autores proponen cuatro pasos para una implantación exitosa del sistema, los cuales necesitan del cumplimiento de ciertas acciones. Estos cuatro pasos, los cuales deben ser guiados por un buen líder que se enfrente a los obstáculos que puedan presentarse, son presentados a continuación:

1. Establecer una organización por producto.

- Construir el VSM
- Aplicar las 5S
- Analizar el *takt time* (tiempo de procesamiento) para el/los productos seleccionados.
- Estudiar el *layout* y organizar la distribución en planta para minimizar las distancias.
- Establecer las operaciones de forma secuencial y en U.
- Construir flujo lógico entre las distintas células de trabajo.

2. Reducir los inventarios y las colas.

- Eliminar los inventarios en las operaciones que no sean cuellos de botella.
- Sincronizar el aprovisionamiento de los proveedores y eliminar el exceso de inventario de materias primas.

3. Minimizar el tamaño de los lotes.

- Reducir tiempos de preparación, conseguir cambios rápidos e incrementar la capacidad.
- Implantar *kanban* para controlar los inventarios.
- Mantener al mínimo el número de *kanbans*.

4. Establecer un ritmo constante de fabricación.

- Producir según el *takt time*.
- Evitar los paros por averías.

Por otro lado, Hernández & Vizán (2013) también describen una metodología para la implementación de un modelo Lean, compuesta por seis fases en las cuales se deben llevar a cabo distintas acciones. Estas fases se deben dar de forma secuencial y van desde el diagnóstico de la situación actual y la formación de todo el personal de la empresa, pasando por el plan de implantación Lean, la puesta en marcha, estabilización de las mejoras conseguidas y la estandarización de dichas mejoras, hasta llegar a alcanzar producción en flujo dentro de la organización; además es importante resaltar la importancia de establecer indicadores que permitan medir el grado de cumplimiento y/o desempeño de acciones Lean. Así, los pasos de esta metodología se encuentran más detallados en la Figura 6.

Figura 6. “Hoja de ruta para la implantación Lean”



Fuente: Hernández & Vizán (2013).

Por otro lado, Velasco & Campins (2013) enumeran ocho pasos a seguir para efectuar el proceso de implantación de un sistema productivo Lean, el cual será exitoso y ocupara en menor tiempo dependiendo de “una adecuada cultura empresarial y una legislación laboral flexible”. Estos pasos son:

1. Crear un sistema de indicadores Lean (rechazos de calidad, Lead time, cumplimiento de plazos de entrega, reclamaciones de clientes, etc.).
2. Clasificar los productos por familias.
3. Elegir una familia de productos (como área piloto).
4. Documentar gráficamente el flujo real (VSM).
5. Graficar el flujo ideal (VSM futuro).
6. Confeccionar un plan de acciones (aplicación de herramientas *lean*: 5S, SMED, TPM, etc.)
7. Involucrar a todo el personal en el proceso de mejora.
8. Replicar el proceso a otras áreas (o familias de productos) con base en la experiencia.

Como las anteriores, son muchas las metodologías que pueden encontrarse dentro de la literatura, que difieren de un autor a otro y se adaptan a cada caso de implementación de un sistema lean; aunque la base de cualquiera de estos estudios es muy parecida ya que se ajusta al logro de los cinco principios fundamentales de éste sistema productivo. Así, se puede establecer que la base de las metodologías revisadas es, en primer lugar, la realización de un diagnóstico de la situación actual y el diseño de un estado futuro donde exista un flujo sin interrupciones ni desperdicios, pasando por etapas como la reducción de stock, la aplicación de herramientas Lean, el uso racional de los recursos en la medida en que son necesarios, y la implantación de una cultura de mejora continua y resolución de problemas a partir del compromiso de todo el personal. Esta información es de gran importancia ya que en ella se apoyará el presente documento para llevar a cabo su objeto de estudio.

4.2.4.5 Indicadores clave de desempeño (KPI)

Todo proyecto o plan de acción necesita de una fase importante la cual asegura el cumplimiento de los objetivos y estrategias propuestas en dicho plan, la de control. La fase control es una las más importantes del Proceso Administrativo

(Blandez, 2016) ya que permite medir el desempeño de los procesos e identificar posibles desviaciones, con el fin ajustarlos (en caso de ser necesario) a los lineamientos de lo que se ha planeado previamente.

Dentro de las herramientas más conocidas para medir si se están cumpliendo los lineamientos de un proyecto en su etapa de ejecución, tenemos los Indicadores Claves de Desempeño o KPI (por sus siglas en inglés), los cuales son de gran utilidad ya que “permiten saber dónde se encuentra frente a los objetivos esperados y realizar ajustes en tiempo real para asegurarse hasta donde se quiere llegar” (Marr, 2015, p. 199), es decir, permiten analizar los resultados durante la ejecución de un proyecto o proceso, con el fin de determinar si son los esperados y si no, tomar las acciones correspondientes para poder alcanzar los objetivos estratégicos de la empresa.

Así, con el fin de sentar las bases para el desarrollo del presente trabajo investigativo, se han rescatado dos referencias dentro de la literatura acerca del uso de los KPI en la implementación de metodologías Lean Manufacturing que permiten medir y controlar su eficacia. Cuatrecasas & Olivella (2005), proponen la utilización de indicadores cuantitativos agrupados según los siguientes factores para un proceso de mejora en una empresa Lean:

- Eliminación de los desperdicios
- Mejora continua
- Defectos cero
- Justo a Tiempo (JIT)
- Sistema Pull
- Equipos multifuncionales
- Descentralización de responsabilidades
- Integración de funciones
- Sistemas de información vertical

De igual forma, Manotas & Rivera (2007) destacan la importancia del uso de indicadores que permitan saber si la implementación de los principios y herramientas Lean Manufacturing, por lo cual proponen que estos indicadores deben diseñarse basado en los factores de: Eliminación de desperdicios, Mejora continua, Flujo Continuo de los procesos, Sistemas de Arrastre (Pull), Equipos multifuncionales y Sistemas de Información. Por lo cual se puede concluir que los Indicadores Clave de Desempeño para medir la eficacia de un plan de mejora basado en Lean Manufacturing, deben ser representativos y estar ajustados a las características principales de este modelo.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

- **5S's:** Es una técnica japonesa basada en la aplicación de cinco principios básicos (clasificar, organizar, limpiar, estandarizar y disciplina), orientados a mantener los puestos de trabajo en óptimas condiciones mediante la organización y limpieza de los mismos, permitiendo reducir los desperdicios y reprocesos, así como mejorar la seguridad y el desempeño de las operaciones. (Cuatrecasas, 2010, p.141)
- **Cadena de valor:** Método de análisis de la actividad empresarial mediante el cual se descompone la empresa en sus actividades básicas para identificar aquellas actividades que generan valor añadido las cuales son fuentes de ventaja competitiva. (Sosa & Hernández, 2007, p. 16)
- **Cliente:** Persona u organización que podría recibir o recibe un producto o servicio destinado a una persona u organización o requerido por ella. Un cliente puede ser considerado como interno (proceso u departamento dentro de la organización) o externo (agente externo a la organización quien recibe el producto). (ISO 9000:2015)
- **Competitividad:** Es la capacidad de una empresa de generar valor para el cliente y sus proveedores de mejor manera que sus competidores. (Gutiérrez & De la Vará, 2009, p.7)
- **Costos de calidad:** Son aquellos costos que resultan al cumplir con un nivel de calidad asumido, es decir, aquellos que son consecuencia de implantar la calidad dentro de los procesos de la organización. Estos se dividen en: Costos de prevención, que buscan evitar problemas de calidad mediante la planificación preventiva; y los Costos de evaluación, que

incluyen aquellos costos de medición, análisis, inspección y control de la calidad en los productos o servicios. (Cuatrecasas, 2010)

- **Costos de no calidad:** Son aquellos costos en los que se incurren por la ausencia de calidad y aquellos fallos o errores en el diseño, desarrollo y producción. Estos se clasifican en: Costos internos, en los cuales las fallas que los producen son detectadas antes de que el producto llegue al cliente (acciones correctivas, pérdida de tiempo, reprocesos, etc.); y Costos externos, en los cuales las fallas no son detectadas dentro de la organización y trascienden al cliente (pérdida de buena imagen, costos administrativos adicionales, etc.). (Cuatrecasas, 2010, p.38-39)
- **Defecto:** Consiste en una no conformidad relativa a un uso previsto o especificado, es decir, es la carencia de una cualidad o incumplimiento de un requisito necesario para su correcto uso. (ISO 9000:2015)
- **Desperdicio:** Son todas aquellas actividades que no agregan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar; por lo cual debe ser eliminadas en la medida en que sea posible. (Rajadell & Sánchez, 2010, p.2)
- **Eficacia:** Se refiere al nivel de cumplimiento de los objetivos y se mide en porcentaje de cumplimiento de los resultados esperados. (Sosa, 2006, p.233)
- **Eficiencia:** Es el grado en que se cumple con el tiempo estimado o planificado, y la relación que hay entre los resultados alcanzados y los recursos utilizados. (Sosa, 2006, p.233)

- **Estandarización:** Se trata de crear normas o métodos para que una actividad o proceso se realicen de la misma forma sin importar quien las realice, buscando disminuir o eliminar cualquier variación posible en dicho proceso. (Wilson, 2009, p.108)
- **Heijunka:** Es una palabra japonesa que designa al conjunto de técnicas utilizadas para planificar y nivelar la producción de acuerdo demanda fluctuante de los clientes tanto en volumen como en variedad durante un periodo de tiempo dado, con el fin de alcanzar un flujo continuo. (Hernández & Vizán, 2013 p.69)
- **Jidoka:** Es un término japonés que significa “automatización con un toque humano”, y consiste en una metodología que busca crear mecanismos que permitan detectar defectos y parar la producción cuando esto ocurra. Esto permite que haya un control autónomo de defectos dentro del proceso y evita que las piezas defectuosas avancen en el mismo. (Villaseñor & Galindo, 2007, p. 72)
- **Kaizen:** Es una palabra japonesa que hace énfasis en una cultura de mejora continua tanto en la vida personal como en los procesos de una organización. Esto se hace a través de la implementación de pequeños cambios con los cuales se consiguen mejoras de forma gradual en los procesos, y con ello la reducción de costos y mejores prácticas empresariales. (Rajadell & Sánchez, 2010, p.246)
- **Kanban:** Consiste en un medio, generalmente una tarjeta con información, a través del cual se solicita al proceso anterior producir una cantidad determinada de piezas para reemplazar las que ya han sido consumidas en el proceso actual, por lo tanto, es una señal que permite mantener el flujo del proceso. (Cuatrecasas, 2012, p.202)

- **Key Performance Indicator (KPI):** En español “Indicador clave de desempeño”, son aquellas métricas o indicadores que permiten determinar la eficacia de una organización respecto al cumplimiento de los objetivos claves para su buen funcionamiento. Estos indicadores, que deben ser adaptados a cada empresa según sus necesidades, pueden referirse tanto a elementos financieros como no financieros (en termino de rendimientos o uso de recursos), y permiten mostrar los resultados del proceso ayudando a la toma de decisiones. (Álvarez, 2013)
- **Lead Time (LT) o Plazo de entrega:** Es el tiempo transcurrido desde el momento en que se realiza una orden de pedido de cierto producto, pasando por su elaboración hasta llegar al final de la cadena de valor, es decir, cuando es entregado al cliente. (Hernández & Vizán, 2013 p.92)
- **Modelo de gestión:** Se refiere en un esquema o marco de referencia para la administración de una entidad. (Pérez, J., 2008)
- **Poka Yoke:** Son mecanismos o dispositivos que hacen a un proceso “a prueba de errores”, es decir, que una vez implementados en las operaciones evitan que ocurran defectos a pesar de que exista un error humano. Estos permiten realizar una inspección constante durante el proceso de forma sencilla y eficaz, ayudando a la detención, control y alerta de los errores. (Dennis & Shook, 2007, p.98)
- **Proceso:** Es un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas, que tienen como objetivo transformar ciertos insumos (entradas) en un resultado o producto (salidas), que también puede ser un servicio, información, etc. (Gutiérrez & De la Vará, 2009, p.4)

- **Productividad:** Es la relación existente entre lo que se produce y los medios empleados o insumos. Sirve para medir la capacidad de una organización, persona, maquina, etc., de obtener resultados a partir de la utilización de ciertos recursos. La productividad se divide en eficiencia y eficacia, y se incrementa al maximizar los resultados y/u optimizar los recursos. (Gutiérrez & De la Vará, 2009, p.7)
- **Producto:** Resultado de un proceso (generalmente tangible) realizado por una organización, que puede producirse sin que se lleve a cabo ninguna transacción entre la organización y el cliente. (ISO 9000:2015)
- **Proveedor:** Es aquella persona u organización que proporciona un producto o un servicio necesario para la ejecución de un producto o servicio por parte de otra organización. (ISO 9000:2015)
- **Servicio:** Resultado de un proceso (intangibles) realizado por una empresa con al menos una actividad, y que se lleva a cabo entre la organización y el cliente. (ISO 9000:2015)
- **Single Minute Exchange of Die (SMED):** En español “Cambio de matriz en minutos de un dígito”, es una metodología o técnica usada para incorporar cambios en las operaciones con máquinas o herramientas, con el fin de reducir los tiempos de preparación de las mismas (a menos de 10 minutos). (Rajadell & Sánchez, 2010, p.124)
- **Takt Time:** Indica el ritmo de la demanda de los clientes, es decir, el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente; por lo cual, el *takt time* debe marcar el ritmo de la línea de producción. Este índice de demanda se obtiene al dividir el tiempo

de producción disponible sobre el número de unidades que deben producirse. (Rajadell & Sánchez, 2010)

- **Tiempo de ciclo:** Tiempo transcurrido entre la fabricación de una pieza o producto completo y el siguiente, es decir, el tiempo necesario para completar las operaciones sobre un solo producto en cada estación de trabajo. En un modelo Lean se busca igualar el tiempo de ciclo al *takt time* para alcanzar el “flujo en una sola pieza”. (Hernández & Vizán, 2013)
- **Total Productive Maintenance (TPM):** En español “Mantenimiento Productivo Total”, es una técnica que busca asegurar que cada máquina y/o herramienta usada en un proceso productivo se encuentre siempre disponible y en óptimas condiciones para atender las necesidades del proceso, y así evitar que ocurran retrasos en el mismo. Esto incluye el mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y la prevención de mantenimientos con ayuda de todo el personal involucrado en el proceso. (Villaseñor & Galindo, 2007, p.66)
- **Valor agregado:** Es la diferencia entre el valor final del producto o servicio obtenido y el valor inicial de los materiales e insumos utilizados para producirlo. Además un producto o servicio es valioso siempre que el cliente esté dispuesto a pagar por este, por lo cual el valor es otorgado por el cliente. (Cuatrecasas, 2012, p.14)
- **Value Stream Mapping (VSM):** En español “Mapeo de la cadena de valor”, es una herramienta grafica que muestra el flujo de materiales e información del proceso desde el aprovisionamiento con los proveedores hasta la entrega del producto y/o servicio al cliente, es decir, representa toda su cadena de valor. (Hernández & Vizán, 2013 p.83)

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 ASPECTOS GENERALES

En el siguiente apartado, se establece la metodología desarrollada para llevar a cabo el presente proyecto de investigación. En este, se muestran las técnicas y herramientas que serán utilizadas para las distintas fases del proyecto, así como los pasos a seguir para el diagnóstico de la situación actual y las fuentes de información, la evaluación de las herramientas anteriormente mencionadas y cómo deberían ser aplicadas a través plan propuesto, al igual que como se establecerán los indicadores del mismo y otros aspectos relevantes que a continuación se especifican.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se presenta como un estudio de tipo descriptivo ya que se limita a proponer un plan de mejoramiento basado técnicas de Lean Manufacturing a partir de la recolección de datos para diagnosticar de la situación actual de la empresa. Además, este proyecto toma contexto en el Departamento Gerencia de Proyectos de Mantenimiento y Reparaciones de COTECMAR, específicamente en la Planta Mamonal ubicada en Mamonal, sector industrial de la ciudad de Cartagena. Este departamento se subdivide principalmente en cuatro divisiones encargadas de realizar las actividades del proceso productivo del mismo, gestionadas y controladas a su vez por el Departamento de Producción y su División de Programación y Control de la producción.

5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la propuesta de mejoramiento basada en técnicas Lean Manufacturing, se hace necesario establecer las fuentes de información que brindan los datos requeridos para conocer los procesos desarrollados en el Departamento Gerencia de Proyectos de Mantenimiento y Reparaciones de COTECMAR, así como las condiciones actuales, percepciones de las personas que participan en su proceso productivo, entre otros datos necesarios para desarrollar una metodología eficaz y en los cuales se fundamentara el proyecto.

5.3.1 Fuentes Primarias

Estas se refieren a aquella información que se obtienen por medio del contacto directo con el sujeto u objeto de estudio, por lo cual se deben diseñar instrumentos que faciliten su recolección. Dentro de las mismas y para efectos del desarrollo del presente proyecto, se toma como fuente primaria de información, la observación de las condiciones de organización, así como el diagnostico de los principales desperdicios y de la situación actual de las divisiones a través encuestas sobre la percepción del personal perteneciente al área de reparaciones de la planta.

5.3.2 Fuentes Secundarias

Además de la obtención de información de primera mano, también se hace necesaria la búsqueda de documentación existente referente a las metodologías que se busca implementar, con el fin de conocer casos exitosos de su aplicación, antecedentes, técnicas y herramientas más comunes así como posibles esfuerzos realizados en años anteriores por parte de la Corporación. Dicha información es

adquirida del banco de proyectos, así como de fuentes externas, como revistas, e-books, investigaciones de otros autores, entre otros.

5.4 DELIMITACIÓN

El presente proyecto de investigación tendrá una duración de 11 meses, los cuales comprenden desde principios del mes de diciembre de 2015 hasta finales de octubre de 2016; tiempo en el que se recolectara información de la empresa para posteriormente ser analizada y establecer una metodología eficaz de mejoramiento basada en técnicas y herramientas Lean Manufacturing, al igual que se propondrán indicadores que permitan medir el desempeño de su implantación. Este proyecto tendrá lugar en la Corporación de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial – COTECMAR, más específicamente en el área de reparaciones de su planta ubicada en Mamonal, en la cual participan distintos departamentos que desarrollan actividades orientadas a la ejecución de su proceso productivo.

5.5 DESCRIPCIÓN METODOLOGICA

Para llevar a cabo el presente proyecto investigativo, se hace necesario elaborar un plan de acción que sirva como guía y que comprenda los objetivos, actividades y otros aspectos importantes a tener en cuenta para alcanzar los resultados esperados, además de realizar una gestión de tiempos y recursos eficiente que asegure el logro de los objetivos propuestos. Por esto, a continuación se presenta el plan a seguir, el cual se divide en etapas o fases secuenciales que contienen diversas actividades necesarias para el normal desarrollo de la investigación:

- **Recolección de la información:** En esta primera etapa del proyecto se recogerá todo tipo de datos necesarios para realizar la caracterización de los

procesos de la Corporación y sus líneas de negocio, así como para realizar un diagnóstico de la situación actual de la misma que brinde un punto de partida para la elaboración de un plan de acción eficaz adaptado a las necesidades de la Corporación. Para esto se utilizarán instrumentos que faciliten la obtención y análisis de los datos, como por ejemplo, entrevistas con los responsables de los procesos, registros fotográficos e información en documentos suministrados por los colaboradores dentro de la Corporación.

- **Caracterización y diagnóstico de la situación actual de los procesos:** En esta etapa, y luego de analizar la información recogida para conocer la forma en que se llevan a cabo los procesos productivos; se realizarán reuniones con los responsables del proceso para, por medio de una lluvia de ideas, conocer los problemas (o desperdicios) más comunes en los procesos del Área de Reparaciones. Además, se diseñarán y aplicarán, por un lado, encuestas de tipo descriptivas con el fin de conocer la percepción del personal operativo del Área de Reparaciones en cuanto a aplicación de buenas prácticas de Lean Manufacturing. Y por otro lado, se crearán listas de verificación para ser diligenciadas por el personal de nivel táctico (supervisores e ingenieros) del área, para conocer el estado actual de los procesos respecto a la aplicación de herramientas Lean tales como 5S, Kaizen, TPM, Gestión Visual, SMED, Poka Yoke y JIT; así como en la aplicación de los principios Lean planteados por Womack & Jones (2003).
- **Evaluación de oportunidades de mejora y selección de herramientas Lean Manufacturing:** Aquí se recogerán todos los problemas producto de la lluvia de ideas de la etapa anterior para clasificarlos de acuerdo los siete tipos de desperdicios existentes (Liker, 2006) y se analizarán para seleccionar las herramientas que permitirían reducirlos y/o eliminarlos. Además, teniendo en cuenta los resultados de lista de verificación y de la encuesta aplicada en la etapa anterior, se realizara una matriz DOFA con cada una de las herramientas

mencionadas anteriormente con el fin de determinar la viabilidad de su implementación dada la situación actual de la Corporación y los beneficios que traería al proceso, al reconocer las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de las mismas.

- **Diseño de plan de mejoramiento:** A partir análisis de los desperdicios encontrados y la elección de las herramientas idóneas para contrarrestarlos, se diseñará un plan de mejora eficaz teniendo en cuenta las metodologías propuestas por Rajadell & Sánchez (2010) y Hernández, J. & Vizán (2013), adaptado a las necesidades de la Corporación; lo que permitirá guiar los esfuerzos de implementación de dichas herramientas Lean. Este plan de mejora estará compuesto de pautas, pasos y estrategias (considerando la situación actual de los procesos), que facilitaran la su aplicación al área de reparaciones de la Corporación.
- **Propuesta de indicadores:** En esta etapa, y a partir de la revisión de la literatura, se propondrán indicadores de desempeño que permitan conocer la eficacia de la implementación del plan de mejoramiento anteriormente diseñado. Es por esto, que los indicadores también serán adaptados a las necesidades particulares de la organización y estarán orientados a conocer el estado de cumplimiento de los principios de Lean Manufacturing mencionados por Womack & Jones (2003).

5.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 6. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO	ITEMS	FUENTE
Procesos productivos	Todas aquellas actividades que se llevan a cabo en el proceso de producción de los bienes y/o servicios ofrecidos al cliente y su organización.	Procesos desarrollados por las divisiones pertenecientes al área de reparaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de procesos de la Corporación. • Manuales de operación. 	Entrevista	N/A	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables del proceso • Documentos suministrados por la Corporación. • Portal web de la Corporación.
		Situación actual de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Condición en la que se desarrollan las actividades. • Distribución física de la planta. • Percepción del personal operativo y táctico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • Encuesta • Registro fotográfico 	<ul style="list-style-type: none"> • 5, 7, 8, 13, 14, 16. (Encuesta) 	
Desperdicios	Aquellas actividades que si bien hacen parte del proceso productivo, no agregan valor al producto y/o	Desperdicios presentes en el proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de espera entre actividades. • Movimiento innecesario de personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista • Encuesta 	<ul style="list-style-type: none"> • 4, 16. (Encuesta) 	Responsables del proceso

	servicio final y por lo tanto deberían ser eliminadas siempre y cuando sea posible.		<ul style="list-style-type: none"> • Procesos innecesarios o inapropiados. • Transporte innecesario de materiales, equipos o herramientas. • Inventario innecesario. 			
Nivel de implementación de Lean Manufacturing en los procesos	Grado de aplicación de técnicas del modelo de gestión Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta en los procesos que actualmente se llevan a cabo.	Herramientas de Lean Manufacturing.	Grado de conocimiento y aplicación de herramientas (SMED, 5S, Kaizen, TPM, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Lista de Verificación 	<ul style="list-style-type: none"> • 1, 2, 5, 10, 11, 13, 14. (Encuesta) • 1 – 26. (Lista de verificación) 	Responsables del proceso
		Principios del modelo Lean Manufacturing.	Grado de aplicación de principios Lean (especificar valor, identificar flujo de valor, crear flujo continuo, etc.)		<ul style="list-style-type: none"> • 3, 9, 12, 15. (Encuesta) • 27 – 35. (Lista de verificación) 	

Fuente: Elaboración del autor.

6. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

6.1 PRESUPUESTO

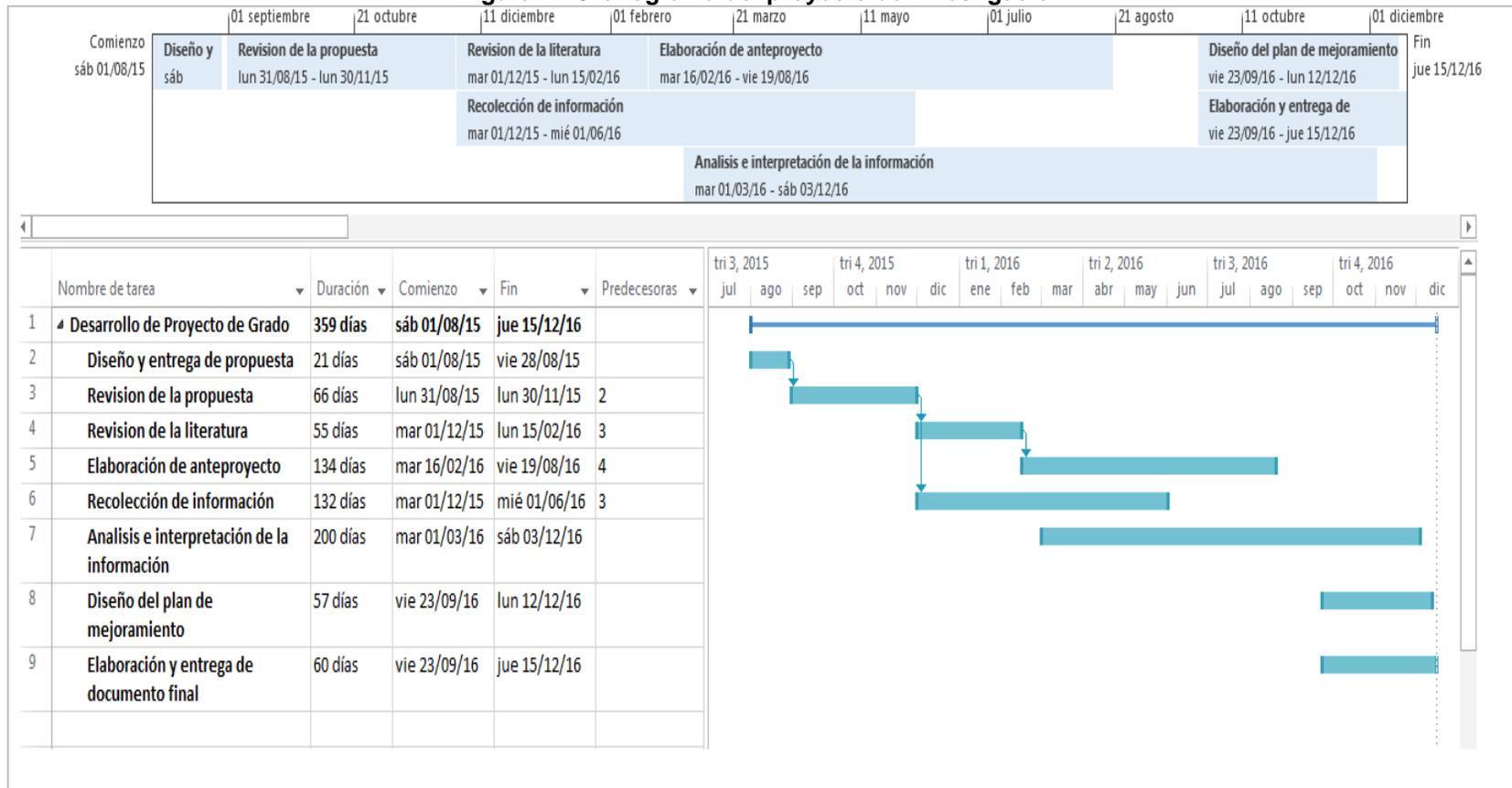
Tabla 7. Presupuesto de gastos del proyecto

Presupuesto de gastos		
Rubro	Descripción	Valor
Papelería	Impresiones	\$250.000
	Fotocopias	\$100.000
	Otros (anillado, empastado, carpetas, etc.)	\$80.000
Transporte	Transporte dentro de la ciudad	\$250.000
Equipos y comunicaciones	Internet	\$150.000
	Compra de USB	\$20.000
	CD's en blanco	\$15.000
	Llamadas a celular	\$70.000
Alimentación	Refrigerios y almuerzos	\$250.000
Otros consumibles	Bolígrafos	\$40.000
	Resmas de papel carta	\$30.000
SUBTOTAL		\$1.255.000
Imprevistos (10%)		\$125.500
TOTAL		\$1.380.500

Fuente: Elaboración del autor.

6.2 CRONOGRAMA

Figura 7. Cronograma del proyecto de investigación



Fuente: Elaboración del autor.

7. CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARITIMA Y FLUVIAL – COTECMAR

COTECMAR es una entidad sin ánimo de lucro enfocada en el desarrollo de ciencia y tecnología con el fin de dinamizar Industria Astillera Nacional. Esta organización de naturaleza mixta estatal mayoritaria y presupuesto propio, además de llevar a cabo la actividad comercial de un astillero, se basa en la relación Universidad–Estado–Empresa para crear nuevos conocimientos a través de proyectos de investigación y la creación de ciencia y tecnología, que permitan generar conocimientos útiles para mejorar sus procesos de diseño, construcción, reparación y mantenimiento de buques y/o artefactos navales. Esto es gracias a que COTECMAR cuenta con la Universidad Tecnológica de Bolívar, la Universidad Nacional y la Universidad del Norte, como socios tecnológicos para el desarrollo de la investigación aplicada y el cumplimiento de sus propósitos corporativos.

7.1 RESEÑA HISTORICA

El 21 de julio de 2000 nace COTECMAR gracias a un proyecto orientado a recuperar y modernizar el antiguo astillero Conastil, proyecto liderado por el Ministerio de Defensa Nacional y con el apoyo de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Tecnológica de Bolívar y la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Desde entonces, COTECMAR es conocida como una organización sin ánimo de lucro orientada al fortalecimiento del Sector Astillero nacional. Sin embargo, esta empresa no surgió de un momento a otro, sino que fue precedida por múltiples sucesos históricos que dieron pie a su origen, los cuales se presentaran de forma cronológica a continuación (Torres, 2003 & Cittelley, 2013).

- **1934.** Se reorganiza el Departamento de Marina, bajo la dependencia del Ministerio de Guerra.
- **1951-1954.** Se construye en territorio de la Base Naval ARC Bolívar, la Dársena del Astillero Naval con capacidad de 1200 toneladas de levante mediante un sistema tipo “Slip”.
- **1956.** Se crea la Empresa de Astilleros y Servicios Navales de Colombia (EDANSCO), que funciona en la Base Naval ARC Bolívar.
- **1969.** EDANSCO es suprimida y transfiere todo sus recursos a la Compañía Colombiana de Astilleros (CONASTIL) creada en el mismo año, y cuyo funcionamiento es en el mismo lugar.
- **1977.** Conastil se traslada a Mamonal, adquiriendo un sincroelevador que le permite incrementar su capacidad de levante a 3600 toneladas.
- **1980.** La Armada Nacional reactiva el Astillero Naval de la Base Naval en Bocagrande.
- **1990.** Schrader & Camargo compra el 80% de la empresa Conastil, quedando el 20% en poder de la Armada Nacional.
- **1994.** CONASTIL suspende operaciones definitivamente debido a problemas de liquidez.
- **1997.** La Armada Nacional recupera las instalaciones de la abandonada Conastil.
- **2000.** Mediante la Escritura Pública No. 616 Notaria VI de Cartagena, Nace COTECMAR.
- **2001.** El 01 de enero, Cotecmar inicia operaciones.
- **2004-2005.** Se desvincula la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio como socia de Cotecmar, y posteriormente se vincula la Universidad del Norte.

7.2 MISIÓN

“COTECMAR desarrolla capacidades científicas y tecnológicas a través de la innovación en productos, servicios y procesos, dirigidos a satisfacer de forma integral las necesidades de la Armada Nacional y de la industria naval, marítima y fluvial, liderando el crecimiento sostenible del sector en un marco de responsabilidad social.”

7.3 VISIÓN

“En el año 2030, Cotecmar apoyada en sus aliados estratégicos, se habrá consolidado en Latinoamérica como líder innovador de la industria naval, marítima y fluvial, superando las expectativas de la Armada Nacional y del mercado particular, reflejo del desarrollo tecnológico alcanzado por Colombia en el sector astillero.”

7.4 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO

Con el fin de establecer sus propósitos corporativos y el cumplimiento de los mismos en los diferentes niveles de la organización, COTECMAR emplea las metodologías de la Prospectiva y el *Balance ScoreCard* para definir su Direccionamiento Estratégico. Éste último se encuentra ligado a las necesidades y expectativas de su socio principal, la Armada Nacional, así como también a las políticas del gobierno y las condiciones del mercado. Además, está constituido por tres escenarios estratégicos que representan los propósitos corporativos en tres horizontes de tiempo: pequeño, mediano y largo plazo; a los cuales COTECMAR ha llamado “Cotecmar Máquinas todo Avante” (2015-2018), “Rumbo al Océano azul” (2019-2022) y “Oceano azul” (2022-2030) respectivamente; y buscan

posicionar en un futuro a COTECMAR, como líder innovador de la Industria Naval, Marítima y Fluvial.

7.5 VALORES CORPORATIVOS

Como elementos que caracterizan la cultura organizacional de Cotecmar y guían la conducta de su personal, la empresa establece los siguientes valores corporativos.

Innovación. “En Cotecmar con cada sueño nacen grandes ideas que convertimos siempre en realidades plasmadas en mejores y más eficientes procedimientos, productos y servicios orientados a la innovación y al mejoramiento continuo.”

Compromiso. “Cada miembro de Cotecmar se caracteriza por su constante disposición al servicio, por ello nos comprometemos y responsabilizamos en aplicar nuestros conocimientos y capacidades para lograr en conjunto las metas propuestas en beneficio de la Corporación y los grupos de interés.”

Liderazgo. “En Cotecmar el liderazgo hace parte de nuestra cultura organizacional presente en todos los niveles, a través del cual se promueve la excelencia de todos sus miembros, aunando esfuerzos en la consecución de objetivos comunes.”

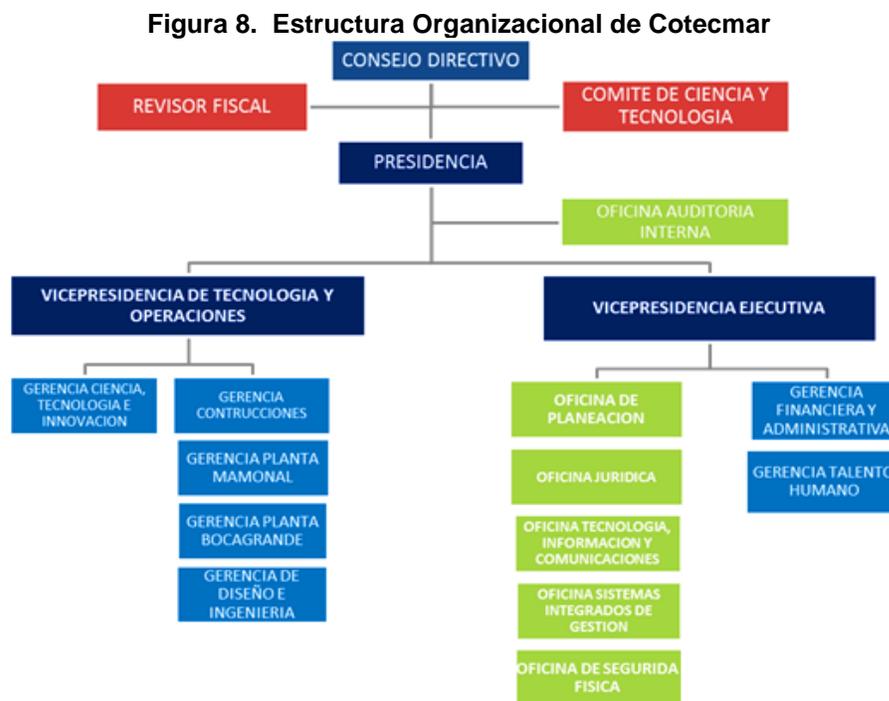
Responsabilidad Social. “En Cotecmar reconocemos nuestra responsabilidad con el Estado, la sociedad y cada miembro de esta; por ello enmarcamos nuestra actividad empresarial en la protección del medio ambiente, el desarrollo sostenible y el orden social y económico establecido.”

Integridad. “Los miembros de Cotecmar somos ejemplo de honestidad y actuamos siempre de manera intachable, por ello somos fieles a nuestros

principios éticos y reprochamos cualquier conducta que genere perjuicio a la Corporación, en procura de su estabilidad y permanencia para las generaciones futuras.”

7.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

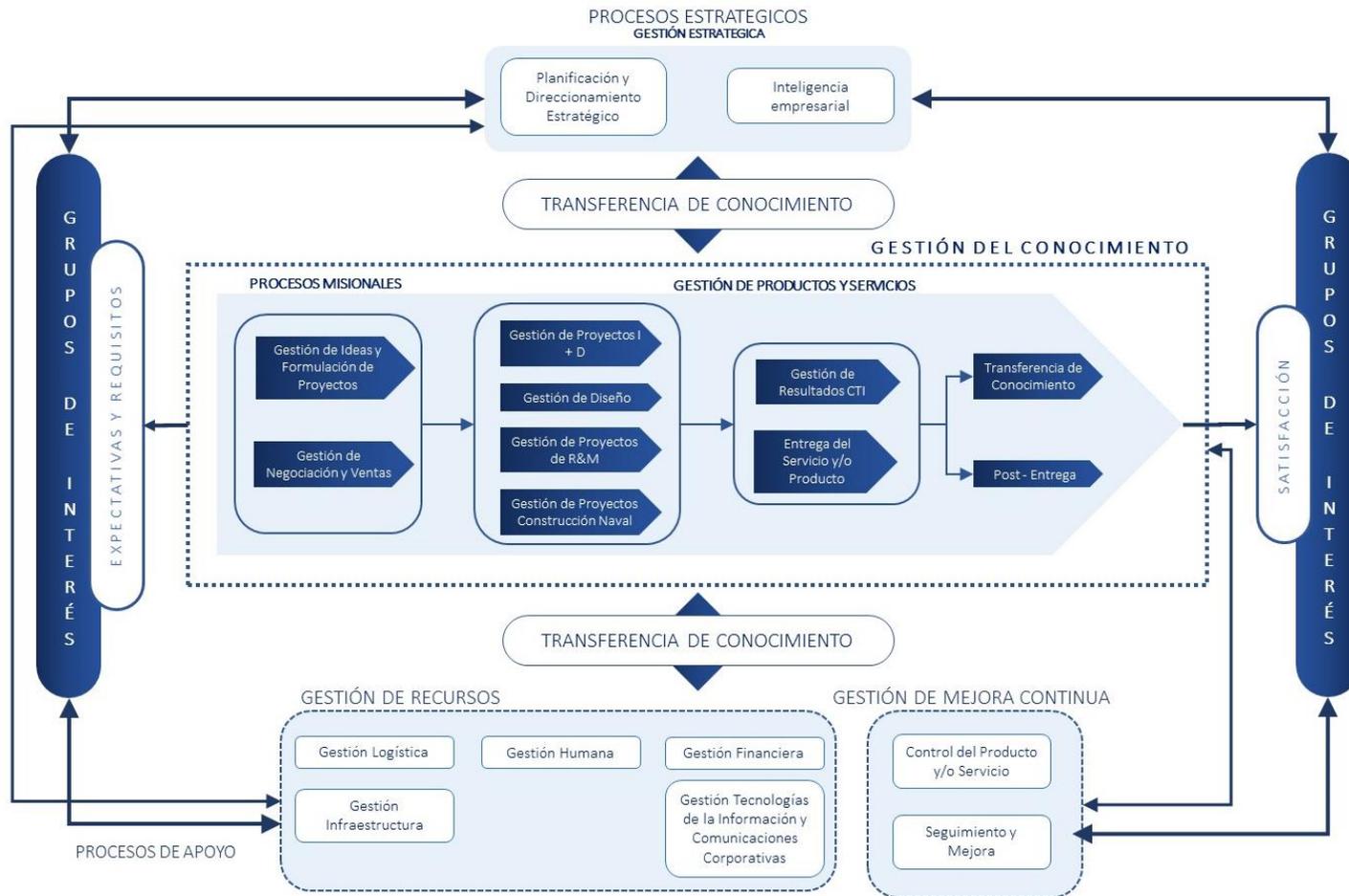
La estructura organizacional de Cotecmar está encabezada por la Presidencia, quien responde únicamente al Consejo Directivo el cual se apoya en el Revisor Fiscal y el Comité de Ciencia y Tecnología. Por debajo de la Presidencia se encuentra, por un lado, la Vicepresidencia de Tecnología y Operaciones quien tiene a cargo las Gerencias encargadas de las actividades comerciales y productivas de Cotecmar; mientras que por otro lado se encuentra Vicepresidencia Ejecutiva, quien tiene a su cargo todas las Gerencias administrativas y financieras, así como de Talento Humano y otros procesos de apoyo.



Fuente: Suministrado por Cotecmar, 12 de mayo de 2016.

7.7 MAPA DE PROCESOS

Figura 9. Mapa de procesos de Cotecmar



Fuente: Suministrado por Cotecmar, 12 de mayo de 2016.

En la Figura 9 se muestra el Mapa de Procesos de Cotecmar, el cual está enmarcado en un modelo de gestión del conocimiento que busca la apropiación de todo el conocimiento producido en cada una de sus dependencias. Este mapa, se compone de los procesos estratégicos en los cuales se establecen los propósitos corporativos y el direccionamiento estratégico; procesos misionales de la empresa, relacionados con su actividad productiva; y procesos de apoyo, que se encargan de la administración de recursos financieros, infraestructura, talento humano, mejora continua y demás procesos necesarios para buen funcionamiento de la Corporación.

7.8 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

Además de ser una Corporación orientada a la creación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la Industria Astillera Nacional, COTECMAR brinda una amplia gama de productos y servicios relacionados con el diseño, construcción, reparación y mantenimiento de buques y artefactos navales, tanto a su cliente y aliado principal (Armada Nacional), como a clientes particulares e industrias en el ámbito nacional e internacional. Estos productos y servicios, se encuentran catalogados a continuación.

Construcciones. COTECMAR cuenta con la Gerencia de Construcciones (GECON) ubicada en la Planta Mamonal, en la cual se llevan a cabo proyectos de construcción de buques, plataformas y artefactos navales, de acuerdo con las especificaciones de los clientes. Además, la Corporación ofrece un amplio catálogo de 17 productos incluyendo plataformas navales, y buques para trabajo, defensa y algunos equipados con tecnología que les permiten un uso compartido de estas funciones.

Reparación y mantenimiento. Otra de las unidades de negocio de COTECMAR son las Áreas de Reparación y Mantenimiento, ubicadas en la Planta Mamonal y Planta Bocagrande, las cuales se dedican a efectuar todo tipo de reparaciones solicitadas por los clientes para que un buque pueda operar en óptimas condiciones, y desarrollan actividades relacionadas con el mantenimiento y modernización de los mismos. Estas áreas se encuentran a cargo de la Gerencia Planta Mamonal (GEMAM) y la Gerencia Planta Bocagrande (GEBOC), y efectúan reparaciones tanto en dique como reparaciones en muelle. Algunos de los trabajos realizados comúnmente en estas modalidades son:

Tabla 8. Principales servicios de Reparación y Mantenimiento

Modalidad	Servicios
Reparación en dique seco (Dry Dock)	<ul style="list-style-type: none"> • Maniobra de subida y bajada de embarcaciones • Pintura y recubrimientos • Remoción e instalación de tuberías • Mantenimiento y reparación de la línea de propulsión • Mantenimiento y reparación de válvulas de fondo • Mecanizado de piezas • Pruebas neumáticas e hidrostáticas • Estudios de protección catódica • Ensayos no destructivos
Reparación en muelle (A float)	<ul style="list-style-type: none"> • Servicio de muelle • Remoción y cambios de acero en superestructura. • Calibraciones ultrasónicas • Pintura • Mantenimiento de Tapas Mc Gregor

Fuente: Suministrado por Cotecmar.

Servicios a la Industria. Dentro de sus instalaciones, COTECMAR posee una gran variedad de herramientas, tecnología y maquinaria capaces de llevar a cabo tareas de metalmecánica, pintura y soldadura en general, así como reparación de motores diésel, trabajos de electricidad, automatización y control, refrigeración, y equipos inspección y ensayos, entre otras. Es por esto que Cotecmar coloca estas

herramientas y tecnología al servicio de la industria nacional para atender cualquier necesidad de sus clientes.

Diseño e Ingeniería. COTECMAR también cuenta con la Gerencia de Diseño e Ingeniería (GEDIN), que gracias a su tecnología de punta y su personal altamente calificado, es considerada una de las oficinas de diseño naval más importante de América; y es aquí donde se realizan desde proyectos de diseño naval hasta la ingeniería de producción necesaria para materializarlos. Además, otras funciones de esta dependencia son: Estudios de factibilidad, Diseño de buques, Ingeniería marina, Consultoría especializada, e Investigación y Desarrollo.

Metrología. COTECMAR cuenta con un laboratorio de metrología orientado a la calibración de equipos de medición dimensional y de presión, de acuerdo a estándares de calidad, nacionales e internacionales, para satisfacer las necesidades de sus clientes.

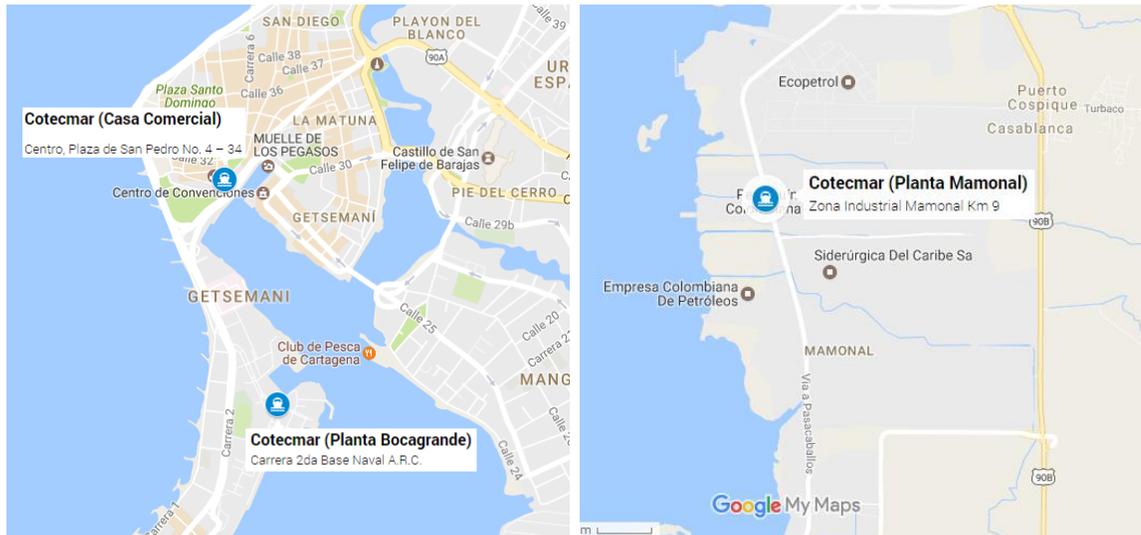
7.9 UBICACIÓN

Anteriormente se ha mencionado que COTECMAR posee dos sedes en donde se realizan las actividades de reparación y mantenimiento de los buques y/o artefactos navales que requieren los servicios de la Corporación.

En primer lugar, Planta Mamonal, que está ubicada en el Zona Industrial de Mamonal en la ciudad de Cartagena y cuenta con una capacidad de levante de 3.600 toneladas gracias a su sistema de Sincroelevador, permitiendo subir a dique embarcaciones de hasta 120 m de eslora (largo) y 22 m de manga (ancho), y atender hasta ocho buques en dique seco y cuatro a flote de manera simultánea. Además, en esta sede también se encuentra ubicada la Gerencia de Construcciones que cuenta con sus propias instalaciones y equipo, al igual que las

Gerencias de: Diseño e Ingeniería, de Talento Humano, Financiera y Administrativa y los laboratorios de metrología.

Figura 10. Ubicación geográfica de Cotecmar



Fuente: Google My Maps, 15 de agosto de 2016.

Y en segundo lugar, la Planta Bocagrande, ubicada dentro de la Base Naval ARC Bolívar, en Bocagrande, que cuenta con un sistema tipo *Slip* para el levante de buques de hasta 1.200 toneladas, 66,5 m de eslora y 14 m de manga, y con capacidad de atender hasta dos buques en dique seco y tres a flote de manera simultánea. En esta sede, también se encuentra la Gerencia de Ciencia, Tecnología e Innovación, desde donde se coordinan todos los proyectos tecnológicos y de investigación que desarrolla Corporación.

Además de estas dos sedes, existe una sede ubicada en la Plaza de San Pedro en el Centro Histórico de Cartagena, la cual recibe el nombre de Casa Comercial, donde se encuentra establecida la Vicepresidencia; y otra, en la ciudad de Bogotá, en donde está ubicada la Presidencia de COTECMAR.

8. DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL ÁREA DE REPARACIONES – PLANTA MAMONAL

Con el fin de conocer el estado actual de los procesos y establecer un punto de partida para el diseño de un plan de mejora que tenga en cuenta las necesidades del Área de Reparaciones de COTECMAR, a continuación se describirá su funcionamiento, procesos productivos, la organización y distribución de sus áreas de trabajo; así como también se identificarán aquellas oportunidades de mejora presentes en los procesos y se conocerá la percepción del personal operativo acerca cómo se llevan a cabo dichos procesos.

8.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Los procesos productivos o trabajos de reparación que se llevan a cabo sobre los buques son ejecutados por el Departamento de Producción (DEPRO), sin embargo, éste se apoya en otros departamentos para conseguir una gestión integral de los requerimientos del cliente. Estos otros departamentos o divisiones que participan en el proceso general son: el Centro de Planeación y Estimación, Gerencia de Proyectos (GEPRO), División de Costos (DVCOS), la Gerencia de Diseño e Ingeniería (GEDIN), la Oficina de Sistemas Integrados de Gestión (OFSIG), y el Departamento de Inspección y Ensayo (DEINE).

Cada buque o artefacto naval que es atendido por el Área de Reparaciones de COTECMAR es también llamado “proyecto de reparación”. El proceso de reparación y/o mantenimiento, inicia con la solicitud de servicio o requerimientos del cliente y finaliza una vez se han terminado todos los trabajos contemplados dentro de lo pactado con el cliente incluyendo las pruebas finales.

En la gestión de proyectos de reparación (ver Anexo 1), luego de la solicitud de servicio por parte del cliente, se realiza la cotización y estimación de los costos del

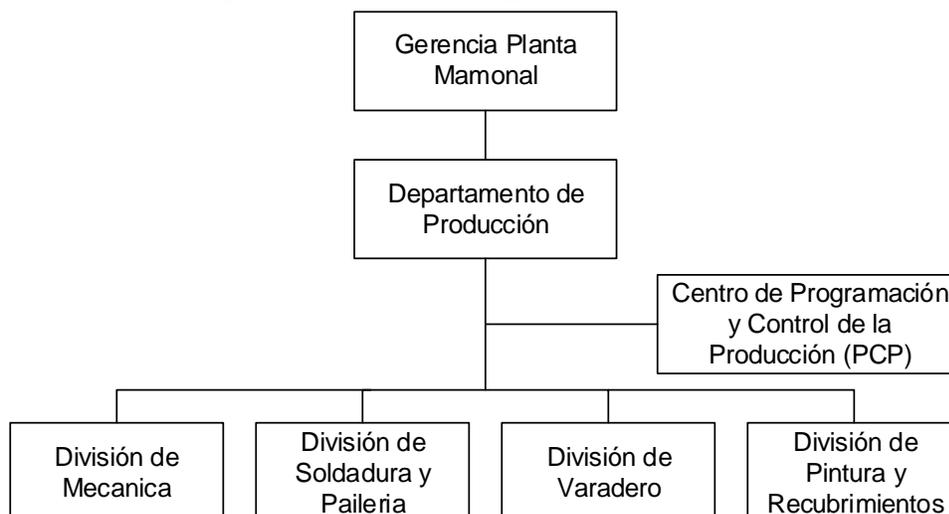
proyecto dependiendo del alcance de los trabajos a realizar, los cuales se establecen junto al cliente. Posteriormente, el Jefe del Departamento de Producción se encarga de coordinar el inicio de los trabajos autorizados por el cliente y se crean los “grafos” del proyecto (Número de identificación de los trabajos). Luego DEPRO realiza el cronograma de los trabajos a ejecutar, el cual es presentado a la Gerencia de Proyectos para realizar la retroalimentación del mismo, y luego ser entregado al cliente. A continuación, se recibe el bien del cliente (Buque, artefacto naval, etc.) junto con toda la información de la embarcación (planos, imágenes, especificaciones, etc.) y se realizan las pruebas necesarias para poder iniciar los trabajos.

Una vez realizadas las pruebas, DEPRO gestiona los recursos de producción y asigna los trabajos para la ejecución y seguimiento de los mismos. Luego de que son terminados los trabajos previamente pactados, se realizan las pruebas de inspección y ensayo para la aceptación de los trabajos. Si estos son satisfactorios y durante el proceso no se requieren trabajos adicionales a petición del cliente, DEPRO entrega los trabajos a la Gerencia de Proyectos para realizar la retroalimentación de los mismos y posteriormente ser entregados al cliente.

Departamento de producción

El Departamento de Producción, que se encarga de llevar a cabo todas las actividades del proceso productivo tal como se menciona anteriormente, pertenece a la Gerencia Planta Mamonal y a su vez se subdivide en cinco divisiones organizadas de forma funcional (Ver Figura 11): el Centro de Programación y Control de la Producción, División de Mecánica (DVMEC), División de Soldadura y Pailería (DVSOL), División de Varadero (DVAR) y División de Pintura y Recubrimientos (DVPIN).

Figura 11. Estructura organizacional GEMAM



Fuente: Elaborado por el autor.

El Centro Programación y Control de la Producción (PCP) está constituido por el Jefe de esta sección y los Ingenieros de producción quienes se encargan de llevar a cabo todas las actividades relacionadas con la programación, verificación y control de diferentes trabajos a ejecutar en los proyectos de reparación, así como también procurar una buena integración y comunicación entre las distintas divisiones del Departamento de Producción, que son las que se encargan de llevar a cabo los procesos productivos del área.

Cada una de las cuatro divisiones del Departamento de Producción está compuesta por un Jefe de División, quien se apoya en el Ingeniero de Procesos para coordinar los recursos, programación y ejecución de los trabajos que serán desarrollados por la división en cada uno de los proyectos de reparación que se estén ejecutando, así como la gestión administrativa de los mismos. Más abajo en la estructura, se encuentran los supervisores, a quienes se les asigna cada proyecto de reparación, llegando a tener hasta dos proyectos a su cargo en caso de que la producción sea alta; además, son responsables de verificar e inspeccionar la ejecución de los trabajos, al igual que organizar los recursos (personal, equipos y materiales), y velar por que el trabajo desarrollado por el

personal operativo de la división, cumpla con las especificaciones de acuerdo a las normas de calidad contempladas en el plan de calidad del proyecto.

Es importante mencionar que cada proyecto de reparación es tan diferente como las necesidades de cada cliente, lo que ocasiona que exista mucha variación de un proyecto a otro, tanto en cantidad de trabajos y plazo para ser ejecutados, como en el nivel de dificultad de los mismos; por lo que, por ejemplo, en un proyecto puede que se realicen procesos que en otros proyectos no hayan sido requeridos por el cliente. Una vez aclarado esto, a continuación se identificarán los procesos que son ejecutados por las divisiones del Dpto. de Producción y se explicara de forma breve en qué consiste cada uno de ellos.

División de Varadero. Esta división está se encarga de realizar aquellos procesos productivos relacionados tanto con las maniobras de atraque y zarpe de las embarcaciones, como la subida, permanencia y bajada de dique seco usando el Sincroelevador. De igual forma, se encarga de aquellas maniobras de izaje de carga, y la preparación de cunas (rieles donde reposa el buque) y posiciones de varada (lugar donde se coloca el buque en dique seco) (ver Tabla 9).

Tabla 9. Procesos productivos División de Varadero

Proceso	Descripción	Subprocesos	Materia Prima
Atraque, subida y permanencia en dique	Maniobras durante el atraque, subida y estadía de embarcaciones y artefactos navales para la realización de trabajos de reparación.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección Subacuática • Elaboración de cunas de varada 	<ul style="list-style-type: none"> • Madera • Puntillas • Grasa (mantenimiento de sincroelevador)
Baja de dique y atraque en muelle o zarpe	Maniobras de bajada de dique y atraque en muelle o zarpe de embarcaciones.	N/A	

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información suministrada por Cotecmar.

División de Pintura y Recubrimientos. Lleva a cabo todas las operaciones relacionadas con preparación de superficies y la aplicación de pinturas y

recubrimientos especiales para la protección de las embarcaciones y artefactos navales contra la corrosión y especies acuáticas (ver Tabla 10).

Tabla 10. Procesos productivos División de Pintura

Proceso	Descripción	Subprocesos	Materia Prima
Preparación de superficie	Limpieza y acondicionamiento de las superficies donde se requiere aplicar los recubrimientos según especificaciones del trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza mecánica/manual • Lavado con agua a presión • Sandblasting (o Hidroblasting) • Pruebas • Preparación con escoria de cobre (embarcaciones en el muelle) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Arena • Abrasivos • Escoria de cobre
Limpieza de tanques y/o sentinas	Limpieza de tanques, sentinas y espacios confinados que contienen líquidos y residuos peligrosos.	N/A	<ul style="list-style-type: none"> • Agua • Desengrasante • <i>Waipe</i>
Aplicación de recubrimientos	Aplicación de pinturas y recubrimientos de protección a la superficie del buque y/o artefacto naval.	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de condiciones ambientales • Pruebas de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura • Plantillas • Recubrimientos de protección

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información suministrada por Cotecmar.

División de Soldadura y Pailería. Se encarga de todos los procesos relativos a la remoción, cambio e instalación de láminas y estructuras de acero, y actividades de metalmecánica en general; necesarias para la reparación del casco y estructura de las embarcaciones (ver Tabla 11).

Tabla 11. Procesos productivos División de Soldadura

Proceso	Descripción	Subprocesos	Materia Prima
Cambio y/o instalación de lámina, estructura o tubería	Reparación y mantenimiento de casco y estructuras de buques y artefactos navales, a través del cambio e instalación de láminas, estructuras, y/o tuberías.	<ul style="list-style-type: none"> • Corte térmico (con oxicorte) • Mantenimiento y ensamble de piezas por soldadura • Validación del proceso de 	<ul style="list-style-type: none"> • Eléctrodos e insumos de soldadura • Gases (oxígeno, acetileno, etc.) • Láminas de acero • Tubería

		soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Discos de esmeril • Ánodos de protección catódica • Gases (oxígeno, acetileno, etc.) • Platinas de acero
Remoción y/o instalación de ánodos	Remoción, cambio e instalación de ánodos utilizados en el casco del buque para protegerlo de la corrosión causada por su navegación en el mar.		<ul style="list-style-type: none"> • Eléctrodos e insumos de soldadura • Gases (oxígeno, acetileno, etc.) • Láminas de acero • Discos de esmeril
Reparación de hélices	Reparación de las hélices y partes de la propela de un buque por fisuras, grietas, o daños en su integridad.		

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información suministrada por Cotecmar.

División de Mecánica. Se encarga de todas las actividades de reparación y mantenimiento relativas a los elementos mecánicos de propulsión, gobernabilidad y sistemas de válvulas navales necesarias para el buen funcionamiento de un buque o artefacto naval (ver Tabla 12).

Tabla 12. Procesos productivos División de Mecánica

Proceso	Descripción	Subprocesos	Materia Prima
Desmante y montaje de línea de timones	Desmante y montaje de línea de timones pertenecientes al sistema de dirección de una embarcación, para su posterior mantenimiento, reparación o cambio.	<ul style="list-style-type: none"> • Desmante y montaje de pala. • Toma de luces para bujes en línea de timones. 	
Desmante, montaje, inspección y/o reparación del sistema de propulsión	Desmante, verificación, evaluación, reparación y montaje del sistema de la línea de eje de propulsión de las embarcaciones de acuerdo especificaciones de funcionamiento óptimo del buque.	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de luces para bujes en línea de ejes. • Verificación de deflexión y enderezamiento de ejes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Discos de esmeril • <i>Waípe</i>
Reparación y pruebas a válvulas de los sistemas navales	Mantenimiento de todo tipo de válvulas y sus mecanismos de accionamiento que hacen parte de los sistemas navales	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de válvulas en sitio • Reparación de válvulas en el taller. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura anticorrosiva • Pasta azul de Prusia (para pruebas de

	de las embarcaciones, según requerimientos del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de mecanismos de accionamiento de válvulas. 	asentamiento) <ul style="list-style-type: none"> • Sellos y empaquetaduras • <i>Waípe</i>
--	---	--	---

Fuente: Elaborado por el autor a partir de información suministrada por Cotecmar.

8.2 ORGANIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

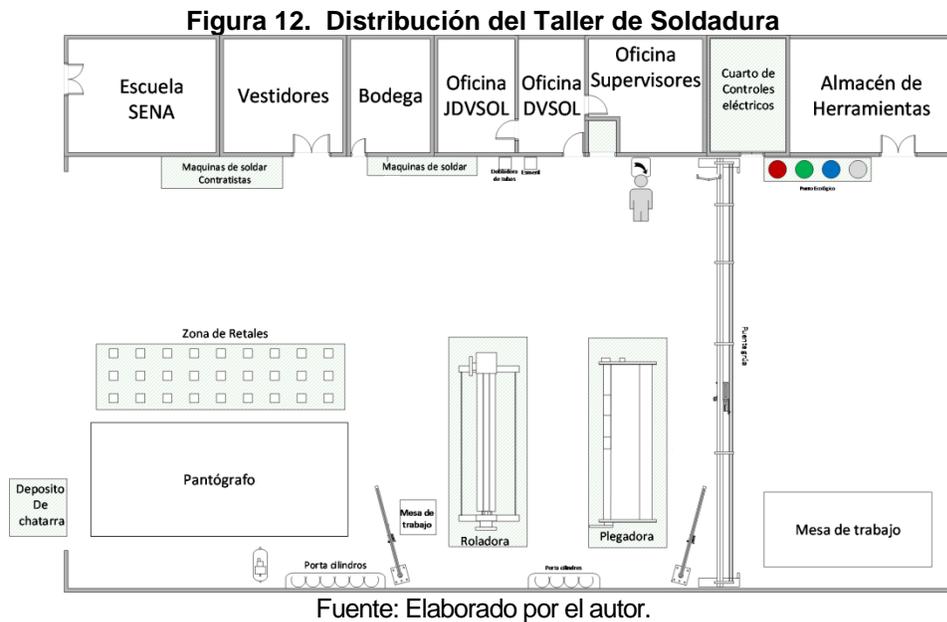
Todas las divisiones pertenecientes al Dpto. de Producción realizan trabajos de campo en siete posiciones de varada directamente sobre las embarcaciones que suben a dique seco, aparte de las que puedan estar atracadas en las cuatro posiciones en muelle; además poseen sitios de almacenamiento para las herramientas y equipos que utilizan de forma diaria. Dentro del área de trabajo del Departamento de Producción (ver Anexo 2), solo las divisiones de Soldadura y de Mecánica cuentan con talleres cubiertos y especializados donde realizan parte de sus trabajos; mientras que las divisiones de Varadero y Pintura, realizan la totalidad de sus trabajos en campo.

Lo anterior, quiere decir que dentro de ésta área se encuentran características tanto del modelo de distribución en planta orientado al producto, en el caso de que las herramientas y el personal se trasladan hacia la posición de los buques; como características del modelo orientado a los procesos, cuando las piezas son retiradas de la embarcación y llevadas a los talleres de soldadura o mecánica para realizar ciertos trabajos.

Luego de la observación directa, a continuación se describirá el estado actual de las áreas pertenecientes a cada división, teniendo en cuenta criterios como la organización, limpieza y la existencia de estándares que faciliten los procedimientos y prevengan accidente de trabajos, entre otros. Esto, a partir de los conceptos de la técnica 5S's, de la cual se habla anteriormente, como una de

las herramientas básicas para la implementación exitosa de las demás técnicas usadas por Lean Manufacturing.

División de Soldadura y Pailería. Dentro del taller de esta división se evidencia una disposición de máquinas en función de los procesos (Cuatrecasas, 2012), es decir, las máquinas están agrupadas según su función y las piezas son transportadas hasta su posición para ejecutar los trabajos sobre las láminas de acero. Además, el taller cuenta con un almacén de insumos, una bodega donde se guardan las máquinas de soldar, un puente grúa, un pantógrafo, una roladora y una plegadora, así como zonas de reparación de tuberías y de reparación general (ver Figura 12).

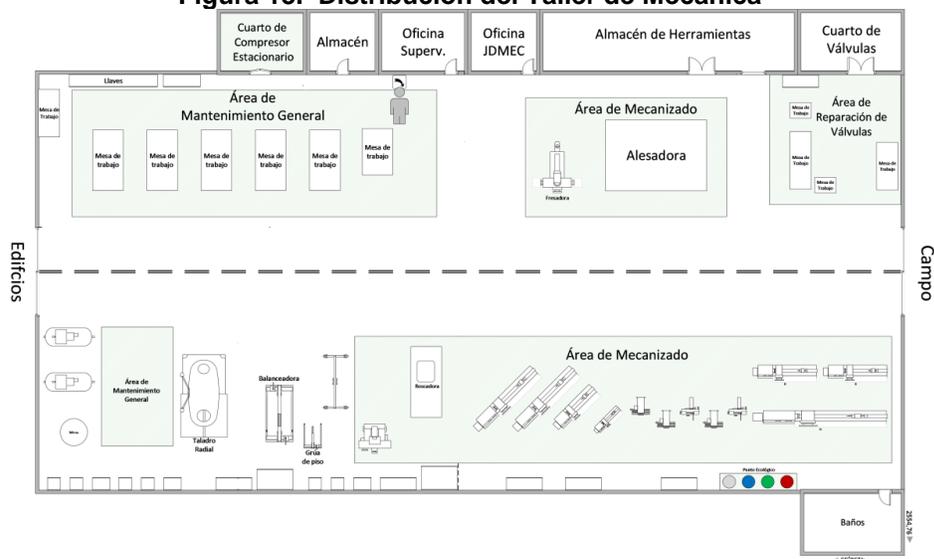


En el taller de soldadura es común encontrar residuos como retales de lámina y tubería, escoria de soldadura, colillas de soldadura, entre otros; generados por la ejecución de los trabajos, además de otros problemas de orden relativos a la organización de los insumos y herramientas dentro de los lugares de almacenamiento, atribuible en primera instancia, a la falta de un almacenista y métodos de control de herramientas. Existen muchas herramientas fuera de

servicio en lugares donde debería estar solo lo necesario para las actividades diarias y en buen estado para garantizar su uso. Además hay algunos equipos y elementos sin un lugar establecido y otros esparcidos por el suelo dificultando el tránsito y generando riesgo de accidentes. La generación de chatarra y retales que aún pueden ser utilizados es quizá el problema más crítico que afecta las óptimas condiciones de organización, orden y limpieza en esta división, ya que estos retales de lámina y tubería y chatarra se acumulan durante mucho tiempo en las áreas de trabajo sin ser enviados a los lugares destinado para su almacenamiento; además, cabe destacar que el lugar de almacenamiento de los retales útiles no posee las condiciones para conservar en buen estado dicho material.

División de Mecánica. Al igual que la división de Soldadura, la División de Mecánica posee un taller en el cual realiza parte de sus trabajos mediante la utilización de máquinas de mecanizado y corte, así como un área de reparación de válvulas, un cuarto de válvulas y dos áreas de mantenimiento general donde se realizan distintos tipos de reparaciones, las cuales están dispuestas de manera funcional tal como en el Taller de Soldadura.

Figura 13. Distribución del Taller de Mecánica



Fuente: Elaborado por el autor.

Debido a los procesos de mecanizado, la generación de residuos como virutas resulta inevitable y suelen acumularse en las máquinas y canecas destinadas para su almacenamiento. Esta división posee dos lugares de almacenamiento: un almacén de herramientas, donde se guardan los equipos y herramientas, con un mayor grado de control; y un almacén o bodega más pequeña, donde se guardan tuercas, tornillos y otros elementos fabricados y de almacenamiento temporal. Además, hacen falta estándares claros que faciliten la operación de las máquinas, lo que reduce la polivalencia del personal de la división a la hora de realizar trabajos en ellas.

División de Pinturas. La División de Pinturas realiza la mayor parte de sus trabajos en el campo directamente sobre los buques pero además cuenta con dos contenedores: uno utilizado como almacén de insumos y herramientas de uso diario, y otro utilizado para almacenar otros equipos y cosas demás; y cuenta con una bodega a parte donde guardan otros equipos que se utilizan en las operaciones de Lavado con agua a presión y Sandblasting.

En esta división suelen acumularse las pinturas en proceso y sobrantes de la ejecución de los proyectos en los lugares de almacenamiento sin una clara identificación, lo que dificulta el tiempo de búsqueda de las mismas. Asimismo, la utilización inadecuada del poco espacio disponible en estos lugares dificulta otras actividades como su limpieza, además de tener elementos como repuestos obsoletos, papelería y demás que son completamente innecesarios.

División de Varadero. La División de Varadero se divide en dos secciones: Sección de Maniobras y Sección de Sincroelevador; cada una de las cuales realiza operaciones específicas por lo cual poseen bodegas independientes con lo que se le da un manejo herramientas, equipos e insumos por separado. Al igual que la División de Pinturas, la mayoría de los trabajos realizados por esta división se dan en el campo y solo utilizan las bodegas para almacenar los materiales y

herramientas de trabajo. Bodegas en las cuales existen muchos elementos innecesarios y no cuenta con una organización eficiente que reduzca los tiempos de búsqueda de herramientas y piezas.

8.3 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE MEJORA (DESPERDICIOS)

Una vez descritos los procesos productivos ejecutados por el Departamento de Producción y con el fin de conocer de primera mano los problemas y oportunidades de mejora presentes en dichos procesos, y que podrían ser aprovechadas a través de la implementación de un plan de mejora basado en Lean Manufacturing, se hace necesario aplicar técnicas que permitan la recolección estos datos, asegurando que sean claros y ayuden a realizar un análisis correcto de la situación real de los procesos.

Para llevar a cabo la identificación de estas oportunidades de mejora, se decidió utilizar la técnica de entrevista grupal, la cual permitiría conocer las opiniones de los trabajadores acerca de ciertos temas; entrevistas orientadas al personal táctico y operativo del Departamento de Producción, quienes son los responsables de la ejecución de los procesos productivos y poseen mayor conocimiento de los mismos. En dichas entrevistas, se crearon grupos de trabajo que estaban constituidos, generalmente, por el jefe de la división o el ingeniero de procesos; dos o tres supervisores; y dos o tres operarios. Esto con el fin de incluir a cada uno de los niveles que participan en la elaboración de las actividades diarias.

Estas entrevistas fueron realizadas de forma aislada con grupos de cada división en sus propias oficinas, con el fin de obtener una visión individualizada de la situación de cada una de ellas y determinar si existía relación entre los resultados conseguidos. El tema principal de las entrevistas fue reconocer los problemas que afectaban negativamente la ejecución de los procesos productivos y que se

presentaban de manera frecuente. Por lo que a través de una lluvia de ideas los representantes de los trabajadores, supervisores e ingeniero de proceso que participaron en la entrevista, expresaron los problemas que solían repetirse en los proyectos de reparación de buques (ver Tabla 13).

Tabla 13. Oportunidades de mejora identificadas

División	Oportunidades de mejora
División de Soldadura (DVSOL)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Defectos de soldadura ❖ Demora en entrega de pedidos por almacén general ❖ Falta de comunicación entre una división y otra cuando se realizan trabajos en conjunto. ❖ Falta de equipo rodante para transportar piezas ❖ Generación de retales no devueltos por políticas de almacén (se pueden perder por mal almacenamiento) ❖ Los retales y materiales sobrantes útiles no disponen de un lugar de almacenamiento adecuado (Sufren daños por condiciones ambientales). ❖ Falta de planeación del ingeniero de producción para asegurar el desarrollo de las actividades. (andamios, equipo rodante, cruce de trabajos, trabajos detenidos, etc.) ❖ Mala coordinación entre ingeniero de producción y supervisores (poco frecuente). ❖ Mala coordinación entre las divisiones ❖ Mala preparación de la junta en cambios de lámina (en algunas ocasiones) ❖ Movimiento a buscar herramientas por trayectos largos ❖ Movimiento a buscar hidratación y hacer necesidades fisiológicas ❖ Retraso en entrega de materiales por parte del cliente ❖ Retrasos por falta de herramientas y equipos
División de Mecánica (DVMEC)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Demora en adquisición de materiales ❖ Demora en liberación de los trabajos por ausencia del personal de calidad ❖ Demora en recolección de residuos de trabajo de otras divisiones (DVSOL) ❖ Demoras en entrega de herramientas en almacén interno debido a que solo hay un almacenista ❖ Diferencias entre medidas del plano o especificaciones del cliente y medidas reales. ❖ Errores de mano de obra ❖ Errores en verificación de medidas al mecanizar piezas. ❖ Falta de comunicación entre una división y otra cuando se realizan trabajos en conjunto. ❖ Falta de herramientas y equipos para atender los trabajos (muchas en mal estado)

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Falta de referencias dimensionales al realizar un trabajo ❖ Falta de planeación para asegurar el desarrollo de las actividades. (andamios, equipo rodante, cruce de trabajos, trabajos detenidos, etc.) ❖ Mala coordinación entre jefe de buque y supervisores (poco frecuente) ❖ Muchos movimientos a buscar hidratación y hacer necesidades fisiológicas. ❖ Movimientos innecesarios de personas por mala comunicación entre jefe de buque y supervisores ❖ Cambios en las especificaciones del cliente ❖ Trámites para solicitar equipo rodante
División de Pinturas (DVPIN)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Baja capacidad de la división para atender la producción ❖ Cambios en especificaciones del cliente con respecto al tipo Sandblasting a utilizar. ❖ Cambios en las especificaciones del cliente (general) ❖ Cambios inesperados en la programación ❖ Condiciones ambientales ❖ Defectos ocasionados por mano de obra (no realiza un excelente trabajo) ❖ Demora en recolección de residuos de otras divisiones (DVSOL) ❖ Error en las especificaciones por parte del supervisor en la pintura a aplicar ❖ Falta de condiciones óptimas para realizar los trabajos ❖ Falta de equipos y herramientas (muchas en mal estado) ❖ Mala preparación de la pinturas ❖ Movimiento de equipos y materiales a una posición de varada sin ser necesario. ❖ Movimientos innecesarios de personas a buscar herramientas y devolverlas por mala planeación al inicio de los trabajos ❖ No disponibilidad de equipos rodantes ❖ No disponibilidad de materiales en almacén general. ❖ No se verifica completamente la liberación de trabajos por parte de jefe de buque ❖ Reprocesos por efectos de un trabajo sobre otro de distinto proyecto ❖ Retraso en la entrega de materiales por parte del cliente ❖ Retrasos en la entrega de trabajos por otras divisiones (liberación de trabajos) ❖ Tiempo de entrega de almacén general
División de Varadero (DVAR)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Retrasos por no disponibilidad de equipo rodante ❖ Falta de herramientas y equipos ❖ Mala programación del transporte al no tener definido su actividad. ❖ Diferencias entre cronograma y preferencias del cliente ❖ Movimiento de personal de andamios para recibir instrucciones (distancia entre bodega y oficina)

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Movimiento de personal innecesario por mala coordinación. (Cambios en posiciones de varada, errores en comunicación con jefe de buque) ❖ Reprocesos en construcción de cunas ❖ Reproceso armado de andamios ❖ Mal uso de equipo y materiales al centrar los buques ❖ Mantenimiento de cabrestante por parte de mantenimiento ❖ Uso de plataformas de andamios como estivas (uso indebido de andamios) ❖ Almacenamiento inadecuado de andamios ❖ Pinturas caducadas ❖ Inventario vs. Tiempo de entrega por parte de proveedores
--	--

Fuente: Elaborado por el autor.

Luego de identificar las oportunidades de mejora presentes en los procesos de cada división, los temas a tratar dentro de las entrevistas fueron las posibles causas a las que se podían atribuir dichos eventos, al igual que se introdujo de forma breve el concepto de “desperdicio” y sus tipos, con el fin de establecer una clasificación para cada uno de los problemas u oportunidades de mejora identificadas; por lo que en la Tabla 14 se muestra como ejemplo los resultados obtenidos en la División de Mecánica, y en los -Anexos 3, 4 y 5 los resultados obtenidos en las Divisiones de Soldadura, Pinturas y Varadero respectivamente.

Tabla 14. Clasificación de oportunidades de mejora según tipo de desperdicios DVMEC

Tipo de desperdicio	Descripción de desperdicios	Posibles causas	Herramientas Lean relacionadas
Tiempos de espera	Demora en adquisición de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de entrega largos (3 días aprox.) <ul style="list-style-type: none"> ○ Demoras en autorizaciones de Gerente de Proyectos ○ Demora en creación de grafos (Núm. de Identificación del proyecto) ○ Demora en creación de códigos de materiales solicitados por primera vez • Incumplimiento en especificaciones de material por parte de Adquisiciones <ul style="list-style-type: none"> ○ Devoluciones (Aumenta tiempo de entrega de los trabajos) • Retraso en la entrega de materiales por parte del cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - 5S's - Kanban (JIT) - Kaizen
	Demora en recolección de residuos de trabajo de otras divisiones (DVSOL)	Falta de organización, falta de tiempo, o descuido de los responsables del proceso.	- 5S's
	Falta de herramientas y equipos para atender los trabajos (muchas en mal estado)	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro <ul style="list-style-type: none"> ○ Cumplimiento de vida útil • Falta de mantenimiento preventivo • Demora en aplicar mantenimiento correctivo 	<ul style="list-style-type: none"> - TPM - 5S's
	Demoras en búsqueda de herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Largas distancias • Falta de organización 	<ul style="list-style-type: none"> - 5S's - SMED
	Demora en liberación de los trabajos por ausencia del personal de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de comunicación y trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> - Kanban - Trabajo en equipo
Transporte Innecesario	Transporte de herramienta y equipos sin que se tenga programado su uso por mala coordinación entre jefe de buque y supervisor.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de planeación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kaizen - JIT
Movimientos Innecesarios	Falta de planeación para asegurar el desarrollo de las actividades.		<ul style="list-style-type: none"> - Kaizen - Estandarización

	(Andamios, equipo rodante, cruce de trabajos, trabajos detenidos, etc.)		
	Movimientos innecesarios de personas por mala comunicación entre jefe de buque y supervisores		- <i>Kaizen</i> - <i>JIT</i> - <i>Trabajo en equipo</i>
	Muchos movimientos a buscar hidratación y hacer necesidades fisiológicas.		- <i>Layout</i>
	Movimiento a buscar herramientas de la posición de varada al taller	• Falta de previsión	- <i>Kaizen</i>
Defectos	Errores en verificación de medidas al mecanizar piezas.	• Falta de mecanismos para evitar errores	- <i>Kaizen</i> - <i>Estandarización</i> - <i>Poka Yoke</i>
	Errores de mano de obra	• Mala operación de la maquina • Falta de experiencia y/o habilidad	- <i>5S's</i> - <i>Estandarización</i> - <i>Kaizen</i>
	Falta de referencias dimensionales al realizar un trabajo	• Ej. Al desmontar un eje no se toman parámetros de posición inicial.	- <i>Poka Yoke</i> - <i>Kaizen</i>
	Falta de comunicación entre una división y otra cuando se realizan trabajos en conjunto.	• Falta de instrucción sobre especificaciones técnicas del trabajo • Falta de delimitación de responsabilidades	- <i>Kanban (JIT)</i> - <i>Trabajo en equipo</i> - <i>Gestión Visual (5S's)</i> - <i>Estandarización</i>
Procesos innecesarios y/o inapropiados	Trámite para solicitar equipo rodante	• Ej.: Superv. -> Jefe de buque -> Jefe de equipos rodantes -> Operador de equipo rodante.	- <i>Kaizen</i> - <i>JIT</i>

Fuente: Elaborado por el autor.

Además de la clasificación según los siete principales tipos de desperdicios (Liker, 2006), en la Tabla 14 también se relacionan algunas herramientas Lean que se podrían utilizar para combatir cada uno de los desperdicios, tema que se ampliará más adelante en este documento. Por otro lado, ésta clasificación es importante, ya que permite distinguir cuáles de estas actividades no agregan valor al proceso pero son necesarias actualmente para llevar a cabo los trabajos (Cuatrecasas, 2010), y cuales se podrían considerar como desperdicios, que al ser eliminadas mejorarían el flujo de los procesos y los harían más eficientes, y que se tomaran en cuenta para elaborar el plan de mejora.

Luego de analizar los resultados de las entrevistas grupales, se pudo establecer que los problemas considerados como desperdicios que se presentan en los procesos, son muy comunes, es decir, que la mayoría afecta negativamente el desarrollo de los trabajos de cada una de las divisiones del Departamento de Producción. Además, las causas de estos problemas van desde aspectos como la mala organización y distribución de las áreas, hasta causas relacionadas con la mala planeación de los recursos y del mantenimiento de los equipos; lo que en última instancia quiere decir que los procesos poseen un amplio margen de mejora a través de técnicas que reduzcan las actividades que no agregan valor al mismo y les permitan fluir sin interrupciones.

De igual forma, se determinó que la mayor cantidad de desperdicios están relacionados con tiempos de espera, movimientos innecesarios y defectos; mientras que no se identificaron desperdicios relacionados con la sobreproducción, debido en gran medida a la naturaleza de los procesos del área.

Por lo anterior y ya que muchos de los desperdicios se presentan de forma generalizada en las divisiones del Departamento de Producción, en la Tabla 15, se resumen los principales desperdicios que afectan los procesos del área y que serán considerados más adelante.

Tabla 15. Principales desperdicios que afectan el área

Tipo de desperdicio	Descripción de los desperdicios
Tiempos de espera	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de equipo rodante (Baja capacidad, equipos averiados) • Falta de herramientas o equipos (muchos averiados) • Retraso en entrega de materiales y herramientas por parte de almacén interno • Cruce de trabajos por mala coordinación de los mismos • Retraso en entrega de pedidos a almacén general • Demora en búsqueda de herramientas
Transporte innecesario	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de herramientas, materiales o equipos a sitios donde no se han autorizado los trabajos o no se ha terminado un trabajo que lo precede
Movimientos innecesarios	<ul style="list-style-type: none"> • Movimientos del personal para recibir instrucciones • Movimientos del personal desde las posiciones de varada a buscar herramientas o equipos por falta de previsión • Movimiento innecesarios por falta de coordinación de las actividades • Movimientos del personal en busca de hidratación y baños • Recorrido de largas distancias para cada movimiento de personal
Defectos	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales deteriorados por mal almacenamiento • Defectos por falta de comunicación y especificaciones cuando se realizan trabajos en conjunto (dos o más divisiones) • Defectos ocasionados por errores de la mano de obra
Procesos innecesarios o inapropiados	<ul style="list-style-type: none"> • Trámites para gestión de los pedidos • Trámite largo para solicitar equipo rodante • Falta de verificación de liberación de trabajos realizados por otras divisiones
Inventario innecesario	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de material sobrante • Stock de inventarios altos • Algunos materiales caducan al estar almacenados por mucho tiempo

Fuente: Elaborado por el autor.

8.4 RESULTADOS: ENCUESTA DE DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL

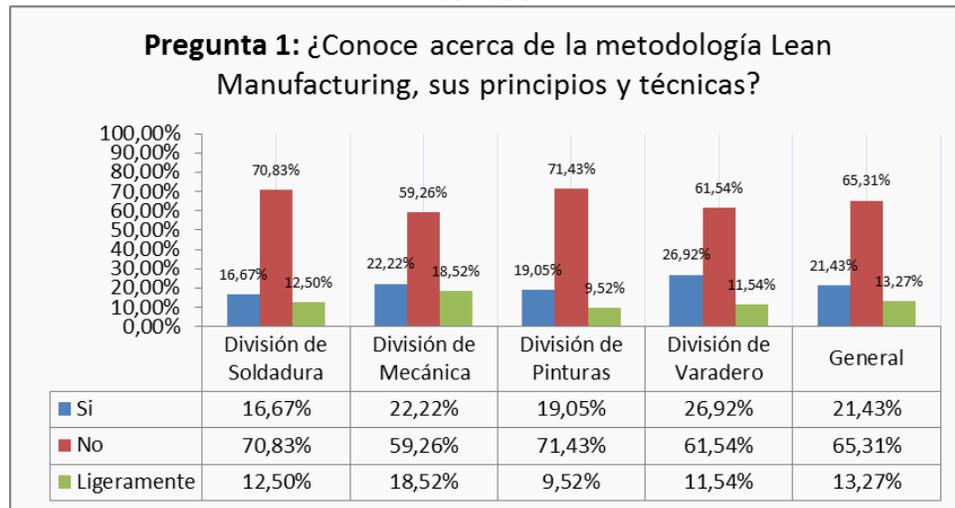
Con base en el análisis de las oportunidades de mejora previamente identificadas a través de las entrevistas grupales, se decide realizar una encuesta con el fin de conocer la percepción del personal operativo acerca de la ejecución de los procesos productivos en los proyectos de reparación, así como observar qué piensan acerca de la aplicación de buenas prácticas empresariales que incorpora la metodología Lean Manufacturing dentro de la Corporación.

Así, esta encuesta (ver Anexo 6) fue dirigida únicamente a los operarios de producción pertenecientes a las cuatro divisiones del Departamento de Producción, sin incluir personal de contratistas que podrían estar llevando a cabo trabajos dentro del área; esto último debido a que éste personal es de alta rotación y casi todos los trabajos los realizan directamente sobre las posiciones de varada, por lo cual no poseen el conocimiento suficiente sobre las áreas y procesos internos de la Corporación.

Además, este cuestionario compuesto por 16 preguntas permitió evaluar la percepción del personal en cuanto a criterios como: conocimiento de la metodología Lean Manufacturing y sus técnicas, la organización de los puestos de trabajo, la estandarización de los procesos, el mantenimiento de la máquinas y equipos, y la actitud de cambio de los trabajadores, entre otros.

Dicho esto, a continuación se describen los resultados, tanto en general como en cada una de las divisiones, de las preguntas realizadas en las encuestas. Además, gracias a la disponibilidad del personal, estas encuestas pudieron ser aplicadas a los operarios de producción en su totalidad, de manera que fueron encuestados un total de 98 trabajadores, de los cuales 24 pertenecen a DVSOL, 27 a DVMEC, 21 a DVPIN y 26 a DVARD (incluyendo personal de equipo rodante).

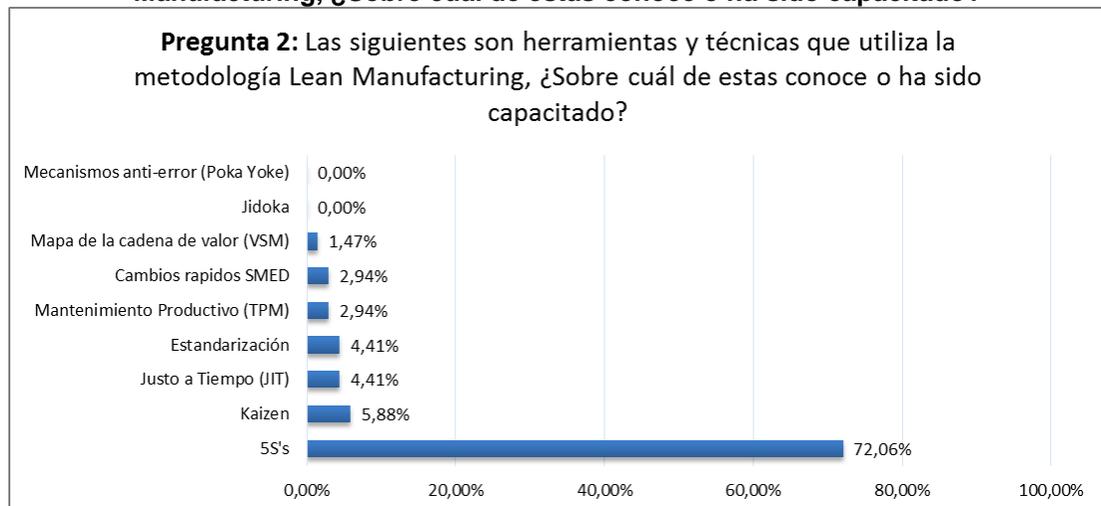
Gráfico 1. ¿Conoce acerca de la metodología Lean Manufacturing, sus principios y técnicas?



Fuente: Elaborado por el autor.

En el Gráfico 1 se observa que en todas las divisiones prevalece el desconocimiento de la metodología Lean Manufacturing, así como sus principios y técnicas; dando lugar a que de forma general, el 65,31% de los encuestados no conozca ésta metodología, seguido por un 21,43% que afirma conocerla y un 13,27% que la conoce de manera superficial.

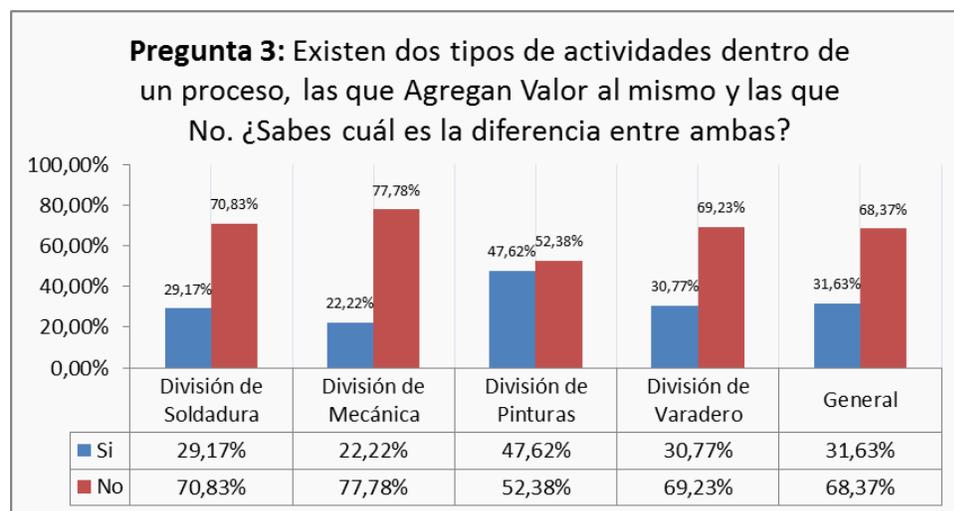
Gráfico 2. Las siguientes son herramientas y técnicas que utiliza la metodología Lean Manufacturing, ¿Sobre cuál de estas conoce o ha sido capacitado?



Fuente: Elaborado por el autor.

En el Gráfico 2 se relacionan las técnicas más usadas por Lean Manufacturing y el porcentaje de las personas encuestadas que afirma conocer cada una de estas técnicas. Por lo cual, en esta gráfica se evidencia que la técnica de las 5S's es la más conocida, por un 72,06% de los encuestados superando ampliamente a otras técnicas como Kaizen (5,88%), JIT (4,41%) y Estandarización (4,41%), entre otras. Este resultado es debido a que, en pasados proyectos de la Corporación se ha capacitado al personal acerca las 5S's como técnica para mejorar organización y los puestos de trabajo, aunque la aplicación de esta técnica no se mantenga en el tiempo.

Gráfico 3. Existen dos tipos de actividades dentro de un proceso, las que Agregan Valor al mismo y las que No. ¿Sabes cuál es la diferencia entre ambas?



Fuente: Elaborado por el autor.

En el Gráfico 3, se manifiesta un gran problema que afecta a la Corporación, y es que de manera general, la mayoría de los encuestados (con un 63,37%) no distingue las actividades que agregan valor al proceso de las que sí le agregan, mientras que tan solo un 31,63% de ellos si afirma conocer la diferencia. Esto es una limitación ya que al no distinguir estos dos tipos de actividades, se hace muy difícil emprender acciones que busquen mejorar los procesos del área.

Gráfico 4. Las actividades que No Agregan Valor al proceso son también llamadas “Desperdicios” ya que generan gasto de recursos adicionales como tiempo, esfuerzo, etc. ¿Reconoces alguno de las siguientes tipos?



Fuente: Elaborado por el autor.

A partir de los resultados presentados en el Gráfico 4, se puede establecer que el tipo de desperdicio (Liker, 2006) más conocido por los operarios de producción son los Tiempos de Espera con un 72,06% de los encuestados; mientras que los tipos de desperdicios como Sobreproducción y Procesos inadecuados/Innecesarios pasan desapercibidos para los trabajadores del área.

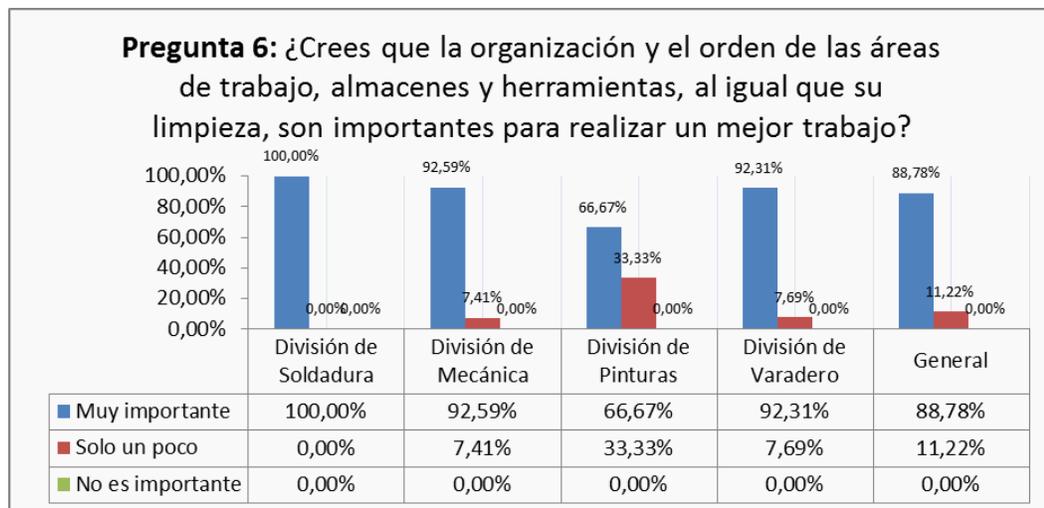
Gráfico 5. En su puesto de trabajo, ¿Solo están los elementos necesarios realizar la tarea en el momento?



Fuente: Elaborado por el autor.

En el Gráfico 5, se muestran los resultados sobre un punto importante de las 5S's como es la presencia de solo elementos necesarios para realizar los trabajos en el área. Así, se observa que los resultados varían de una división a otra debido a las condiciones de las áreas donde realizan sus labores. En las divisiones de Soldadura y Mecánica, la mayoría de encuestados afirma que solo existen elementos necesarios en sus áreas mientras que en las divisiones de Varadero y Pintura afirman que también hay presente elementos que no usan, lo que en ultimas dificulta el trabajo. Esto se traduce en que de manera general, el 51,02% de los encuestados afirme lo primero, mientras que el 48,98% restante afirme lo segundo, estando muy divididas las opiniones.

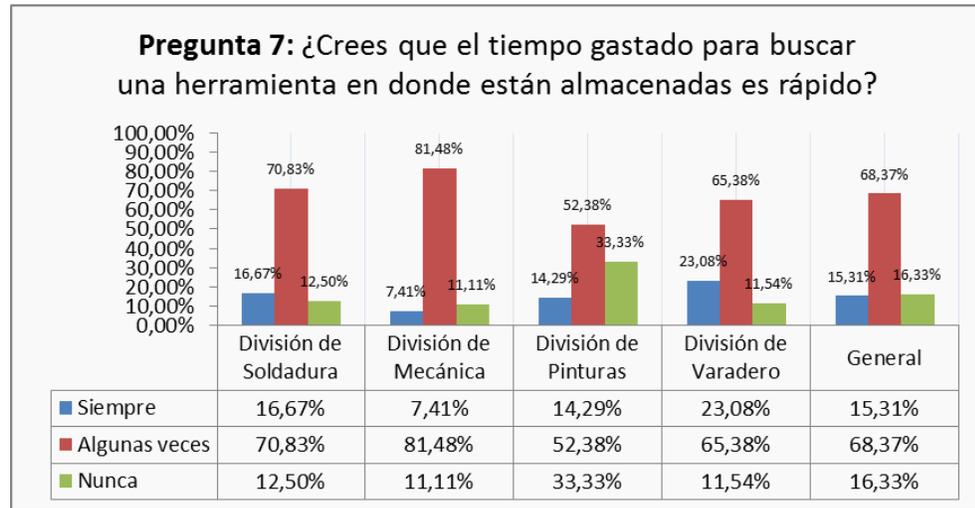
Gráfico 6. ¿Crees que la organización y el orden de las áreas de trabajo, almacenes y herramientas, al igual que su limpieza, son importantes para realizar un mejor trabajo?



Fuente: Elaborado por el autor.

Aunque anteriormente se ha comentado que el nivel de organización y limpieza de las áreas de trabajo no se encuentra las mejores condiciones, en el Gráfico 6 se evidencia que de manera general, los operarios del Departamento de Producción creen que estos aspectos son muy importantes para realizar un mejor trabajo (88,78%), mientras que el 11,22% considera que no son tan importantes.

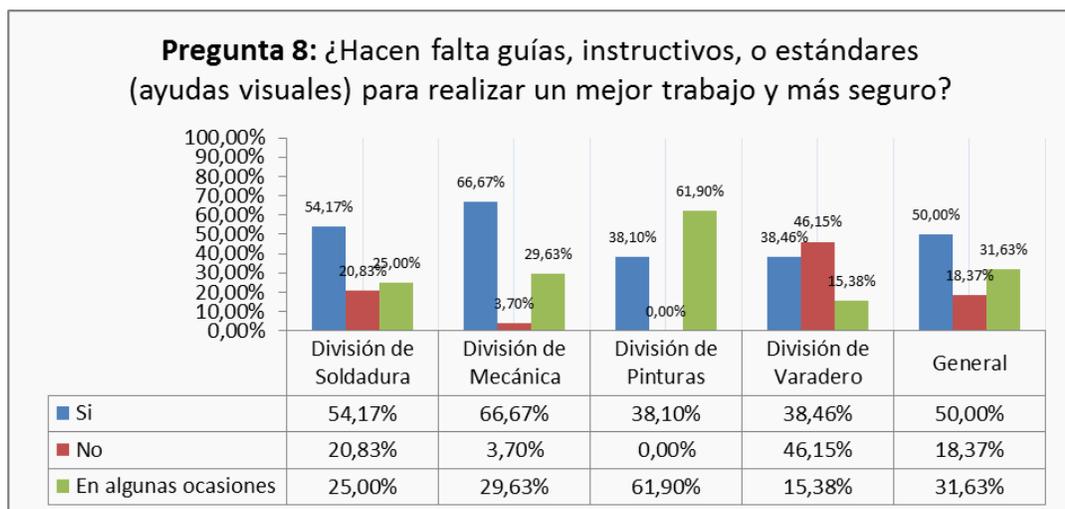
Gráfico 7. ¿Crees que el tiempo gastado para buscar una herramienta en donde están almacenadas es rápido?



Fuente: Elaborado por el autor.

Según los resultados de la encuesta, en el Gráfico 7 se muestra que, de manera general, solo el 15,31% de los encuestados afirma que el tiempo en buscar una herramienta en el almacén siempre es rápido, mientras que el 16,33% dice que nunca lo es, y finalmente la mayoría, con un 68,37%, manifiesta que solo es rápido en algunas ocasiones, lo que indica una posible falta de organización en las áreas.

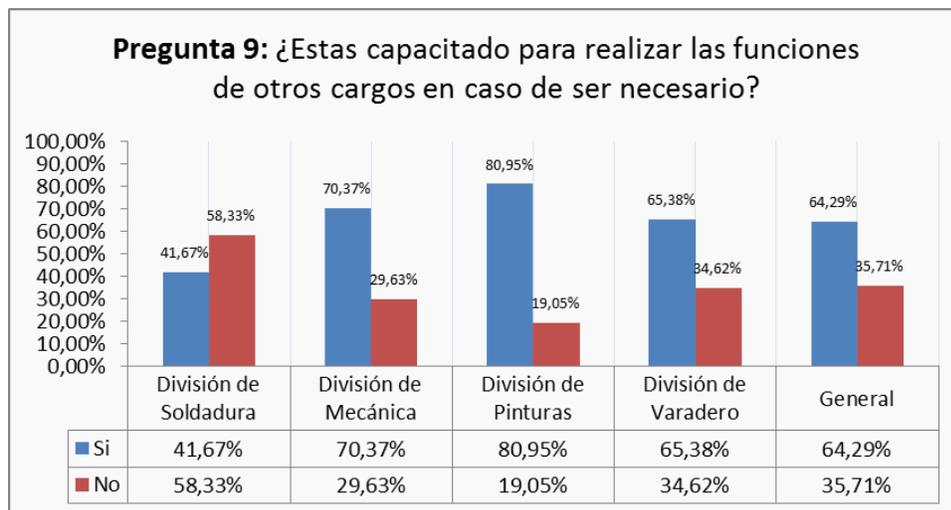
Gráfico 8. ¿Hacen falta guías, instructivos, o estándares (ayudas visuales) para realizar un mejor trabajo y más seguro?



Fuente: Elaborado por el autor.

Al preguntar al personal si hacen falta guías o estándares que permitan realizar los trabajos de manera mejor y más segura, los resultados presentados en el Gráfico 8 demuestran que de manera general, el 50% de los encuestados afirma que si hacen falta, mientras que el 31,63% alega que solo en algunas ocasiones, y el 18,37% restante cree que no hacen falta estándares para llevar a cabo los trabajos.

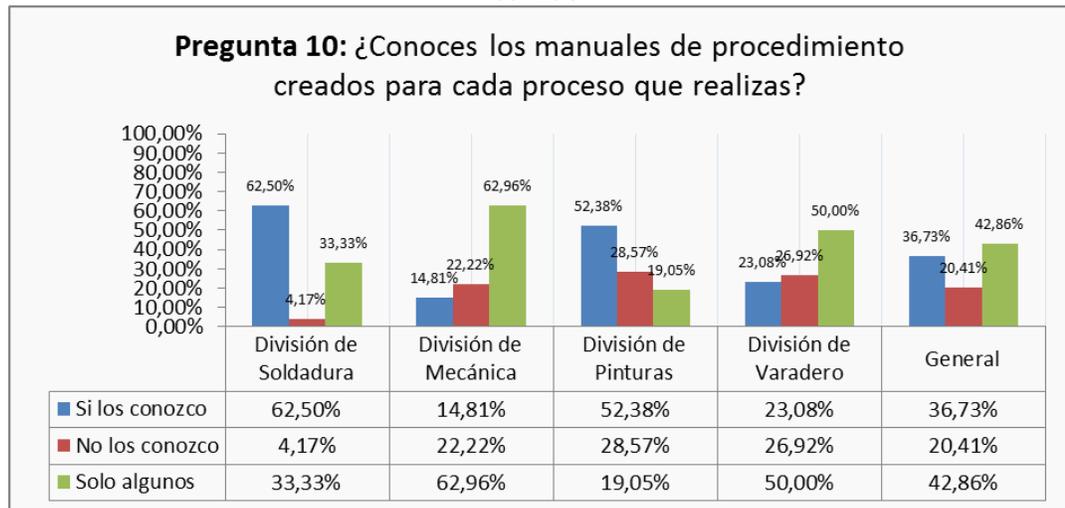
Gráfico 9. ¿Estas capacitado para realizar las funciones de otros cargos en caso de ser necesario?



Fuente: Elaborado por el autor.

Según los resultados de la encuesta, en el Gráfico 9 se muestra que únicamente en la División de Soldadura, la mayoría de los trabajadores no está capacitado para realizar funciones de otros cargos, es decir, hay poca polivalencia en su personal, mientras que en las demás divisiones la mayoría de los encuestados sí lo está. Así, de manera general, el 64,29% de los trabajadores si está capacitado para realizar funciones de otros cargos, y el 35,71% restante no lo está. También es importante aclarar, que de los que afirmaron estar capacitados, tan solo el 12,9% ha sido capacitado por la Corporación, lo que quiere decir que hacen falta iniciativas para aumentar la polivalencia del personal y así evitar contratiempos.

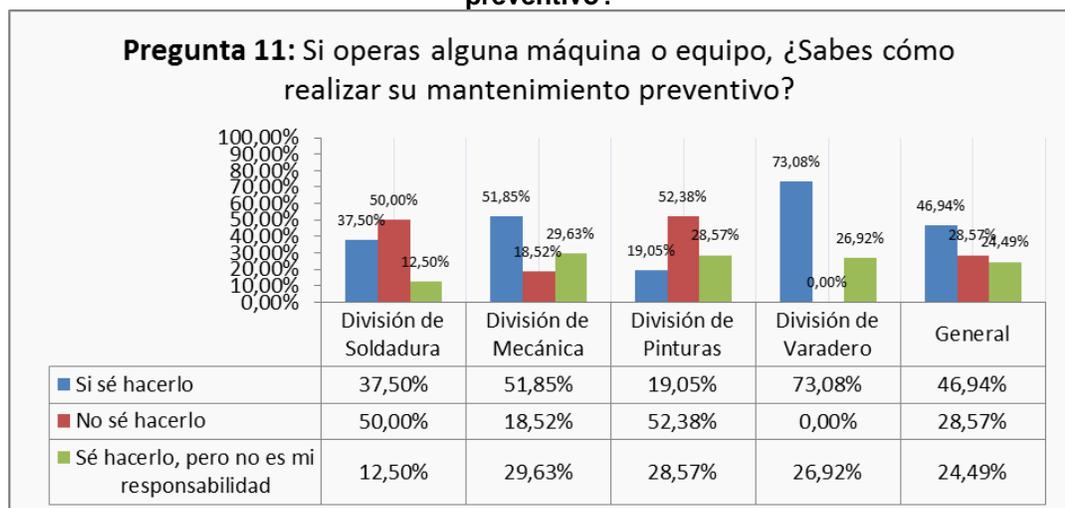
Gráfico 10. ¿Conoces los manuales de procedimiento creados para cada proceso que realizas?



Fuente: Elaborado por el autor.

A partir de los resultados (ver Gráfico 10), se puede establecer que del total de los encuestados, el 36,73% afirma conocer todos manuales de procedimientos creados por la Corporación para los procesos productivos que ejecutan, y tan solo el 20,41% dice no conocerlos, mientras que por otro lado el 42,86% de los trabajadores manifiesta conoce solo algunos. Esto significa que no se encuentran al alcance del trabajador y que por tal razón se podrían cometer errores.

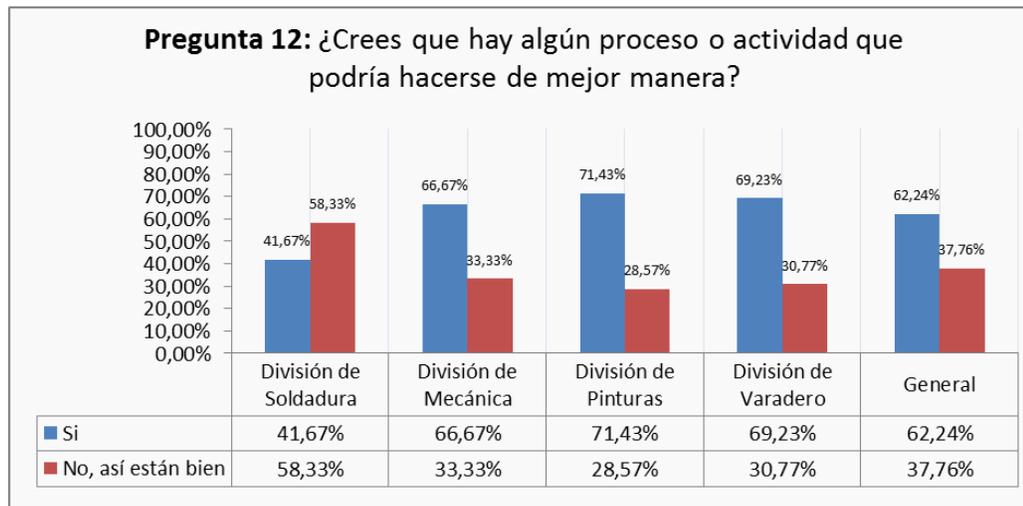
Gráfico 11. Si operas alguna máquina o equipo, ¿Sabes cómo realizar su mantenimiento preventivo?



Fuente: Elaborado por el autor.

A partir de las encuestas, se pudo indagar acerca de los conocimientos del personal que emplean maquinas o equipos sobre el mantenimiento preventivo de los mismos (ver Gráfico 11), aspecto que ayudaría a prevenir que las maquinas o equipos se averíen, problema que afecta en gran proporción a los procesos. Por lo anterior, se pudo establecer que de manera general, el 46,94% de los encuestados sabe realizar el mantenimiento preventivo de las máquinas que opera (y lo hace), mientras que un 28,57% de los trabajadores no sabe hacerlo, y el 24,49% restante afirma saber hacerlo pero que no es su responsabilidad, afirmación que va en contra de principios Lean Manufacturing como el TPM.

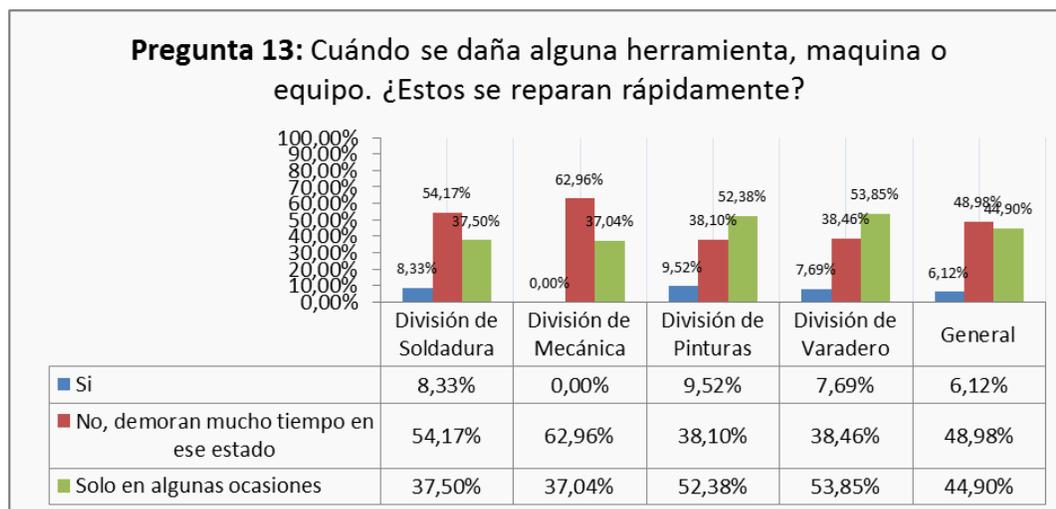
Gráfico 12. ¿Crees que hay algún proceso o actividad que podría hacerse de mejor manera?



Fuente: Elaborado por el autor.

Según los resultados de la encuesta, en todas las divisiones, excepto la División de Soldadura, la mayoría de los encuestados cree que existen procesos o actividades que podrían hacerse de mejor manera, lo que podría ayudar a ahorrar recursos productivos. Dicho esto, de manera general, el 62,24% de los trabajadores está de acuerdo con lo anterior, mientras que el 37,76% restante cree que los procesos se encuentran bien así y no necesitan ningún cambio.

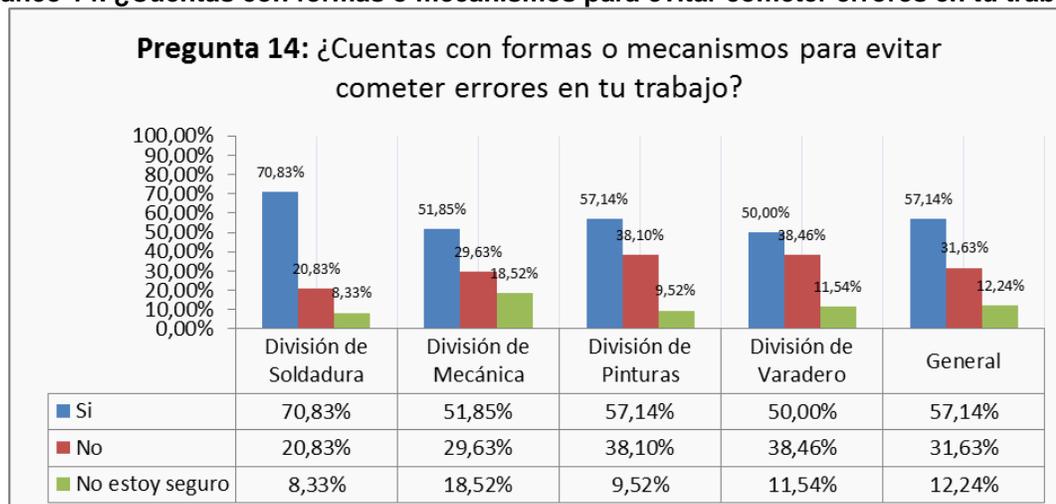
Gráfico 13. Cuándo se daña alguna herramienta, maquina o equipo. ¿Estos se reparan rápidamente?



Fuente: Elaborado por el autor.

En cuanto a la percepción del personal sobre el tiempo que toma la aplicación mantenimientos correctivos a las herramientas, máquinas y/o equipos (ver Gráfico 13), la encuesta dio como resultado que, del total de los encuestados, tan solo el 6,12% cree que este tiempo siempre es rápido, mientras que el 48,98% afirma que tardan mucho tiempo en ser aplicados, y el 44,9% restante cree que es rápido solo en algunas ocasiones, factor que influye en gran medida a los procesos.

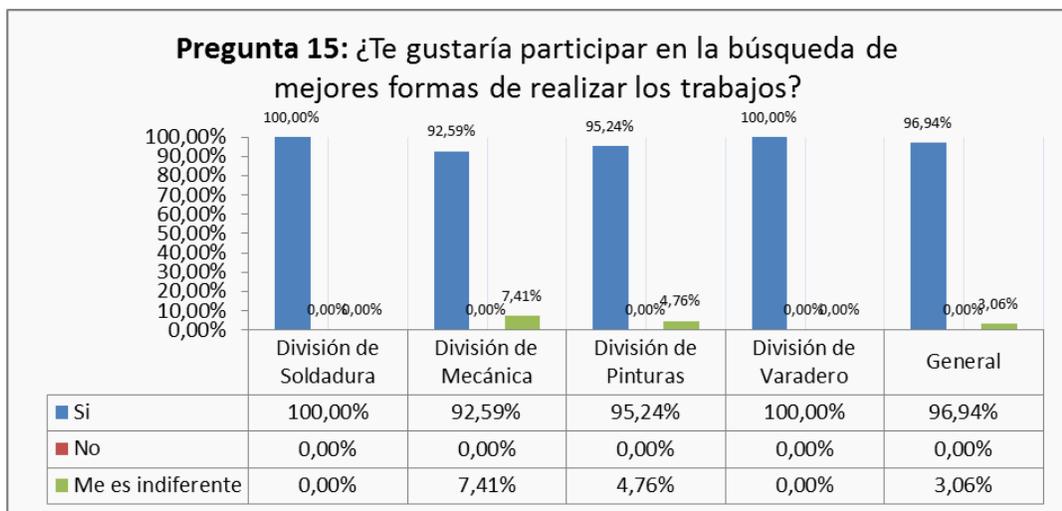
Gráfico 14. ¿Cuentas con formas o mecanismos para evitar cometer errores en tu trabajo?



Fuente: Elaborado por el autor.

De igual forma, según los resultados de las encuestas, la mayoría de los trabajadores, con un 57,14% del total, afirma poseer mecanismos que les permiten evitar que se presenten errores en los trabajos que realizan (ver Gráfico 14), mientras que el 31,63% de los encuestados manifiesta no contar estos mecanismos, y el 12,24% no está seguro, por lo que se podría decir que hacen falta mecanismos o que estos no son lo suficientemente claros o efectivos a la hora de prevenir errores o defectos en la ejecución de los trabajos.

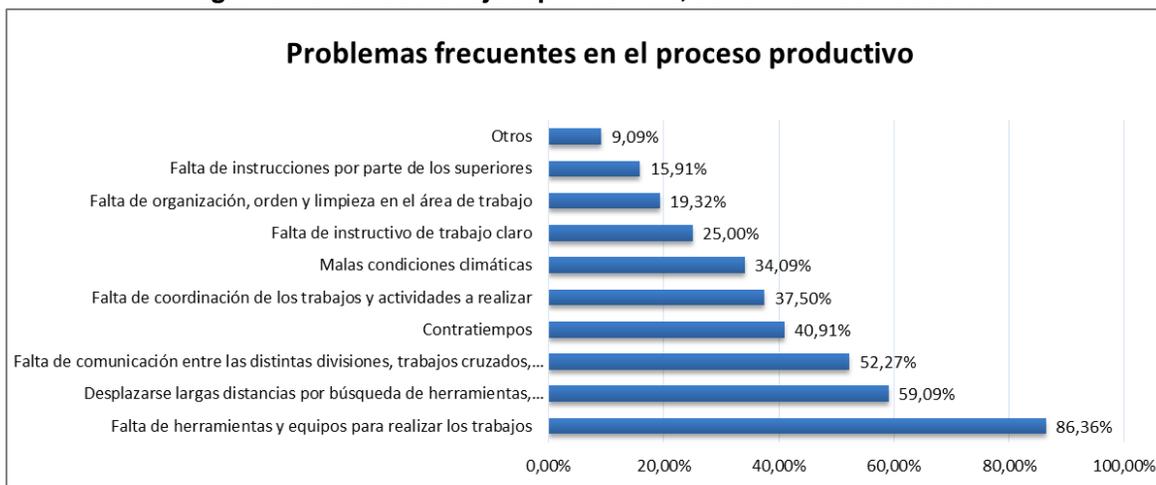
Gráfico 15. ¿Te gustaría participar en la búsqueda de mejores formas de realizar los trabajos?



Fuente: Elaborado por el autor.

Al preguntar a los trabajadores si estarían dispuestos a contribuir en la búsqueda de mejores formas de llevar a cabo los procesos, de manera general, el 96,94% de los encuestados respondió de manera positiva, mientras que el 3,06% restante manifestó que para ellos, esto les era indiferente. Este es un resultado favorable para la implementación de nuevas metodologías de trabajo, ya que al parecer, los trabajadores no son tan susceptibles a los cambios cuando de implantar mejoras a los procesos se trata, y además contribuirían al logro de estas mejoras.

Gráfico 16. De los siguientes problemas, marca aquellos que crees que afectan negativamente los trabajos que realizas, de forma más frecuente



Fuente: Elaborado por el autor.

Luego de analizar las oportunidades de mejora identificadas durante las entrevistas grupales en cada división, se decidió indagar acerca de cuáles de estos problemas comunes que afectan a los procesos, eran los que, según la percepción de los operarios de producción, afectaban en mayor medida y de forma más frecuente el desarrollo de los trabajos durante los proyectos de reparación de buques.

Como resultado, se obtuvo que el 86,36% de los encuestados cree que el mayor problema a la hora de ejecutar los trabajos de reparación de buques corresponde a la falta de herramientas o equipos, ya sea porque hay muchas dañadas o porque las que están en buen estado están siendo utilizadas para otros trabajos. Mientras que en segundo lugar, se encuentran los desplazamientos por largas distancias para buscar herramientas, hidratación o baños (con un 59,09%), y en tercer lugar, la falta de comunicación o trazabilidad entre las divisiones a la hora de realizar los trabajos (con un 52,27%).

9. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN

Luego de identificar los desperdicios que más afectan a los procesos productivos del Área de Reparaciones y realizar un diagnóstico inicial de la situación actual de las áreas y las condiciones en la que se llevan a cabo los trabajos; en el presente capítulo se evaluará el nivel madurez de la empresa frente a la aplicación de herramientas utilizadas por Lean Manufacturing, teniendo en cuenta especialmente las que podrían reducir los desperdicios identificados previamente. De igual forma, se analizarán dichas herramientas para conocer su relación con los desperdicios encontrados, sus posibles beneficios y la viabilidad de su implementación, dadas las condiciones actuales de la empresa, con el fin de seleccionar las más adecuadas para el diseño del plan de mejora.

9.1 EVALUACIÓN DE LA EMPRESA FRENTE A HERRAMIENTAS LEAN

Anteriormente, gracias a las encuestas aplicadas a los operarios de producción, se pudo obtener información importante acerca de los problemas que perciben los trabajadores a la hora de llevar a cabo los procesos productivos del área, así como saber, según estos, si se están aplicando algunas de las buenas prácticas usadas por Lean Manufacturing como la organización de los puestos de trabajo, el mantenimiento productivo de los equipos, la estandarización de los procesos y la cultura de mejora continua, entre otros.

Sin embargo, para profundizar más sobre la aplicación de las herramientas Lean dentro del Departamento de Producción, se hace necesario crear un instrumento que considere conceptos más específicos de dichas herramientas, y que quienes evalúen estas áreas posean un conocimiento mayor de los procesos, no solo a nivel operativo, sino también a nivel de gestión de los mismos, y que a su vez

reconozcan conceptos más complejos como calidad, eficiencia y eficacia de los procesos.

Por lo anterior, se decide diseñar y aplicar el instrumento “Lista de Verificación” (ver Anexo 7), enfocado a establecer el nivel de madurez o desarrollo del área en cuanto a la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing relacionadas con los desperdicios identificados previamente. Dicha lista, fue elaborada por el autor a partir de los documentos “Diagnostico Lean” (Grupo ODE, s.f.) y “Assessment for Lean Manufacturing” (Strategos, s.f.), y los aportes de Cardona (2013); y estuvo orientada a evaluar las áreas en cuanto a ocho aspectos:

- **Organización de los puestos de trabajo y gestión visual (5S's).** En el cual se evalúan las condiciones de las áreas de trabajo con respecto a su organización, limpieza y existencia de estándares visuales que faciliten los trabajos en materia de calidad y seguridad.
- **Mantenimiento autónomo de las máquinas y equipos (TPM).** Criterio que reúne características necesarias para la ejecución de un mantenimiento productivo total, que contribuya a preservar el buen estado de las máquinas y equipos.
- **Estandarización de los procesos.** Por medio del cual se busca definir si existen estándares (escritos o gráficos), acerca de la manera en la que se deben realizar los trabajos, así como el cumplimiento y actualización de los mismos.
- **Preparación de las máquinas (SMED).** Criterio que pretende evaluar el estado del área frente a los tiempos generales de preparación de las máquinas y equipos necesarios para realizar los trabajos.

- **Mejora Continua (Kaizen).** Por medio del cual se pretende conocer si dentro de la Corporación existen iniciativas para asegurar la mejora continua de los procesos.
- **Mecanismos anti-error (Poka Yoke).** Criterio que busca evaluar si existen mecanismos que prevengan los errores del personal a la hora de realizar los trabajos.
- **Especificar Valor para el cliente.** Este criterio permite conocer sobre la relación de la Corporación con el cliente en cuanto a su satisfacción, además de saber si se tiene claridad sobre las actividades que generan valor para éste.
- **Sistema Just In Time.** Por medio del cual se busca establecer si la Corporación puede proveer los recursos precisos en el momento que se necesitan y en la cantidad exacta, para satisfacer las necesidades de cada proceso interno.

Además, cada uno de los aspectos a evaluar en esta Lista de Verificación posee un número específico de enunciados, a través de los cuales los evaluadores asignan una calificación de 0 a 4 (ver Tabla 16), según la frecuencia o medida en la que están de acuerdo, en la aplicación de estas prácticas dentro de cada una de las divisiones del Departamento de producción.

Tabla 16. Criterios para evaluación en Lista de Verificación

Calificación	Descripción
0	Muy en Desacuerdo con la afirmación / No se practica en el área.
1	En Desacuerdo / Se Practica solo en pocos casos.
2	Si se practica con cierta frecuencia.
3	De Acuerdo/ Se practica en casi todos los casos.
4	Muy de Acuerdo/ Se practica siempre.

Fuente: Elaborado por el autor.

Así, al tener en cuenta el puntaje obtenido por cada área sobre el total de puntos posibles, se puede establecer el porcentaje de aplicación de las herramientas Lean Manufacturing, de acuerdo al grado de cumplimiento de cada uno de los aspectos que se evalúan en la Lista de Verificación. Además, para facilitar la interpretación de los resultados, a continuación se describen los rangos de porcentajes que se pueden obtener (Cardona, 2013):

- **0% a 20%:** La condición o herramienta Lean es inexistente dentro del área.
- **21% a 40%:** Es una práctica que se da solo en pocas ocasiones, sobre la cual se posee un mínimo grado de conocimiento.
- **41% a 60%:** Es una práctica habitual dentro del área y se poseen conocimientos sobre cómo llevar a cabo las actividades, sin embargo no existe un plan formal establecido.
- **61% a 80%:** Es una práctica que se da en la mayoría de los casos y cuenta con un plan formal para realizar las actividades, sin embargo no siempre se realiza un seguimiento adecuado de las mismas.
- **81% a 100%:** La condición o herramienta Lean se practica siempre dentro del área, y se cuenta con planes formales e indicadores que permiten verificar el cumplimiento de las actividades.

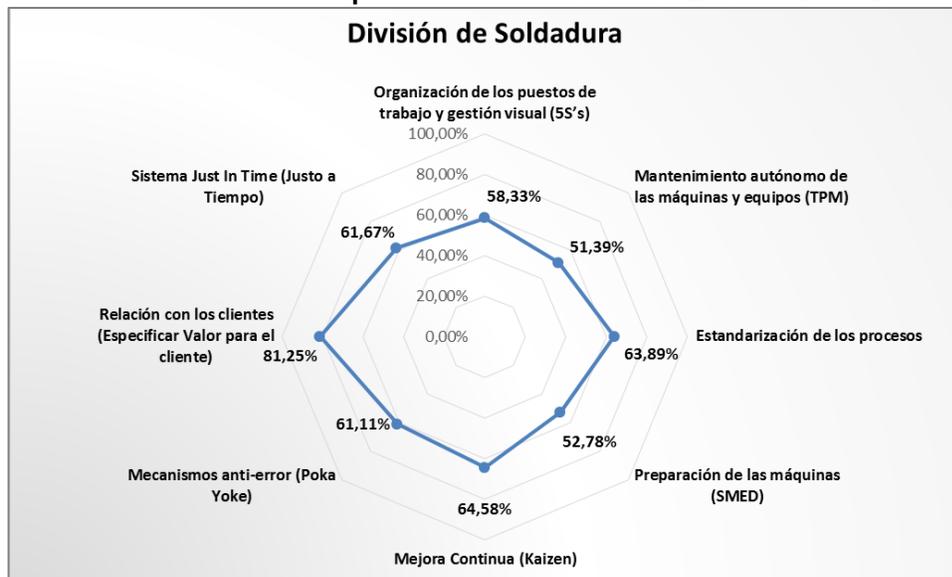
Por otra parte, se establece que la Lista de Verificación debe ser diligenciada por el Ingeniero de Procesos de cada división, quien se considera que posee los conocimientos suficientes para llevar a cabo la evaluación de las áreas y procesos. Sin embargo, para tener una visión más acertada de la situación real del área en cuanto al nivel de aplicación de las herramientas Lean Manufacturing, se decide seleccionar aleatoriamente dos supervisores de producción de cada división, para que diligencien la lista de verificación y así obtener una calificación promedio que se aproxime más a la realidad de cada división.

Resultados: Lista de Verificación

Como resultado de la aplicación de la Lista de Verificación en cada división, se obtuvieron los puntajes de éstas con relación a los aspectos a evaluar, los cuales se relacionan en el Anexo 8 junto al máximo de puntaje posibles con el fin de establecer el porcentaje de puntos obtenidos y así definir el nivel de aplicación de las herramientas Lean en las áreas. Así, los resultados por cada división son representados a través de un gráfico de radar, el cual permite mostrar el nivel de madurez de los procesos en cuanto a los ocho aspectos evaluados.

En el Gráfico 17, por ejemplo, se muestra que en la División de Soldadura, el aspecto con una mayor calificación fue el de Especificar Valor para el Cliente, categoría que obtuvo un 81,25% del total de puntos posibles por lo que se puede decir que es una práctica muy frecuente dentro de los procesos; mientras que al otro extremo, se puede evidenciar que herramientas como el Mantenimiento Productivo Total (51,39%), SMED (52,78%) y las 5S's (58,33%) se aplican con cierta frecuencia pero no cuentan con planes establecidos de manera formal.

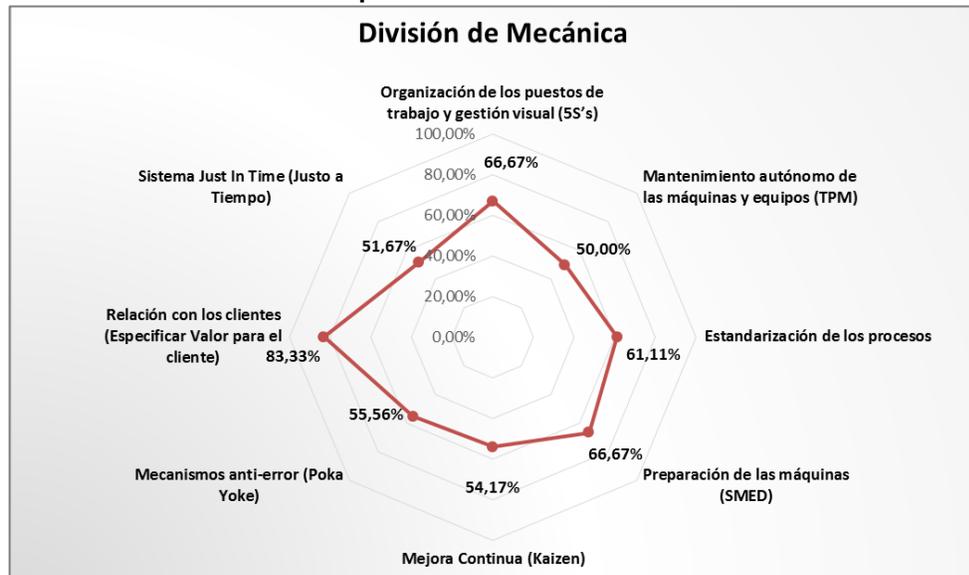
Gráfico 17. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVSOL



Fuente: Elaborado por el autor.

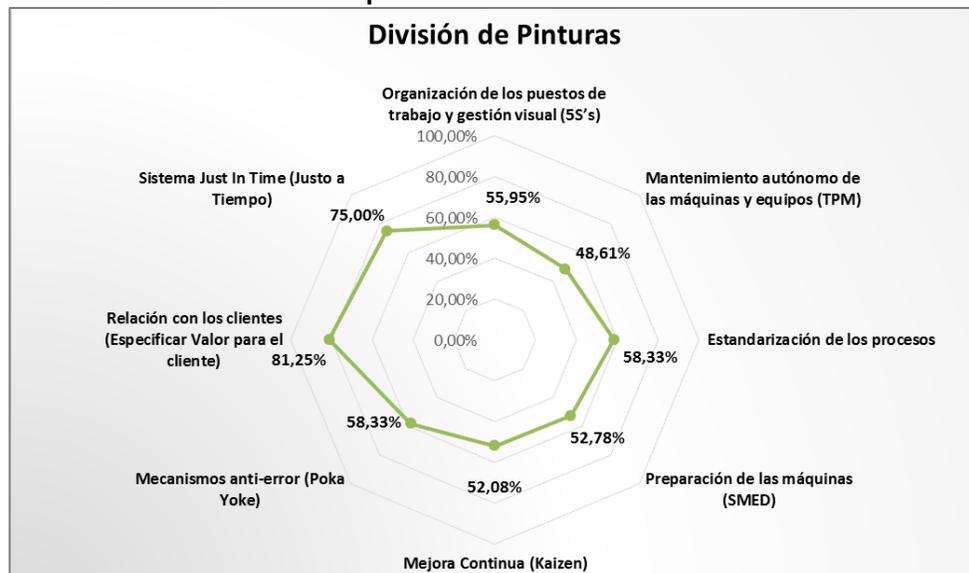
De igual forma, en los Gráficos 18, 19 y 20, se muestran los resultados obtenidos en las divisiones de Mecánica, Pinturas y Varadero respectivamente; los cuales varían de acuerdo a la percepción de los evaluadores, dadas las características de los procesos en cada una de las divisiones evaluadas.

Gráfico 18. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVMEC



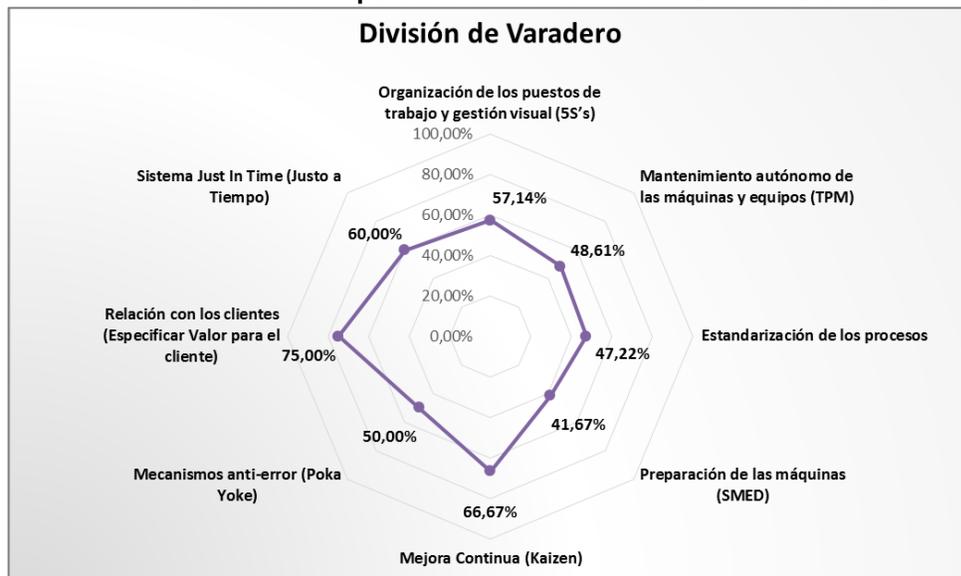
Fuente: Elaborado por el autor.

Gráfico 19. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVPIN



Fuente: Elaborado por el autor.

Gráfico 20. Nivel de aplicación de herramientas Lean en DVARD

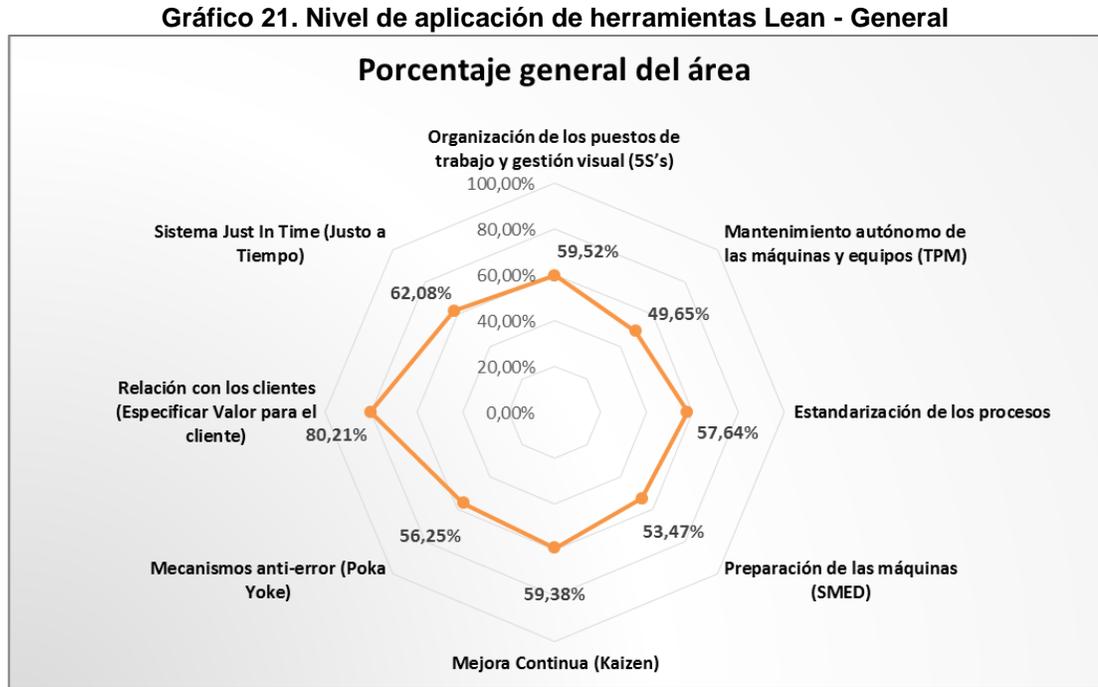


Fuente: Elaborado por el autor.

Luego de obtener los resultados individuales de las divisiones, se decide agrupar todos los puntos obtenidos para establecer el nivel de aplicación de herramientas Lean en el Departamento de Producción. Esto con el fin de crear un gráfico de radar que permita analizar de forma general el nivel de madurez de los procesos productivos del área en cuanto a los aspectos evaluados.

Como resultado, en el Gráfico 21 se muestra el porcentaje general de aplicación de las herramientas Lean Manufacturing consideradas en este estudio, dentro del Dpto. de Producción. A partir del gráfico, se deduce que solo el aspecto de “Especificar valor para el cliente” (80,21%) alcanza el rango de aplicación alto, por lo cual se puede decir que las actividades relacionadas con este principio de Lean Manufacturing se practican en todos los casos, siendo relevantes para quienes participan del proceso, y cuentan con planes formales e indicadores dentro de la Corporación. Seguidamente, se encuentra la herramienta de Just In Time (con un 62,08%), que se ubica en un rango medio-alto, por lo cual se puede decir se practica la mayoría de los casos, contando con planes formales para sus

actividades de implementación, pero sin indicadores claros que verifiquen su cumplimiento.



Fuente: Elaborado por el autor.

Por otra parte, se puede establecer que herramientas como 5S's (59,52%), Kaizen (59,38%), Estandarización (57,46%), Poka Yoke (56,25%), SMED (53,47%) y TPM (49,65%); se encuentran en un nivel de aplicación medio, es decir, que con cierta frecuencia se desarrollan actividades relacionadas con los principios que rigen dichas herramientas, sin embargo, dentro de la Corporación no existe un plan formal establecido para el cumplimiento de estas actividades, así como tampoco existen indicadores que permitan realizar un seguimiento adecuado de las mismas. Por lo cual, dada la situación del área con respecto a la aplicación de estas herramientas, se resuelve que el plan de mejora debe hacer énfasis en la implementación y seguimiento de las herramientas que se encuentran en este nivel.

9.2 SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN A APLICAR

Luego de establecer el nivel de madurez de los procesos en cuanto a la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing relacionadas con los desperdicios encontrados anteriormente y establecer en cuáles de estas se debe hacer énfasis al momento de diseñar el plan de mejora; en este apartado se evaluarán dichas herramientas con el fin de definir qué grado de relación existe entre la implementación de éstas herramientas y cada uno de los principales desperdicios que afectan los procesos productivos del área. Asimismo, se realizará un análisis de cada herramienta respecto a las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del área, para ayudar al posterior diseño de estrategias de implementación. Todo esto con el fin de seleccionar las herramientas Lean más adecuadas que permitan reducir los desperdicios presentes en los procesos y así fortalecer los mismos.

Principales desperdicios vs. Herramientas Lean

Para definir si existe relación entre las herramientas Lean propuestas y los principales desperdicios que afectan los procesos del área, se decide crear una Matriz de Relación, por medio de la cual se establece el nivel de relación entre estas variables. Para determinar este nivel de relación, se evaluó cada una de las herramientas Lean frente a los desperdicios encontrados, otorgando una calificación basada en los criterios presentados en la Tabla 17, y dejando el espacio en blanco siempre que no existiese relación alguna entre el desperdicio y la herramienta evaluada.

Tabla 17. Criterios para asignar grado de relación

Símbolo	Puntos	Grado de relación
▬	1	Bajo
△	2	Medio
○	3	Alto

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 18. Matriz de relación entre Herramientas Lean y Desperdicios

Principales desperdicios		Herramientas Lean Manufacturing						
		5S's	Kaizen	Estandarización	Poka Yoke	SMED	TPM	Kanban (JIT)
Tiempos de espera	Falta de equipo rodante (Baja capacidad, equipos averiados)		▬			△	○	
	Falta de herramientas o equipos (muchos averiados)					△	○	
	Retraso en entrega de materiales y herramientas por parte de almacén interno	○	▬	△				▬
	Cruce de trabajos por mala coordinación de los mismos		△	▬				▬
	Retraso en entrega de pedidos a almacén general							○
	Demora en búsqueda de herramientas	○	▬			△		
Transporte innecesario	Trasporte de herramientas, materiales o equipos a sitios donde no se han autorizado los trabajos o no se ha terminado un trabajo que lo precede	▬	△					△
Movimientos Inecesarios	Movimientos del personal para recibir instrucciones		△	△				
	Movimientos del personal desde las posiciones de varada a buscar herramientas o equipos por falta de previsión	△	▬					
	Movimiento innecesarios por falta de coordinación de las actividades		△	▬				

	Movimientos del personal en busca de hidratación y baños		△					
	Recorrido de largas distancias para cada movimiento de personal		△					
Defectos	Materiales deteriorados por mal almacenamiento	○	▬	▬				△
	Defectos por falta de comunicación y especificaciones cuando se realizan trabajos en conjunto (dos o más divisiones)		▬		○			
	Defectos ocasionados por errores de la mano de obra	△			○			
Procesos Inapropiados	Trámites para gestión de los pedidos		△	▬				
	Trámite largo para solicitar equipo rodante		△	▬				
	Falta de verificación de liberación de trabajos realizados por otras divisiones	▬	△	△				
Inventario Inecesario	Acumulación de material sobrante	△						△
	Stock de inventarios altos							○
	Algunos materiales caducan al estar almacenados por mucho tiempo	○						△
	Total Puntos	20	24	11	6	6	6	16

Fuente: Elaborado por el autor.

A través de la matriz elaborada (ver Tabla 18), se pudo definir la medida en que afectaría la implementación de cada una de las herramientas Lean Manufacturing a la reducción los principales desperdicios, así como establecer qué herramientas son prioridad dada la suma de los puntos obtenidos por cada herramienta. Además, se considera que el impacto de la herramienta es bajo cuando la suma de los puntos fuese menor a 10, de impacto medio cuando el total estuviese entre 10 y 20, y de alto impacto si la puntuación fuese mayor que 20.

Así, se pudo concluir que herramientas como 5S's, Kaizen y Just In Time, serían las que mayor impacto tendrían sobre la reducción de la mayor cantidad de desperdicios; mientras que si bien otras herramientas Lean como SMED, Poka Yoke y TPM no influyen de forma directa en la mayoría de desperdicios, son importantes para la reducción de desperdicios específicos en los que otra herramienta no fuese la mejor solución, por lo que no se pueden dejar a un lado al momento de diseñar un plan integral que mejore el flujo de los procesos al reducir la mayor cantidad de desperdicios posibles.

Análisis DOFA

Luego de definir en qué medida afectarían las herramientas Lean consideradas a los principales desperdicios encontrados, se decidió elaborar una matriz DOFA que permitiera identificar las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas del área, con respecto a la implementación de estas herramientas. Este análisis se realizaría a partir de la información obtenida en las entrevistas, encuesta, lista de verificación y la observación directa de las áreas; y permitiría considerar los elementos internos y externos que afectan los procesos del área con el fin de proponer estrategias conforme a sus necesidades en la implementación de cada una de estas herramientas Lean.

Tabla 19. Análisis DOFA: 5S's

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Los trabajadores conocen la herramienta y sus actividades. • Los trabajadores reconocen la importancia de la organización y orden en las áreas trabajo. • Existen de guías para realización de tareas de limpieza. • Algunas áreas se encuentran señalizadas. • Anteriormente se han promovido proyectos relacionados con esta herramienta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faltan de cronogramas de limpieza • Se genera continuamente material sobrante y residuos de los procesos. • Se dedica tiempo insuficiente a labores de orden y limpieza. • En las áreas de trabajo existen elementos innecesarios. • La organización actual de los almacenes internos no permite que los tiempos de búsqueda de herramientas sean siempre rápidos.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • La Gerencia está comprometida con la optimización de las áreas de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El personal subcontratado no conoce las normas para mantener en condiciones óptimas los puestos de trabajo. • Las condiciones climáticas afectan las condiciones de limpieza de las áreas.

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 20. Análisis DOFA: Kaizen

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Casi todos los trabajadores estarían interesados en participar en la búsqueda de mejoras en los procesos. • Se cuentan con campañas que permiten captar ideas innovadoras para realizar mejoras dentro del área y los procesos. • Se cuentan con lugares donde se podrían realizar reuniones. • Los trabajadores creen que existen procesos que podrían ser mejorados. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se realizan reuniones periódicas para encontrar mejores formas de realizar los procesos. • Aunque existen campañas para captar sugerencias del personal, estas no son muy frecuentes. • Solo se reflexiona sobre los trabajos realizados cuando ocurre algún error o un reproceso. • La herramienta no posee un plan formal dentro de la corporación.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • La Corporación cuenta con un departamento dedicado los sistemas de gestión de la calidad. • Frecuentemente se desarrollan proyectos de investigación orientados a fortalecer los procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Al ser una corporación en donde la producción varía de acuerdo a la cantidad de proyectos, la rotación del personal es alta.

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 21. Análisis DOFA: Trabajo Estandarizado

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Existen manuales de procedimiento establecidos para cada proceso. • Los manuales de procedimiento se actualizan con frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se han definido los tiempos de duración de las operaciones dentro del proceso productivo. • Solo en pocos casos se conoce el rendimiento (o capacidad) de las máquinas. • En algunas ocasiones hacen falta estándares claros.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • En el mercado, muchos astilleros han logrado estandarizar sus procesos con ayuda de herramientas de calidad como Lean Manufacturing. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una gran variabilidad en cuanto a las especificaciones de cada cliente y de los materiales a utilizar, lo que dificulta la tarea de estandarizar los procesos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 22. Análisis DOFA: Poka Yoke

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los trabajadores piensa que durante el desarrollo de los trabajos, cuenta con mecanismos para evitar cometer errores. • Cuando ocurren reprocesos, estos son documentados para realizar una posterior retroalimentación. • La Corporación cuenta con un Departamento encargado de la Gestión de la Calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando ocurren defectos, no se suelen crear mecanismos para evitar que estos se repitan en posteriores trabajos • En algunas ocasiones no se toman las suficientes referencias dimensionales para evitar errores en tareas como mecanizado o conformación, generando reprocesos. • La calidad de los trabajos depende, en gran medida, de la habilidad de los trabajadores.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • En el sector industrial se han desarrollado avances tecnológicos que permiten la reducción de los defectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las condiciones climáticas influyen en gran medida sobre la ocurrencia de defectos en los trabajos. • Muchos de los trabajos se realizan con personal subcontratado (diferencias en la forma de operar).

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 23. Análisis DOFA: SMED

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Según los responsables del proceso, la mayoría de veces, el tiempo de preparación de una maquina o equipo para realizar trabajos es inferior a 10 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> Los tiempos de preparación de las maquinas no se miden actualmente dentro del área, lo que dificulta tener un punto de partida para establecer mejoras. El personal operativo no posee conocimientos sobre esta herramienta. Solo en algunos casos, los elementos necesarios para la preparación de las maquinas, se encuentran ordenados e identificados.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> Esta herramienta es una oportunidad para resolver problemas relacionados con los tiempos de espera entre un trabajo y otro. 	<ul style="list-style-type: none"> El costo de realizar una medición de tiempos es elevado, por lo cual debe disponerse de tiempo de laboral sino se desea invertir en la implementación de esta herramienta.

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 24. Análisis DOFA: TPM

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Existe una tarjeta de operación asignada a cada equipo y maquina dentro de las áreas de trabajo, permitiendo ver información de uso y seguridad. La Corporación cuenta con un departamento orientado a las labores de mantenimiento de máquinas y equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> El tiempo en realizar un mantenimiento correctivo no suele ser rápido, por lo cual muchas herramientas y equipos se dan por obsoletos. La falta de mantenimiento preventivo, así como el mal uso, acortan la vida útil de las herramientas y equipos. La mayoría de los trabajadores creen que no es su responsabilidad realizar el mantenimiento preventivo, o simplemente no saben realizarlo.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> Con los avances tecnológicos, cada vez es más sencillo realizar el mantenimiento de las máquinas y equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> Dado que la mayoría de trabajos se realiza al aire libre, factores como la arena y el clima, acelera el deterioro de los equipos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 25. Análisis DOFA: Just In Time (JIT)

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Dentro de la Corporación se ha socializado la técnica de JIT, por lo cual hay personal con conocimientos básicos sobre ésta. • Cada división del Dpto. de Producción cuentan con almacenes internos, facilitando el almacenamiento de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacen falta métodos que permitan un conocer información sobre las piezas de trabajo en proceso (origen, destino, cantidad, estado, etc.) • En algunas ocasiones, a liberación de los trabajos se retrasa por ausencia del personal de calidad cuando se necesita. • Existe mucho inventario de materiales (residuales o de poca rotación), por lo cual tienden a deteriorarse. •
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Existen nuevos tratados internacionales que facilitan la obtención de materiales de importación. • La Corporación se encuentra en el sector industrial de Mamonal, lo cual facilita la llegada de materiales por parte de los proveedores. • Se han implementado exitosamente prácticas de JIT en astilleros de clase mundial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen materiales especiales que necesitan ser importados según especificaciones del cliente, lo que genera grandes tiempos de espera. • Cuando los proyectos requieren de materiales que no poseen código dentro de la base de datos del almacén general, el proceso de crearlo es largo.

Fuente: Elaborado por el autor.

10. DISEÑO DEL PLAN DE MEJORA E INDICADORES DE GESTIÓN

10.1 PLAN DE MEJORA BASADO EN LEAN MANUFACTURING

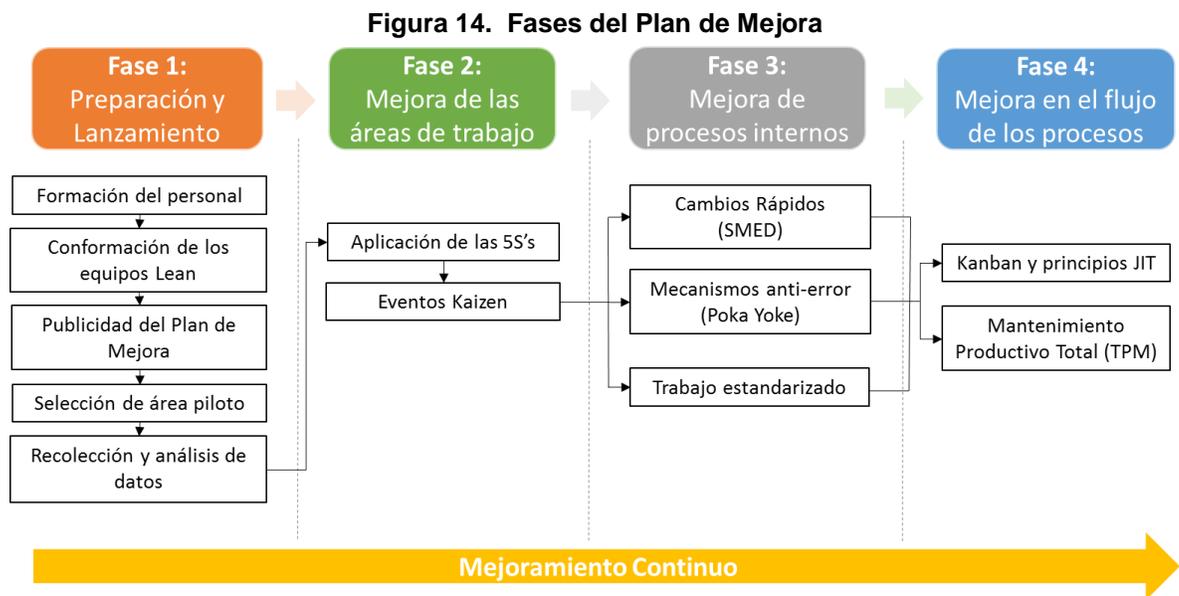
Luego de identificar la situación actual de los procesos productivos, de analizar los desperdicios que los afectan y establecer las necesidades del Área de Reparaciones; en el presente apartado se diseñará el plan de mejora que integrará las herramientas Lean Manufacturing que anteriormente fueron seleccionadas, y que dada su aplicación, tendrían un efecto positivo en la reducción de los desperdicios que afectan el área.

Este plan de mejora servirá como guía para desarrollar las acciones necesarias, tanto de implementación, como de mantenimiento, de cada una de las herramientas Lean propuestas en ésta investigación. Además, incluirá los objetivos, beneficios, actividades y aspectos importantes a tener en cuenta al momento de poner en práctica los principios establecidos por las herramientas, de forma que se adapten a las necesidades de la Corporación.

Es importante tener en cuenta que estas herramientas funcionan de manera conjunta dentro del modelo Lean Manufacturing y que están relacionadas entre sí, por lo cual es necesario proponer un orden de actividades que facilite la implementación de dichas herramientas y que tenga en cuenta desde las actividades más básicas, hasta las que requieran de cierto grado de preparación en los procesos y áreas de trabajo.

De acuerdo con lo anterior, se elabora el plan de mejora basado en Lean Manufacturing, el cual se divide en cuatro fases o etapas necesarias para una implementación eficaz de las herramientas Lean orientadas a fortalecer los procesos productivos del área (ver Figura 14).

Este plan inicia con la fase de preparación, en la cual se llevarán a cabo todas las actividades relacionadas con la formación y sensibilización del personal, selección de área piloto donde se implementarán las herramientas y publicidad del plan de mejora, entre otras actividades de planeación. Luego, en la fase de implementación de mejoras rápidas, se deberán llevar a cabo todas las actividades orientadas a implementar las herramientas Lean encargadas de optimizar las áreas de trabajo y que son consideradas como base para la aplicación de herramientas más complejas (Hernández & Vizán, 2013).



Una vez optimizadas las áreas de trabajo, en la tercera fase, se procederá a desarrollar las acciones necesarias para la implementación de aquellas herramientas Lean que suponen mejoras sustanciales y la estandarización de los procesos internos del Área de Reparaciones de COTECMAR. Y finalmente, en la última fase, las actividades estarán encaminadas a implementar las técnicas JIT y TPM, las cuales buscan mejorar el flujo en los procesos, influyendo también en la forma como se relaciona la Corporación con sus proveedores.

10.1.1 FASE 1: Preparación y lanzamiento

Esta será la etapa inicial del proyecto, en la cual se definirán las actividades y aspectos necesarios para la puesta en marcha del plan de mejora, las cuales servirán de apoyo en la implementación de cada una de las herramientas Lean propuestas para la reducción de los desperdicios que afectan los procesos del Dpto. de Producción. Así, en esta etapa se adelantaran las siguientes actividades:

- **Formación del personal.** Ya que la implementación de herramientas de mejora afecta la forma en que se realizan los trabajos, es necesario que el personal de todos los niveles conozca los conceptos básicos del modelo Lean Manufacturing, sus principios, objetivos, técnicas, y herramientas que son utilizadas para reducir los desperdicios de tiempo, recursos y esfuerzo, así como explicar cuáles son los beneficios para los trabajadores y la Corporación, una vez se ha alcanzado la implementación de dichas herramientas.

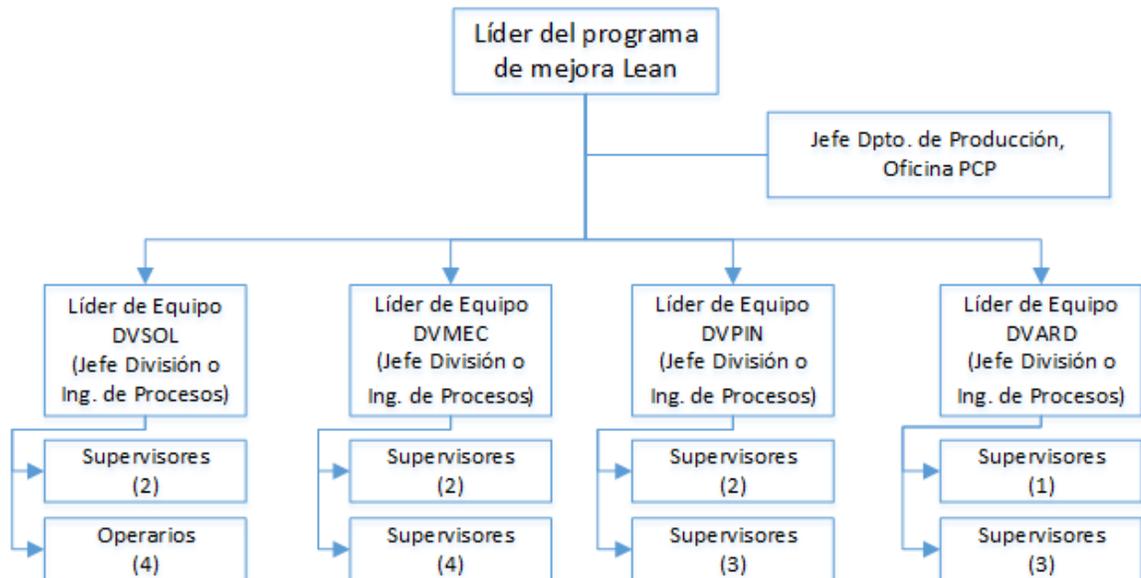
También es importante que el personal tenga la capacidad de reconocer el significado de “Valor” desde el punto de vista del cliente, y sepa diferenciar cuáles son las actividades que agregan Valor al proceso y cuáles, por el contrario, no son necesarias y generan desperdicios de recursos, siendo capaces de clasificarlas de acuerdo a los tipos de desperdicios existentes.

Es por lo anterior, que para la formación del personal, se deben programar sesiones de capacitación que deben ser dirigidas por una persona, preferiblemente con buenas habilidades sociales, que sea capaz de orientar al personal y posea gran conocimientos sobre el Modelo Lean Manufacturing, para lo cual necesita haber revisado y estudiado la literatura disponible acerca de éste tema. Estas sesiones deberán hacerse de forma separada, tomando cada división por separado, de modo que el personal se sienta en confianza y

pueda hacer las preguntas que sean convenientes para aclarar la mayor cantidad de dudas acerca los conceptos explicados.

- **Conformación de los equipos Lean.** Luego de haber capacitado el personal acerca de la metodología Lean Manufacturing, se procede a conformar los equipos Lean (uno por división). Estos equipos de trabajo tendrán como objetivo colaborar en el cumplimiento de las actividades necesarias para la implementación y mantenimiento de las herramientas Lean dentro de los procesos y áreas de trabajo.

Figura 15. Estructura Equipos Lean



Fuente: Elaborado por el autor.

La conformación de estos equipos busca implicar al personal, de forma que participe activamente en la implementación de mejoras, razón por la cual debe estar constituido por representantes de todos los niveles de cargo existentes, empezando por el Jefe de cada división (Nivel estratégico), pasando por ingenieros y supervisores (Nivel táctico), y por último el personal operativo (Nivel operativo); cuya cantidad será elegida en función del total de personal en la División. Además, tanto el líder como las personas que integren estos

equipos, deben ser responsables, estar comprometidas con el cambio y capacitadas para buscar la mejora continua de los procesos

- **Publicidad del Plan de Mejora.** Para que el plan de mejora tenga éxito, debe sensibilizarse a todo el personal del área, de modo que comprendan las iniciativas por parte de la Corporación y colaboren en el cumplimiento de los objetivos. Por esto, es necesario realizar la publicidad del plan de mejora a través de carteles, correos electrónicos y reuniones informales, entre otros; en los cuales se mencionen las actividades que se llevarán a cabo y se reflexione acerca del punto en el cual se encuentra la Corporación y a dónde se quiere llegar con la implementación de las mejoras antes mencionadas, así como los beneficios que podrían lograrse.
- **Selección del área piloto.** Debido a que para llevar a cabo las actividades de implementación de las herramienta Lean se necesita disponibilidad de tiempo y esfuerzo del personal, y teniendo en cuenta que cambios dentro del sistema productivo actual pueden generar traumatismo sobre los trabajadores respecto a la forma en que llevan a cabo sus procesos; es recomendable iniciar la implementación de las mejoras en un división piloto, de modo que se minimicen los riesgos y se realicen modificaciones al plan en caso de ser necesario, y una vez se ha obtenido éxito en el área, replicar las mejoras al resto de divisiones.
- **Recolección y análisis de datos.** Por último, en ésta fase de preparación es necesario recopilar la mayor cantidad de datos los procesos, recursos, equipos, capacidades, tiempos de producción y preparación de máquinas, y demás aspectos importantes que permitan, a través de su análisis, generar información precisa para solucionar los posibles problemas u oportunidades de mejora que puedan presentarse durante la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing*.

10.1.2 FASE 2: Mejora de las áreas de trabajo

Siguiendo con la metodología establecida en el plan de mejora y luego de haber desarrollado las actividades relacionadas con la preparación, formación del personal, conformación de grupos de trabajo y publicidad del plan; en esta fase se inicia la implementación de las herramientas pertenecientes al modelo Lean Manufacturing. En este caso, las herramientas a implementar son las 5S's y Kaizen, herramientas orientadas a la optimización de los áreas de trabajo y a la implantación de mejoras rápidas dentro del proceso productivo, y que sirven como base para la implementación de las demás herramientas.

10.1.2.1 Aplicación de las 5S's

Esta herramienta consiste en la aplicación secuencial de cinco principios o pasos, orientados a optimizar los puestos y áreas de trabajo, a través de la organización y limpieza de las mismas. Estos cinco principios son: Clasificar, Organizar, Limpiar, Estandarizar y Disciplinar, los cuales al ser aplicados constantemente, mejoran el desempeño de los procesos facilitando el acceso a los elementos necesarios para realizar los trabajos, previniendo accidentes y evitando que se produzcan interrupciones en el proceso por culpa de una mala organización.

Paso 1: Clasificar (*Seiri*)

Objetivos:

- Reducir o eliminar si es posible, la mayor cantidad de elementos innecesarios presentes en las divisiones.
- Liberar espacio útil y retirar obstáculos presentes en pasillos y lugares, y todos los elementos que no se estén utilizando.

- Tener un mayor control de las existencias de material, equipos y herramientas en la división.

Actividades de Implementación:

1. Seleccionar herramientas a utilizar para la implantación de la primera “S”.
2. Informar al personal operativo, supervisores y jefes de la puesta en marcha de las actividades.
3. Reunir a los integrantes del Equipo Lean de la división, con el fin de realizar la programación de las actividades.
4. Comprender los criterios a tener en cuenta para identificar los elementos innecesarios presentes en el área.
5. Elaboración de formatos de ayuda (Tarjeta roja, Lista de elementos innecesarios).
6. Los operarios deberán identificar los elementos innecesarios en el área con ayuda del formato “Tarjeta Roja”. (ver Anexo 9)
7. Los supervisores deberán recoger la información de los elementos que han sido identificados como innecesarios según el criterio del personal operativo, utilizando el formato “Lista de elementos innecesarios”. (ver Anexo 10)
8. El equipo Lean realizará una retroalimentación para identificar elementos innecesarios no marcados y sugerir acciones a tomar con los elementos innecesarios.
9. Separar los elementos innecesarios de los elementos que sí son necesarios.
10. Gestionar y tramitar acciones correctivas.

Herramientas de apoyo:

- Tarjeta roja: Esta herramienta será utilizada por el personal operativo para identificar según su percepción y los criterios explicados, los objetos innecesarios en su área de trabajo o los cuales deben estar almacenados en otro lugar, dado su poco uso.

- Lista de elementos innecesarios: Esta herramienta será utilizada por los supervisores para recoger la información de las tarjetas rojas (utilizadas por los operarios).

Paso 2: Organizar (*Seiton*)

Objetivos:

- Asignar un sitio idóneo para cada elemento necesario en el área de trabajo teniendo en cuenta que sea fácil de encontrar y de regresar a su lugar.
- Designar lugares para colocar elementos de uso poco frecuente.
- Reducir el tiempo necesario para acceder a insumos, herramientas y equipos requeridos para el trabajo, mejorando el acceso a los mismos.
- Mejorar la identificación visual de las áreas, estanterías, pasillos, lugares de almacenamiento de los elementos de trabajo.

Actividades de Implementación:

1. Seleccionar herramientas de apoyo a utilizar para la implantación de la segunda "S"
2. Explicar criterios a tener en cuenta para la aplicación de las herramientas a utilizar.
3. Reunir al Equipo Lean de la división, y elegir responsables de la ejecución de actividades propuestas.
4. Identificar los elementos necesarios presentes en las distintas áreas de trabajo y determinar su frecuencia de uso.
5. Elaborar un croquis o dibujo del espacio físico de las áreas, identificando los lugares de almacenamiento y zonas de trabajo.
6. Ordenar las áreas de trabajo, redistribuir los espacios de almacenamiento si es necesario y prepararlos para su utilización.
7. Determinar un lugar para cada elemento teniendo en cuenta su frecuencia de uso, volumen, peso, secuencia en el proceso, cantidad, riesgo que

represente y trabajo para el que se necesite. Lo anterior dibujando un nuevo grafico donde se quiera ubicar cada elemento.

8. Utilizar indicadores visuales (rótulos, etiquetas, letreros, etc.) de ubicación para los consumibles, herramientas y equipos en los lugares donde almacenaran.
9. Señalizar las áreas.
10. Mantener organizados los lugares de almacenamiento.

Herramientas de apoyo:

- Mapa 5S: Gráfico que muestra la ubicación de los elementos que se quieren ordenar en las áreas de la división.
- Control Visual: Son señales visuales que nos transmiten mensajes claros acerca de aspectos como:
 - ✓ Sitios donde se encuentran los elementos
 - ✓ Ubicación el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
 - ✓ Ubicación de los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
 - ✓ Lugares de almacenamiento
 - ✓ Áreas de trabajo

Paso 3: Limpiar (Seiso)

Objetivos:

- Reducir el riesgo de que ocurran accidentes.
- Mejorar el bienestar físico y mental de los trabajadores.
- Incrementar la vida útil de los equipos y herramientas.
- Mejorar las condiciones ambientales e higiénicas en las áreas de trabajo.
- Mejorar la calidad de los procesos evitando fallas por suciedad y/o contaminación.
- Realizar inspección de equipos mientras se ejecutan las labores de limpieza.

Actividades de Implementación:

1. Reunir al Equipo Lean para realizar la programación de las actividades.
2. Identificar los elementos de limpieza, asignarle un lugar y asegurarse de que estén listo para ser usados.
3. Elaborar manual de limpieza. Este debe contener: Propósitos de limpieza, gráficos asignación de áreas, procedimientos para limpiar, elementos de limpieza necesarios, entre otros.
4. Dividir área de trabajo en zonas y asignar responsables a cada zona.
5. Realizar jornada de limpieza general en la que se retire el polvo y suciedad de los pasillos, ventanas, estantes, herramientas, equipos, maquinaria, muebles, etc., que hagan parte del área de trabajo.
6. Al realizar la jornada de limpieza general, verificar e identificar el estado y funcionamiento de los equipos y herramientas con el fin de detectar fallas en el mismo.
7. Luego de realizar la limpieza general, se debe determinar porque se produce la suciedad que fue retirada y cómo se puede evitar, o reducir su acumulación en caso de que sea inevitable que se produzca; para luego establecer soluciones que eliminen estas causas.
8. Mantener los puntos ecológicos y sensibilizar al personal sobre la importancia del manejo de residuos.
9. Realizar cronograma de limpieza con ayuda del Equipo Lean.

Herramientas de apoyo:

- Cronograma de limpieza: Representación gráfica en la cual se incluirán los horarios y zonas en los que deben realizarse las actividades de limpieza, así como los responsables y el tiempo que será dedicado al desarrollo de dichas actividades.

Recomendaciones:

- Cada trabajador es responsable de su puesto de trabajo y de mantenerlo en óptimas condiciones de limpieza. Así como también, debe respetar las demás áreas.
- Durante la limpieza general, intervendrán por cada área, mínimo dos trabajadores del personal operativo y un supervisor que verifique el cumplimiento de la limpieza.
- Con el fin de involucrar a todo el personal, se deben rotar los responsables de las áreas cada dos semanas.
- Los responsables de realizar las actividades de limpieza serán elegidos por el líder del Equipo Lean de la división.
- Siempre que se realice un trabajo, los trabajadores deberán limpiar el área al finalizar el mismo.
- El tiempo y fecha en que se realice la limpieza general de cada área serán estipulados por el líder del equipo de acuerdo a la disponibilidad del personal.

Paso 4: Estandarizar (*Seiketsu*)

Objetivos:

- Mantener los logros alcanzados durante la implementación de las tres primeras "S".
- Fomentar hábitos útiles dentro del personal del área.
- Crear estándares visuales que prevengan errores y permitan llevar a cabo de forma sencilla las actividades de organización, orden y limpieza.
- Servir como base para el mantenimiento y mejora continua.

Actividades de Implementación:

1. Reunir al Equipo Lean para realizar la programación de las actividades.
2. Analizar las áreas de trabajo con el fin de reunir información acerca de la forma más óptima y segura de llevarlos a cabo las actividades.
3. Elaborar estándares visuales que faciliten el desarrollo de las actividades de organización, orden y limpieza (manuales, guías, cronogramas, etc.).
4. Señalizar las áreas de trabajo, áreas de almacenamiento y demás espacios dentro de las instalaciones.
5. Socializar los estándares creados con todo el personal del área.
6. Revisar los estándares y actualizarlos siempre que sea necesario.

Paso 5: Disciplina (*Shitsuke*)

Objetivos:

- Convertir en hábito el cumplimiento de los estándares establecidos en el paso anterior.
- Realizar el seguimiento del estado de las áreas de trabajo y del cumplimiento de actividades de las tres primeras “S”.
- Promover la importancia y beneficios de la implementación de actividades de organización, orden y limpieza.
- Crear una cultura de cuidado y conservación de los puestos de trabajo.

Actividades de Implementación:

1. Reunir al Equipo Lean para realizar la programación de las actividades.
2. Promover constantemente los beneficios obtenidos con la organización y limpieza de las áreas de trabajo
3. Crear instrumentos (autoevaluación, auditorias, etc.) que permitan verificar el estado de cumplimiento de las actividades de organización, orden y limpieza, así como de los estándares.

4. Definir los responsables de verificar el cumplimiento de las actividades mencionadas anteriormente.
5. Realizar forma periódica la autoevaluación (ver Anexo 11) y auditorias (ver Anexo 12) de las áreas de trabajo en cuanto al cumplimiento de las tres primeras “S”.
6. Publicar los resultados de las auditorias y hacer una retroalimentación para realizar reconocimientos al personal o proponer mejoras, en caso de ser necesario.

Beneficios al implementar las 5S’s:

- Liberación de espacio útil dentro de las áreas de trabajo.
- Organización de las áreas y reducción de los tiempos de búsqueda de herramientas, equipos y elementos necesarios para realizar los trabajos.
- Mantenimiento de la limpieza y prevención de averías por culpa de la contaminación y suciedad.
- Optimización de las áreas de trabajo.
- Creación de una cultura organizacional basada en el cuidado y preservación de los elementos y áreas de trabajo.

10.1.2.2 Eventos Kaizen

La palabra Kaizen se traduce en “mejora continua” y es considerada como una filosofía orientada a la mejora continua de los procesos. De lo anterior se deriva la importancia del compromiso por parte de todas las personas involucradas desde la gerencia, pasando por cargos medios, hasta llegar al personal operativo, además de una metodología clara y efectiva, orientada a aumentar la calidad de los procesos y reducir los costos y tiempos con mejoras incrementales. Para esto es importante que la gerencia lideré las acciones de mejora y reconozca la importancia del personal en la detección de problemas que puedan estar limitando

la productividad, u oportunidades de mejora que se puedan presentar en otros aspectos del proceso (seguridad, calidad, medio ambiente, etc.). Para lograr estas mejoras, se plantean los siguientes pasos enmarcados en el Ciclo PHVA, que ayudarán a crear Eventos Kaizen eficaces que permitan fortalecer los procesos del Área de Reparaciones de COTEMAR.

Planear

Paso 1. Determinación de objetivos:

Es importante establecer los aspectos en los que se deben mejorar los procesos con ayuda de los eventos Kaizen, calendario del evento, así como determinar objetivos generales (respecto al mejoramiento continuo) y específicos (de cada evento Kaizen), que deberán estar alineados con el direccionamiento estratégico de la Corporación. Algunos de los objetivos podrían ser, por ejemplo: Reducción de tiempos y costos de producción, reducción de accidentes y riesgos de seguridad, y el mejor manejo de los residuos o la reducción de los mismos.

Paso 2. Conformación equipos de trabajo:

Para llevar a cabo los eventos Kaizen y promover la filosofía dentro de la Corporación, es necesaria la formación de un equipo de personas que intervengan activamente en los procesos y, en caso de que sea posible, una persona (conocedora del proceso) que esté fuera del sistema que ayude aportando sus ideas desde otra perspectiva. Estas personas serán seleccionadas por el líder del Equipo Lean de la división de acuerdo a su experiencia, conocimientos técnicos relacionados con los procesos y otras cualidades como iniciativa, motivación y liderazgo dentro del personal; así mismo deberá estar conformado principalmente por:

- El Jefe de la división o Ingeniero de Procesos.
- Dos supervisores.

- Dos o tres operarios, dependiendo de la especialización de los trabajos en cada división.

Paso 3. Entrenamiento equipos de trabajo:

Una vez conformado el equipo, los integrantes deben ser entrenados por el líder o coordinador de los eventos Kaizen acerca de la filosofía de mejora continua, conceptos básicos de Lean (manufactura limpia), objetivos, tipos de desperdicios existentes (elementos que no están agregando valor), cómo identificarlos, mostrar ejemplos de los mismos, además de dar a conocer las herramientas y métodos para solucionar los problemas presentes en los procesos y eliminar dichos desperdicios. Este entrenamiento deberá llevarse a cabo en una jornada de 2 a 3 horas los equipos de todas las divisiones.

Paso 4. Recolección y análisis datos:

Luego de que las personas del equipo han sido entrenadas en cuanto a los tipos de desperdicios, se programan Eventos Kaizen con el fin de hacer una primera recolección de datos acerca del estado actual del proceso, los desperdicios más evidentes y sus posibles causas. Lo anterior mediante la utilización de herramientas como: Diagrama flujo de procesos, Diagrama de causa-efecto, Lluvia de ideas, etc. La recolección de datos se llevara a cabo en otra reunión con una duración de 2 horas con los equipos de cada división.

Hacer

Paso 5. Recorrido del área de trabajo:

Luego de analizar los datos anteriormente recolectados se procede a recorrer el área de trabajo para conocer en detalle dichos problemas, sus causas principales, contextualizarlos y saber cómo afectan el flujo del proceso, así como para identificar nuevos desperdicios que no se tuvieron en cuenta en la primera

reunión. Esto debe hacerse con los equipos de cada división en jornadas de 2 a 4 horas, dependiendo de la cantidad de desperdicios encontrados y su complejidad.

Paso 6. Definición y ejecución de mejoras:

Teniendo claramente identificadas las principales causas de los problemas (desperdicios) identificados en los procesos productivos y analizar su comportamiento, se reúne nuevamente el equipo para definir un plan de acción para implementar las mejoras; el cual contener las acciones o actividades requeridas, así como fechas límites para llevarlas a cabo y nombres de los responsables de su ejecución y supervisión. Para posteriormente, poner en marcha el dicho plan de acción en el área donde se presente el problema. Lo anterior deberá hacerse durante dos o tres días después de definido el plan.

Verificar

Paso 7. Evaluación y seguimiento:

Luego de poner en marcha el plan de mejoras, es necesario establecer métricas o indicadores que permitan medir el impacto de los cambios en el proceso y su comportamiento durante la implementación, así como comparar el estado inicial con el nuevo estado del proceso luego de aplicar las mejoras, y llevar a cabo planes de control, levantamiento y presentación de datos. Este control deberá ejercerse durante la ejecución del plan de mejora con el fin de determinar la viabilidad del mismo para mejorar los procesos.

Actuar

Paso 8. Estandarización:

Una vez monitoreados los resultados de las mejoras, el análisis de los mismos y haber tomado las medidas necesarias para afrontar imprevistos; se deberá presentar un informe acerca de los logros alcanzados por el Evento Kaizen, su

impacto en la mejora continua del proceso seleccionado y los resultados esperados en el tiempo. Posteriormente, y con la aprobación de la Gerencia, el jefe de la división se encargara de gestionar con la Oficina de Sistemas Integrados de Gestión para incluir la mejoras en los procedimientos ya establecidos en los manuales y guías en caso de ser necesario; además se estudiara la viabilidad de su replicación en otras divisiones y departamentos.

Beneficios al implementar Eventos Kaizen:

- Identificación de desperdicios y oportunidades de mejora presentes en los procesos.
- Mejoramiento continuo de los procesos, y eliminación de aquellas actividades que son considerados como innecesarias.
- Fomento del trabajo en equipo y participación del personal en la resolución de problemas asociados a la producción.
- Reducción de costos, mejora de la calidad del servicio y aumento de la productividad a mediano y largo plazo.

10.1.3 FASE 3: Mejora de procesos internos

Luego de optimizar las áreas de trabajo y conformar Eventos Kaizen que promuevan el mejoramiento continuo dentro de la Corporación, en esta fase se establecerá el plan de acción para implementar las herramientas: Cambios Rápidos (SMED), Mecanismos anti-error (Poca Yoke) y Trabajo estandarizado; las cuales incluyen principios orientados a fortalecer internamente los procesos productivos del Área de Reparaciones de COTECMAR.

10.1.3.1 Cambios Rápidos (SMED)

La herramienta de Cambios Rápidos (SMED) es utilizada dentro del modelo Lean Manufacturing, para conseguir una reducción en los tiempos de preparación de las máquinas, específicamente a menos de 10 minutos. A su vez, esto reduciría la acumulación del inventario en proceso y agilizaría la producción, ya que al realizar cambios rápidos en los elementos usados para la preparación de las maquinas, los tiempos de espera para realizar los trabajos disminuirían. Esto sería de gran utilidad dentro de COTECMAR debido a que dada la variabilidad en las especificaciones de los clientes y los materiales que se usan para el proceso productivo, constantemente se requiere realizar ajustes de las máquinas y equipos (tareas de mecanizado, corte de lámina, aplicación de sandblasting y recubrimientos, etc.).

Objetivos de SMED:

- Reducir los tiempos de preparación de las máquinas necesarias para realizar los trabajos de producción.
- Reducir la acumulación de inventario en proceso.
- Reducir los desperdicios relacionados con tiempos de espera, inventario, movimientos innecesarios y defectos.
- Incrementar la flexibilidad del área al momento de realizar trabajos con diferentes especificaciones.

Actividades de implementación:

Para la implementación de la herramienta SMED, se deberán llevar a cabo cinco pasos que van desde la identificación de las tareas para llevar a cabo preparación de las maquinas, llegando a la reducción de aquellas actividades de tareas consideradas como externas (Rajadell & Sánchez, 2010).

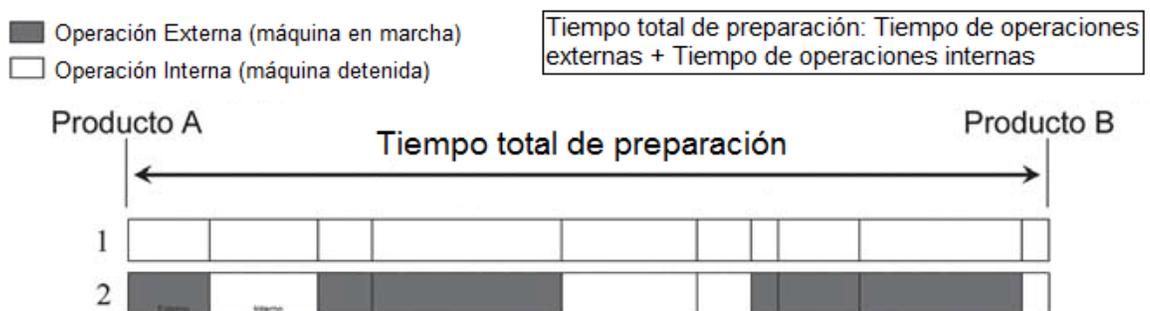
Paso 1. Identificar actividades de preparación de máquinas.

En este primer paso, el Equipo Lean de cada división deberá reunirse para identificar todas aquellas actividades u operaciones relacionadas con la preparación de las máquinas antes de realizar un trabajo de producción. Estas tareas deberán ser cronometradas con el fin de determinar el tiempo que requieren y sin excluir ninguna tarea relacionada a la fase de preparación de las máquinas.

Paso 2. Diferenciar las actividades internas de las externas.

Luego de identificar las tareas que hacen parte de la fase de preparación de las máquinas, se debe diferenciar y separar las tareas u operaciones internas de las externas. Aquí es importante recordar que las operaciones internas son aquellas que requieren que la máquina esté detenida para poder realizarlas, mientras que las operaciones externas son aquellas que pueden realizarse mientras la máquina está en marcha (ver Figura 16). Por ejemplo, en el caso de un pantógrafo (máquina usada para el corte de láminas de acero en DVSO), como actividad interna se podría considerar el cambio de las boquillas del soplete cortador; mientras que como operación externa tenemos la búsqueda de la boquilla dentro de la caja de herramientas.

Figura 16. División del tiempo de preparación de las máquinas



Fuente: Elaborado por el autor.

Paso 3. Transformar las operaciones internas en externas.

Una vez se han identificado y separado las operaciones internas de las externas, se debe intentar convertir la mayor cantidad de las primeras a las segundas, es decir, tratar de que el mayor número de operaciones de preparación de las maquinas se realice mientras que ésta última se encuentra en marcha. Para esto es necesario, realizar un buen análisis de las operaciones consideradas como internas y revisar si algunos de los pasos de éstas, pueden convertirse en operaciones externas, ya que pueden existir pasos de las operaciones internas que pueden realizarse sin que la maquina esté detenida.

En este paso también es necesario, que todos los elementos necesarios para las operaciones de preparación de las maquinas se encuentren cerca, de modo que se eviten desperdicios relacionados con pérdida de tiempo buscando herramientas, movimientos innecesarios del personal y transporte de piezas y utillaje, de aquí la importancia de haber implementado la herramienta de las 5S's

Paso 4. Reducir las operaciones internas.

En este paso los esfuerzos deberán estar orientados hacia la reducción de las operaciones internas en la fase de preparación de las maquinas. Para esto es necesario realizar actividades como (Rajadell & Sánchez, 2010):

- Estudiar las necesidades de las operaciones y proponer mejores prácticas.
- Utilizar cambios rápidos para los componentes.
- Eliminar o reducir herramientas utilizadas (destornilladores, llaves, etc.).
- Utilizar la gestión visual para identificar los elementos.
- Asignar posiciones fijas a los utillajes utilizados para preparar las máquinas.

Paso 5. Reducir las operaciones externas.

Una vez se han reducido las operaciones internas, la atención debe centrarse en la reducción del tiempo en que se realizan las operaciones externas. Aquí se pueden realizar actividades como:

- Mejoras de ingeniería: analizando los procesos y realizando un estudio de movimiento de los trabajadores, para implantar mejoras que reduzcan el tiempo de las operaciones de preparación de máquinas. Además, se pueden crear mecanismos ajustables que faciliten el cambio de los elementos y el acceso a los mismos
- Operaciones paralelas: Se pueden buscar la forma de realizar operaciones de manera simultánea, de modo que se ahorre tiempo, incluso si se necesita la adición de otro operario. Esto, lejos de incrementar las horas-hombre, podría reducir las debido a que el tiempo empleado por un solo operario, podría reducirse a menos de la mitad, cuando dos operarios están realizando una operación.
- Eliminar ajustes: Si estandarizan las operaciones de preparación de las máquinas, se pueden eliminar los numerosos ajustes que se realizan en esta fase al momento de buscar la precisión para realizar los trabajos.

Beneficios de implementar SMED:

- Se reduce los tiempos de entrega al reducir los tiempos en que se llevan a cabo los procesos productivos.
- Se incrementa la flexibilidad de las máquinas, pudiendo atender la variación en la demanda de los clientes
- Se aumenta la capacidad de las máquinas al reducir sus tiempos de preparación.

10.1.3.2 Mecanismos anti-error (Poka Yoke)

La implementación de la herramienta Poka Yoke (a prueba de errores) permite incrementar la calidad desde los puestos de trabajo, esto es posible, debido a la creación y utilización de mecanismos anti-error que permiten realizar una inspección de los procesos mientras se ejecutan, previniendo así que se produzcan defectos en los trabajos. Estos mecanismos se caracterizan por ser simples y eficaces, lo que supone que son fáciles de implementar, además de económicos, y actúan por si mismos independientemente de lo que haga el operario, alertándolo cuando algo está mal en el proceso.

Objetivos de Poka Yoke:

- Implantar la calidad dentro de los procesos gracias a la auto-inspección.
- Minimizar y eliminar los errores y defectos que se generan durante el proceso productivo.
- Evitar las equivocaciones y errores por parte de la mano de obra.

Actividades de implementación:

1. Reunir al Equipo Lean de las divisiones para capacitarlo sobre los conceptos fundamentales de la herramienta Poka Yoke y la creación de mecanismos anti-error.
2. Se puede empezar indagando sobre los defectos y errores más repetitivos en los trabajos de reparación desarrollados por la división con el fin de tener un punto de partida.
3. Analizar los defectos y errores recogidos en el paso anterior con el fin de encontrar la causa principal (ya sea por error de mano de obra o errores en el equipo y materiales).
4. Socializar con el Equipo Lean los tipos de mecanismos Poka Yoke existentes, como por ejemplo: métodos de control o bloqueo, métodos informativos o de

aviso, sistemas de contacto, sistemas de valor constante, etc. (Cuatrecasas, 2010).

5. Identificar cuál de estos mecanismos podría ser utilizado para prevenir los errores y defectos repetitivos en los procesos, definiendo los beneficios que se obtendrían a través de su implementación.
6. Implementar mecanismos propuestos si resultan ser viables y realizar informe de los resultados obtenidos.
7. Repetir estos pasos cada vez que se identifiquen errores o defectos que sean repetitivos o que tengan un mayor impacto sobre el producto o servicio de reparación de buques.

Beneficios de implementas Poka Yoke:

- Se reducen los errores humanos por distracción o falta de habilidades, y las causas de los defectos en los trabajos.
- Se detectan los defectos antes de que avancen al siguiente proceso.
- Se asegura la calidad de los productos y servicios de la Corporación desde los puestos de trabajo

10.1.3.3 Trabajo Estandarizado

La estandarización es una de las herramientas más importantes, ya que al igual que herramientas como las 5S's y Kaizen, constituye una base para tener éxito en la implantación de herramientas de calidad más complejas. Más aun, en el Área de Reparaciones de COTECMAR, donde los proyectos de reparación de buques tienden a ser muy variables, conseguir un trabajo estandarizado es un aspecto fundamental para incrementar su productividad y fortalecer los procesos productivos del área.

Esta herramienta comparte los principios de la Cuarta “S” (Estandarizar), y busca crear estándares escritos y/o gráficos, que representen la manera más eficaz y eficiente de llevar a cabo los procesos, de modo que provea información precisa acerca de aspectos como las maquinas, materiales, procedimientos, áreas de trabajo e información que permita asegurar la calidad de los procesos independientemente de quien los realice.

Objetivos del Trabajo Estandarizado:

- Describir de forma simple y clara la mejor forma de llevar a cabo los procesos productivos del área.
- Minimizar la variabilidad de los procesos, reduciendo las desviaciones a la hora de ejecutar los trabajos de producción.
- Estandarizar los procesos de modo que sea más sencillo medirlos.

Actividades de implementación:

1. Reunir al Equipo Lean de las divisiones para capacitarlo sobre los conceptos de Estandarización de los procesos.
2. Identificar y analizar los procesos productivos del área y verificar si se están cumpliendo los manuales de procedimiento establecidos por la Corporación. Además, se deben determinar aquellos procedimientos que no se encuentran estandarizados o no figuran dentro de los manuales.
3. Actualizar los manuales de procedimiento en caso de ser necesario, con ayuda de la Oficina de Sistemas Integrados de Gestión (OFSIG).
4. Identificar las áreas de trabajo, áreas de almacenamiento y demás espacios, y señalizarlos de acuerdo a las normas de seguridad industrial.
5. Realizar reuniones periódicas con el Equipo Lean, en las cuales se reflexione acerca de la creación de nuevos estándares escritos o visuales, que faciliten el desarrollo de los trabajos. De igual forma, en estas reuniones se deben

verificar los procesos con el fin de actualizar los estándares existentes en caso de ser necesario (Con el apoyo de OFSIG).

6. Analizar las operaciones con el fin de establecer tiempos estándares del proceso en sus distintas etapas.

Beneficios de implementar el Trabajo Estandarizado:

- Reducción en las desviaciones y errores al realizar los trabajos.
- Unificación y estandarización de la forma en que se realizan los procesos productivos del área.
- Mejora de la productividad y aumento de grado de polivalencia del personal.

10.1.4 FASE 4: Mejora en el flujo de los procesos

Luego de implantar las mejoras en los procesos internos del Área de Reparaciones, en esta fase se busca implementar las últimas dos herramientas consideradas en éste estudio, las cuales tienen como objetivo mejorar el flujo de los procesos y evitar que existan interrupciones o paros inesperados en los proyectos de reparación de buques desarrollados por la Corporación. Así, las herramientas a implementar en esta fase son: el Mantenimiento Productivo Total (TPM), Kanban y la adopción de principios de JIT.

10.1.4.1 Kanban y principios JIT

La herramienta Kanban está fundamentada en el Sistema *Pull* y consiste en la utilización de tarjetas para facilitar el control y programación de la producción (Hernandez & Vizán, 2013). Estas tarjetas son utilizadas para solicitar los materiales una vez se han consumido los que estaban disponibles para realizar los trabajos; por lo cual se pueden considerar como mecanismo de comunicación entre los distintos procesos y puestos de trabajo.

Debido a que en el Área de Reparaciones de COTECMAR no existe una línea de producción establecida, el uso de esta herramienta deberá limitarse a servir como medio de comunicación entre las distintas partes del proceso (por ejemplo, para indicar la liberación de los trabajos), así como un medio para identificar las piezas sobre las cuales se realizan trabajos cruzados en los que intervienen dos o más divisiones. Para esto, se deben crear tarjetas Kanban (ver Anexo 13) que incluyan información como:

- Nombre de la pieza
- Proyecto al que pertenece
- Cantidad (si son varias)
- Procedencia de la pieza
- Destino de la pieza
- Estado actual

Cada vez que se realice un trabajo sobre una pieza identificada con una tarjeta, se deberá actualizar la tarjeta Kanban, de modo que el flujo del proceso sea claro para todo los que participan del mismo. Esto permitirá un mayor entendimiento de los trabajos por realizar y evitara que ocurran desperdicios como el transporte innecesario de elementos y movimientos del personal dentro de las áreas de trabajo.

Beneficios de implementar Kanban

- Mejoramiento de la comunicación entre las distintas partes del proceso.
- Fácil identificación de trabajo en proceso por parte del personal
- Mejora en la coordinación de las actividades

10.1.4.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) busca asegurar el cuidado y preservación de las máquinas, herramientas y equipos necesarios para ejecutar los trabajos productivos. Esta herramienta contribuye a mejorar el flujo de los procesos al evitar que se produzcan interrupciones del mismo por culpa del mal funcionamiento de las máquinas y equipos.

Dentro del Área de Reparaciones de COTECMAR, la falta de herramientas y equipos, o el mal estado de éstos, es uno de los problemas más comunes a la hora de llevar a cabo los procesos productivos, generando desperdicios como tiempos de espera, defectos y procesos inapropiados, los cuales limitan el proceso. Es por esto que se hace necesario definir las actividades requeridas para la implementación de la herramienta TPM, la cual tendría un impacto positivo al alargar la vida útil de las herramientas, equipos y maquinas presentes en el área.

Objetivos del TPM:

- Maximizar la eficacia de los equipos, reduciendo los tiempos muertos por averías o mal funcionamiento de los mismos.
- Lograr una gestión del mantenimiento útil que alargue la vida útil de los equipos de producción e implique a todo el personal operativo.
- Mejorar la fiabilidad de las maquinas, equipos y herramientas usadas en los procesos productivos.

Actividades de implementación:

Para la implementación del Mantenimiento Productivo Total dentro de la corporación, se tendrán en cuenta los pasos expuestos por Rajadell & Sánchez (2010):

Paso 1. Volver a situar el en su estado inicial

En este primer paso, el objetivo del Equipo Lean de cada división, deberá coordinar las actividades necesarias para tratar de dejar los puestos de trabajo en las mejores condiciones de limpieza, al igual que las máquinas, equipos y herramientas presentes en ellas; con el fin de facilitar la detección de anomalías y la inspección de los equipos. Para esto, se debe eliminar el polvo y todo tipo de contaminación presente de manera exhaustiva.

Paso 2. Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

En este paso, se deben identificar las fuentes de suciedad ya que estas pueden ser la causa del mal funcionamiento de los equipos. Luego se tendrán que realizar reuniones en las cuales se analicen estas fuentes de suciedad, encontrando sus posibles causas y proponiendo soluciones que permitan eliminarlas. Esto también debe hacerse con las zonas en las que es difícil realizar actividades de limpieza e inspección, por lo cual las máquinas y equipos tendrán que reubicarse en lugares más accesibles.

Luego de tener claras las acciones de mejora, estas deberán ser documentadas y se utilizarán para crear estándares de limpieza que aseguren el mantenimiento de las condiciones logradas.

Paso 3. Aprender a inspeccionar el equipo

Es importante que todo el personal operativo que maneja equipos y máquinas, adopte gradualmente la ejecución de tareas relacionadas con el mantenimiento de los mismos, de forma que estas tareas se convierta en hábito dentro de la rutina de trabajo. Para esto es necesario capacitar al personal, no solo en el

funcionamiento de las máquinas, sino también en la forma en que se debe realizar el mantenimiento de las mismas.

Paso 4. Mejora Continua

Este último paso busca asegurar que el personal operativo de la Corporación realice de manera constante las actividades del TPM, y que éstas actividades sean integradas a sus hábitos laborales. Por lo cual es necesario que el Equipo Lean establezca indicadores que verifiquen el cumplimiento de las actividades antes mencionadas.

Beneficios de implementar el TPM:

- Se obtiene una mayor disponibilidad de los equipos y máquinas, al prevenir los fallos y averías.
- Se facilita la inspección y mantenimiento de los equipos, al encontrarse en óptimas condiciones de limpieza.
- El personal participa activamente en el mantenimiento de las máquinas, equipos y herramientas, contribuyendo al alargue de su vida útil.

10.1.5 Recomendaciones y aspectos generales

Para la implementación exitosa del plan de mejora, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Es recomendable que la implementación de las herramienta propuesta en éste plan de mejora se desarrolle de acuerdo a la secuencia establecida en el mismo, por lo cual es importante que antes de pasar a la implementación de otra herramienta, se hayan adoptado eficazmente las prácticas y principios propuestos por la herramienta que se está aplicando en el momento.

- El papel de la Gerencia de la Planta es muy importante, ya que debe mostrar el apoyo en la realización de todas las actividades propuesta en el plan de mejora, tomando iniciativas y reconociendo el esfuerzo del personal, de modo que estén motivados a mantener la aplicación de mejores prácticas empresariales.
- Para tener éxito en cada actividad de implementación, es necesario que el personal perteneciente a los Equipos Lean esté bien capacitado sobre los conceptos de cada una de las herramientas propuestas, al igual que deben estar comprometidos con lograr cambios para mejor en la forma en que realizan los procesos del área.
- Las actividades del plan de mejora al igual que los formatos propuestos en este estudio, podrán ser modificadas de acuerdo a las necesidades de la Corporación o teniendo en cuenta las contingencias que se presenten al momento de ser puesto en marcha.
- Es importante que durante el desarrollo de las actividades de implementación, el líder encargado de la implementación del plan de mejora, esté disponible para asesorar en todo momento al personal de modo que pueda resolver las dudas que surjan en el proceso de mejora.
- Para la ejecución del plan de mejora, el tiempo de implementación de cada herramienta podrá variar de acuerdo a las limitaciones de tiempo y disponibilidad del personal, siempre y cuando éste tiempo no sea mayor a tres (3) semanas, por herramienta a implementar.

10.2 INDICADORES DE GESTIÓN

Para ejercer control sobre las actividades propuestas en el plan de mejora y verificar los resultados obtenidos a través de su implementación, se propone el uso de indicadores de gestión que permitan conocer el estado en que se encuentra la Corporación con respecto a la adopción de mejores prácticas establecidas por la implementación de herramientas Lean Manufacturing. Estos indicadores serán seleccionados a partir de los propuestos por Manotas & Rivera (2007) y Cuatrecasas & Olivella (2005), y adaptados a las necesidades del presente estudio.

Además, para conocer la variación una vez se han implementado las herramientas Lean orientadas a reducir los desperdicios del área, estos indicadores deberán ser aplicados al inicio del plan y al final del mismo, es decir, luego de implantar las mejoras, permitiendo conocer el impacto de dichas herramientas.

Por otro lado, su interpretación podrá ser de forma individual para cada división (tomando los datos de una división en específica) y de forma general (reuniendo los datos de todas las divisiones), de modo que se pueda obtener la información que se requiera según el tipo de análisis que necesite realizarse por parte de los dueños del proceso.

Dicho lo anterior, en la Tabla 26 se resumen los indicadores propuestos, la dimensión que evalúan, una breve descripción de los mismos y la explicación de la situación favorable cuando varía cada uno de estos indicadores.

Tabla 26. Indicadores de Gestión propuestos

Dimensión que evalúa	Indicadores	Descripción	Herramientas Lean relacionadas
Eliminación de desperdicios	$\text{Índice de tiempo de preparación} = \frac{\text{Tiempo gastado en preparación de máquinas}}{\text{Tiempo productivo total}}$	Arroja la proporción del tiempo invertido en la fase de preparación de las máquinas (hs) con respecto al tiempo total de la producción (en un proyecto de reparación). Es favorable cuando disminuye.	- SMED
	$\% \text{ tiempos muertos en máquinas} = \left(\frac{\text{Tiempo muerto de máquinas}}{\text{Tiempo total para realización de trabajos en máquinas}} \right) * 100$	Arroja el porcentaje de tiempo muerto de las máquinas con respecto al tiempo total programado para la realización de los trabajos en máquinas. Es favorable cuando disminuye.	- TPM
	$\text{Distancia recorrida por las piezas} = \text{Número de veces que se transporta una pieza} * \text{Distancia recorrida}$	Este indicador da como resultado el número de metros recorridos al transportar piezas de trabajo en proceso. Es favorable cuando disminuye.	- 5S's
	$\% \text{ de espacio liberado} = \left(\frac{\text{Espacio útil liberado}}{\text{Espacio total}} \right) * 100$	Indica el porcentaje espacio útil que ha sido liberado (mt ²), través de la eliminación de objetos innecesarios y organización de los elementos. Es favorable cuando aumenta.	- 5S's
Mejoramiento continuo	$\text{Número de mejoras propuesta en un año}$	Es el número de mejoras que han sido propuestas por el personal en un año calendario. Es favorable cuando aumenta.	- Kaizen
	$\% \text{ de mejoras implementadas} = \left(\frac{\text{Número de mejoras implementadas}}{\text{Número de mejoras propuestas por el personal}} \right)$	Arroja el porcentaje de implementación de mejoras sugeridas por el personal. Es favorable cuando aumenta.	- Kaizen
	$\% \text{ trabajos con reprocesos} = \left(\frac{\text{Número de trabajos con reprocesos}}{\text{Número de trabajos realizados}} \right) * 100$	Arroja el porcentaje de reprocesos que han ocurrido en un lapso de tiempo determinado. Es favorable cuando disminuye.	- Kaizen
Flujo continuo	$\text{Índice de utilización de tarjetas Kanban} = \frac{\text{Número de Tarjetas Kanban utilizadas}}{\text{Número de piezas de trabajo en proceso}}$	Índice de utilización de tarjetas Kanban con respecto al número de piezas de trabajo en proceso. Es favorable cuando aumenta.	- Kanban (JIT)
	$\% \text{ de tiempo entrega de pedidos} = \left(\frac{\text{Tiempo que demoran los pedidos en ser entregados}}{\text{Tiempo productivo total}} \right) * 100$	Arroja el porcentaje del tiempo de entrega de pedidos por parte de al almacén general, con respecto al tiempo total de producción. Es favorable cuando disminuye	- JIT
Cero Defectos	$\text{Número de mecanismos anti-error creados}$	Es el número de mecanismos anti-error creados por el personal en un año calendario. Es	- Poka Yoke

		favorable cuando aumenta.	
	<u><i>% de mecanismos anti-error implementados = (Número de mecanismos anti-error implementados / Número de mecanismos anti-error propuestos por el personal)</i></u>	Muestra el porcentaje de mecanismos anti-error que han sido implementados, con respecto al número total de mecanismos propuestos por el personal. Es favorable cuando aumenta.	- Poka Yoke
Equipos multifuncionales	<u><i>Número de inspecciones realizadas a las máquinas y equipos</i></u>	Muestra el número de inspecciones realizada por el personal para verificar el funcionamiento de las máquinas y equipos, en un periodo de tiempo determinado. Es favorable cuando aumenta (sin exceder las expectativas del área).	- TPM
	<u><i>% de anomalías solucionadas = (Número de anomalías solucionadas / Número de anomalías identificadas) * 100</i></u>	Muestra el porcentaje de anomalías que han sido solucionadas, con respecto al número total de anomalías encontradas por el personal durante la inspección de los equipos. Es favorable cuando aumenta.	- TPM
	<u><i>% de personal capacitado en el mantenimiento de equipos = (Número de trabajadores capacitados en el mantenimiento de los equipos / Número total de trabajadores en el área) * 100</i></u>	Muestra el porcentaje de trabajadores que han sido capacitados en las actividades de mantenimiento productivo de las máquinas y equipos, con respecto al número total de trabajadores. Es favorable cuando aumenta.	- TPM
Sistemas de información	<u><i>Tiempo de actualización de estándares de procedimientos</i></u>	Muestra el tiempo que se demora la actualización de los estándares de procedimientos para la ejecución de los trabajos, una vez se realizan cambios. Es favorable cuando disminuye.	- Estandarización
	<u><i>% de procesos documentados = Número de procesos documentados / Número de procesos del área</i></u>	Muestra el porcentaje de procesos que han sido estandarizados y cuentan con manuales de procedimiento para su ejecución, con respeto al número total de procesos ejecutados en el área. Es favorable cuando aumenta.	- Estandarización

Fuente: Elaborado por el autor a partir de por Manotas & Rivera (2007) y Cuatrecasas & Olivella (2005).

11. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo del presente proyecto investigativo se determinaron las siguientes conclusiones:

- El diagnóstico de la situación actual las áreas de trabajo y los procesos productivos pertenecientes al Área de Reparaciones de COTEMAR, permitió identificar aquellos problemas u oportunidades de mejora que actualmente limitaban desarrollo de los trabajos en los proyectos de reparación de buques y embarcaciones navales, y cuáles de estos eran los más repetitivo.
- Al clasificar las oportunidades de mejora según los tipos de desperdicios existentes, se pudo establecer que los tipos de desperdicios más frecuentes en los procesos productivos del área están relacionados con tiempos de espera, movimientos innecesarios y defectos.
- La implementación de las herramientas Lean Manufacturing integradas en el plan de mejora propuesto, constituye una buena alternativa para fortalecer los procesos productivos de la Corporación y optimizar los puestos de trabajo, mediante la reducción de los desperdicios que actualmente limitan los procesos del área.
- La utilización de indicadores que midan, controlen y verifiquen el cumplimiento de buenas prácticas empresariales propuestas en el plan de mejora diseñado en ésta investigación, promueve que logros alcanzados se mantengan a través del tiempo.
- La realización de este estudio permitió al autor la aplicación de conocimientos adquiridos durante el programa de formación, a través de la utilización de herramientas de calidad modernas que proponen una forma distinta y eficaz de mejorar los procesos productivos de una organización.

BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, T. (2011). Material handling and process improvement using lean manufacturing principles. *International Journal of Industrial Engineering*, 18(7), p. 357-368.
- Alukal, G. & Manos, A. (2006). *Lean Kaizen: A simplified approach to process improvements*. Milwaukee, Wis.: ASQ Quality Press.
- Álvarez, M. (2013). *Cuadro de Mando Retail: Los indicadores clave (KPI) de los comercios altamente efectivos*. Barcelona: Profit Editorial.
- Arrieta, J., Botero, V. & Romano M. (2010). Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 15(28), p. 141-170.
- Baudin, M. (2012). Lean versus the Toyota Production System [Mensaje en un blog]. *Ideas from manufacturing operations*. Recuperado de <http://michelbaudin.com/2012/01/24/lean-versus-the-toyota-production-system/>.
- Blandez, M. (2016). *Proceso Administrativo*. México: Editorial Digital UNID. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=TYHDCwAAQBAJ&dq=proceso+administrativo&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
- Brand Finance. (2015). Brand Finance Auto 100 2015: The annual report on the world's most valuable automobile brands. Recuperado de: <http://brandfinance.com/knowledge-centre/reports/brand-finance-auto-100-2015>.
- Cardona, J. (2013). Modelo para la implementación de técnicas Lean Manufacturing en empresas editoriales. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

- Cheng, T. & Podolsky. (1996). *Just-in-Time Manufacturing: An introduction* (Second Edition). Londres: Chapman & Hall. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=WL95yzpj1TIC&printsec=frontcover&dq=just+in+time&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwib0NG0ovfNAhXKvxQKHVfvA5cQ6AEIKDAC#v=onepage&q=just%20in%20time&f=false>.
- Chung, C. K., & Bakar, N. A. (2001). The relevancy of just-in-time (JIT) concept in government purchasing. *Journal of Technology*, 35(A), p. 1-8.
- Cittelly, R. (2013). *Caracterización del proceso productivo de casco y cubierta en materiales compuestos para embarcaciones, enfoque: efectividad en la logística de producción en COTECMAR* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena.
- Cuatrecasas, L. & Olivella, J. (2005). Herramientas e indicadores de control para la mejora de un proceso de acuerdo con los principios de la producción Lean. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*.
- Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión integral de la Calidad: Implantación, control y certificación*. Barcelona: Profit Editorial.
- Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. Barcelona: Profit Editorial.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones: sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://www.ebrary.com>.
- Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1-4), P. 307-323. Recuperado de: <https://www.ebscohost.com/>
- Dennis, P., & Shook, J. (2007). *Lean production simplified: A plain language guide to the world's most powerful production system* (2nd Edition). New York: Productivity Press.

- Escuder, M., Tanco, M., & Santoro, A. (2015). Experiencia de Implementación de Lean en un Centro de Salud de Uruguay. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, (13), P. 79-94.
- Feigenbaum, A. (1983). *Total Quality Control*, 3rd edition. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Florez, L. (s.f.). KANBAN. [Blog] Sistemas de Manufactura. Recuperado el 20 de agosto de 2016 de: <http://manufactura704-a.blogspot.com.co/p/kanban.html>
- Focus2move, Research Team. (2015). World Cars Brand Ranking in 2015 with top 50 data. Recuperado de <http://focus2move.com/world-cars-brand-ranking-in-2015>
- Fraunhofer IPA. (2013). Improvement of the situation in the ship-repair direction of COTECMAR.
- Galgano, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Grupo ODE. (s.f.). *Diagnostico Lean*. Recuperado el 16 de agosto de 2016 de: <http://www.ode.es/>
- Gutiérrez, H. & De la Vará, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. (Tercera edición). México: McGraw-Hill.
- Hassan, K., & Kajiwara, H. (2013). Application of Pull Concept-based Lean Production System in the Ship Building Industry. *Journal of Ship Production & Design*, 29(3), 105-116. Recuperado de: <https://www.ebscohost.com/>
- Hernández, J. & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid: Fundación Escuela de Organización Industrial. Recuperado de <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.

- Hoyer, R. & Hoyer, B. (2001). What is Quality?. *Quality Progress*, 34(7), p. 53-62.
- Imai, M. (1995). *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa*. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Juárez, C. V. (2009). Propuesta para implementar metodología 5S's en el departamento de cobros de la subdelegación Veracruz Norte IMSS. (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Juran, J.M. (1998). *Juran's Quality Handbook, 5th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Kolich, D., Storch R. & Fafandjel, N. (2012). *Value Stream Mapping methodology for pre-assembly steel processes in shipbuilding*. En: International Conference on Innovative Technologies. Rijeka, Croatia.
- Lamb, T. (2001). World-Class Shipbuilders: Their Productivity Using Lean-Manufacturing Principles. *Transactions*, 109, p. 285-308. Recuperado de: <http://www.sname.org>
- Liker, J. & Lamb, T. (2000). Lean Manufacturing Principles Guide, Version 0.5. A Guide to Lean. *Shipbuilding. National Steel & Shipbuilding Co.* Recuperado de: <http://dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a450192.pdf>.
- Liker, J. (2006). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. España: Ediciones Gestión 2000.
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok Publishing S.L.
- Manotas, D. & Rivera, L. (2007). LEAN MANUFACTURING MEASUREMENT: THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAN ACTIVITIES AND LEAN METRICS. *Estudios Gerenciales*, 23(105), p. 69-83.
- Marr, B. (2015). *Key Performance Indicators For Dummies*. Inglaterra: John Wiley & Sons. Recuperado de:

<https://books.google.com.co/books?id=yF06BAAQBAJ&dq=what+is+key+performance+indicators&hl=es>.

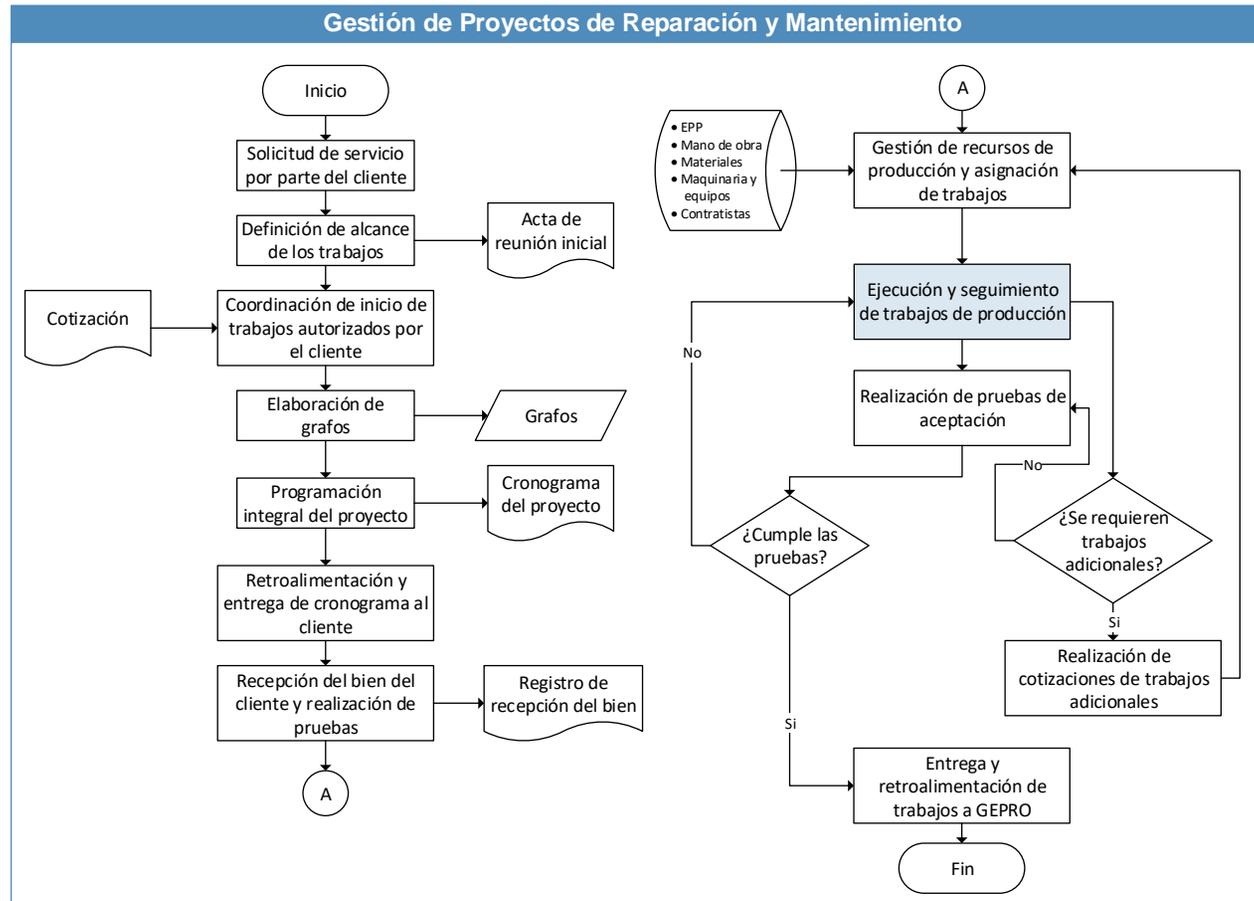
- Martínez, P., Martínez, J., Nuño, P. & Cavazos, J. (2015). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias mediante la aplicación de manufactura Esbelta. *Información Tecnológica*, 26(6), p. 187-197.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Portland, Oregon: Productivity Press. Recuperado de: <https://books.google.com.co/>.
- OICA – Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. (2014). World motor vehicle production. Recuperado de: <http://www.oica.net/wp-content/uploads//Ranking-2014-Q4-Rev.-22-July.pdf>.
- Oliver, R. (2010). *Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer (2nd ed.)*. United States: Sharpe, M. E.
- Online Browsing Platform (s.f). ISO 9000:2015: Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario. Recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es:term:3.7.5>
- Peralta, E. & Rocha, A. (2015). *Propuesta de implementación del modelo de gestión Lean Manufacturing en la empresa Alover S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Colombia.
- Pérez, I., Marmolejo, N., Mejía, A., Caro, M., & Rojas, J. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones. *Ingeniería Industrial*, 37(1), p. 24-35. Recuperado de: <https://www.ebscohost.com/>
- Pérez, J. (2008). Definición de Modelo de Gestión [Mensaje en un blog]. Definicion.de. Recuperado de <http://definicion.de/modelo-de-gestion/>.
- Rajadell, C., & Sánchez, G. (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de: <http://www.ebrary.com>.

- Ross, J. (1999). *Total Quality Management: Text, Cases and Readings*. (Third Edition). Boca Raton, FL: CRC Press. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=NUrTWuZy_3YC&printsec=frontcover&dq=total+quality&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Sosa, D. (2006). *Administración por Calidad: Un modelo de calidad total para las empresas*. Mexico: Editorial Limusa.
- Sosa, M. & Hernández, F. (2007). *La cadena de valor y el costeo ABC: herramientas fundamentales para el proceso de toma de decisiones*. Córdoba, AR: El Cid Editor. Recuperado de: <http://www.ebrary.com>
- Strategos. (s.f.). *Assessment for Lean Manufacturing*. Recuperado el 16 de Agosto de 2016 de: <http://www.strategosinc.com>
- Torres, L. (2003). *Implantación de la tecnología de código de barras para el manejo y control de materiales en la bodega de la corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval marítima y fluvial, COTECMAR - Planta Mamonal* (Tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena.
- Vargas, H. (2004). Manual de implementación de las "5S". Recuperado el 11 de agosto de 2016 de: www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/
- Velasco, J. & Campins, J. (2013). *Gestión de la producción en la empresa: planificación, programación y control*. Madrid, ES: Larousse - Ediciones Pirámide.
- Villaseñor, A. & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing: Guía básica*. México: Editorial Limusa.
- Walton, M. (2004). *El Método Deming en la práctica: 6 compañías de éxito que usan los principios de control total de calidad del mundialmente famoso W. E. Deming*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Wicks, A. & Roethlein, C. (2009). A Satisfaction-Based Definition of Quality. *Journal of Business & Economic Studies*, 15(1), p. 82-97.

- Wilson, L. (2009). *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Womack, J. & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J., Jones, D. & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.

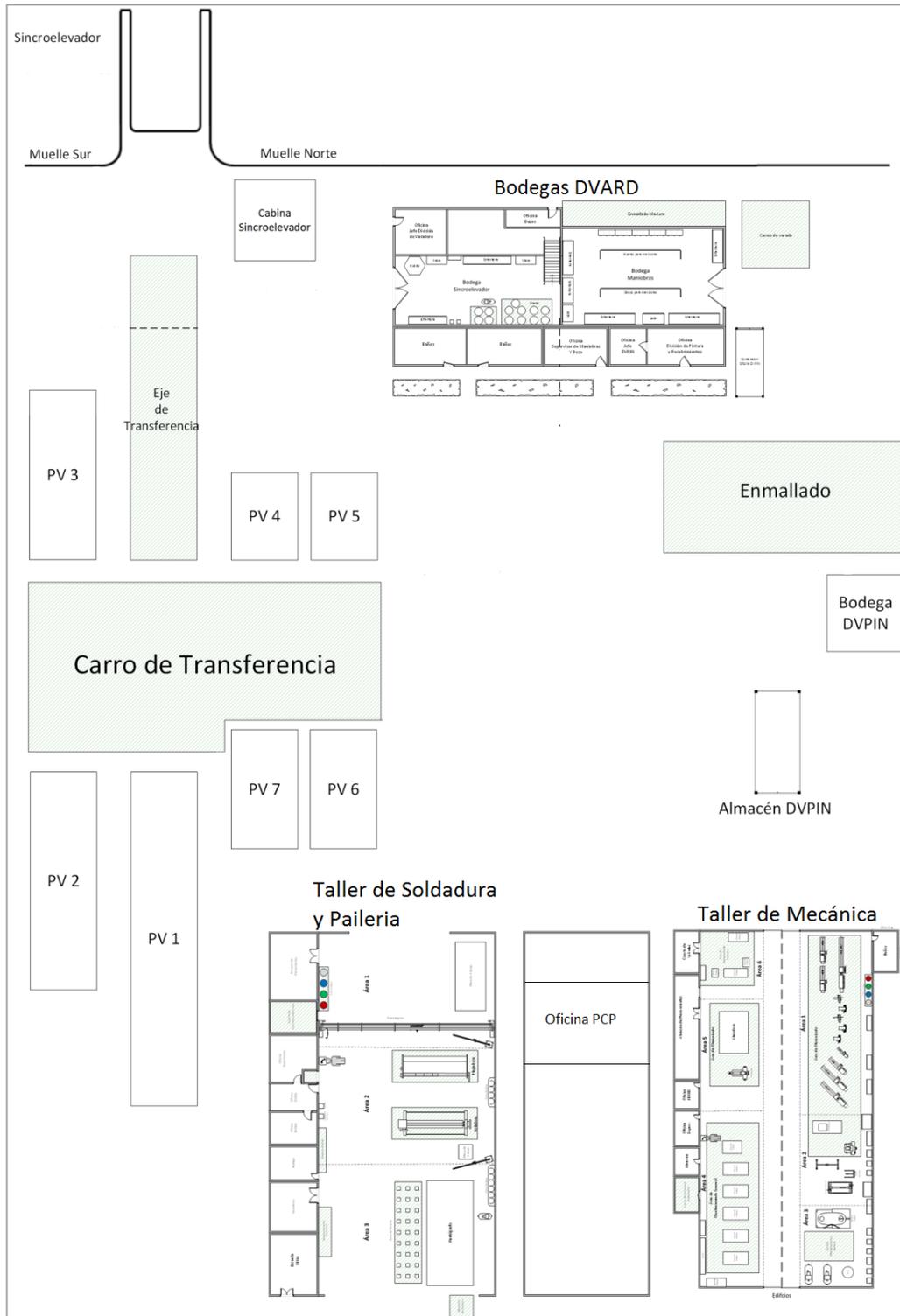
ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo de proceso de Gestión de Proyectos de Reparación y Mantenimiento



Fuente: Elaborado por el autor a partir de la información suministrada por COTECMAR.

Anexo 2. Distribución en planta del área de productiva



Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3. Clasificación de oportunidades de mejora según tipos de desperdicios DVSOL

Tipo de desperdicio	Descripción de desperdicios	Posible causa	Herramientas Lean relacionadas
Tiempos de espera	Demora en entrega de pedidos por parte de almacén general	<ul style="list-style-type: none"> • Demora en creación de códigos para materiales nuevos • Falta de materiales en consignación 	- <i>JIT</i>
	Retraso en entrega de materiales por parte del cliente		
	Retrasos por falta de herramientas y equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento preventivo • Falta de mantenimiento correctivo • Cumplimiento de vida útil sin reemplazo 	- <i>TPM</i>
	Falta de equipo rodante para transportar piezas	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos averiados • Baja capacidad para atender trabajos 	- <i>TPM</i>
	Mala coordinación entre las divisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Se cruzan los trabajos • En ocasiones no se priorizan los trabajos para establecer el orden de los mismos 	- <i>Trabajo en equipo</i> - <i>Kaizen</i>
Movimientos Innecesarios	Falta de planeación del ingeniero de producción para asegurar el desarrollo de las actividades. (Andamios, equipo rodante, cruce de trabajos, trabajos detenidos, etc.)		- <i>Kaizen</i>
	Movimiento a buscar hidratación y baños		- <i>Layout</i>
	Movimiento a buscar herramientas por largas distancias	<ul style="list-style-type: none"> • Mala distribución de las áreas 	- <i>Layout</i>
Defectos	Los retales y materiales sobrantes útiles no disponen de un lugar de almacenamiento adecuado (sufren daños por condiciones ambientales)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de organización 	- <i>5S's</i>

	Defectos de soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusiones de escoria, porosidad, socavaciones por culpa de errores en el procedimiento de los operarios • Mala conservación de la soldadura por falta de hornos 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Poka Yoke</i> - <i>5S's</i> - <i>Estandarización</i>
	Mala preparación de la junta en procesos de cambio de lámina (en algunas ocasiones)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de verificación del supervisor • Mala ejecución del procedimiento por el operario • Los operarios no leen instructivo de trabajo impreso, actúan por experiencia 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Poka Yoke</i> - <i>Estandarización</i>
	Falta de comunicación entre una división y otra cuando se realizan trabajos en conjunto.		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trabajo en equipo</i> - <i>Kanban</i>
Inventario innecesario	Generación de retales no devueltos (se pueden perder por mal almacenamiento)	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de almacén 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Estandarización</i> - <i>Kaizen</i> - <i>5S's</i>

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 4. Clasificación de oportunidades de mejora según tipos de desperdicios DVPIIN

Tipo de desperdicio	Descripción de desperdicios	Posible causa	Herramientas Lean relacionadas
Tiempos de espera	Cambios inesperados en la programación	<ul style="list-style-type: none"> • Demora en la toma de decisiones • Retraso en maniobras de subida • Demora en aterrizaje de buques 	- <i>Kaizen</i>
	No disponibilidad de equipos rodantes	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de equipos rodantes • Demora en alistamiento de manlifts (cambio de aceite, preparación, etc.) • Falta de mantenimiento preventivo de los equipos 	- <i>TPM</i>
	Falta de equipos y herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento preventivo • Los equipos han cumplido su vida útil 	- <i>TPM</i>
	Retraso en la entrega de materiales por parte del cliente		
	Demora en recolección de residuos de otras divisiones (DVSOL)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de organización y limpieza 	- <i>5S's</i>
	Tiempo de entrega de almacén general	<ul style="list-style-type: none"> • Tramitación de pedidos • Creación de códigos de materiales no existentes en base de datos 	- <i>JIT</i> - <i>Estandarización</i>
	Retrasos en la entrega de trabajos por otras divisiones (liberación de trabajos)		- <i>Kanban</i> - <i>Kaizen</i>
	No disponibilidad de materiales en consignación.	<ul style="list-style-type: none"> • Retrasan el inicio de los trabajos 	- <i>JIT</i>
Transporte Innecesario	Movimiento de equipos y materiales a una posición de varada sin ser necesario.	<ul style="list-style-type: none"> • Desinformación de posición final del buque en posiciones de varada 	- <i>Trabajo en equipo</i>
	Cambios en especificaciones del cliente con respecto al tipo Sandblasting a utilizar.	<ul style="list-style-type: none"> • Alistamiento de cantidad de bultos de arena de acuerdo a tipo de Sandblasting 	
Movimientos	Movimientos innecesarios de personas	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de previsión al inicio de los 	- <i>Kaizen</i>

Innecesarios	a buscar herramientas y devolverlas	trabajos	
Defectos	Error en las especificaciones por parte del supervisor en la pintura a aplicar	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mecanismos para evitar errores 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Estandarización</i> - <i>Poka Yoke</i>
	Condiciones ambientales		
	Cambios en las especificaciones del cliente (general)		
	Mala preparación de la pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Errores del personal 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Estandarización</i> - <i>Poka Yoke</i>
	Defectos ocasionados por la mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de supervisión • Falta de mecanismos para evitar errores 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Estandarización</i> - <i>Poka Yoke</i>
Procesos inapropiados o innecesarios	Falta de condiciones óptimas para realizar trabajos	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de luz, mal lavado, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i>
	Reprocesos por efectos de un trabajo sobre otro de distinto proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Lavado - Sandblasting - Lavado 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i>
	No se verifica completamente la liberación de trabajos por parte de jefe de buque.	<ul style="list-style-type: none"> • Ej. Corrección de cordones de soldadura después de prueba • Demora en inspección de trabajos 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Trabajo en equipo</i>

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 5. Clasificación de oportunidades de mejora según tipos de desperdicios DVARD

Tipo de desperdicio	Descripción de desperdicios	Posible causa	Herramientas Lean relacionadas
Tiempos de espera	Retrasos por no disponibilidad de equipo rodante	<ul style="list-style-type: none"> Se pierde tiempo abasteciéndolos de combustible, falta de aire en las llantas, falta de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>TPM</i>
	Retraso por falta de equipos y herramientas	<ul style="list-style-type: none"> Muchas se encuentran averiadas o en mal estado 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>TPM</i>
Transporte innecesario	Mala programación del transporte al no tener definido su actividad.	<ul style="list-style-type: none"> Mala comunicación entre cliente y jefe de buque 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Trabajo en equipo</i>
	Diferencias entre cronograma y preferencias del cliente	<ul style="list-style-type: none"> Cambios inesperados en las preferencias del cliente 	
Movimientos innecesarios Defectos	Movimiento de personal de andamios a través de largas distancias	<ul style="list-style-type: none"> Recibir instrucciones de los jefes 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i>
	Movimiento innecesario de personal por mala coordinación.	<ul style="list-style-type: none"> Cambios en posiciones de varada, errores en comunicación con jefe de buque 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Trabajo en equipo</i>
	Reprocesos en construcción de cunas	<ul style="list-style-type: none"> Diferencias entre especificaciones del cliente vs. Área comercial 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Poka Yoke</i> - <i>Estandarización</i> - <i>Gestión Visual (5S's)</i> - <i>Trabajo en equipo</i>
	Reproceso en armado de andamios	<ul style="list-style-type: none"> Falta de precisión en el requerimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Poka Yoke</i> - <i>Estandarización</i>
Procesos inapropiados o innecesarios	Mal uso de equipo y materiales al centrar los buques (utilizando cabos y equipo rodante)	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizan cabos y equipo rodante 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Estandarización</i>
	Uso de plataformas de andamios como estivas	<ul style="list-style-type: none"> Mal uso por parte de los trabajadores 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Kaizen</i> - <i>Gestión Visual (5S's)</i>
	Almacenamiento inadecuado de andamios (lugar, forma en que se almacenan)	<ul style="list-style-type: none"> Se almacenan en lugares y de forma no optima 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>5S's</i>

Inventario innecesario	Pinturas caducadas	<ul style="list-style-type: none"> • Se acumulan durante mucho tiempo en los lugares de almacenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>JIT</i> - <i>5S's</i>
	Mucho inventario de grasas para realizar mantenimientos internos	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de entrega altos por parte de proveedores 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>JIT</i> - <i>5S's</i>

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 6. Modelo de Encuesta

División:

Fecha:

1. ¿Conoce acerca de la metodología Lean Manufacturing, sus principios y técnicas?

Si No Ligeramente

2. Las siguientes son herramientas y técnicas que utiliza la metodología Lean Manufacturing, ¿Sobre cuál de estas conoce o ha sido capacitado?

5S's Kaizen Cambios Rápidos (SMED) Jidoka
 Justo a Tiempo (JIT) Estandarización Mecanismos anti-error (Poka Yoke)
 Mantenimiento Productivo Total (TPM) Mapa de la Cadena de Valor (VSM)

¿Cuál cree que se aplica en la Corporación?: _____

3. Existen dos tipos de actividades dentro de un proceso, las que Agregan Valor al mismo y las que No. ¿Sabes cuál es la diferencia entre ambas?

Si No

4. Las actividades que No Agregan Valor al proceso son también llamadas "Desperdicios" ya que generan gasto de recursos adicionales como tiempo, esfuerzo, etc. ¿Reconoces alguno de las siguientes tipos?

Tiempos de espera Movimientos Innecesarios Transporte Innecesario
 Sobreproducción Inventarios Defectos Procesos Inadecuados/Innecesarios

5. En su puesto de trabajo, ¿Solo están los elementos necesarios para realizar las tareas diarias?

Si, solo están los elemento necesarios No, también hay elementos que no uso

6. ¿Crees que la organización y el orden de las áreas de trabajo, almacenes y herramientas, al igual que su limpieza, son importantes para realizar un mejor trabajo?

Muy importante Solo un poco No es importante

7. ¿Crees que el tiempo gastado para buscar una herramienta en donde están almacenadas es rápido?

Siempre Algunas veces Nunca

8. ¿Hacen falta guías, instructivos, o estándares (ayudas visuales) para realizar un mejor trabajo y más seguro?

Si No En algunas ocasiones

9. ¿Estas capacitado para realizar las funciones de otros cargos en caso de ser necesario?

Si No ¿Fuiste capacitado dentro de Cotecmar?: _____

10. ¿Conoces los manuales de procedimiento creados para cada proceso que realizas?

Si los conozco No los conozco Solo algunos

11. Si operas alguna máquina o equipo, ¿Sabes cómo realizar su mantenimiento preventivo?

Si sé hacerlo No sé hacerlo Sé hacerlo, pero no es responsabilidad

12. ¿Crees que hay algún proceso o actividad que podría hacerse de mejor manera?

Si No, así están bien. ¿Cuál?: _____

13. Cuando se daña alguna herramienta, maquina o equipo. ¿Estos se reparan rápidamente?

Si No, demoran mucho tiempo en ese estado Solo en algunas ocasiones

14. ¿Cuentas con formas o mecanismos para evitar cometer errores en tu trabajo?

Si No No estoy seguro

15. ¿Te gustaría participar en la búsqueda de mejores formas de realizar los trabajos?

Si No Me es indiferente

16. De los siguientes problemas, marca aquellos que crees que afectan negativamente los trabajos que realizas, de forma más frecuente.

- Falta de herramientas y equipos para realizar los trabajos.
- Contratiempos
- Malas condiciones climáticas
- Falta de instrucciones por parte de los superiores
- Falta de instructivo trabajo claro
- Falta de organización, orden y limpieza en el área de trabajo
- Desplazarse largas distancias por búsqueda de herramientas, hidratación, baños, etc.
- Falta de coordinación de los trabajos y actividades a realizar
- Falta de comunicación entre las distintas divisiones, trabajos cruzados, etc.
- Otros. ¿Cuál?:

Anexo 7. Lista de Verificación

LISTA DE VERIFICACIÓN : Nivel de aplicación del modelo Lean

Fecha:		Nombre:			
División:		Cargo:		Gerencia	

Mediante la siguiente Lista de Verificación se pretende evaluar la situación actual de los procesos productivos del Area de Reparaciones de Cotecmar, de acuerdo al nivel de aplicación de mejores practicas empresariales, siendo este caso la metodología Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta). Esta información se tomará en cuenta para el desarrollo de un proyecto de investigación orientado a proponer mejoras que fortalezcan los procesos de la Corporación.

La calificación se dara según los siguientes criterios: 0 Si esta Muy en Desacuerdo con la afirmación/No se practica en la Corporación. - 1. Si esta en Desacuerdo/Se Practica solo en pocos casos. - 2. Si se practica en muchos casos. - 3. De Acuerdo/ Se practica en casi todos los casos. - 4. Muy de Acuerdo/ Se practica siempre

Calificación				
0	1	2	3	4

Marque con una x la calificación que crea correspondiente de acuerdo a cada afirmación.

Aspecto a evaluar: Organización de los puestos de trabajo y gestión visual (5S's)						
1	En las áreas de trabajo solo hay elementos necesarios para el trabajo que se está realizando. No existen materiales u objetos innecesarios, chatarra y obstáculos.	0	1	2	3	4
2	Existe un lugar definido forma organizada para cada herramienta o material de trabajo. Son fáciles de encontrar y son devueltos al mismo sitio una vez se han utilizado.	0	1	2	3	4
3	Las herramientas y materiales están almacenadas cerca de los puestos de trabajo.	0	1	2	3	4
4	Los pisos, paredes y pasillos del área de trabajo se encuentran en óptimas condiciones de limpieza. Las máquinas y mesas de trabajo se limpian una vez se dejan de usar.	0	1	2	3	4
5	Existen cronogramas para llevar a cabo actividades de limpieza incluyendo los responsables.	0	1	2	3	4
6	Existen estándares visuales (instructivos, tarjetas de operación de equipos, demarcación de áreas, etc.) que faciliten el buen desempeño de los procesos y prevengan accidentes al personal. Son fáciles de entender para el personal de producción y cualquier persona.	0	1	2	3	4
7	Los estándares mencionados en el punto anterior se cumplen siempre por parte del personal.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Mantenimiento autónomo de las máquinas y equipos (TPM)						
8	Las herramientas, máquinas y equipos se encuentran en óptimas condiciones de funcionamiento, sin averías que retrasen o detengan los trabajos.	0	1	2	3	4
9	Los trabajadores poseen conocimientos sobre cómo realizar el Mantenimiento Preventivo (mantenimiento para prevenir fallas) de las máquinas y equipos operan.	0	1	2	3	4
10	El personal de la División que opera las máquinas y equipos (excluyendo personal de mantenimiento), realiza mantenimiento de los mismos para prevenir fallas.	0	1	2	3	4
11	Se destina tiempo suficiente dentro de la jornada laboral para realizar actividades de mantenimiento, conservación y limpieza de las máquinas y equipos que se utilizan.	0	1	2	3	4
12	Existen cronogramas que definen cuándo debe hacerse mantenimiento de las máquinas y equipos, así como quienes son los responsables de hacerlo	0	1	2	3	4
13	Cuando se necesita Mantenimiento Correctivo (una vez se dañan los equipos), éste es oportuno. No se deja acumular los equipos dañados.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Estandarización de los procesos						
14	Existen estándares establecidos (métodos de trabajo) para la correcta ejecución de cada proceso, máquina y equipo. Se encuentran al alcance del personal operativo.	0	1	2	3	4

15	Se actualizan con frecuencia los estándares del proceso para incluir mejoras prácticas. El personal operativo interviene en la actualización de los mismos.	0	1	2	3	4
16	Se verifica el cumplimiento de los manuales de procedimientos, instructivos de trabajo, hojas de operación de máquinas y demás estándares existentes.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Preparación de las máquinas (SMED)						
17	El tiempo de preparación de las máquinas y equipos es corto permitiendo iniciar el trabajo rápidamente. Si se necesita hacer un trabajo distinto para el que la maquina requiere otras piezas y ajustes, este tiempo de cambio es rápido (menos de 10 min).	0	1	2	3	4
18	Los tiempos de preparación de máquinas se miden y son conocidos, para llevar un control de los mismos.	0	1	2	3	4
19	Se encuentran identificados y almacenados de forma ordenada los elementos o piezas que usan las máquinas para realizar los trabajos.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Mejora Continua (Kaizen)						
20	Existen métodos formales para captar sugerencias e ideas del personal que mejoren los procesos en todas las áreas de la Corporación. Se tienen en cuenta para ser aplicados.	0	1	2	3	4
21	Cuando existen reprocesos o problemas, se realizan reuniones para reflexionar sobre los estos y dar soluciones. Se documentan las soluciones para que no vuelvan a ocurrir.	0	1	2	3	4
22	El personal operativo participa de forma activa en la búsqueda de mejores formas de llevar a cabo los trabajos, sin necesidad que ocurra algún problema.	0	1	2	3	4
23	El sistema de gestión de calidad de la Corporación lleva un registro y control de los reprocesos. Apoya la implementación de acciones correctivas y preventivas.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Mecanismos anti-error (Poka Yoke)						
24	Cuando ocurren defectos en los trabajos, estos se documentan para crear mecanismos que permitan prevenirlos en futuros trabajos.	0	1	2	3	4
25	Se han diseñado e implementado mecanismos que permitan reducir los errores del personal operativo al realizar los trabajos (en operaciones manuales, procesos automatizados o administrativos).	0	1	2	3	4
26	Se toma la mayor cantidad de referencias (dimensiones, especificaciones, etc.) para realizar los trabajos, de modo que no se cometan errores.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Relación con los clientes (Especificar Valor para el cliente)						
27	Se tiene claridad cuáles son las actividades que generan valor para los clientes y cuáles no.	0	1	2	3	4
28	Existen medios para que los clientes califiquen los servicios prestado por la Corporación. En ellos se incluye un espacio para que el cliente manifieste sus inconformidades si las hay.	0	1	2	3	4
29	Se lleva un control de las No Conformidades del cliente. Se usan para tomar acciones preventivas al ejecutar futuros proyectos de reparación.	0	1	2	3	4
30	Existe buena comunicación entre el Departamento de Producción, Departamento Comercial y clientes, para establecer claramente el alcance de los trabajos.	0	1	2	3	4
Aspecto a evaluar: Sistema Just In Time (Justo a Tiempo)						
31	Dentro de la Corporación se ha socializado el término de Justo a Tiempo (JIT). Se llevan a cabo iniciativas para poner en práctica dicha metodología.	0	1	2	3	4
32	En el almacén interno se tiene solo los insumos requeridos para realizar los trabajos inmediatos de los proyectos de reparación actuales.	0	1	2	3	4
33	Siempre que se solicita un insumo o material al almacén general, éste se encuentra disponible.	0	1	2	3	4
34	Los tiempos de entrega de pedidos por parte de almacén general son cortos para todos los materiales. No se retrasan los trabajos por este factor.	0	1	2	3	4
35	Se utiliza algún medio para identificar las elementos o piezas de trabajo en proceso y terminado. Este contiene información sobre el nombre, estado, cantidad, destino, proyecto, etc.	0	1	2	3	4

Anexo 8. Puntos posibles vs. Puntos obtenidos en Lista de Verificación

Puntaje máximo posible por criterio y División					
Criterio	División de Soldadura	División de Mecánica	División de Pinturas	División de Varadero	Total
Organización de los puestos de trabajo y gestión visual (5S's)	84	84	84	84	336
Mantenimiento autónomo de las máquinas y equipos (TPM)	72	72	72	72	288
Estandarización de los procesos	36	36	36	36	144
Preparación de las máquinas (SMED)	36	36	36	36	144
Mejora Continua (Kaizen)	48	48	48	48	192
Mecanismos anti-error (Poka Yoke)	36	36	36	36	144
Relación con los clientes (Especificar Valor para el cliente)	48	48	48	48	192
Sistema Just In Time (Justo a Tiempo)	60	60	60	60	240
Total puntos posibles	420	420	420	420	1680

Puntaje obtenido por criterio y División					
Criterio	División de Soldadura	División de Mecánica	División de Pinturas	División de Varadero	Total
Organización de los puestos de trabajo y gestión visual (5S's)	49	56	47	48	200
Mantenimiento autónomo de las máquinas y equipos (TPM)	37	36	35	35	143
Estandarización de los procesos	23	22	21	17	83
Preparación de las máquinas (SMED)	19	24	19	15	77
Mejora Continua (Kaizen)	31	26	25	32	114
Mecanismos anti-error (Poka Yoke)	22	20	21	18	81
Relación con los clientes (Especificar Valor para el cliente)	39	40	39	36	154
Sistema Just In Time (Justo a Tiempo)	37	31	45	36	149
Total puntos obtenidos	257	255	252	237	1001

Anexo 9. Modelo “Formato Tarjeta Roja”

No. _____	
TARJETA ROJA 5S	
Fecha: ____ / ____ / ____	
Area: _____	
División: _____	
Item: _____	
Cantidad: _____	
RAZON DE TARJETA	
<input type="checkbox"/>	Innecesario
<input type="checkbox"/>	Obsoleto
<input type="checkbox"/>	Defectuoso
<input type="checkbox"/>	En exceso
ACCION REQUERIDA	
<input type="checkbox"/>	Agrupar en espacio separado
<input type="checkbox"/>	Desechar
<input type="checkbox"/>	Reubicar
<input type="checkbox"/>	Reparar
Observaciones _____	
Fecha lim. para acción ____ / ____ / ____	

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Rajadell & Sanchez (2010).

Anexo 10. Modelo “Formato de Lista de elementos innecesarios”

Lista de Elementos Innecesarios 5S.

Selección y clasificación de equipos, herramientas y elementos innecesarios.

Descripción del artículo	Cantidad	Justificación	Acción Sugerida

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Vargas (2004).

Anexo 11. Modelo “Formato de Autoevaluación 5S’s”

REPORTE DE AUTOEVALUACIÓN VISUAL

Fecha:		División:	
Elaborado por:			Puntuación Obtenida:

Fotos de áreas a mejorar

1. 	2. 	3. 
4. 	5. 	6. 

Novedades		
N°	Descripción de novedad	Factor o “5S” que afecta

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 12. Modelo “Formato auditorias 5S”

AUDITORIA 5S

Área/Grupo:		Evalua do por:				
Fecha:		Division:		Puntuacion Anterior:		
Factor 5S	No.	Elemento a Evaluar	Descripción de evaluación	Puntuación:		
				0	1	2

Marque con una X la respuesta correspondiente.

Identificar y descartar los elementos innecesarios						
CLASIFICAR (12)	1	Materiales y piezas	Existen sólo materiales o piezas que se utilicen con frecuencia en el área			
	2	Máquinas y Equipos	Existen sólo máquinas o equipos que se utilicen con frecuencia			
	3	Herramientas	Existen sólo herramientas necesarias y listas para ser usadas			
	4	Estanterías	Hay sólo elementos necesarios en estanterías y anaqueles			
	5	Pasillos y mesas	Hay sólo elementos necesarios para realizar las actividades en mesas y pasillos			
	6	Elementos innecesarios	Están debidamente identificados los objetos innecesarios			
TOTAL FACTOR						

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar						
ORGANIZAR (10)	7	Marcación de áreas	Están demarcadas las áreas de almacenamiento			
	8	Marcación de estanterías, y materiales.	Están rotulados las estanterías, anaqueles y materiales			
	9	Indicadores de cantidad	Están indicadas las cantidades permitidas a almacenar (max./min.)			
	10	Áreas de circulación	Hay líneas u otras marcas que demarquen áreas y rutas			
	11	Equipos y herramientas	Están organizados y ubicados de forma que sean fácil de encontrar y de retomar a su ubicación.			
TOTAL FACTOR						

Mantener todo limpio, e eliminar fuentes de suciedad.						
LIMPIAR (10)	12	Pisos, pasillos y paredes	Se mantienen limpios y sin basuras			
	13	Maquinas y herramientas	Se mantienen limpias, sin polvo y en buen estado			
	14	Inspección	Se inspeccionan los equipos y herramientas mientras se limpian			
	15	Asignación de tareas	Existe división de áreas y asignación de trabajos de limpieza .			
	16	Fuentes de suciedad	Existen metodos para identificar fuentes de suciedad			
TOTAL FACTOR						

Estandares para la aplicación de las primeras 3S.						
ESTANDARIZAR (/10)	17	Estandares	Existen estandares y normas que apoyen al cumplimiento de las primeras 3S			
	18	Auditoria	Hay formas de realizar auditorias			
	19	Señalización	Estan claramente señalizados los lugares, areas, precauciones y procedimientos.			
	20	Uniformes de Trabajo	El personal usa uniforme y elementos de seguridad adecuados para su labor			
	21	Documentación	Estan documentados y actualizados procedimientos y programas de limpieza, y pasos de aplicación de las primeras 3S.			
TOTAL FACTOR						

Habitudo de cumplir los estandares						
DISCIPLINA (/8)	22	Estándares definidos	Se siguen los estándares definidos para los trabajos			
	23	Autoevaluación	Se efectua autoevaluación 5S frecuentemente			
	24	Retroalimentación	Se publica el estado actual de organización, orden y limpieza, con el fin de tomar acciones correctivas o hacer reconocimientos .			
	25	Entrenamiento	Están todos los trabajadores entrenados en el área de trabajo			
TOTAL FACTOR						

CANTIDAD DE PUNTOS OBTENIDOS	
-------------------------------------	--

CALIFICACIÓN GENERAL DE AUDITORIA		$Calificación\ General = \frac{Puntos\ obtenidos}{50}$
No = 0; Solo algunos(as) y Pocos(as) = 1; Si = 2. Maxima calificación general posible a obtener = 1.		$Calificación\ por\ factor = \frac{Puntos\ obtenidos\ en\ factor}{Puntos\ posibles\ en\ factor}$

Nombre de evaluador: _____

Firma de Evaluador:

Cargo: _____

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 13. Ejemplo de Tarjeta Kanban

TARJETA KANBAN (Identificación de piezas en proceso)	
Nombre de la pieza:	
Proyecto al que pertenece:	
Cantidad:	
Proceso anterior:	
Trabajo a realizar:	
Proceso siguiente:	
Persona que diligencia la tarjeta:	
Estado de trabajo:	<input type="checkbox"/> Terminado <input type="checkbox"/> En proceso

Fuente: Elaborado por el autor