

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA
PLANTA DE GALVANIZADO APLICANDO HERRAMIENTAS DE MEJORA
CONTINUA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial

AUTORA

Jilari Solano, Lizeth Sthefany

ASESOR

Corrales Riveros, Cesar Augusto

Lima, Marzo 2021

RESUMEN

El servicio de galvanizado se ha incrementado en los últimos años y con ello las exigencias de calidad.

En el presente trabajo se plantea mejorar el proceso productivo de una planta de galvanizado, por ello el objetivo es analizar el proceso en la planta de producción de una empresa que brinda este servicio, con la finalidad de proponer las mejores alternativas de solución mediante la utilización de herramientas de mejora continua.

Como parte de la metodología utilizada, primero se procedió a levantar información del proceso de trabajo actual en cada uno de los procesos de producción. Segundo, se procedió a identificar las causas del problema por medio del uso de diagrama de Ishikawa por proceso. Tercero, se analizaron todas las causas por medio de la matriz de correlación de causas, encontrando así las principales causas que generan el problema.

Entre los principales resultados se obtuvo una mejora de ahorro de tiempo de proceso de 71.11 min a 49.89 min, representado por 42.53% de mejora, con una proyección de incremento de capacidad de atención equivalente a 78.432 Ton/Año representado por el 15.06% de recuperación de producción, con una inversión única de S/. 128,240.00, con una mejora anual esperada de S/. 128,839.26 y VAN de S/. 57,094.30 con TIR de 50.50% en base a 5 años, con lo cual se considera y concluye que la propuesta es viable y rentable.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de TABLAS	v
Índice de FIGURAS	vi
Introducción.....	1
CAPÍTULO 1 Marco teórico	3
1.1 Definición de Lean Manufacturing	3
1.1.1 Lean Manufacturing en la organización.....	3
1.2 Principios del Sistema Lean Manufacturing	4
1.3 Valor Añadido y Despilfarro.....	10
1.3.1 Despilfarro por Almacenamiento no rotativo.....	11
1.3.2 Despilfarro por exceso producción.....	11
1.3.3 Despilfarro por transporte y acarreo innecesarios.....	12
1.3.4 Despilfarro por errores, rechazos, reproceso de tareas.....	12
1.4 Herramientas Lean	12
1.4.1 Las 5S.....	13
1.4.2 Estandarización de trabajo.....	14
1.4.3 Mejora continua	14
1.4.4 Kanban.....	16
1.4.5 Kaizen	17
1.4.6 Indicadores de gestión (KPI'S)	17
1.4.7 Gestión Visual.....	17
1.5 Herramientas complementarias a Lean.....	18
1.5.1 Diagrama de flujo de proceso	18
1.5.2 Hojas de control.....	19
1.5.3 Diagrama de Pareto	19
1.5.4 Diagrama de Ishikawa	20
1.5.5 DOP	21
1.5.6 DAP.....	22
CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	23
2.1 La empresa.....	23
2.1.1 Sector y actividad económica	23
2.1.2 Estructura de la empresa	24
2.1.3 Cadena de valor	24
2.2 Perfil organizacional	25
2.2.1 Misión.....	25
2.2.2 Visión	25
2.3 Entidades participantes en la planta de galvanizado	25
2.3.1 Clientes	26
2.3.2 Productos.....	27
2.3.3 Proveedores del proceso en análisis	27
2.4 Distribución de planta	27
2.5 Diagrama de proceso.....	29
2.6 Flujo de proceso de galvanizado	29
2.7 Descripción del proceso principal	31
2.7.1 Recepción de material.....	31
2.7.2 Habilitado de carga.....	31
2.7.3 Desengrase	31
2.7.4 Decapado	32
2.7.5 Enjuague de decapado	32

2.7.6 Fluxado	32
2.7.7 Galvanizado	33
2.7.8 Enfriamiento.....	34
2.7.9 Descarga	34
2.8 Proceso de inspección	36
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	38
3.1 Análisis del Problema	38
3.1.1 Análisis de las Ventas	38
3.1.2 Análisis de la producción.....	39
3.1.3 Análisis de la productividad.....	39
3.1.4 Análisis del cumplimiento de pedidos	40
3.1.5 Análisis de pedidos no atendidos.....	41
3.1.6 Error en despacho de pedidos	42
3.2 Diagnóstico	43
3.2.1 Identificación del problema.....	43
3.2.1.1 Proceso de habilitado	44
3.2.1.2 Proceso de decapado	47
3.2.1.3 Proceso de galvanizado	49
3.2.1.4 Proceso de descarga	52
3.2.2 Causas que originan los problemas.....	54
3.2.3 Matriz de correlación de causas	65
3.2.4 Diagrama de Pareto de principales causas	66
3.2.5 Árbol de problemas	67
3.2.6 Árbol de objetivos	67
3.2.7 Relación de causas con propuesta de solución	68
3.2.8 Mejoras esperadas	68
3.2.9 Secuencia de aplicación de las herramientas de mejora	69
CAPÍTULO 4 PROPUESTA DE MEJORA	70
4.1 Mejoras utilizando herramientas de Ingeniería	70
4.2 5S	70
4.3 Kanban.....	85
4.4 Flujo de proceso.....	88
4.5 Estandarización.....	96
4.6 Recomendaciones complementarias para la implementación.....	100
4.7 Resumen de mejoras propuestas	100
4.8 Capacitación	101
4.9 GANTT propuesto para la implementación.....	101
CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	103
5.1 Costos de implementación	103
5.2 Análisis de recuperación.....	105
5.3 Flujo de caja del proyecto	106
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
6.1 Conclusiones	109
6.2 Recomendaciones.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación CIIU – Empresa en estudio.....	23
Tabla 2. Determinación de cantidad a muestrear según tamaño de lote.....	36
Tabla 3. Tabla de espesores de recubrimiento mínimo según tipo de producto.....	37
Tabla 4. Evolución Ventas 2017 - 2019.....	38
Tabla 5. Detenciones en proceso de galvanizado - Horno.....	50
Tabla 6. Resumen análisis DAP - Proceso de producción actual de galvanizado..	53
Tabla 7. Resumen análisis DAP - Proceso de producción actual de galvanizado..	54
Tabla 8. Resumen problemas en proceso de habilitado.....	54
Tabla 9. Resumen problemas en proceso de decapado.....	58
Tabla 10. Resumen causas en proceso de decapado.....	60
Tabla 11. Resumen causas depuradas a analizar en proceso de decapado.....	60
Tabla 12. Resumen problemas en proceso de galvanizado.....	61
Tabla 13. Resumen causas en proceso de galvanizado.....	62
Tabla 14. Resumen causas depuradas a analizar en proceso de galvanizado.....	62
Tabla 15. Resumen causas en proceso de producción de galvanizado.....	65
Tabla 16. Resumen causas depuradas a analizar en Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.....	65
Tabla 17. Codificación de causas depuradas.....	66
Tabla 18. Resumen de mejoras esperadas.....	69
Tabla 19. Asignación de número de alambre por tipo de material.....	72
Tabla 20. Proporción de alambre por kg a galvanizar.....	72
Tabla 21. Plan semanal de limpieza.....	75
Tabla 22. Plan semanal de limpieza – Mes 1 de implementación.....	75
Tabla 23. Programa de capacitación inicial – de implementación.....	76
Tabla 24. Programa de capacitación post implementación.....	76
Tabla 25. Auditoría para la Primera S: Clasificar.....	77
Tabla 26. Auditoría para la Segunda S: Organizar.....	77
Tabla 27. Auditoría para la Tercera S: Limpiar.....	78
Tabla 28. Auditoría para la Cuarta S: Higiene.....	79
Tabla 29. Auditoría para la Quinta S: Disciplina.....	80
Tabla 30. Resultado de auditoría para la Primera S: Clasificar.....	81
Tabla 31. Resultado de auditoría para la Segunda S: Organizar.....	81
Tabla 32. Resultado de auditoría para la Tercera S: Limpiar.....	82
Tabla 33. Resultado de auditoría para la Cuarta S: Higiene.....	83
Tabla 34. Resultado de auditoría para la Quinta S: Disciplina.....	83
Tabla 35. Programa de capacitación.....	100
Tabla 36. Programa de capacitación.....	101
Tabla 37. Programa de capacitación trimestral.....	101
Tabla 38. GANTT propuesto para desarrollar las mejoras propuestas.....	102
Tabla 39. Costos de implementar las 5S.....	103
Tabla 40. Costos de implementar Kanban.....	103
Tabla 41. Costos de implementar Flujo de proceso de alambres: antes y después de la mejora.....	104
Tabla 42. Costos de estandarizar las mejoras.....	104
Tabla 43. Costos de capacitación durante la implementación.....	104
Tabla 44. Costos de capacitación post implementación.....	105
Tabla 45. Total Inversión.....	105
Tabla 46. Cálculo de dinero perdido por no realizar las mejoras.....	106
Tabla 47. Flujo de caja del proyecto.....	107
Tabla 48. TIR del proyecto.....	108
Tabla 49. VAN del proyecto.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principios considerados como parte de Lean Manufacturing.....	5
Figura 2. Las 5S – Clasificación - Significado.....	13
Figura 3. Ciclo PDCA.....	15
Figura 4. Implementación de la Gestión Visual en las áreas de trabajo.	18
Figura 5. Diagrama de Pareto.	20
Figura 6. Diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa - Efecto.....	20
Figura 7. Diagrama DOP.	21
Figura 8. Diagrama DAP.....	22
Figura 9. Evolución empresa.	23
Figura 10. Organigrama administrativo.	24
Figura 11. Organigrama Operacional – Planta de Galvanizado.	24
Figura 12. Diseño de Cadena de valor – Empresa en estudio.....	25
Figura 13. Clientes de la empresa en estudio.	26
Figura 14. Sector operacional de Clientes.	27
Figura 15. Tipos de productos en servicio de galvanizado.....	27
Figura 16. Distribución de planta del proceso de galvanizado.	28
Figura 17. Diagrama de proceso de galvanizado.	29
Figura 18. Flujo de proceso de galvanizado.	30
Figura 19. DOP proceso de galvanizado.	35
Figura 20. Inspección de espesores.....	36
Figura 21. Ventas 2017 – 2019: Expresado en Dólares y porcentaje.	39
Figura 22. Producción 2017 – 2019: Expresado en Miles de Toneladas.....	39
Figura 23. Evolución de Producción (Miles de Ton) y Horas efectivas 2017 – 2019.	39
Figura 24. Productividad 2017 – 2019: Expresado en Ton/Hr.....	40
Figura 25. Productividad mensual 2017 – 2019: Expresado en Ton/Hr.....	40
Figura 26. Promedio Cumplimiento Pedidos 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Porcentaje.....	41
Figura 27. Cumplimiento de Pedidos Mensual 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Porcentaje.....	41
Figura 28. Promedio de pedidos no atendidos 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Unidades.....	41
Figura 29. Pedidos Mensual no atendidos 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Unidades.....	42
Figura 30. Pedidos despachados de forma errónea.....	42
Figura 31. Pedidos despachados de forma errónea.....	43
Figura 32. Resumen análisis del problema.....	43
Figura 33. Procesos problemas en la producción de Galvanizado.....	44
Figura 34. DAP – Proceso de habilitado.....	44
Figura 35. Formato de ingreso de producto.....	45
Figura 36. Formato de productividad de gancheras.....	46
Figura 37. Colocado de alambres al producto.....	46
Figura 38. DAP – Proceso de Decapado.....	48
Figura 39. Ganchera con producto en espera de pase a horno.....	49
Figura 40. DAP – Proceso de galvanizado.....	50
Figura 41. Detenciones 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Horas.....	51
Figura 42. Pareto de Detenciones 2019 - Expresado en Horas.....	51
Figura 43. Representación gráfica del proceso de descarga de productos.....	52
Figura 44. DAP – Proceso de descarga de productos.....	53
Figura 45. Causas que originan problema en el proceso de habilitado.....	55
Figura 46. Modelo de registro llenado de forma manual.....	57

Figura 47. Causas que originan problema en el proceso de decapado.....	59
Figura 48. Causas que originan problema en el proceso de galvanizado.....	62
Figura 49. Causas que originan problema en el proceso de descarga.....	63
Figura 50. Matriz de Correlación de causas – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.....	66
Figura 51. Pareto principales causas a mejorar – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.....	67
Figura 52. Árbol de problema – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.....	67
Figura 53. Árbol de objetivos – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.....	68
Figura 54. Propuesta de solución a través de vinculación Objetivo – Impacto – Causas – Herramientas de solución.....	68
Figura 55. Relación causa-herramienta de ingeniería a aplicar.....	69
Figura 56. Secuencia a aplicar herramientas para el logro de la propuesta de mejora.....	70
Figura 57. Equipo de 5S.....	71
Figura 58. Tarjeta roja para clasificación de alambres.....	72
Figura 59. Organización de materiales de limpieza - Área de habilitado.....	73
Figura 60. Aplicación de 5S para montacarga.....	74
Figura 61. Aplicación de 5S para alambres.....	74
Figura 62. Resultado – Auditoria de las 5S.....	84
Figura 63. Identificación de proceso de Galvanizado con tarjeta Kanban.....	85
Figura 64. Kanban – De proceso.....	86
Figura 65. Kanban – De calidad.....	86
Figura 66. Kanban – De almacén.....	86
Figura 67. Kanban – En planta de galvanizado.....	87
Figura 68. Reproceso de despacho de productos, expresado en minutos.....	87
Figura 69. DAP – Reproceso de descarga y despacho de producto.....	88
Figura 70. Propuesta impresión de encabezado de formato de forma automática.....	89
Figura 71. Flujo de proceso actual de clasificación de alambre.....	90
Figura 72. Flujo de proceso propuesto de clasificación de alambre.....	91
Figura 73. Ficha de conformidad de calidad por parte del cliente.....	93
Figura 74. Formato de Lista de chequeo.....	93
Figura 75. Flujo de proceso actual de Recepción de productos.....	93
Figura 76. Flujo de proceso propuesto de Recepción de productos.....	94
Figura 77. Flujo de proceso propuesto: Control de densidad de decapado.....	95
Figura 78. Flujo de proceso propuesto: Control de productividad de decapado.....	96
Figura 79. DAP - Proceso mejorado de habilitado de carga.....	97
Figura 80. Método mejorado de descarga.....	98
Figura 81. Proceso mejorado de galvanizado.....	99

INTRODUCCIÓN

El comercio de productos estructurales de acero en el Perú ha experimentado gran crecimiento durante los últimos veinte años de manera sostenida sobre todo debido al boom de la industria de la construcción, esto ha sido posible debido a políticas de incentivo para el financiamiento de la compra de viviendas por parte del estado peruano, esto atrajo a inversores privados quienes vieron una oportunidad para un mercado demandante de viviendas, durante las últimas dos décadas también los indicadores macroeconómicos del Perú han venido siendo favorables mostrando un ritmo sostenido de crecimiento, el sector construcción es un gran demandante de acero estructural, sin embargo, al concluir el año 2019 disminuyó este crecimiento debido a factores externos e internos provocado principalmente por la caída de precios de los commodities agravados por la guerra comercial de Estados Unidos contra China.

A pesar del escenario acontecido el Perú tiene una dinámica con balance positivo y favorable para la inversión privada a nivel comercial ya que no desalienta seguir trabajando en éste contexto. Sin embargo, las inversiones para grandes proyectos de minería formal se han visto paralizados debido a los conflictos sociales que en su mayoría arrastran problemáticas de más largo plazo que aún no fueron previstos.

En el caso del sector construcción de obras públicas financiado por el estado, gobiernos regional y local, son efectuados en su totalidad por inversionistas privados, siendo aquí el sector de mayor demanda de acero galvanizado. El sector construcción de obras públicas abarca todo tipo de infraestructura como puentes y carreteras, colegios, hospitales, complejos deportivos, empresas estatales, ministerios, etc. Los grandes proyectos privados se destacan en mayor medida la construcción de infraestructura minera, portuaria, aeroportuaria, agroindustria, industria láctea, industria cervecera, industria alimentaria y conexas, industrias ligeras, industrias de servicios, entre otros.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, el índice económico peruano al cierre del 2019 fue de 2.5%, a pesar de tener la menor puntuación con respecto de años anteriores, sin embargo, a nivel de Sudamérica resultó siendo uno de los más altos. Para algunos economistas la guerra comercial de Estados Unidos contra China afectará al Perú a mediados del año 2020, situación que puede complicarse de haber nuevas sanciones a China y a sus socios comerciales, Perú es socio de varios países entre ellos Estados Unidos y China, en consecuencia, la

situación del Perú en el contexto de comercio internacional se vería perjudicada si Estados Unidos forzara a otros países de América Latina a tomar distancia de China.

El objetivo general de este trabajo es describir y analizar el proceso de galvanizado en la planta de producción de una empresa que brinda servicio de galvanizado, con la finalidad de proponer las mejores alternativas de solución mediante la utilización de herramientas de mejora continua.

En el primer capítulo se delinearán el marco teórico, en el cual se explican los conceptos y fundamentos de la herramientas y metodología empleadas.

En el segundo capítulo se describirá a la empresa, el sector al que pertenece, los tipos de clientes y de productos; además de la organización, entre otros temas.

En el tercer capítulo se realizará el análisis y diagnóstico de la situación actual, identificando los defectos o fallas en el galvanizado que generan reprocesos analizando las causas de los problemas se determinará la relación del problema con las herramientas de ingeniería.

En el cuarto capítulo se expondrá el planteamiento de la propuesta de mejora, en el cual se describen las herramientas y los procedimientos a utilizar para la correcta aplicación de las herramientas de ingeniería con el fin de mejorar el proceso de producción de la planta de galvanizado de la empresa en estudio.

En el quinto capítulo se describirá el análisis económico, el beneficio obtenido y el cálculo del VAN y TIR de la presente propuesta.

Finalmente, se tiene el capítulo seis, en el cual se expondrán las conclusiones y recomendaciones necesarias para la aplicación y sostenibilidad de la propuesta de mejora en el tiempo.

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se dan a conocer los conceptos y la metodología Lean Manufacturing como herramienta principal, que permite estudiar y mejorar el proceso productivo de una planta de galvanizado optimizando aquellas etapas del proceso que ocasionan desperdicios, retrasos y pérdidas al sistema.

1.1 Definición de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una metodología que se enfoca detectar y eliminar los desperdicios o actividades que no agregan valor a los procesos con la finalidad de mejorar la productividad, la calidad y la eficiencia de los sistemas productivos. El propósito de Lean Manufacturing es reducir el tiempo desde el momento que el cliente realiza el pedido del producto o servicio hasta que lo recibe (Socconini, 2018). Lean Manufacturing también recibe otros nombres como manufactura esbelta, fabricación ajustada, manufactura ágil, puede complementarse con otras técnicas de gestión de la calidad y mejora continua (Madariaga, 2021).

1.1.1 Lean Manufacturing en la organización.

Al emprender Lean Manufacturing se tiene que establecer algún objetivo alcanzable y para ello es necesario decidir qué tipo de dimensión o valor se debe conseguir mejorar, por ejemplo, se puede plantear el objetivo de eliminar aquellos desperdicios que no añaden valor en cuanto a la dimensión de procesos. Otro ejemplo puede plantear el objetivo de eliminar aquellos desperdicios que no añaden valor en cuanto a la dimensión del producto o servicio (Socconini, 2019). Otro ejemplo puede plantear el objetivo de eliminar aquellos desperdicios que no añaden valor en cuanto a la dimensión del valor que recibe el cliente. Otros ejemplos pueden considerar una combinación de cualquiera de los objetivos anteriores o la totalidad de objetivos.

Una vez definido claramente el objetivo, se deben concentrar los esfuerzos en descubrir las actividades o tareas que no agregan valor a la dimensión elegida, se debe realizar la búsqueda de manera escrupulosa ya que no solo se pueden hallar desperdicios en forma explícita, sino que también pueden existir desperdicios de forma oculta o pueden estar encubiertas en las complejidades del sistema haciéndose pasar como actividades de valor (LeanSIs Productividad, 2017).

1.1.2 El liderazgo en Lean Manufacturing

Es importante desarrollar el liderazgo apropiado para llevar adelante la gestión de *Lean Manufacturing*, adquirir conocimiento previo antes de elaborar planes meticulosos, preparar al personal a tomar actitudes responsables ante los cambios que están por ocurrir, tomar con sincero interés las opiniones de todos los participantes durante las propuestas de mejoras, celebrar el esfuerzo del equipo cuando se logra cumplir una meta específica; así se reforzará la mentalidad por el trabajo en equipo (Socconini, 2018). No postergar el reconocimiento ni dejarlo para después porque siembra desconfianza y erosiona el compromiso de los participantes, no realizar promesas que no se puedan cumplir ya que provocará la ruptura inmediata de cualquier compromiso acordado, brindar apoyo moral y recursos a las acciones emprendidas por los grupos de trabajo para consolidar las mejoras obtenidas y la confianza en el equipo. Estas son algunas de las acciones y responsabilidades a tomar en cuenta por quienes deben asumir las riendas del liderazgo en *Lean Manufacturing* (Socconini, 2019).

1.2 Principios del Sistema Lean Manufacturing

Hernández y Vizán (2013) enmarcan dos principios, el primero es el factor humano, y el segundo es todo lo relacionado con las medidas operacionales y técnicas; se presenta en la Figura 1.

1.2.1. Principios Relacionados a Factores Humanos

El factor humano es el más importante en la metodología *Lean Manufacturing*, porque las personas adquieren hábitos y costumbres que a su vez están condicionados a determinados ambientes culturales en donde se desenvuelven (Hernández y Vizán, 2013). Es a través de las personas que se logra el cambio cultural y la mejora continua. Se puede influir en el cambio cultural de manera positiva, las personas aprenden con mayor facilidad todo aquello que les produce bienestar y satisfacción, las personas aprenden a colaborar, pueden sumar esfuerzos conformando equipos multidisciplinarios para el trabajo, pueden lograr un buen entendimiento de cualquier problemática, pueden ensayar posibles soluciones, pueden usar la visión desde varios ángulos ejerciendo la crítica, pueden establecer acuerdos y elegir lo que conviene aplicar en las mejoras (Socconini, 2018).

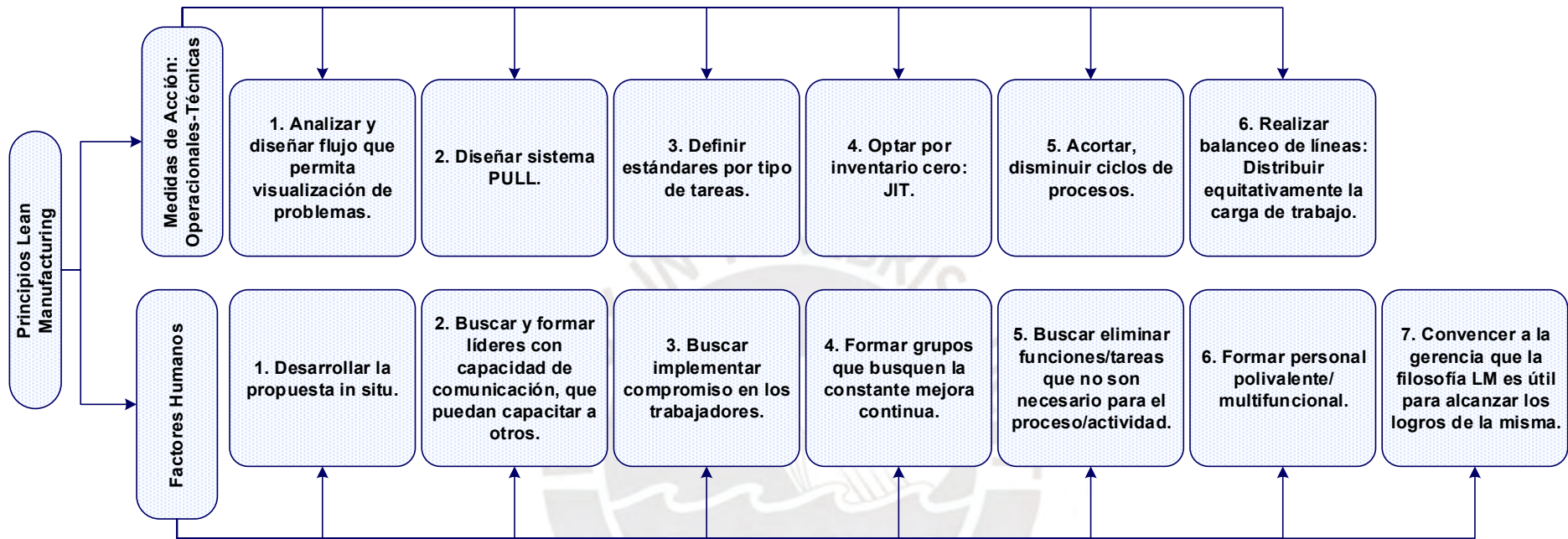


Figura 1. Principios considerados como parte de *Lean Manufacturing*.

Fuente: (Hernández y Vizán, 2013).

a) Desarrollar la propuesta in situ.

Esto se traduce como el conocimiento real de lo que ocurre en el puesto de trabajo, se exhorta a trabajar con datos reales, o a la luz de las evidencias, advierte del peligro de trabajar con base a estimados poco precisos. Si se tiene a la planta cerca y se trabaja dentro de ella, resulta inconcebible expresar un conocimiento preciso en base a estimados poco precisos (Socconini, 2019). Usar estimaciones solo sería válido en situaciones que están fuera de nuestro alcance y control como por ejemplo medir la masa del sol, es imposible tomar muestras, por lo tanto, solo conviene hacer estimaciones (Madariaga, 2021).

b) Buscar y formar líderes con capacidad de comunicación, que puedan capacitar a otros.

La conformación de equipos es fundamental para desarrollar la metodología *Lean Manufacturing*, los equipos deben ser dirigidos por líderes con verdadero compromiso deben alinear esfuerzos con los objetivos, deben servir de fuente de inspiración que ayude a transmitir a los integrantes de los equipos los compromisos y las responsabilidades. Se debe hallar al personal idóneo para asumir la tarea de líder de equipo, la función será de enseñanza y colaboración constante, es necesario contemplar que la dinámica del líder dejará en capacidad a otras personas para delegar y asumir nuevos liderazgos (LeanSIs Productividad, 2017).

c) Buscar implementar compromiso en los trabajadores.

Se basa en el principio Toyota que hace una comparación entre el costo de detener una línea de producción el cual siempre será menor que en lugar de fabricar lotes de segunda calidad con bajo valor de recuperación. Por tal motivo se debe desarrollar la capacidad de corregir el defecto de manera inmediata eliminando las condiciones causales que los origina, siempre de manera inmediata (Hernández y Vizán, 2013).

d) Formar grupos que busquen la constante mejora continua

Todos los miembros de un equipo deben uniformizar sus conocimientos del lugar de trabajo a pesar que muchos poseen responsabilidades separadas que deben atender de acuerdo a sus especialidades (Maldonado-Macías et al., 2014). Esto permite compartir no solo la experiencia de trabajo sino también compartir el conocimiento individual, no se pretende que todos los miembros del equipo lleguen a obtener las mismas destrezas profesionales, pero hace posible amplificar la visión de los miembros del equipo sobre la importancia de cada uno de ellos en caso de identificar situaciones observables para realizar futuras mejoras (Lean Solutions,

s.f.). Los miembros del equipo deben tener a su disposición los datos con la mayor claridad posible, no solo para resolver las tareas cotidianas sino también que sirvan de instrumento de trazabilidad para comprender mejor los aspectos relacionados a los efectos dentro y fuera del proceso. Esta tendencia impulsa a eliminar todo aquello que no aporta valor y sostener todo aquello que sirve mantener dentro de los procesos en forma medible (Socconini, 2018).

e) Buscar eliminar funciones/tareas que no son necesario para el proceso/actividad

Las funciones que no producen valor, aquellas que son accesorias o que son redundantes deben ser eliminadas de la ecuación productiva. Se analizan desde diferentes aspectos, se debe preguntarse si es ¿necesaria su ejecución? y en qué medida contribuye a la ecuación productiva, si la pregunta formulada es ¿es posible su eliminación?, si la respuesta es no, preguntaremos si ¿es posible reducir su tiempo de ejecución?, es posible entonces que tales funciones puedan ser transferidas o fusionadas con otra (Maldonado-Macías et al., 2014).

f) Formar personal polivalente/multifuncional

Actualmente se ha extendido el uso de la mano de obra polifuncional, debido fundamentalmente a la alta rotación de mano de obra no calificada de bajo costo pero que demanda mayores curvas de aprendizaje y baja productividad, en comparación con personal más calificado de alto costo. Tener personal más calificado significa tener una planilla con mayores costos laborales y representa un reto para las organizaciones intensivas en mano de obra. Ante tales situaciones se busca obtener una mezcla de las dos modalidades procurando mantener costos de mano de obra razonables mediante la capacitación de personal para realizar tareas multifunción siempre y cuando el proceso lo permita. Resulta de mayor conveniencia tener a disposición un mayor porcentaje del personal con habilidades multifuncionales a la hora de desarrollar *Lean Manufacturing* (Madariaga, 2021) El líder tiene la responsabilidad de promover la multifuncionalidad del personal al interior de los equipos.

g) Convencer a la gerencia que la filosofía LM es útil para alcanzar los logros de la misma

Cuando suceden cambios en las responsabilidades y en la gestión del trabajo al interior de la organización, surge una resistencia a aceptar el nuevo esquema de trabajo, debido a que las personas se sienten inseguras del resultado en sus nuevas tareas y obligaciones, las personas tienden a sentirse cómodas con la rutina

que ya conocen y dominan por lo tanto se mostraran siempre reacios a abandonar la zona de confort (Guerrero, 2016). No se puede iniciar el cambio sin antes administrar debidamente el cambio de actitud y mentalidad en las personas. Por esta razón la alta dirección debe apoyar activamente el proceso de adaptación desde la capacitación para su comprensión de *Lean Manufacturing* y debe incentivar la puesta en práctica de todas las actividades diseñadas por los equipos de trabajo haciéndoles partícipes a los miembros en todas las etapas de implementación y de mejora continua, no es buena idea imponer cambios si estos cambios no son fruto de la experiencia de los miembros del equipo (Hernández y Vizán, 2013).

1.2.2. Principios Relacionadas con las Medidas de Acción: Operacionales-Técnicas

Lean Manufacturing hace uso de diversas herramientas y complementos para lograr evidenciar resultados tangibles durante el proceso de mejora, una de ellas es la estandarización, para la cual se realizan estudios de métodos y tiempos antes, durante y después de implantar la mejora, con el fin de establecer evidencias de continuidad en los cambios realizados, a la vez de establecer medidas que permitan mejorar alguna deficiencia encontrada durante el proceso de control. Otra aplicación similar sucede con la medida relacionada al movimiento de inventario en función a la capacidad real de producción que permite crear flujos continuos evitando el exceso de inventarios. Por lo tanto, es necesario establecer métricas e indicadores que acompañen de forma permanente al desenvolvimiento de las operaciones (Bashin, 2015).

a) Analizar y diseñar flujo que permita visualización de problemas

Los problemas en la línea de producción paralizan el proceso, crean cuellos de botella y demandan tiempo de solución. Anticiparse a los problemas de producción ahorra preocupaciones y mayores costos, resulta conveniente poder reconocer las situaciones riesgosas antes que sucedan problemas durante la producción (Gómez y Brito, 2020). Por esta razón se deben usar alternativas apropiadas tales como, usar señales sonoras o visuales situándolas en cada punto del circuito del proceso, estos elementos están diseñados para emitir sonidos o visualizar colores distintivos que identifiquen alguna característica de riesgo antes de ocasionar un problema (Chase, Jacob, y Aquilano, 2009). El diseño del puesto de trabajo también contribuye a visualizar los problemas antes que sucedan. Otro factor que ayuda a un diseño de flujo controlado de la producción es cuando la planificación de la

producción se diseña para lograr un comportamiento visualmente homogéneo que ayude a distinguir cualquier distorsión prematura que indique una alarma (D'Alessio, 2015).

b) Diseñar sistema PULL

Todo sistema productivo tiene una entrada por la cual ingresan materias primas y recursos diversos y funcionan por empuje, también tiene una salida por la cual salen los productos o servicios creados por el sistema y funcionan por jalón. La palabra pull proviene del vocablo anglosajón y traducida al castellano significa jalar, el sistema pull o sistema de jalar, significa hallarse en una postura de jalar, es decir, se sitúa a la salida del sistema en donde se obtienen los productos y servicios (Gómez y Brito, 2020). Al situarse en la salida del sistema se cumple con la premisa de obtener o jalar los productos necesarios para atender al cliente sin permitir producir o jalar productos en exceso que acumulen inventarios innecesarios evitando la sobreproducción. Este sistema permite planificar el ingreso de material a las líneas de producción de manera justa sin crear sobre inventarios (D'Alessio, 2015).

c) Definir estándares por tipo de tareas

Cuando se mejoran las tareas se hace necesario reafirmar el proceso mediante la estandarización; la estandarización es la acción oficializar los cambios y mejoras dándolas a conocer a toda la organización, es el acto de formalizar los cambios (Chase et al., 2009). Sirve para uniformizar las tareas llevando a todos los rincones del proceso como la manera correcta de hacer las cosas en el momento presente. La estandarización permite la uniformidad de los ciclos de trabajo, las tareas estandarizadas mantienen su vigencia hasta el momento en que se desarrollen otras nuevas mejoras que las sustituyan en el futuro. La estandarización evita duplicidades y proporciona un mejor control sobre los procesos (D'Alessio, 2015).

d) Optar por inventario cero: JIT

Las materias primas e insumos se convierten casi en su totalidad en producto terminado y por lo tanto representa un mayor porcentaje en la estructura del costo unitario del producto final (Socconini, 2019). Tener inventarios en exceso como una manera de anticiparse a los tiempos de escases significa tener mucho dinero retenido antes de comenzar la fabricación, por lo tanto, el JIT permite romper esa lógica de acumular inventario, al aplicar JIT se logra obtener fluidez en el proceso de fabricación haciendo posible que el suministro de inventarios de materias primas e insumos se realicen de manera controlada y precisa (Chase et al., 2009). De esta

manera se evita la innecesaria acumulación de inventario costoso. Otro beneficio adicional de aplicar JIT es que permite detectar la aparición de problemas de manera inmediata de manera similar cuando se rompe el eslabón de una cadena, permitiendo actuar rápidamente sobre el problema (Socconini, 2018).

e) Acortar, disminuir ciclos de procesos

El comportamiento del mercado tiende a cambiar con la innovación de nuevos productos y servicios, lo que ayer se consideraba un producto de gran demanda, hoy en día ya no lo es, existen innumerables ejemplos de este cambio en el comportamiento del consumidor debido al desarrollo de nuevos productos tal es el caso de los televisores de pantalla volumétrica que fueron reemplazados por televisores de pantalla plana, el cambio en el diseño y en el precio hizo que los consumidores masivamente prefieran obtener un televisor de pantalla plana, en consecuencia los televisores de pantalla volumétrica se dejaron de fabricar (Chase et al., 2009). Esto también repercute en la forma de fabricar los productos y en la forma en que se diseñan las fabricas para producir nuevos productos, es decir que todo se concatena adecuándose al comportamiento variable de la demanda (D'Alessio, 2015). En tales coyunturas los ciclos de fabricación deben responder con mayor velocidad para adecuarse a los cambios en la demanda y para lo cual es necesario tener ciclos de fabricación cada vez más cortos y responder de manera más flexible (Chase et.al, 2009).

f) Realizar balanceo de líneas: Distribuir equitativamente la carga de trabajo

Nivelar la carga de trabajo es una actividad común que se realiza en toda línea de producción empleando cualquier método de balance de línea, siempre existirá la tarea de equilibrar las líneas mientras existan necesidades de fabricación no importa el nivel de desarrollo en que se encuentre ya sea, manual, hombre-máquina o sistemas automatizados, etc., también seguirán siendo aplicados durante el uso de *Lean Manufacturing* (D'Alessio, 2015).

1.3 Valor Añadido y Despilfarro

Lean Manufacturing se concentra en analizar las actividades y tareas separándolas en dos grupos, las que añaden valor y las que no lo hacen; algunas veces las tareas que no agregan valor resultan necesarias y no es posible eliminarlas, solo en tales casos se debe mejorar su valoración por medio de cambios en su resultado

(Socconini, 2018). El mayor de los cambios logrados por el *Lean Manufacturing* es el cambio cultural, es lo que hace posible dar movimiento a la gran rueda del cambio permanentemente. Se identifica diferentes procesos que ocasionan despilfarros en la gestión de los recursos: tiempo, materiales, productos finales, transporte, mano de obra. Según (Hernández y Vizán, 2013) tenemos los siguientes tipos de despilfarro.

1.3.1 Despilfarro por Almacenamiento no rotativo

Para producir bienes y servicios se necesita invertir dinero en la adquisición de materiales en volúmenes tales que puedan satisfacer el ritmo de fabricación según sea su envergadura, pequeña, mediana, o grande (Chase et al., 2009). Los materiales adquiridos tienen que ser guardados en ambientes especiales a fin de evitar su deterioro y pérdida, sin embargo, a partir de su almacenamiento surgen otros factores tales como fecha de caducidad, riesgos de toxicidad, riesgos químicos, riesgos de incendio, costos de energía para su mantenimiento, cámaras frigoríficas, costos de vigilancia y custodia, costos de manipuleo, costos de primas de seguros, autorizaciones legales, infraestructura con área limitada, etc. (D'Alessio, 2015). Desde el momento que los materiales ingresan a la línea de fabricación es donde comienza a generarse valor y es donde los inventarios son aprovechados transformándose en bienes o servicios de mayor valor. Una situación indeseada es acumular materiales en almacén de manera excesiva sobrepasando el ritmo de la capacidad productiva con la creencia de acumular stocks para un futuro de escasez, un futuro del cual no se tiene certeza de nada (Chase et al., 2009).

1.3.2 Despilfarro por exceso producción

Este despilfarro por sobreproducción ocurre cuando se fabrican productos que aún no son requeridos por algún cliente. Pueden ocurrir tanto en fábricas con tecnologías anticuadas, como también puede suceder en fábricas con tecnología moderna (Gómez y Brito, 2020). En fábricas con tecnología anticuada se concentran en mantener abastecidas las líneas de producción al máximo y de manera continua, debido a su baja productividad esperando alcanzar un volumen de sobreproducción destinado para una fecha límite en el futuro, asumen el rol de una tortuga que avanza lento sin descanso y que espera competir con la liebre (Chase et al., 2009). Por el otro lado las fábricas con tecnología moderna cuentan con alta productividad que requieren menos tiempo para cubrir la fabricación y esto conlleva a situaciones de paralizar la línea cuando ya se ha concluido el programa de producción, debido a que cuenta con capacidades de maquinaria por encima de

la necesaria, las paradas no permiten recuperar la alta inversión tecnológica y se ven forzados a producir más para amortizar el costo de la tecnología antes que ocurra su depreciación por obsolescencia (Guerrero, 2016).

1.3.3 Despilfarro por transporte y acarreo innecesarios

Esto sucede cuando la distribución de espacios en la planta no guarda relación a las actividades y las secuencias de las tareas y procesos, conducen a alargar el tiempo de transporte de los materiales o evitan el desenvolvimiento de otros operarios por interferencia en el lugar de trabajo (Gómez y Brito, 2020). Al revisar el plano de distribución ayudará a situarse mejor en lo que podría estar ocurriendo a la hora de reconstruir los desplazamientos.

1.3.4 Despilfarro por errores, rechazos, reproceso de tareas

Esto ocurre por ineficiencias en las tareas del personal en el puesto de trabajo, consecuentemente recae también en la responsabilidad del área de supervisión y control que tienen a su cargo los recursos productivos. Cuando la normalización establecida no se cumple, se hallan defectos que demandan reprocesos y en el peor de los casos se rechazan. El rechazo no es recuperable y representa un sobrecosto, adicionalmente a dicha pérdida, representa una unidad no vendida al cliente (Chase et al., 2009). Para afrontar este desperdicio, es necesario revisar el proceso entero y localizar la causa en el foco del problema, involucrará a todas las actividades. Se debe evaluar los ciclos del proceso incluyendo la preparación de máquina, también observar con detenimiento las acciones del personal en su trabajo individual y de grupo, esto determinará el grado de adiestramiento y complementar la capacitación de la mano de obra para atender a tiempo los defectos y fallas (Gómez y Brito, 2020).

1.4 Herramientas Lean

Están dirigidas a optimizar los procesos desde distintos ángulos de visión. Estudia la eficiencia de la mano de obra, la gestión de materiales, examina el uso apropiado de la maquinaria, dispone de métodos para optimizar la ejecución de las tareas, contribuye al aprovechamiento de la información y la gestión de datos, entre otras mejoras. Cada herramienta puede funcionar de manera independiente de acuerdo a una evaluación que demande su aplicación. A continuación, se describen las herramientas Lean que se utilizan en el presente trabajo de tesis.

1.4.1 Las 5S

Las 5S es una metodología de gestión de la calidad que tiene como objetivo contribuir a la mejora continua de la organización, esta metodología emplea cinco pasos ordenados. Se enfoca en mejorar las condiciones del puesto de trabajo y las líneas de producción y de cualquier proceso productivo (Socconini, 2018). Toma en cuenta las necesidades del trabajador para conseguir realizar un trabajo agradable que lo ayude a mejorar día a día y le ayuda a descubrir oportunidades que ofrece el proceso para realizar cambios y mejoras, conducente a cumplir con la tarea, con limpieza, eficiencia y seguridad y dentro lugar de trabajo (Madariaga, 2021).

Se denomina 5S porque requiere implementar 5 acciones, cada S representa una palabra de origen japonés, estas acciones mantienen un orden establecido y su traducción se representa en la Figura 2.

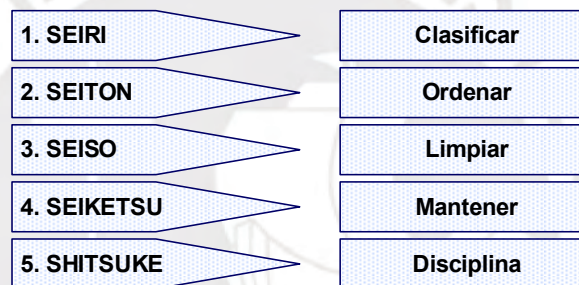


Figura 2. Las 5S – Clasificación - Significado
Fuente: (Lean Solutions, s.f.)

a) **Clasificar**

Consiste en clasificar todos los elementos que se utilizan dentro del lugar de trabajo en primer lugar se debe agrupar de acuerdo a su naturaleza por ejemplo grupo de materiales, grupo de herramientas, etc. En segundo lugar, se debe reagrupar los elementos anteriores de acuerdo a su utilidad, por ejemplo, del grupo de materiales ¿Cuáles sirven? y ¿Cuáles no sirven? y separarlos de acuerdo a su utilidad. Luego tomar todo aquello que no sirve y deshacerse ello. Conservar solo aquello que sirve y es útil.

b) **Ordenar**

Consiste en buscar un lugar adecuado para cosa ya sea para el grupo de materiales o para el grupo de herramientas, el lugar elegido debe asegurar la conservación del estado del objeto, y en función al fácil acceso de la persona de tal forma que su ubicación sea fácil y rápida para la utilización por el usuario.

c) **Limpiar**

Consiste en mantener limpio el área de materiales o herramientas, mantener limpio el área de trabajo, mantener organizado el área de trabajo. La limpieza ayuda a mantener condiciones saludables, evita accidentes y pérdida de tiempo.

d) **Estandarizar o mantener**

Consiste en mantener todo lo realizado en los pasos anteriores, ayuda a ahorrar esfuerzos evitando el desorden, aquí comienza el estudio de una mejor manera de hacer las cosas tratando de conservar todo alrededor cuando se realice el trabajo cotidiano. Se pueden utilizar accesorios y demarcadores de posición que ayuden a estandarizar.

e) **Disciplina**

Consiste en tomar conciencia del beneficio para el trabajador de haber contribuido a lograr con un lugar de trabajo limpio, ordenado, agradable, en el cual tenga que pasar una parte del tiempo de su vida desempeñando su labor de forma más cómoda. Al mismo tiempo con esta acción el trabajador contribuye al bienestar colectivo de la organización que representa. Esta acción de reforzamiento debe estar siempre a cargo de los jefes de equipo y del conjunto de la dirección.

1.4.2 Estandarización de trabajo

La estandarización de tareas y procesos tiene por objetivo reducir la variabilidad en un proceso, documentando y capacitando a los trabajadores sobre la mejor forma de realizar ese trabajo o proceso para cumplir las exigencias requeridas de calidad, costo, seguridad, y entrega (D'Alessio, 2015). La ventaja del trabajo estandarizado es que se vuelve predecible, establecer la mejor manera de realizar una tarea hace previsible su resultado. En consecuencia, la previsibilidad hace que una tarea sea más fácil de dominar y desaparece la presión sobre las personas (Kailean Consultores, 2017).

1.4.3 Mejora continua

La mejora continua permite un alto grado de desarrollo dando como resultado una serie de técnicas que ayudan a gestionar, entre otros a una producción con menores defectos, costos de producción razonables, entrega de productos dentro de plazos establecidos, con elevados niveles de calidad y aceptación de los productos.

a) Ciclo de Deming

Es una herramienta de mejora continua de aplicación sistemática que ayuda a identificar los factores que impiden desarrollar el potencial interno de los procesos haciéndolos evidentes y revirtiéndolos para producir cambios que mejoren de la calidad del producto (Calidad y Gestión, 2018).

Consiste en una serie de pasos basados en la aplicación del ciclo PDCA que conforman cuatro pasos.

La Figura 3 representa el Ciclo PDCA.

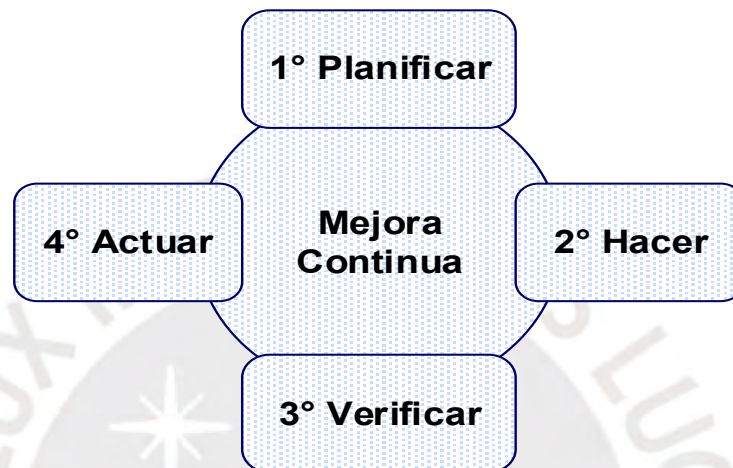


Figura 3. Ciclo PDCA
Fuente: (Calidad y Gestión, 2018).

Planear, es la etapa en donde se define el problema que se deberá resolver. Se establece el grado de importancia de cada problema y se definen los indicadores de control que apoyarán los progresos y avances del proyecto de mejora. Se examinan el conjunto de causas que originan el problema y se proponen alternativas de solución antes de tamizar lo más conveniente.

Hacer, en esta etapa se desarrollan los cambios planificados en la etapa anterior, se eligen el conjunto de soluciones más convenientes y óptimas para implementar. Se ensayan las mejoras antes de proceder a su estandarización.

Verificar, Es la etapa de medición y evaluación de resultados de mejora, los datos recopilados determinarán el grado de eficacia de los cambios logrados. Se establecen estandarizaciones de las mejoras obtenidas, definiendo nuevas operaciones y nuevas responsabilidades. La capacitación y entrenamiento tienen un alto grado de prioridad.

Actuar, Es la etapa donde se documentan las mejoras elaborando los procedimientos que salvaguardan todos los progresos alcanzados, la

documentación se realiza en cada una de las jerarquías existiendo tres niveles, procedimientos generales, específicos, e instrucciones para realizar tareas.

b) Cero Defectos

Es un método con postulado proactivo, manifiesta hacer las cosas bien desde el inicio, solucionando cada problema en el momento y en el lugar donde ejecutan las tareas (D'Alessio, 2015). Sin embargo presenta algunos vacíos en donde la única manera de continuar su aplicación es recurriendo a otras herramientas de ingeniería industrial tales como el estudio de métodos y movimientos, la ratio costo beneficio, círculos de calidad, etc. (Gómez y Brito, 2020) Es necesario sin embargo tomar los principios planteados por el método cero defectos basado como lista de comprobación a medida que se utilizan otras técnicas de gestión de la calidad. El método de cero defectos y plantea 14 pasos que no serán descritos aquí.

c) Control de Procesos

El control de procesos posee un amplio desarrollo en la gestión de la producción, contribuyen a mantener los niveles de calidad, están diseñados para dar soporte en el cumplimiento de los planes y cronogramas de producción, en la actualidad se utilizan masivamente herramientas informáticas que simplifican el trabajo de gestionar grandes volúmenes de información en tiempo real, el nivel de desarrollo de los softwares van desde los más sencillos hasta los más sofisticados, todos ellos emplean los mismos principios teóricos tradicionales de la administración de operaciones, la economía y costeo, hacen uso de algoritmos matemáticos para calcular distintas variables tales como, punto de equilibrio, niveles de reposición, control de inventarios, costos unitarios, consumos, mermas, caudales, densidades, curvas de presión, tiempo de horneado, curvas de temperatura, etc. (Madariaga, 2021).

1.4.4 Kanban

Kanban es una palabra de origen japonés que significa señal o letrero, se utiliza para establecer límites en el sistema de producción, evita la sobreproducción y los sobrecostos de los inventarios, kanban es una herramienta del sistema justo a tiempo, el uso de señales visuales permite conocer los requerimientos de materiales o de piezas en las cantidades exactas, también brindan información que puede utilizarse en el control del proceso (Socconini, 2019). Permite visualizar el flujo del trabajo, permite establecer límites al trabajo en curso, permite conocer el tiempo de las tareas individuales y del proceso en general. Esto permite tener un mapa grafico que haga visible la aparición problemas en alguna etapa del proceso

permitiendo tomar acción sobre el punto del problema y resolverlo. El uso del kanban es muy variado y su aplicación se adecuará a la forma o naturaleza del proceso creando muchas posibilidades para su aprovechamiento (Socconini, 2018).

1.4.5 Kaizen

Kaizen es una palabra de origen japonés que significa cambiar para mejorar; se deben involucrar todos los miembros del área de trabajo conformándose el grupo kaizen, cada miembro del equipo es libre de aportar ideas durante el análisis de los procesos (D'Alessio, 2015). El principio kaizen aplica una serie de pasos, el primer paso es observar el proceso actual, el siguiente paso es desarmarlo en partes elementales, en el siguiente paso se debe remover las partes que son innecesarias, y el último paso es volver a armar las partes de un proceso nuevo (Chase et al., 2009). Para su aplicación se requiere el compromiso de los colaboradores, partiendo desde la gerencia, (Salazar, 2016).

1.4.6 Indicadores de gestión (KPI'S)

Un indicador de gestión es el índice que expresa la relación entre algunos datos elegidos convenientemente para conocer el comportamiento de un sistema. Sin embargo, existe un indicador de rendimiento conocido como KPI por sus siglas en inglés (key performance indicator) el cual es una medida de rendimiento utilizada para evaluar el éxito de los esfuerzos en las organizaciones (Gómez y Brito, 2020). Los KPI hacen posible la evaluación del desempeño en forma sistemática y continua mediante la recopilación, monitoreo y análisis de datos. El uso del KPI resulta de vital importancia para reevaluar los estándares usados en los procesos y sistemas productivos logrando una gestión flexible y oportuna para la puesta a punto, actualización o reconfiguración de los procesos (Oyigbo y Ugwu, 2017).

1.4.7 Gestión Visual

La gestión visual es una estrategia que permite comunicarse efectivamente con el elemento humano mediante la creación de una interfaz de comunicación. La preparación de la organización para la implementación de herramienta visual es efectiva si la herramienta visual contribuye y facilita el sistema general objetivos; y la conformidad de la herramienta visual con los principios de diseño ergonómico (Tezel et al., 2016).

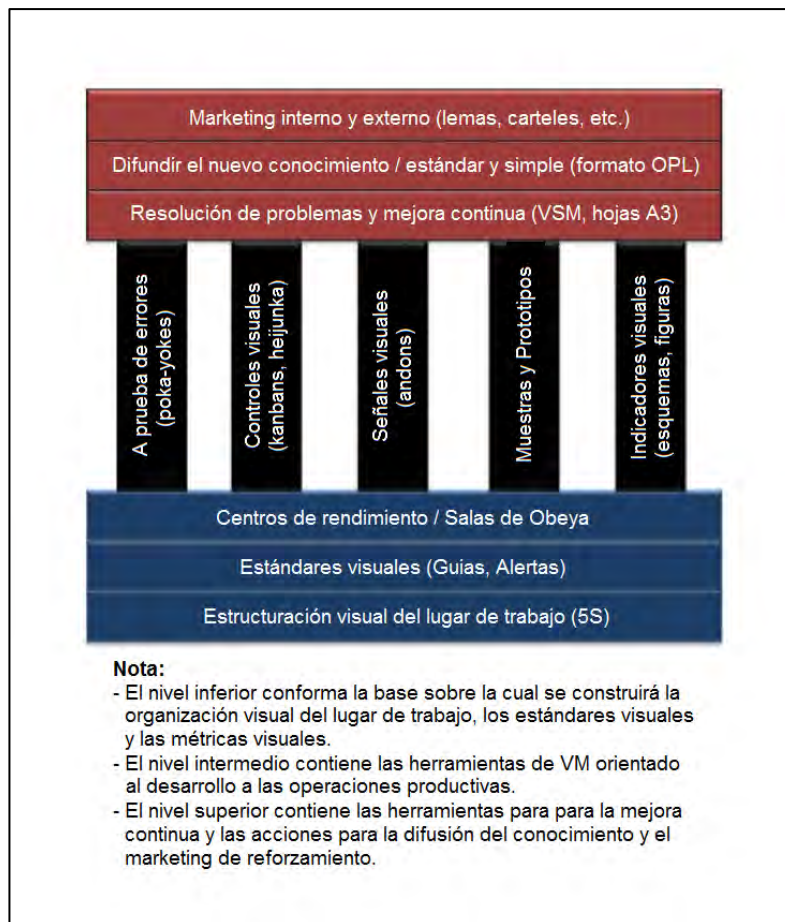


Figura 4. Implementación de la Gestión Visual en las áreas de trabajo. Fuente: (Tezel et al., 2016, p.776).

1.5 Herramientas complementarias a Lean

Son herramientas de apoyo que permiten sistematizar la información y facilitan la comprensión de los resultados para la aplicación de *Lean Manufacturing*. Estas herramientas permiten desde el levantamiento de información hasta la generación de reportes y gráficas de análisis que son el insumo necesario para la aplicación de Lean.

1.5.1 Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo es una herramienta gráfica que permite representar de manera secuencial y lógica la sucesión de eventos que ocurren en un proceso del cual se han tomado registros. Es de uso cotidiano para realizar estudios del flujo del proceso, sirve identificar situaciones problemáticas, así también para representar el flujo mejorado. Forma parte de la documentación durante la estandarización y cumple con todos los requisitos en los procedimientos de mejora continua. Los diagramas de flujo indican el inicio y fin de un proceso, describen cada actividad y dejan evidencia de los cambios a lo largo del tiempo, (Six Sigma Blog, 2010).

1.5.2 Hojas de control

El proceso de eliminación de desperdicios de la filosofía Lean hace necesario complementar el Kanban con otro tipo de documento de control, las hojas de control cumplen ese rol, permitan el control de estándares de calidad, por ejemplo: materia prima, material de entrada, de proceso y de salida (D'Alessio, 2015). Mediante el uso de hojas de control se puede transmitir información para mantener el proceso en constante medición y pueden obtenerse indicadores de gestión. Las hojas de control se diseñan en función a la necesidad del proceso o actividad, no existe restricciones para su diseño, sin embargo, es importante que sean lo más claro y sencillo en su diseño que permitan una lectura fácil de comprender.

1.5.3 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica que organiza los factores de un problema según el nivel de importancia que tienen, tomando en consideración la frecuencia con que ocurre cada uno de dichos factores (D'Alessio, 2015).

Fue creado por Wilfredo Pareto, economista italiano quien pudo observar una relación inversa en el sistema de causas de los problemas, pudiendo predecir la existencia de unos pocos vitales contra otros muchos triviales. Se refería a aquellos pocos factores que representaban la parte más grande o el porcentaje más alto de un total, mientras que aquellos factores más numerosos solo representaban una pequeña parte del total (Maldonado, 2018).

Posteriormente Alan Lakelin, fue quien basado en los estudios y principios de Pareto formuló la regla 80-20.

El Diagrama de Pareto tiene por objetivo mostrar a los pocos vitales o aquel 20% de tal manera que la acción correctiva que se tome sobre aquellos pocos, producirá un mayor beneficio sobre el conjunto. El Diagrama de Pareto, asigna a los factores un orden de importancia facilitando la comprensión de las causas del problema permitiendo actuar de manera rápida en las alternativas de solución. A continuación, se muestra el esquema general de un Diagrama de Pareto (Maldonado, 2018).

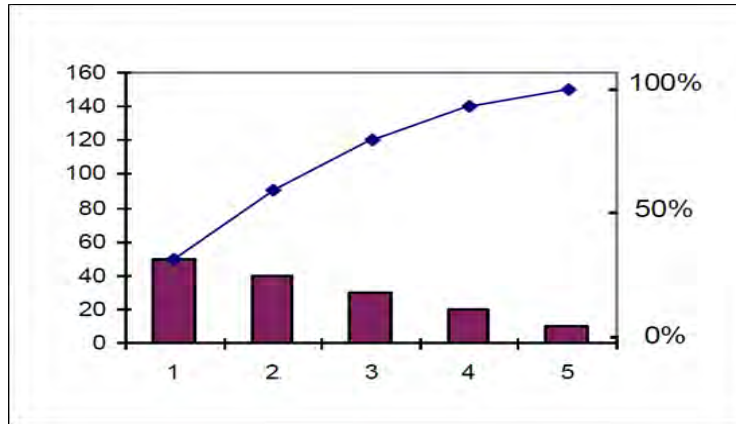


Figura 5. Diagrama de Pareto.
Fuente: (Maldonado, 2018, p. 190).

1.5.4 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa también conocido como diagrama causa – efecto muestra la relación sistémica entre un resultado y sus causas. El Diagrama Causa - Efecto es una técnica de análisis para resolver problemas, el Profesor Kaoru Ishikawa de la Universidad de Tokio desarrolló este método en 1943, lo utilizó en una planta de la Kawasaki Steel Works, para explicar cómo una serie causas afectan a un proceso, permitiendo su clasificación y evidenciando su relación intrínseca (Maldonado, 2018).

Un resultado, comúnmente denominado efecto, representa un área, un problema, un proceso o una característica que se desea resolver o mejorar. Una vez que el problema – efecto es definido se pueden Identificar los factores – causas que contribuyen al resultado (Maldonado, 2018).

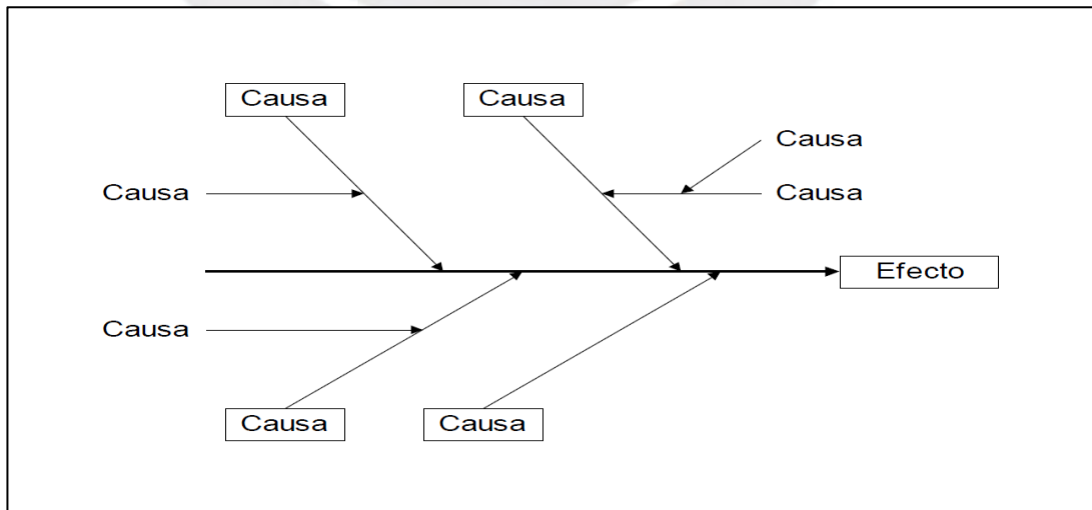


Figura 6. Diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa - Efecto.
Fuente: (Maldonado, 2018, p.200).

1.5.5 DOP

El diagrama de operaciones de proceso es una representación gráfica que describe de manera secuencial de las actividades de operación e inspección que suceden en un tiempo determinado. El DOP describe de manera puntual y simplificada el funcionamiento de un proceso, registra toda la información que se considere necesaria para el análisis, información tal como el tiempo requerido, la acción realizada, la maquina utilizada y el lugar de localización. No se registran los tiempos de espera, tiempos muertos, confinamientos, almacenes, distancias recorridas, ni actividades ajenas al proceso o esporádicas (Díaz, 2014).

El diagrama DOP se utiliza para mapear lo que sucede en el lugar de trabajo, permiten visualizar los flujos, las anomalías, las ventanas de oportunidad, ayudando a plantear adecuadamente las mejoras a realizar (Díaz, 2014).

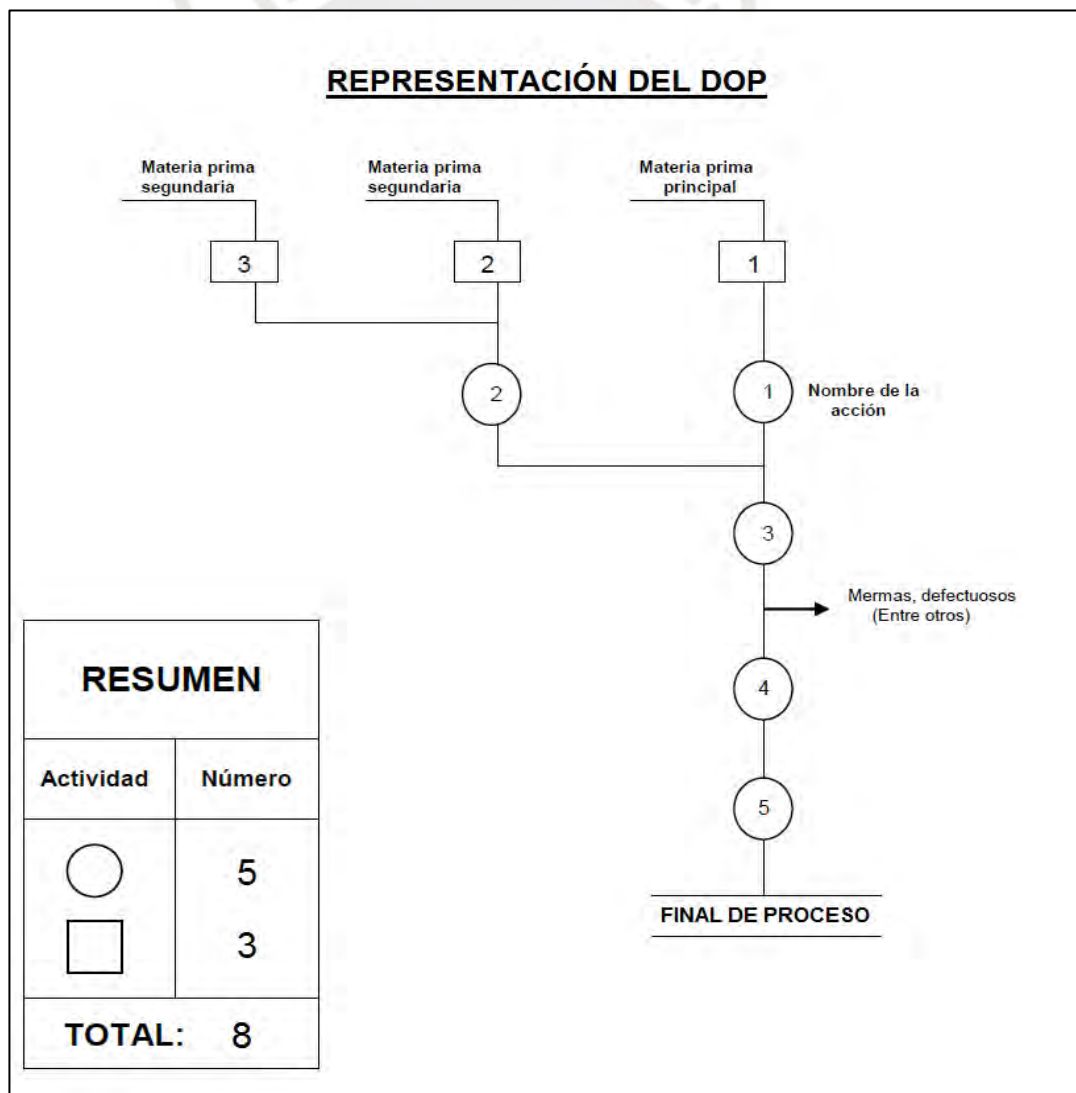


Figura 7. Diagrama DOP.

Fuente: (Díaz, 2014, p.27).

1.5.6 DAP

El diagrama de análisis del proceso o DAP es una gráfica que registra la secuencia de las actividades en los procesos, pero de forma más detallada que en el DOP.

Además de registrar los avances del proceso mediante operación e inspección, registra los transportes, demoras, almacenamientos, etc. El DAP o diagrama de análisis del proceso considera el flujo y manejo de materiales de manera más detallada, así también toma en consideración la distribución del equipo y de la planta, registra los tiempos de retraso y almacenamiento (Díaz, 2014).

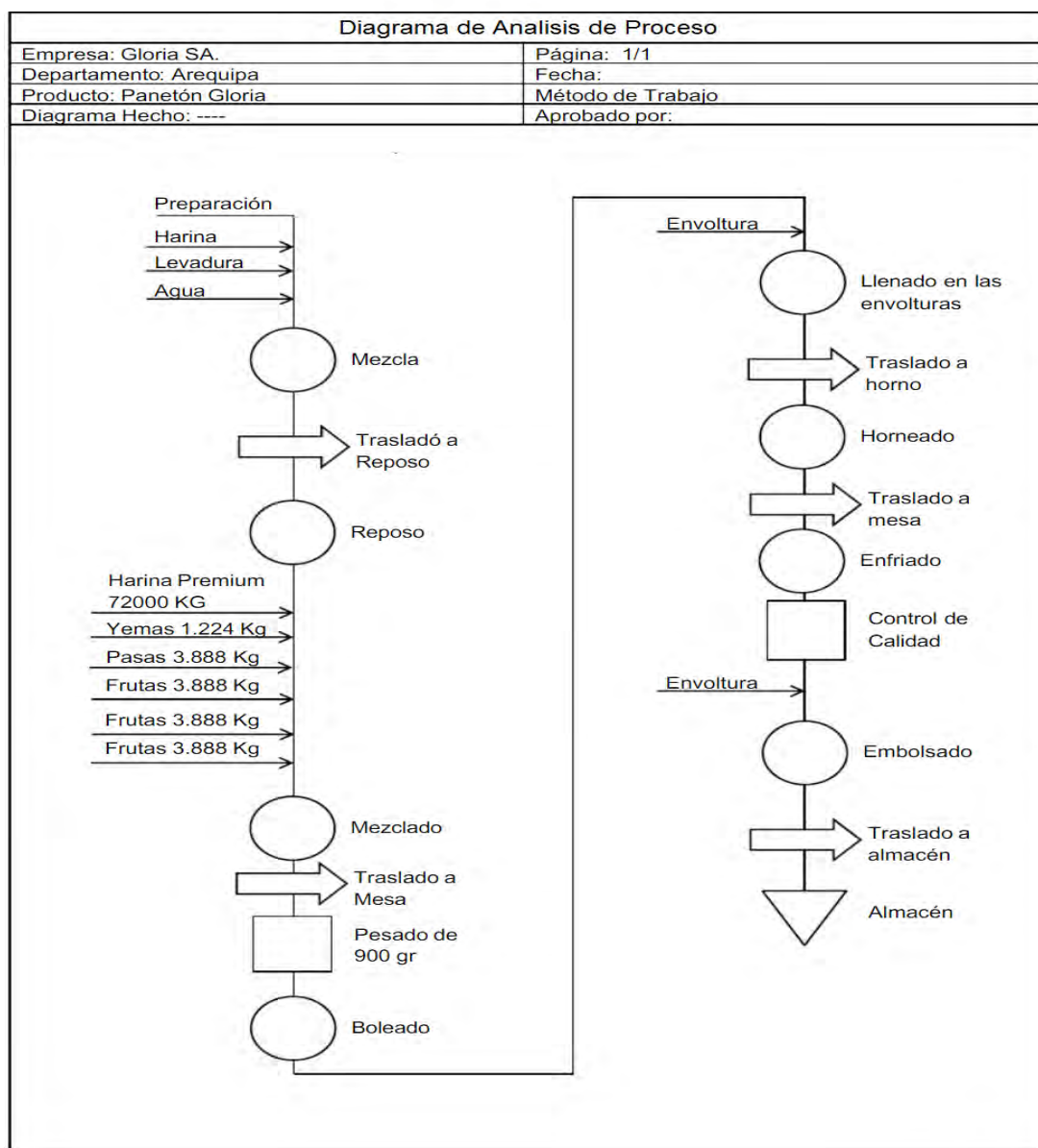


Figura 8. Diagrama DAP.

Fuente: (Jesús, 2017).

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En este capítulo se desarrolla la descripción de la empresa con la finalidad de analizar el proceso de producción en la planta de galvanizado y cómo impacta en la generación desperdicios en tiempos y demoras con implicancias en los tiempos de entrega.

2.1 La empresa

La fundación de la empresa data de más de 10 años, es una empresa clasificada como mediana, formada por capitales peruanos, la cual poco a poco ha ido ganando mercado y lograr mayor competitividad en un mercado creciente.

Inicialmente la empresa se dedicaba a la carpintería metálica, luego de 7 años logra incorporar una planta de servicios de galvanizado, la cual a la fecha es el principal giro del negocio. Ver Figura 9.

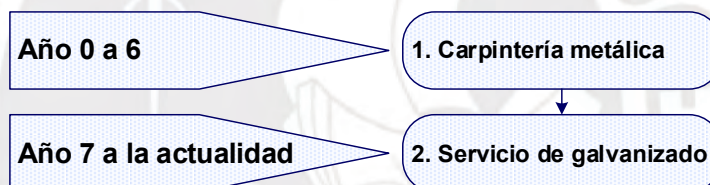


Figura 9. Evolución empresa.

2.1.1 Sector y actividad económica

La clasificación a la que corresponde la empresa en estudio de acuerdo a la Clasificación industrial de carácter internacional es la siguiente:

Tabla 1.
Clasificación CIIU – Empresa en estudio.

COD. CIIU	DESCRIPCION CIIU
2811	Fabricación de productos metalicos para uso estructural.
2892	Tratamiento y revestimiento de metales; obras de ingeniería mecanica en general realizadas a cambio de una retribución o por contrata.

Fuente: (Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, 2015).

Clasificación con la cual le permite operar dentro y fuera del Perú a través del servicio de galvanizado, aunque hasta la fecha el mercado al cual va dirigido es a nivel nacional.

2.1.2 Estructura de la empresa

La estructura de la empresa se describe en dos organigramas, el primero corresponde al organigrama administrativo y el segundo corresponde al organigrama operacional.

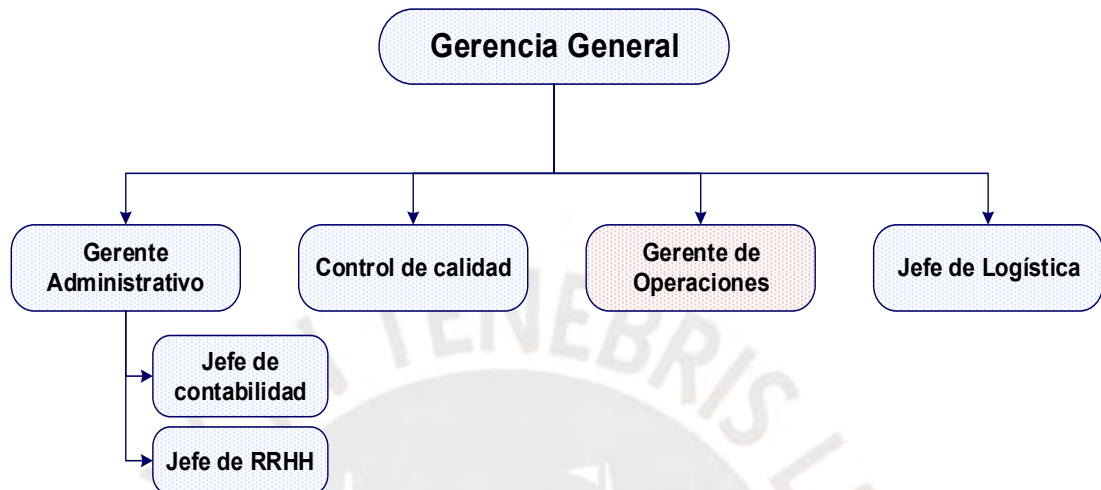


Figura 10. Organigrama administrativo.

En la Figura 11 se presenta el organigrama operacional, el cual corresponde a la planta de galvanizado, donde el área de operaciones se encuentra formada por las áreas de mantenimiento y la planta.

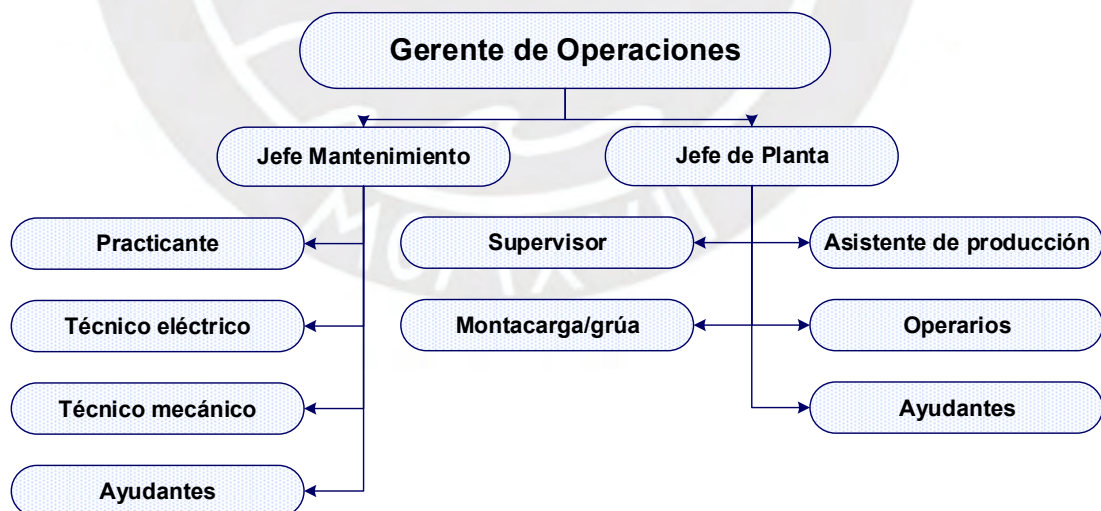


Figura 11. Organigrama Operacional – Planta de Galvanizado.

2.1.3 Cadena de valor

La Figura 12 presenta la cadena de valor de la empresa, cumple con el objetivo de satisfacción de sus clientes a través del cumplimiento con la entrega oportuna de

los servicios de galvanizado, para lo cual trabajan de manera coordinada las áreas de logística con el abastecimiento de materiales e insumos, el área de operaciones el cual proporciona el programa de operaciones para la planta de producción, el área de producción donde se realiza la producción de galvanizado, el área de calidad con la supervisión y validación de la calidad final de acuerdo a requerimiento del cliente, el servicio de post venta con el seguimiento respectivo a los reclamos realizados por los clientes. El parámetro de la satisfacción se mide en función a la inexistencia de quejas y reclamos.



Figura 12. Diseño de Cadena de valor – Empresa en estudio

2.2 Perfil organizacional

La planta de galvanizado es una empresa que brinda servicio galvanizado a nivel nacional, es así como la misión y visión se encuentra determinado.

2.2.1 Misión

Aportamos soluciones sustentables en galvanizado del acero y productos afines para el sector construcción, minero e industrial. Estamos comprometidos con una gestión de excelencia e innovación. Generando valor en el largo plazo para los accionistas, proveedores, clientes y empleados.

2.2.2 Visión

Queremos ser una empresa de clase mundial en el procesamiento de galvanizado del acero y productos afines.

2.3 Entidades participantes en la planta de galvanizado

Se tiene a los responsables de cada etapa del proceso de la planta de galvanizado, quienes colaboran para formar parte vital del control de los fallos a eliminar.

2.3.1 Clientes

Los clientes de la empresa acuden a la planta de galvanizado para solicitar el servicio, servicio de galvanizado orientado a pequeñas, medianas y grandes empresas de todos los sectores que requieren servicios de galvanizado estructural.

El año 2019 cerró atendiendo un total de 110 clientes, de los cuales 4 proporciona el 88.20% de ton de galvanizado de la empresa en estudio, mientras que los otros 106 clientes sólo ocupan el 11.80% de ton de galvanizado. Por ello, la importancia de ofrecer un buen servicio, dado que, si se pierde uno de los cuatro clientes, la producción se caería y con ello el ingreso por ventas. Ver Figura 13.

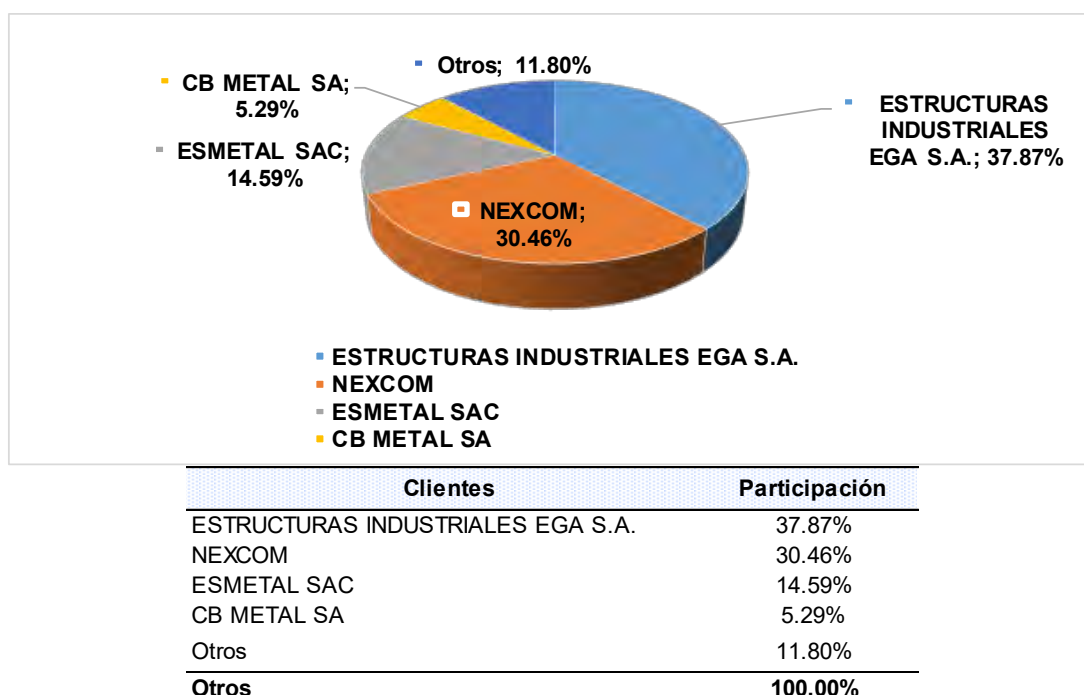


Figura 13. Clientes de la empresa en estudio.

Se considera importante destacar los sectores a los cuales pertenecen los clientes de la empresa en estudio, con la finalidad de conocer la calidad que se requiere producir, la importancia de la puntualidad y otros factores que ayudan a conocer mejor las necesidades de los clientes y sobre todo conocer la imagen que se puede perder al no cumplir con lo requerido por el cliente dentro del rubro o sector.

Es así como se tiene los sectores de construcción, de agro industria, el sector de minería, las telecomunicaciones, el sector de infraestructura y la industria en general

En la Figura 14 se presenta a los sectores que forman parte los clientes:

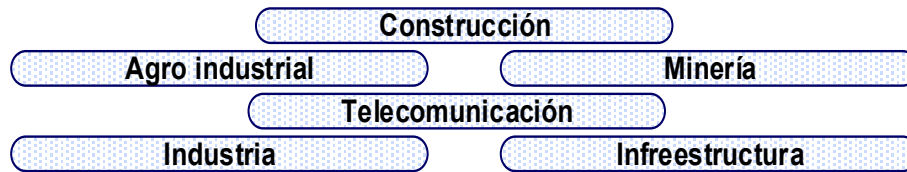


Figura 14. Sector operacional de Clientes.

2.3.2 Productos

La empresa en estudio brinda el servicio de galvanizado, el cual consiste en galvanizar piezas unitarias y de estructura metálicas con aleaciones ferrosas en diferente grado, Ver Figura 15.



Figura 15. Tipos de productos en servicio de galvanizado.

2.3.3 Proveedores del proceso en análisis

Los proveedores de la empresa en estudio son los que proveen de suministros para realizar el proceso de galvanizado, dentro del cual se menciona al proveedor principal que es Votorantim, la cual provee de lingotes de zinc, producto principal que asegura buena calidad de baño de galvanizado, otro proveedor de insumos menores o complementarios es Meck.

2.4 Distribución de planta

En la Figura 16 se presenta la distribución de planta del proceso de galvanizado, el cual está formado por la zona de pre armado y la zona de producción propiamente dicha, la zona de pre armado es la zona donde se habilita el producto a galvanizar, lo cual consiste en colocar alambres para luego ser suspendidos mediante una grúa en una faja, una vez el producto en la faja, esta se transporta hacia el proceso de galvanizado propiamente dicho, el cual se conoce como área de producción.

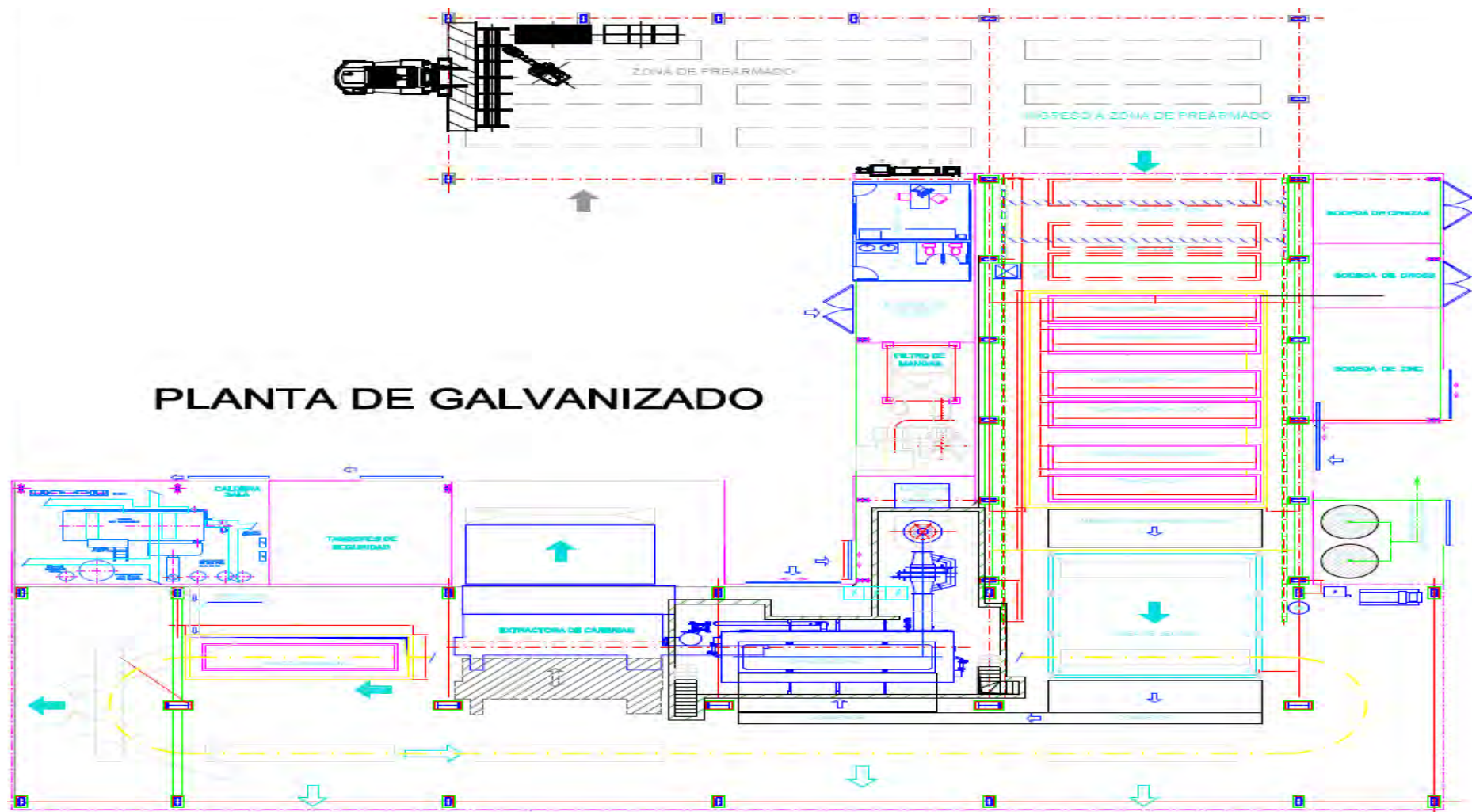


Figura 16. Distribución de planta del proceso de galvanizado.

2.5 Diagrama de proceso

El diagrama del proceso general de galvanizado en la empresa en estudio se muestra en la Figura 17. El proceso comienza por la recepción de producto, seguidamente pasa a la zona de habilitado, luego se procede al desengrasado, decapado, estando ya listo para proceder al galvanizado propiamente dicho, finalizando con la inspección de calidad y dar pase al almacenado de productos terminados (APT). Se resalta en color celeste las operaciones problemas, siendo estas el habilitado, el desengrase, el decapado 1, el galvanizado propiamente dicho y la inspección.

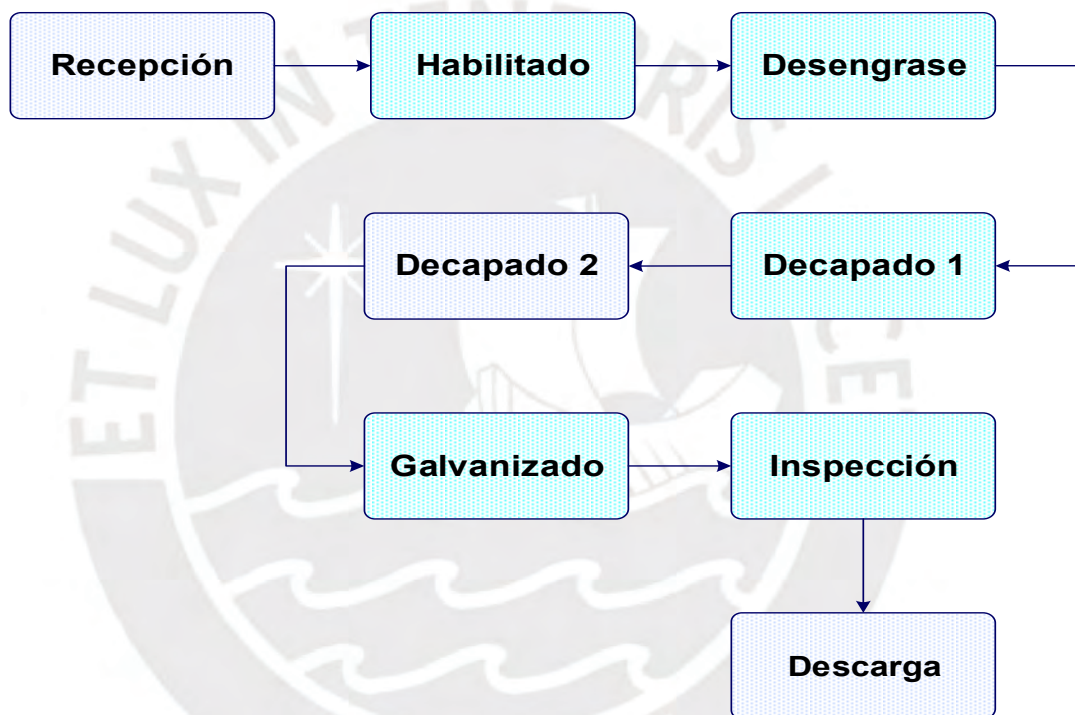


Figura 17. Diagrama de proceso de galvanizado.

2.6 Flujo de proceso de galvanizado

La Figura 18 representa el flujo de proceso de galvanizado actual en la empresa en estudio.

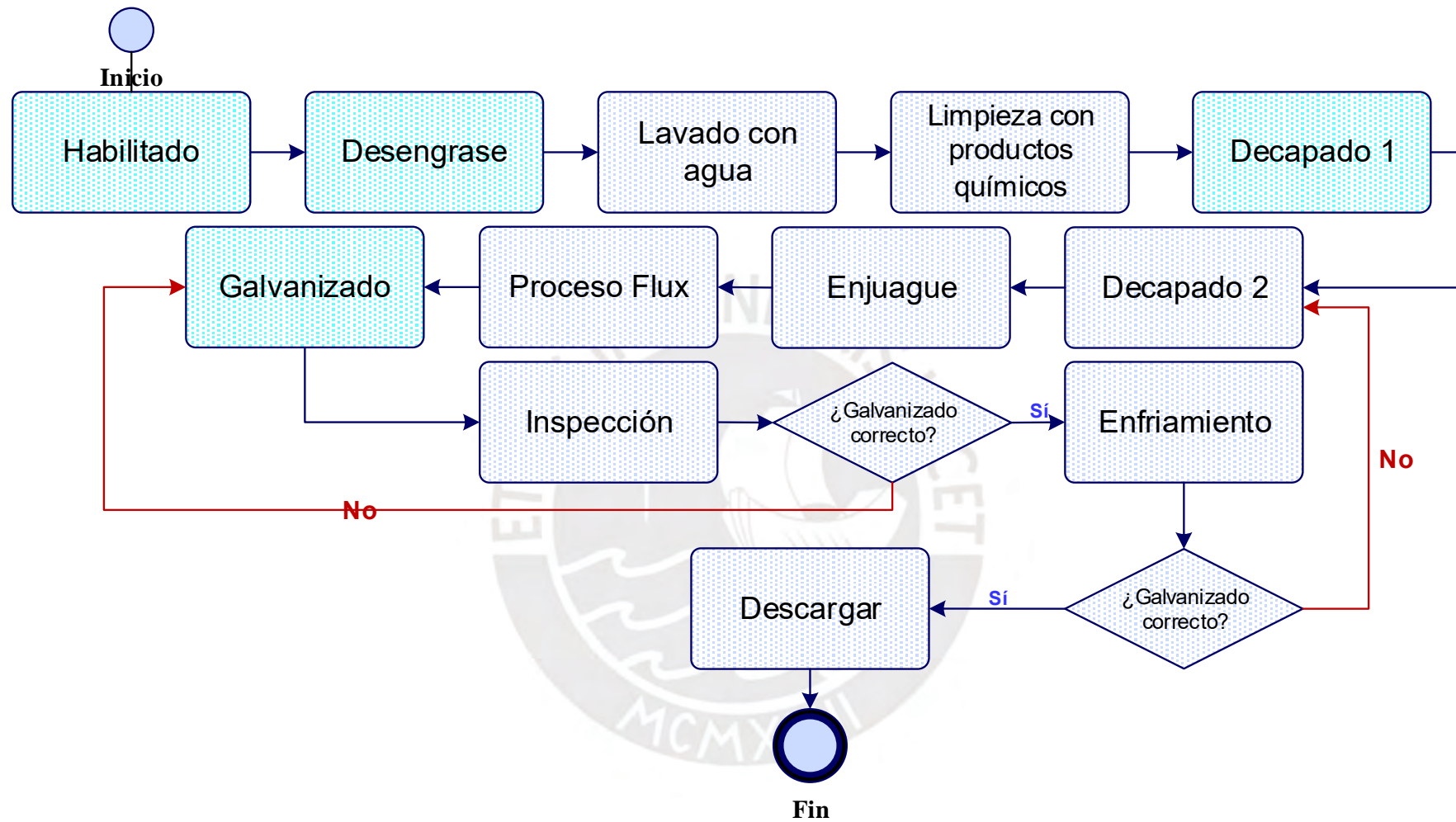


Figura 18. Flujo de proceso de galvanizado.

2.7 Descripción del proceso principal

El proceso a analizar será la planta de servicio de galvanizado con la finalidad de establecer límites a los reprocesos por defectos en el galvanizado.

2.7.1 Recepción de material

Es el proceso que inicia cuando el supervisor de planta realiza la recepción de los materiales y procede a identificar cada bulto con el documento (F-PR-053 “Ingreso de material”).

Solamente, en el caso se presenten observaciones se le comunica al jefe de planta y éste procederá a llenar el documento F-PR-054 “Registro de no conformidad- Proceso de Galvanizado” y se comunica a las partes interesadas.

2.7.2 Habilitado de carga

En el caso de no presentar observaciones, el operario de habilitado, inicia su actividad y procede a determinar un ángulo de inclinación adecuado según el material a galvanizar de acuerdo al documento I-PR-005 “Habilitado de carga”.

Luego amarra y cuelga los materiales a las gancheras e identifica cada ganchera con el documento F-PR-050 “Control de Gancheras”.

Desde este momento se utilizará una grúa elevada de recorrido lineal, o grúa puente, que se moverá en línea recta a lo largo de todas las estaciones de las diferentes tinas de tratamiento previos al galvanizado, el operario de habilitado conecta las gancheras que sujetan las piezas a la grúa puente, o grúa elevada de recorrido lineal.

2.7.3 Desengrase

El operario de tratamiento superficial traslada la ganchera desde la zona de habilitado hasta la tina de desengrase haciendo uso de la grúa puente.

Luego sumerge gradualmente los materiales en la tina de desengrase, la cual contiene detergente industrial de tipo ácido, hasta que queden completamente inmersos y evitando provocar salpicaduras de la solución desengrasante.

Mantiene sumergidas las piezas durante 15 minutos o hasta que se haya eliminado por completo la grasa de la superficie a galvanizar.

Luego retira la ganchera una vez terminada la inmersión y deja escurrir los materiales sobre la tina hasta que el goteo se haga intermitente.

Luego traslada la ganchera desde la tina de desengrase hasta la tina de decapado haciendo uso del puente grúa.

Solo en caso de que se presenten observaciones después de retirar los materiales de la tina de desengrase, el jefe de planta procederá a llenar el documento F-PR-054 "Registro de no conformidad-Proceso de Galvanizado" y se comunicará a las partes interesadas.

Lo ideal sería darle un enjuague en caso de usar una solución cáustica antes de entrar en contacto con el ácido corrosivo en la tina de decapado. Pero si la solución ya contiene ácido y detergente, no habrá necesidad de lavar el ácido residual de baja concentración.

2.7.4 Decapado

El operario de tratamiento superficial traslada la ganchera y sumerge gradualmente los materiales en la tina de decapado, la cual contiene una solución de ácido clorhídrico al 1/1 v/v, hasta que queden completamente inmersos, evitando provocar salpicaduras.

Mantiene sumergido los materiales durante 26 minutos dividido en dos procesos, uno en una solución de mayor cantidad de uso y otra más limpia, hasta cuándo se haya observado la completa disolución de los óxidos de la superficie del elemento a galvanizar, el tiempo se mide con el reloj que se encuentra ubicado frente a la tina.

Luego retira la ganchera una vez terminada la inmersión y deja escurrir los materiales de la tina hasta que el goteo se haga intermitente.

Luego se traslada la ganchera hacia la tina de Enjuague de Decapado que contiene agua.

En caso se presenten observaciones después de retirar los materiales de la tina de decapado, el jefe de planta procederá a llenar documento F-PR-054 "Registro de no conformidad-Proceso de Galvanizado" y se comunicará a las partes interesadas.

2.7.5 Enjuague de decapado

El operario de tratamiento superficial sumerge las piezas para su enjuague. Con el enjuague se debe eliminar el excedente de ácido corrosivo de la superficie de las piezas antes del fluxado, Terminado el enjuague, se deja escurrir, luego se transporta la ganchera a la tina de fluxado.

2.7.6 Fluxado

El operario de tratamiento superficial sumerge los materiales en la solución Flux. Los materiales deben quedar totalmente sumergidos por debajo del nivel de la solución. El tiempo de inmersión en el flux dependerá del tamaño de la pieza y la característica del material a galvanizar, esta etapa de fluxado es fundamental

debido a la preparación química de la superficie que hará posible la adherencia del zinc mediante una reacción química conformándose una aleación hierro – zinc.

Transcurrido unos minutos, retira la ganchera y deja escurrir las piezas hasta que el goteo se haga intermitente sobre la misma tina. Luego conduce las gancheras hacia el horno de secado.

2.7.7 Galvanizado

El operario de galvanizado recibe las gancheras e intercambia de grúas, desconecta las gancheras de la grúa elevada de recorrido lineal (se abandona la grúa de recorrido lineal que se utilizó desde el inicio del proceso de desengrasado hasta el proceso de secado en horno), luego conecta las gancheras a otra grúa monocarril de recorrido curvo anclado en el techo, la conduce hacia una cámara confinada y aislada donde se halla la tina de galvanizado.

Si el material excede la longitud o la altura de la tina, el galvanizado se realizará en doble inmersión, sea en forma vertical o longitudinal, asegurándose el total recubrimiento de la estructura. Se introducen lentamente las gancheras a la tina, limpiando constantemente las cenizas formadas en las superficies del zinc fundido utilizando herramientas barredoras. Se observa si se presenta durante la inmersión zonas de las piezas sin adherencia de zinc, de ser así, se agrega sal doble de zinc (sólido) sobre dicha zona y se sumerge nuevamente.

El rango de temperatura dentro de la tina de galvanizado debe mantenerse dentro del rango de 440°C a 460°C, el tiempo de inmersión está en función del espesor del acero. Al concluir el tiempo de inmersión, antes de levantar la ganchera, se deben asegurar de limpiar las cenizas acumuladas en la superficie del zinc fundido contenida en la tina, utilizando herramientas barredoras, una vez despejadas las cenizas, esto se hace para evitar contaminar el material caliente recién galvanizado con las cenizas, luego, se levanta la ganchera lentamente para evitar salpicaduras de zinc que pudieran producir accidentes muy graves, una vez levantada la ganchera por completo de la tina de galvanizado se mantiene en espera procurando un escurrido completo, luego lo retira. Procede a registrar los tiempos en el documento F-PR-052 “Producción diaria de Galvanizado”.

En caso se presenten observaciones después de retirar los materiales de la tina de galvanizado, el jefe de planta procede a llenar el documento F-PR-054 “Registro de no conformidad-Proceso de Galvanizado” y se comunica a las partes interesadas.

2.7.8 Enfriamiento

El operario de galvanizado transporta la ganchera a la tina de enfriamiento, la cual contiene agua potable.

Se ha observado ocasionalmente que para materiales cuyo espesor es menor a 2mm, o que, por la forma de su estructura, exista la probabilidad de alguna deformación durante el cambio brusco de temperatura por enfriamiento en la tina de agua potable. Tener en cuenta también que algunos aceros sufren cambios en su estructura cristalina a nivel molecular si se le somete a un enfriamiento violento, en tal sentido se debe tener el debido conocimiento si conviene dejarlo enfriar libremente a temperatura del medioambiente para no dañar sus propiedades físicas y de trabajo.

El objetivo de utilizar la tina de enfriamiento para el material recién galvanizado, es acelerar el proceso de enfriamiento a fin de acelerar la descarga final de los materiales de sus gancheras permitiendo la manipulación de dichos materiales.

2.7.9 Descarga

Luego de enfriar el material galvanizado, se procede a descargar manualmente de las gancheras y se comienzan a limpiar con herramientas abrasivas, limas, esmeriles, etc. Se retiran los excesos de zinc fundido atrapados en los bordes que conforman puntas y bordes filosos, del mismo modo se retiran los excesos de zinc atrapados en los agujeros de ventilación y demás cavidades de cada una de las piezas. En caso de detectarse ligeros errores se proceden a dar retoques puntuales, estos retoques no deben ser excesivos, de lo contrario, de aparecer errores de forma reiterada, se considera falla de galvanizado. Al terminar los acabados y retoques, se embala para su almacenamiento y despacho al cliente.

En la Figura 19 se presenta el DOP del proceso de galvanizado en la empresa en estudio.

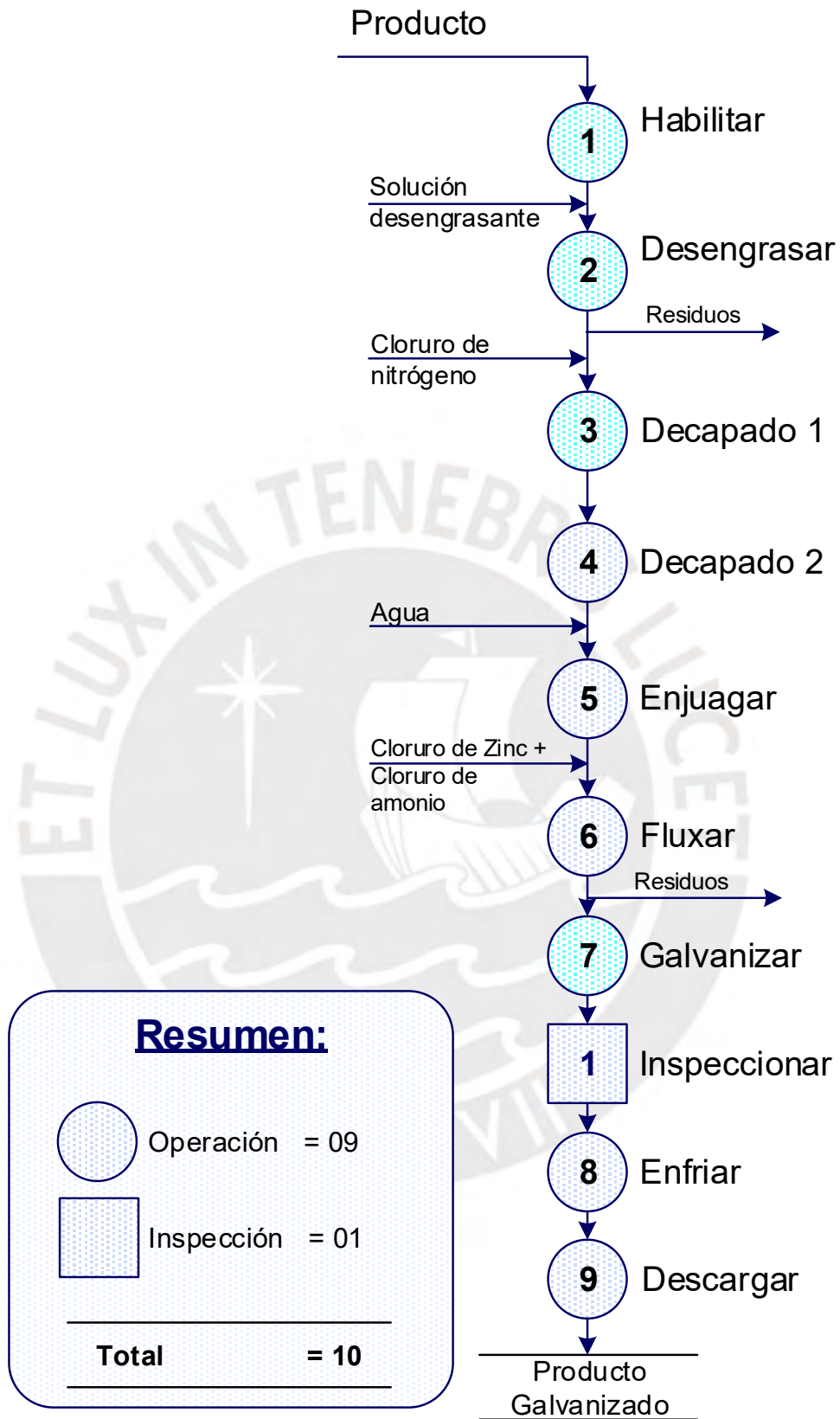


Figura 19. DOP proceso de galvanizado.

2.8 Proceso de inspección

El proceso de inspección está direccionado a los productos que se encuentran ya galvanizados, es decir como parte del control de calidad final.

El proceso consiste:

Primero: El operario del área de galvanizado, debe realizar un muestreo como parte del control, para lo cual debe tomar al azar por lote de producción una muestra determinada de acuerdo a lo establecido en la Tabla 2, cumpliendo con la norma ASTM A123-17.

Tabla 2.

Determinación de cantidad a muestrear según tamaño de lote.

Tamaño de Lote	Cantidad a Muestrear
< 3	Todo
Entre 4 y 500	3
Entre 501 y 1200	5
Entre 1201 y 3200	8
Entre 3201 y 10000	13
> 10001	20

Segundo: Se procede a inspeccionar el espesor de las piezas por medio de un equipo que cumple con las características para medir espesores, tal como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Inspección de espesores.

La Tabla 3 muestra los espesores establecidos por la empresa en estudio como aceptables de acuerdo al tipo de producto.

Tabla 3.

Tabla de espesores de recubrimiento mínimo según tipo de producto.

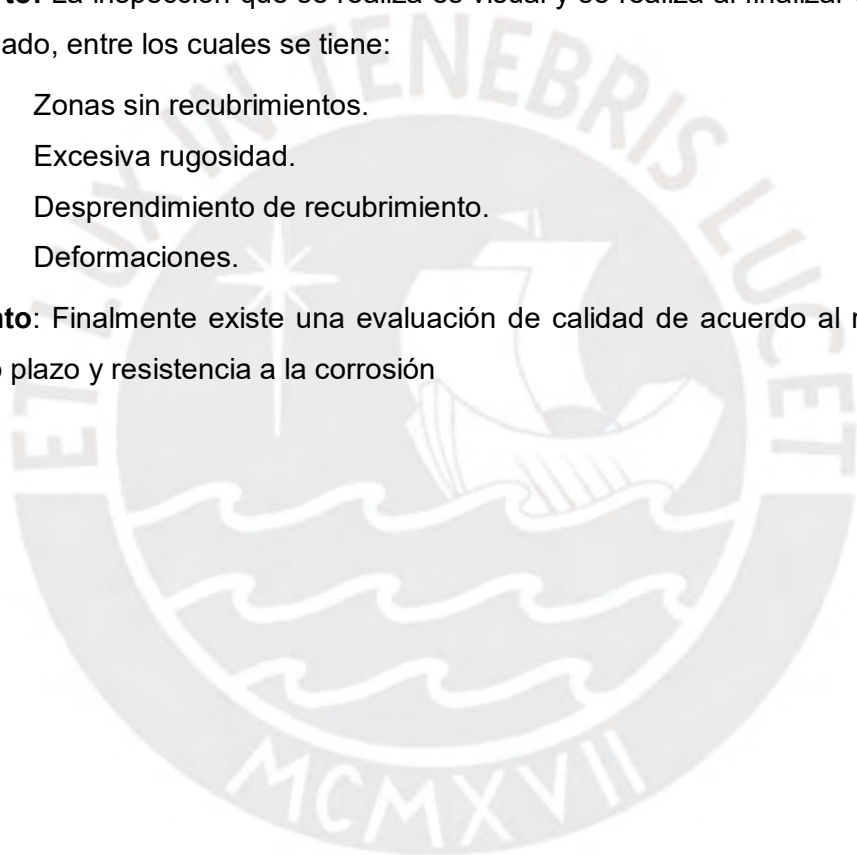
Tipo de producto	<1/16"	1/16" a 1/8"	1/8" a 3/16"	> 3/16" a 1/4"	≥ 1/4" a 5/8"	≥ 5/8"
Formas estructurales	45	65	75	75	100	100
Fleje y barra	45	65	75	75	75	100
Placa	45	65	75	75	75	100
Tubo y tubería	45	45	75	75	75	75
Alambre	35	50	60	65	80	80
Barras de refuerzo	--	--	--	--	100	100

Tercero: Se debe realizar 5 mediciones por Spot con el fin de obtener un promedio más real del espesor del galvanizado en el producto analizado.

Cuarto: La inspección que se realiza es visual y se realiza al finalizar el proceso de acabado, entre los cuales se tiene:

- Zonas sin recubrimientos.
- Excesiva rugosidad.
- Desprendimiento de recubrimiento.
- Deformaciones.

Quinto: Finalmente existe una evaluación de calidad de acuerdo al rendimiento a largo plazo y resistencia a la corrosión



CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se realiza el análisis y diagnóstico de la situación actual de la planta de galvanizado en estudio haciendo uso de herramientas de ingeniería, identificando el problema, con lo cual se hace factible diagnosticar las causas que lo originan.

3.1 Análisis del Problema

Haciendo uso del análisis cuantitativo, se procede a analizar el problema, el impacto que ocasiona el problema y se expone las evidencias a través de las ventas valorizadas, de las toneladas producidas, la productividad, los niveles de reproceso, el nivel de cumplimiento y pedidos no atendidos durante los años 2017 al 2019.

3.1.1 Análisis de las Ventas

El análisis de las ventas se realiza tomando como referencia los años 2017 al 2019, teniendo en cuenta que la empresa inicia sus operaciones como planta de galvanizado en el año 2017, se observa que existe un crecimiento anual hasta el año 2019, ver Tabla 4.

Tabla 4.
Evolución Ventas 2017 - 2019.

Año	Ventas	Variación
2017	\$ 1,110,746.34	---
2018	\$ 2,579,343.38	132%
2019	\$ 5,493,063.39	113%

En la Figura 21 se presenta las ventas de forma mensual durante los años 2017 al 2019, donde se observa un crecimiento en las ventas del año inicial al 2019.

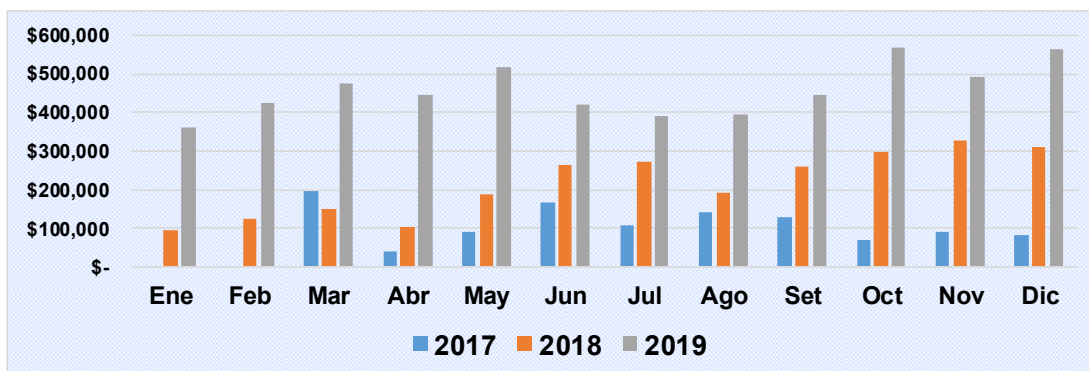


Figura 21. Ventas 2017 – 2019: Expresado en Dólares y porcentaje.

3.1.2 Análisis de la producción

En la Figura 22 se observa la producción mensual de los años 2017 – 2019 en miles de toneladas (Ton) producidas, se toma como producción las Ton de material que los clientes encargan galvanizar.

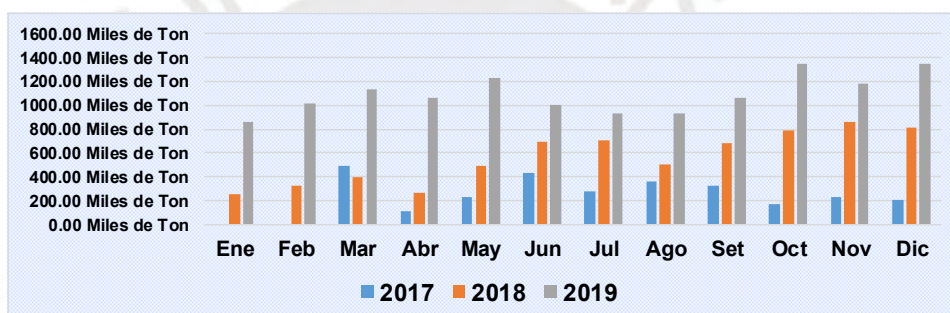


Figura 22. Producción 2017 – 2019: Expresado en Miles de Toneladas.

En la Figura 23 se presenta la producción y las horas efectivas requeridas por año 2017, 2018 y 2019.

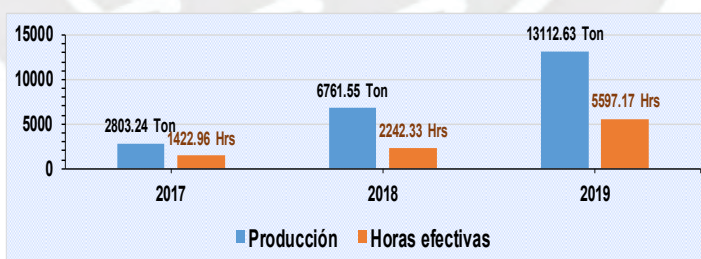


Figura 23. Evolución de Producción (Miles de Ton) y Horas efectivas 2017 – 2019.

3.1.3 Análisis de la productividad

Analizando la productividad se tiene que la productividad en el primer año de operaciones como planta de galvanizado fue de 1.97 Ton/Hr, en el segundo se incrementa a 3.02 Ton/Hr y en el tercer año disminuye a 2.34 Ton/Hr, a pesar que

las ventas expresadas en unidades y en dólares han incrementado, la productividad no tiene el mismo comportamiento. Ver Figura 24.

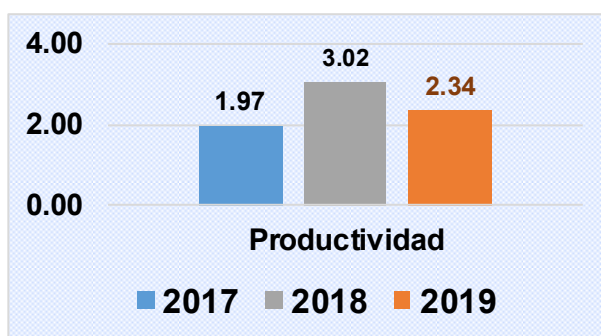


Figura 24. Productividad 2017 – 2019: Expresado en Ton/Hr.

En la Figura 25 se presenta la productividad 2018 y 2019 de forma mensual, teniendo en cuenta que la productividad establecida por la empresa es de 3.5 Ton/Hr, se observa que durante el año 2018 existieron 3 meses en los cuales se llega a cumplir con el estándar de productividad, sin embargo, durante el año 2019 no se cumple, a la vez que se mantiene muy por debajo del estándar.

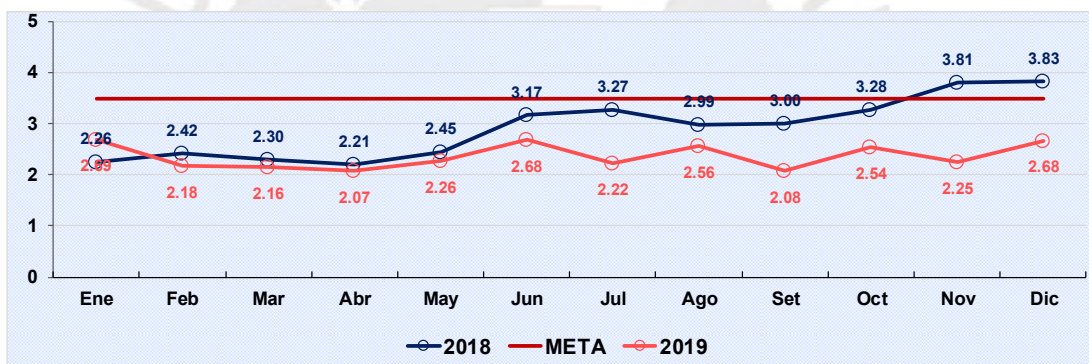


Figura 25. Productividad mensual 2017 – 2019: Expresado en Ton/Hr.

3.1.4 Análisis del cumplimiento de pedidos

Realizando un análisis en el cumplimiento de los pedidos de forma anual, se tiene que existe una tendencia decreciente, donde en el primer año de operaciones se obtiene un cumplimiento de 83.13%, en el segundo año 79.52% y 77.29% en el tercer año 2019; este análisis permite observar que a pesar que las ventas se incrementaron en el año 2019 y de la existencia de una ligera recuperación de la productividad en los términos descritos, existe incumplimiento de entrega de los pedidos, Ver Figura 26.

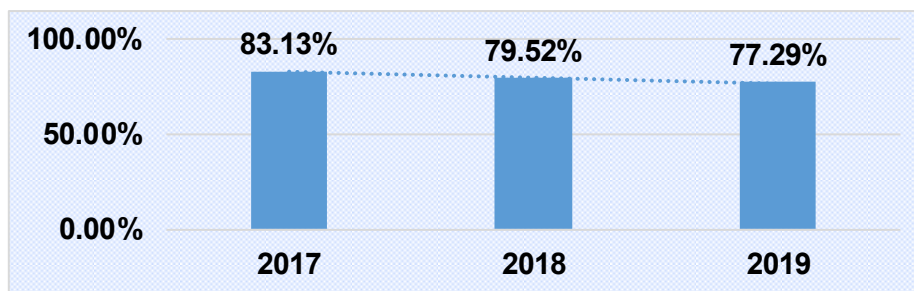


Figura 26. Promedio Cumplimiento Pedidos 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Porcentaje.

Se procede a analizar el cumplimiento de forma mensual de los tres años de análisis: 2017, 2018 y 2019, donde se acentúa la tendencia decreciente, y explica como aún cuando en el año 2019 las ventas se han incrementado, la productividad no ha tenido un ascenso sustancial y por el contrario decayó de 83.13% a 77.29% entre el primer año de operación y el tercer año. Ver Figura 27

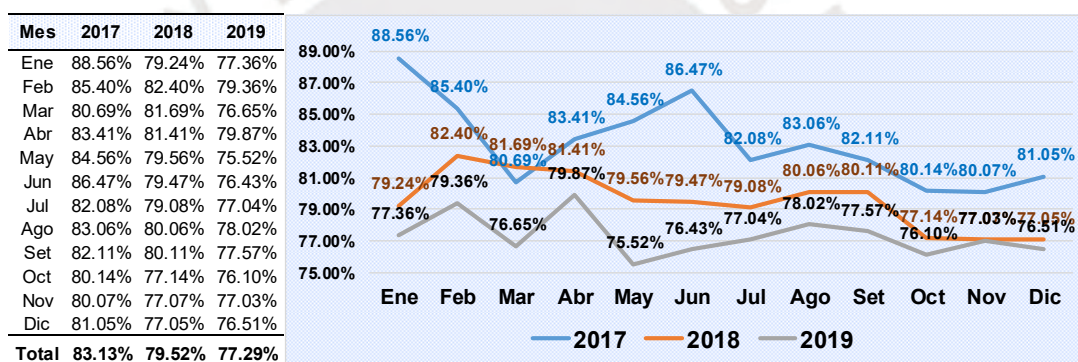


Figura 27. Cumplimiento de Pedidos Mensual 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Porcentaje.

3.1.5 Análisis de pedidos no atendidos

El incumplimiento analizado en la Figura 26 lleva a analizar los pedidos no atendidos, obteniendo que la no atención de pedidos tiene tendencia creciente desde el año de inicio de operaciones como planta de galvanizado, donde en el año 2017 fueron 5, 8 en el año 2018 y 11 en el año 2019, ver Figura 28.

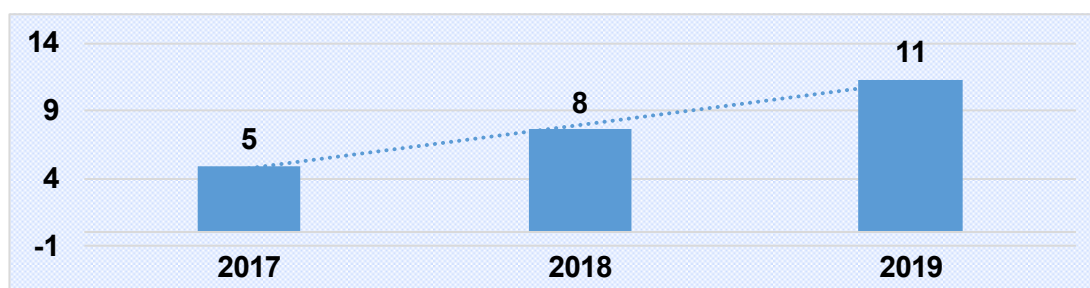


Figura 28. Promedio de pedidos no atendidos 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Unidades.

Analizando mensualmente se tiene que existe una tendencia creciente definida de pedidos no atendidos, los cuales se incrementan en el año 2019, ver Figura 29.

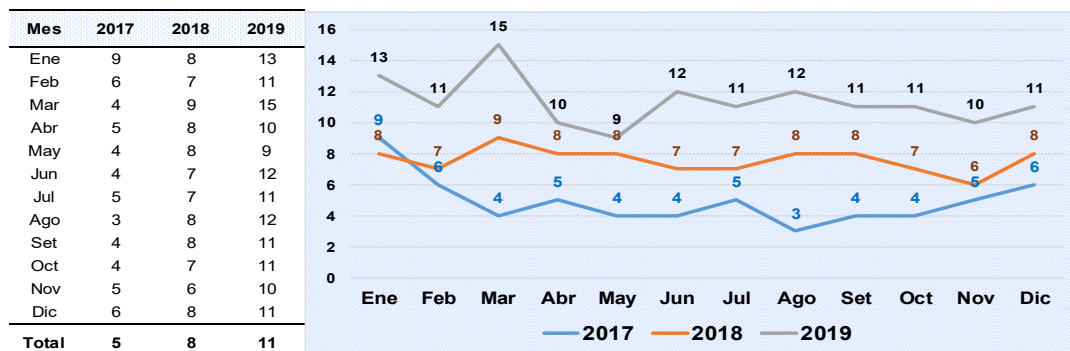


Figura 29. Pedidos Mensual no atendidos 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Unidades.

3.1.6 Error en despacho de pedidos

La empresa despacha productos equivocados a los clientes, esto se debe a que no se identifica los productos de forma correcta desde que ingresan al proceso productivo, el cual llega al final de la producción mal identificado o asignado, este problema llega al almacén donde se recepciona el producto de producción de acuerdo a la identificación que producción asigna. En la Figura 30 se presenta la cantidad de pedidos mensual que se han despachado de forma incorrecta, teniendo que en el año 2017 se equivocaron en 28 pedidos, en el año 2018 con 43 pedidos y en al año 2019, dado el crecimiento de la empresa también se incrementaron este tipo de error con 92 pedidos en este año.

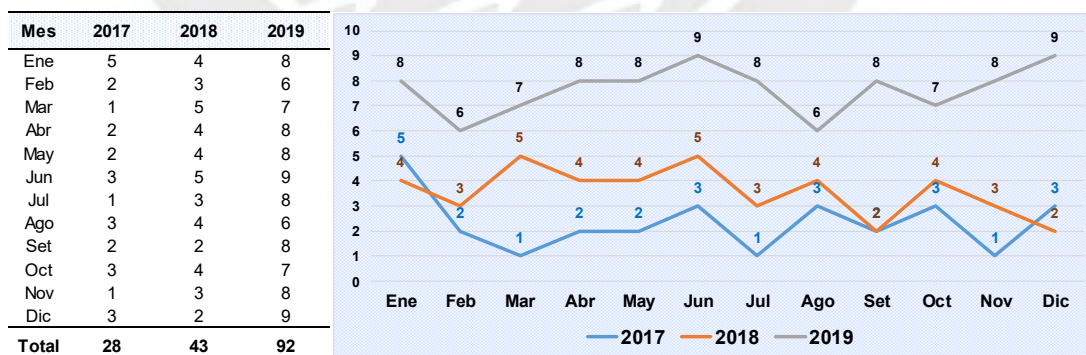


Figura 30. Pedidos despachados de forma errónea.

Estos pedidos ocasionaron fletes por S/. 11040.00 en el año 2019, Ver Figura 31.

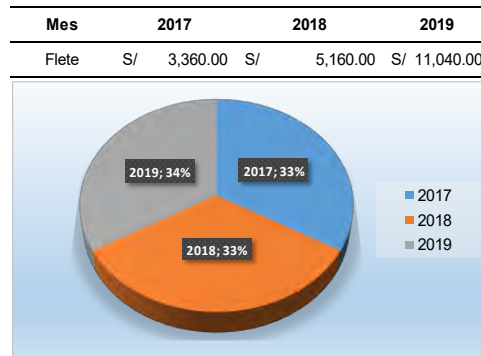


Figura 31. Pedidos despachados de forma errónea.

3.2 Diagnóstico

Se procede al análisis del proceso de galvanizado de la empresa en estudio bajo la situación actual, teniendo en cuenta el análisis realizado en el ítem 3.1, el cual se resume en la Figura 32, donde a pesar que las ventas y producción se ha incrementado en los años 2018 y 2019, se observa que la productividad y por ende el cumplimiento de pedidos han descendido, generando a su vez incremento de pedidos no atendidos y los errores por despacho en el mismo período de años en análisis.

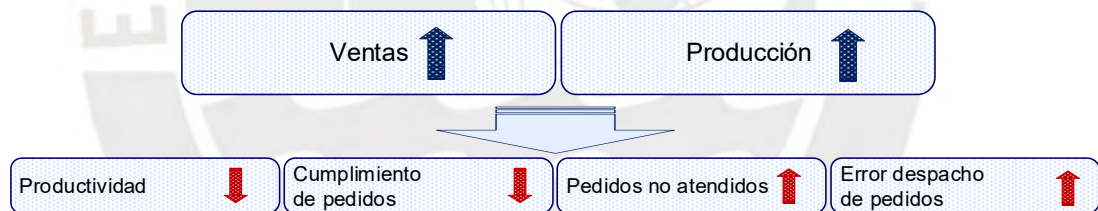


Figura 32. Resumen análisis del problema.

Entonces, realizado el análisis del problema se logra identificar operaciones con actividades que no agregan valor en el proceso de producción de galvanizado mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial, seguidamente se procede a realizar el análisis de las causas que sustentan el origen del problema, finalmente se identifica las herramientas de ingeniería que contribuirán en dar la propuesta idónea para solucionar el problema.

3.2.1 Identificación del problema

Con la finalidad de identificar las operaciones que no agregan valor se procedió a realizar un Diagrama de Análisis de Proceso (DAP) del proceso de producción de galvanizado en los procesos identificados como problemas en la Figura 18 – Flujo

de proceso de galvanizado y Figura 19 – DOP del proceso de galvanizado, obteniendo así los siguientes procesos a analizar el DAP.

- 1 ✓ Habilitado
- 2 ✓ Decapado
- 3 ✓ Galvanizado
- 4 ✓ Descarga

Figura 33. Procesos problemas en la producción de Galvanizado.

Seguidamente se procede a analizar el problema en cada proceso identificado en la Figura 33, para lo cual se utiliza el DAP como herramienta de ingeniería que permite identificar las actividades que agregan y no agregan valor al proceso.

3.2.1.1 Proceso de habilitado

Se presenta el DAP del proceso de habilitado, en el cual se identifican las operaciones que intervienen, Ver Figura 34. Posteriormente se procede a describir cada uno de los problemas identificados dentro de este proceso.











CURSOGRAMA ANALÍTICO				DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO					
DIAGRAMA				RESUMEN					
OBJETIVO:	ACTIVIDAD			ACTUAL			MÉTODO		
Habilitar producto para dar inicio al proceso de galvanizado.	Operación			7			Actual		
	Transporte			1					
PROCESO: Habilitado.	Demora			2					
	Inspección			0					
	Almacenamiento			0					
LUGAR: Zona de habilitado.	DISTANCIA:			66.320 Min					
				TIEMPO TOTAL:					
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos					Observaciones
									
1. Espera de ingreso de carga.			5.350	*					
2. Llenar formato de control de gancheras.			5.000	*					
3. Colocar alambre a productos.			11.250	*					
4. Separar productos que no tienen hueco.			3.250	*					
5. Trasladar productos con hueco para devolución al clientes			4.560	*					
6. Esperar grúa con ganchera.			6.120	*					
7. Retirar alambre de gancheras.			10.000	*					
8. Colocar productos habilitados a gancheras.			19.410	*					
9. Colocar formato de control de gancheras.			0.380	*					
10. Activar grúa.			1.000	*					
TOTAL			66.320 Min	7	1	2	0	0	

Figura 34. DAP – Proceso de habilitado.

En la Figura 34 se observa que actualmente el proceso de habilitado se realiza en 66.32 minutos con 5 personas, el proceso consta de 7 operaciones, 1 traslado y 2 momentos de demora.

a) Espera de ingreso de carga

Para dar inicio al proceso de producción de galvanizado se requiere tener la carga a galvanizar, esta carga demora en ingresar 5.35 min aproximadamente debido a que existe un solo montacarga y requiere estar desocupado para que se proceda al ingreso de carga, sucede que el montacarguista deja el montacarga con carga porque no ha descargado el producto aun, además no existe un área definido donde se deba ubicar el montacarga, y este es dejado donde el montacarguista lo deja de acuerdo al trabajo que haya realizado.

b) Llenado de formato de productividad de gancheras

Se debe llenar un formato de productividad de gancheras, para tal fin se requiere copiar datos de un formato de ingreso de producto que ingresa junto con la carga a trabajar, este proceso de llenar formato de control de ganchera demora 5 min aproximadamente porque busca el formato de ingreso de producto, lo lee, identifica con el producto físico ingresado y procede a retirar este formato junto con el formato de productividad de gancheras. El llenado de formato consiste en copiar los datos generales que solicita el formato de productividad de gancheras, ver Figura 35 denominado formato de ingreso de producto y Figura 36 donde se presenta el formato de productividad de gancheras.

ESPESOR DEL ACERO MÍNIMO / MÁXIMO: TIPO DE PIEZAS: ESPESOR DE RECUBRIMIENTO:		
	INGRESO DE MATERIAL	F-PR-053 v.00 23-10-2019
OP:		
FECHA DE RECEPCIÓN: CLIENTE: GUÍA DE INGRESO: CANTIDAD TOTAL OP: ESPESOR DEL ACERO MÍNIMO / MÁXIMO: TIPO DE PIEZAS: ESPESOR DE RECUBRIMIENTO:		

Figura 35. Formato de ingreso de producto.

PRODUCTIVIDAD DE GANCHERAS			F-PR-055 v.00 23-10-2019
FECHA		RESPONSABLE	
TURNO		PESO NEGRO	
N° GANCHERA		PESO GALVANIZADO	
OP	CLIENTE	MATERIAL	CANTIDAD
DETENCIONES			
DET	HI	HF	OBSERVACIONES

Figura 36. Formato de productividad de gancheras.

c) Colocar alambres a productos y separar los no disponibles

Este proceso consiste en colocar alambres a cada producto para luego poder colocarlos a las gancheras que serán transportadas por la grúa para el proceso de decapado, este proceso está formado por los ítems 3, 4 y 5 del DAP de la Figura 34, el cual toma un tiempo de 19.06 min aproximadamente, debido a que no existe orden en la clasificación de los alambres, y no se asigna el alambre a trabajar desde que el producto ingresa, son los operarios del área de habilitado quienes viendo el material asignan el número de alambre a utilizar, llegando a utilizar alambres que no corresponden, siendo por lo general de mayor grado al real, por otro lado se tiene que el cliente envía productos sin hueco, los cuales son separados y trasladados para que se realice el hueco correspondiente y pueda ser incorporado a la carga.

En la siguiente Figura 37 se muestra el proceso de colocado de alambres.



Figura 37. Colocado de alambres al producto.

d) Espera de grúa con gancheras

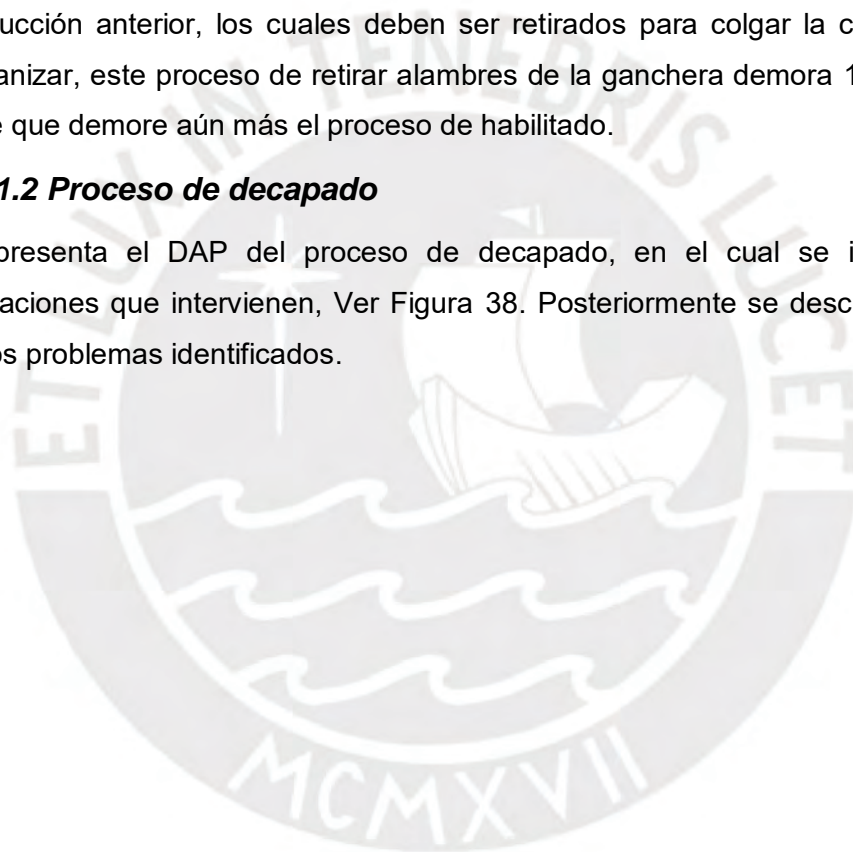
Una vez que los productos tienen colocados los alambres, estos deben ser colocados en la ganchera, la cual se encuentra circulando en el proceso de decapado a través de una grúa; es decir, no se puede cargar los productos mientras que una ganchera no haya terminado el proceso de decapado, esta espera tiene como promedio 6.12 min, el cual hace que incremente el tiempo del proceso de habilitado.

e) Retirar alambres de ganchera

Una vez terminado el proceso de galvanizado, la grúa retorna la ganchera hacia el área de habilitado con los alambres que se colocaron para el proceso de producción anterior, los cuales deben ser retirados para colgar la carga nueva a galvanizar, este proceso de retirar alambres de la ganchera demora 10 min, lo cual hace que demore aún más el proceso de habilitado.

3.2.1.2 Proceso de decapado

Se presenta el DAP del proceso de decapado, en el cual se identifican las operaciones que intervienen, Ver Figura 38. Posteriormente se describe cada uno de los problemas identificados.



DAP

CURSOGRAMA ANALÍTICO		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO						
DIAGRAMA		RESUMEN						
OBJETIVO:	ACTIVIDAD		ACTUAL			MÉTODO		
Retirar óxidos e impurezas de los productos.	Operación	●	7			Actual		
	Transporte	➡	6					
PROCESO: Decapado.	Demora	⏸	1					
	Inspección	■	0					
	Almacenamiento	▼	0					
LUGAR: Zona de decapado.	DISTANCIA:							
	TIEMPO TOTAL: 71.110 Min							
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos			Observaciones	
1. Desengrase de productos.			13.110	*				
2. Traslado de productos por medio de la ganchera			3.250	*				
3. Sumergir carga en tina.			1.160	*				
4. Mantener sumergido los productos para retirar toda la grasa.			12.250	*				
5. Trasladar ganchera hacia tina de decapado 1.			1.000	*				
6. Mantener sumergido en tina de decapado 1.			12.250	*				
7. Trasladar ganchera hacia tina de decapado 2.			1.000	*				
8. Mantener sumergido en tina de decapado 2.			12.560	*				
9. Trasladar ganchera a tina de enjuage.			1.000	*				
10. Dejar reposar producto.			2.190	*				
11. Trasladar ganchera a tina de flux.			1.000	*				
12. Dejar reposar producto.			1.340	*				
13. Trasladar material hacia zona de espera del siguiente proceso.			1.000	*				
14. Espera de pase a horno.			8.000	*				
				*				
TOTAL			71.110 Min	7	6	1	0	0

Figura 38. DAP – Proceso de Decapado.

En la Figura 38 se observa que actualmente el proceso de decapado se realiza en 71.11 minutos con una persona, el proceso consta de 08 operaciones, 6 traslados y 1 momentos de demora.

a) Decapado 1 en tina ácido pobre

De acuerdo a la norma y especificaciones de la empresa, el decapado debe realizarse con una densidad promedio de ácido de 10 g/cm³, el cual se mide con un densímetro. Sin embargo, la empresa trabaja con dos procesos de decapado por no botar el ácido, por ello mantienen una tina con ácido con densidad que fluctúa entre 15 y 26 g/cm³, al cual denominan decapado 1 y lo utilizan con el fin de ayudar de disolver el óxido de los productos, sin embargo, esto no es así, porque genera un tiempo adicional y en ocasiones que tenga que pasar a otra tina para terminar de disolver los óxidos de los productos. Este proceso denominado decapado 1

demanda un tiempo de 13.25 min, ver ítems 6 y 7 de la Figura 36, el tiempo es controlado a través de un reloj.

b) Espera de pase a horno

La ganchera queda a la espera de la Grúa Gh para dar inicio al galvanizado propiamente dicho, ello se da porque existe descoordinación y espera de descarga de material para que la Grúa Gh pueda descargar una siguiente carga de productos ya horneados. El tiempo de espera es de 8 min aproximadamente. Ver Figura 39, en el cual se observa una ganchera con productos a la espera de Grúa GH para que pase por horno.



Figura 39. Ganchera con producto en espera de pase a horno.

3.2.1.3 Proceso de galvanizado

Se presenta el DAP del proceso de galvanizado, el cual se realiza en un horno, en este DAP se identifican las operaciones que intervienen en este proceso, Ver Figura 40. Luego se procede a describir cada uno de los problemas identificados.

En la Figura 40 se observa que actualmente el proceso de galvanizado se realiza en 23.03 minutos con 3 personas y consta de 11 operaciones, 1 traslado y 1 inspección.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO				
DIAGRAMA				RESUMEN				
OBJETIVO: Realizar el galvanizado.	ACTIVIDAD			ACTUAL			MÉTODO	
	Operación			●	11		Actual	
Transporte			➔	1				
PROCESO: Galvanizado.	Demora			◐	0			
	Inspección			■	1			
	Almacenamiento			▼	0			
LUGAR: Horno	DISTANCIA:							
	TIEMPO TOTAL:			23.030 Min				
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos			Observaciones	
				●	➔	◐	■	▼
1. Recoger ganchera de zona de espera con Grúa Gh			1.000	*				
2. Grúa trasladada ganchera a tina de zinc (Horno).			0.500	*				
3. Sumergir ganchera.			7.230	*				
4. Inspeccionar			0.500			*		
5. Retirar ganchera.			0.500	*				
6. Retirar gotas de zinc			1.500	*				
7. Pasar ganchera a tina de enfriamiento.			0.500	*				
8. Dejar enfriar ganchera.			1.200	*				
9. Retirar ganchera.			0.500	*				
10. Llenar formato de control de gancheras.			5.110	*				
11. Llenar registro de no conformidad de ser necesario.			1.130	*				
12. Trasladar ganchera a zona de descarga.			2.360		*			
13. Dejar ganchera sobre caballete.			1.000	*				
TOTAL			23.030 Min	11	1	0	1	0

Figura 40. DAP – Proceso de galvanizado.

a) Detenciones

Si bien es cierto como proceso de galvanizado en el horno no existen actividades problema, sin embargo, se observó que existen detenciones, es decir momentos de parada de máquina, dado por la Grúa Gh, la cual se detiene por alguno de los siguientes motivos, ver Tabla 5.

Tabla 5.
Detenciones en proceso de galvanizado - Horno.

Abreviatura	Descripción
DEE	Detención eléctrica.
DGH	Esperando montacarga.
DM	Detención por apoyo en descarga de material.
DMM	Detención mecánica.
HDM	Detención por apoyo en habilitado.

Se procedió a procesar información de la empresa respecto a las detenciones que ocurren en el horno durante los últimos 3 años y se obtuvo así la Figura 41, con las detenciones de los años 2017 al 2019 expresado en horas, donde se observa que las detenciones al año 2019 se han incrementado.

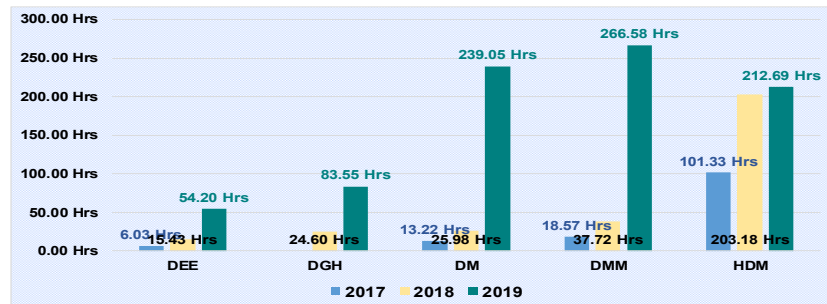


Figura 41. Detenciones 2017 - 2018 - 2019 - Expresado en Horas.

Se determinó mediante Diagrama de Pareto las detenciones más relevantes, obteniendo así:

- Detenciones mecánicas (DMM) con 266.58 horas de paradas al año, las cuales representan el 31.14%.
- Detenciones por apoyo en descarga de material (DM) con 239.05 horas de paradas al año, representando el 27.92%.
- Detenciones por apoyo en habilitado (HDM) con 212.69 horas al año, las cuales representa el 24.84%.

La suma de las 3 detenciones mencionadas representa el 83.91% de las detenciones ocurridas en el año 2019. Ver Figura 42.

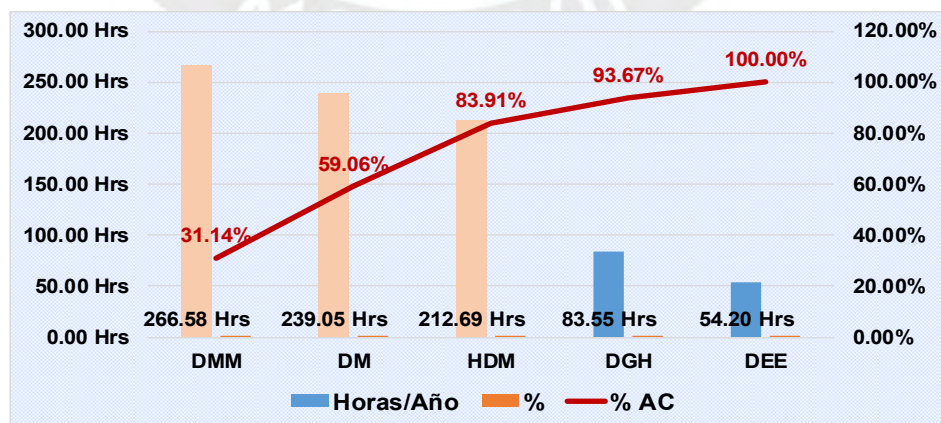


Figura 42. Pareto de Detenciones 2019 - Expresado en Horas.

3.2.1.4 Proceso de descarga

Este proceso genera detenciones en el proceso de galvanizado, debido a que si la zona de descarga no está libre la Grúa Gh que trabaja en el horno no puede descargar la ganchera de productos y por ende no se puede enviar la Grúa Gh a recoger la siguiente ganchera. En la Figura 43 se presenta el proceso de descarga y en la Figura 44 se presenta el DAP del proceso de descarga, donde se puede observar que el tiempo de demora total es de 8.95 min.



Figura 43. Representación gráfica del proceso de descarga de productos.











CURSOGRAMA ANALÍTICO				DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO					
DIAGRAMA				RESUMEN					
OBJETIVO: Descargar producto galvanizado.	ACTIVIDAD			ACTUAL			MÉTODO		
	Operación			4			Actual		
Transporte			0						
PROCESO: Descarga de productos galvanizados.	ACTIVIDAD			ACTUAL					
	Demora			3					
	Inspección			0					
Almacenamiento			0						
LUGAR: Zona de descarga.	DISTANCIA:			32.080 Min					
	TIEMPO TOTAL:			32.080 Min					
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos					Observaciones
									
1. Retirar productos de gancheras.			8.260	*					
2. Demora para retirar productos de gancheras.			2.210			*			
3. Demora en descargar parihuela de descarga anterior.			3.180			*			
4. Colocar parihuela para descarga.			2.230	*					
5. Colocar producto sobre parihuela			11.640	*					
6. Demora en colocar producto sobre parihuela			3.560			*			
7. Tomar medida de micraje			1.000	*					
TOTAL			32.080 Min	4	0	3	0	0	

Figura 44. DAP – Proceso de descarga de productos.

En la Figura 44 se observa que actualmente el proceso de descarga de productos se realiza en 32.08 minutos con 2 personas y consta de 4 operaciones y 3 demoras. Finalmente, se tiene el resumen de identificación de problemas mediante análisis de DAP de los procesos descritos en las Figuras 34, 38, 40 y 44 se presenta en la Tabla 6, donde se observa que el tiempo de cadencia está dado por el proceso de decapado con 71.11 min.

Tabla 6.

Resumen análisis DAP - Proceso de producción actual de galvanizado.

Proceso	Tiempo Total	Operaciones	Traslados	Demora	Inspección
Habilitado	66.32 Min	48.44 Min	4.56 Min	13.32 Min	0.00 Min
Decapado	71.11 Min	54.86 Min	8.25 Min	8.00 Min	0.00 Min
Horno	23.03 Min	20.17 Min	2.36 Min	7.98 Min *	0.50 Min
Descarga	32.08 Min	23.13 Min	0.00 Min	8.95 Min	0.00 Min
Total			15.17 Min	38.25 Min	0.50 Min
Cadencia	71.11 Min				

* Tiempo calculado de las detenciones anuales del Pareto de la Figura 39.

La demora en el horno se calcula partiendo de las detenciones consideradas dentro del 83.91% de la Figura 42, los cuales hacen un total de 718.32 min al año de parada de Grúa GH, la cual dividiendo en 12 meses se tiene 59.86 min al mes, el

cual dividiendo en 30 días que trabaja la planta se tiene un promedio de parada por falla mecánica de Grúa Gh de 1.99 horas al día, el cual finalmente teniendo que la cantidad promedio de carga al día que se trabaja, se tiene que al día se detiene la Grúa Gh 0.13 horas, los cuales, expresado en minutos de parada por carga es de 7.98 min.

Entonces, de la Tabla 6 se tiene la Tabla 7, donde se identifica los porcentajes de demora en cada proceso identificado como problema.

Tabla 7.

Resumen análisis DAP - Proceso de producción actual de galvanizado.

Proceso	Tiempo Total	Demora	%
Habilitado	66.32 Min	13.32 Min	20.08%
Decapado	71.11 Min	8.00 Min	11.25%
Horno	23.03 Min	7.98 Min	34.66%
Descarga	32.08 Min	8.95 Min	27.90%
Total		38.25 Min	

3.2.2 Causas que originan los problemas

Para el análisis de causas de los problemas se procede al análisis mediante el Diagrama de Ishikawa, el cual es evaluado por expertos, donde los expertos que intervienen son: Gerente de Operaciones, Jefe de Planta y Jefe de Control de calidad.

a) Causas que originan problemas en el proceso de habilitado

Para realizar el análisis de causas que originan el problema de habilitado se parte de los problemas encontrados en el ítem 3.2.1.1, los cuales se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8.

Resumen problemas en proceso de habilitado.

-
- Espera de ingreso de carga.
 - Llenado de formato de control de productividad.
 - Colocar alambres a productos y separar los no disponibles.
 - Espera de grúa con gancheras.
 - Retirar alambres de ganchera.
-

Con el apoyo de personal de la planta de galvanizado, se presenta el análisis de causas que originan el problema en el proceso de habilitado mediante el Diagrama de Ishikawa, ver Figura 45.

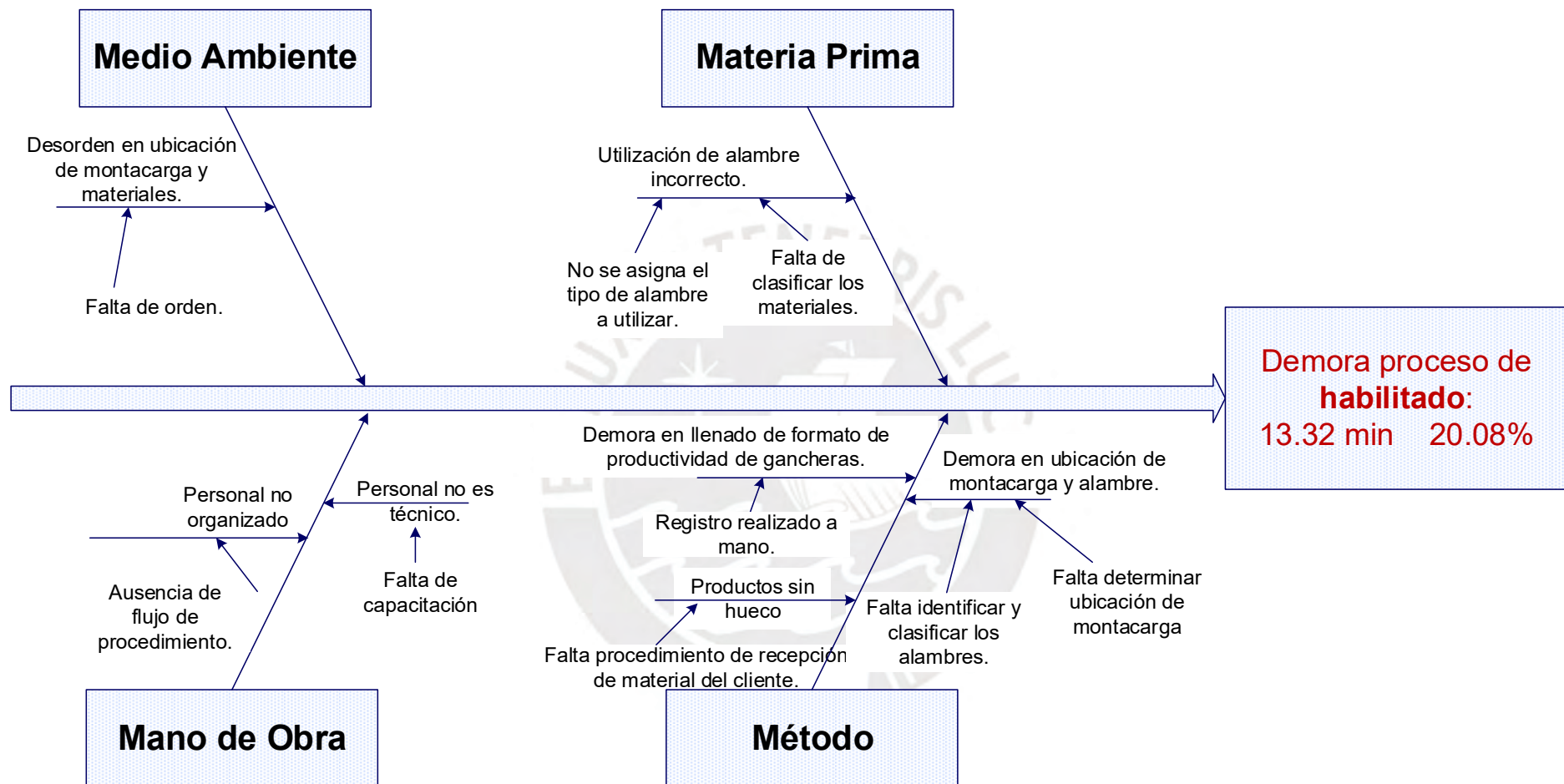


Figura 45. Causas que originan problema en el proceso de habilitado.

A continuación, se describe cada una de las causas identificadas en la Figura 45.

- Falta de orden:

Se refiere como falta de orden y la ausencia de ubicación determinada para el montacarga y evitar que sea colocado en cualquier lugar y a la vez ocasiona la búsqueda del mismo de forma innecesaria. De igual forma para los alambres, los cuales tampoco tienen un lugar predeterminado de ubicación.

- No se asigna el tipo de alambre a utilizar:

El formato de ingreso de producto no identifica el número de alambre a utilizar por tipo de producto o carga, este es asignado por el operario al momento que llena información de la carga en el formato de control de productividad de gancheras, siendo motivo para cometer un error y un mal uso de alambres.

- Falta clasificar los materiales:

Específicamente se refiere a los alambres, los cuales no se encuentran identificados, lo que genera demora en ubicarlo y a la vez retornar el saldo a su lugar fijo y así evitar posibles mezclas de alambres, la cual se da actualmente; sin embargo, no se resalta porque no diferencian entre tipos de alambres: suelen utilizar un alambre de mayor diámetro que el necesario.

- Ausencia de flujo de procedimiento:

La ausencia de procedimiento hace que el personal no trabaje de forma metódica, ordenada, sino por el contrario de acuerdo a sus experiencias, necesidades o lo que sea más práctico o conveniente en el instante que se ejecutan los trabajos.

- Falta de capacitación:

Sumado al punto anterior (d), se tiene que el personal no es capacitado, lo cual acrecienta el problema de desorden y de incremento de tiempo para realizar el habilitado de productos.

- Registro realizado a mano:

Los registros de los datos genéricos del producto a galvanizar son descritos a mano, para lo cual se hace uso del formato de ingreso de producto que es proporcionado por el almacén, lo cual hace inoperativo, por además se asigna la carga de identificar y asignar el número de alambre a utilizar en el formato al personal de habilitado, lo cual se realiza de forma correcta o errónea, incluso muchas veces por asegurar se utiliza un alambre de mayor capacidad que el que se necesita, haciendo mal uso de los alambres. En la Figura 46 se muestra un modelo del registro manual.

PRODUCTIVIDAD DE GANCHERAS			F-PR-055 v.00 23-10-2019
FECHA	17-12-19	RESPONSABLE	Simón
TURNO	NOCHE	PESO NEGRO	
N° GANCHERA	22	PESO GALVANIZADO	
OP	CLIENTE	MATERIAL	CANTIDAD
15581219	PACUSA	PLANCHAS	7
15581219	PACUSA	ESCALERAS	4
15581219	PACUSA	MARCO de punta	1
15581219	PACUSA	MARCOS	5
DETENCIONES			
DET	HI	HF	OBSERVACIONES
HDM	04:48	05:08	
D00	5:09	5:33	L #02
D00	5:33	6:00	L #03
D07	6:00	7:00	charlo mauro gindem
D00	7:00	7:10	
D00	7:10	7:30	
T	7:46	7:48	
PE	7:48	7:50	
LH	7:50	7:52	
T	7:52	7:55	
T	7:55	8:00	

Figura 46. Modelo de registro llenado de forma manual.

- Falta procedimiento de recepción de material del cliente:

La falta de procedimiento en la recepción de los productos hace en el habilitado se encuentren con productos sin hueco, cuando es responsabilidad de la empresa cliente enviar el producto con hueco, por otro lado, no existe un buen filtro en la recepción, permitiendo que el material ingrese sin hueco, ocasionando pérdida de tiempo e incrementando un proceso adicional al establecido por la planta de galvanizado por realizar estos huecos.

- Falta identificar y clasificar los alambres:

Los alambres que se utilizan son 3, sin embargo, por la magnitud de la producción y el desorden los alambres se mezclan y al no tener una clasificación definida hace que no se administre ni gestione su utilización de forma correcta durante el proceso de habilitado.

- Falta determinar ubicación de montacarga:

El operador del montacarga deja el montacarga según su conveniencia, lo cual ocasiona que se pierda tiempo en ir a buscarlo y traerlo, incluso descargar alguna carga que tenga y por falta de orden no haya encontrado lugar para descargarlo.

b) Causas que originan problemas en el proceso de decapado

Para realizar el análisis de causas que originan el problema de decapado se parte de los problemas encontrados en el ítem 3.2.1.2, los cuales se resumen en la Tabla 9.

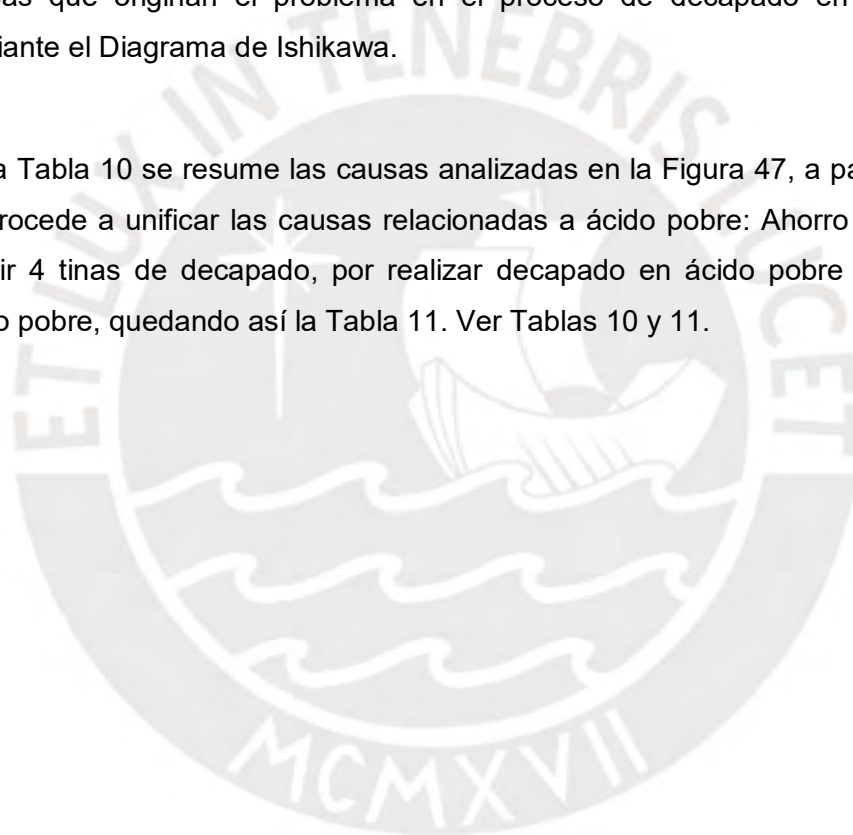
Tabla 9.

Resumen problemas en proceso de decapado.

- Espera de grúa con carga de zona de habilitado.
- Decapado 1 en tina ácido pobre.
- Espera de pase a horno.

Con el apoyo de personal de la planta de galvanizado se presenta el análisis de causas que originan el problema en el proceso de decapado en la Figura 47 mediante el Diagrama de Ishikawa.

En la Tabla 10 se resume las causas analizadas en la Figura 47, a partir de la cual se procede a unificar las causas relacionadas a ácido pobre: Ahorro de ácido, por existir 4 tinas de decapado, por realizar decapado en ácido pobre y por uso de ácido pobre, quedando así la Tabla 11. Ver Tablas 10 y 11.



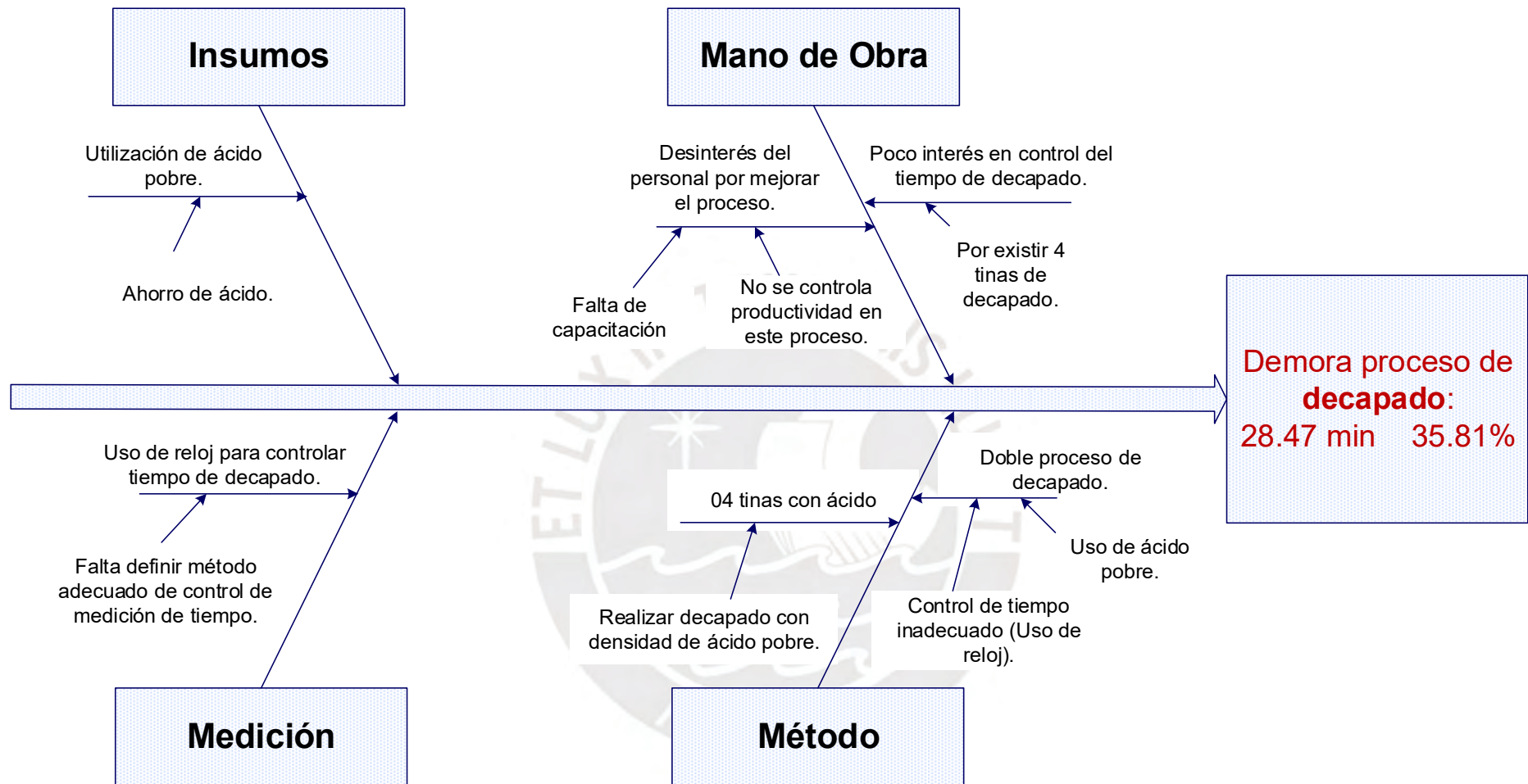


Figura 47. Causas que originan problema en el proceso de decapado.

Tabla 10.
Resumen causas en proceso de decapado.

Causas
Ahorro de ácido.
Falta de capacitación.
No se controla productividad en esta proceso.
Por existir 4 tinas de decapado.
Realizar decapado con densidad de ácido pobre.
Control de tiempo inadecuado (Uso de reloj).
Uso de ácido pobre.
Falta definir método adecuado de control de medición de tiempo

Tabla 11.
Resumen causas depuradas a analizar en proceso de decapado.

Causas
a Por uso de ácido pobre.
b Falta de capacitación.
c No se controla productividad en este proceso.
d Control de tiempo inadecuado (Uso de reloj).
e Falta definir método adecuado de control de medición de tiempo

A continuación, se describe cada una de las causas identificadas en la Figura 45, depuradas y determinadas de la Tabla 11.

- Por uso de ácido débil:

Con la finalidad de no botar el ácido que se encuentra con densidad mayor a 10 g/cm^3 se implementa tinas con variedad de densidades que va de 11 g/cm^3 a 26 g/cm^3 , llegando a tener 4 tinas, las cuales se van utilizando dependiendo de la calidad de decapado obtenido, siendo por lo general 2 procesos de decapados, donde el primero pasa por un ácido pobre, es decir un ácido fuera de la densidad que exige la norma y los estándares de la empresa, para luego pasar por un ácido bajo condiciones normales por la norma. Se trabaja así por no desechar el ácido, cuando en realidad genera doble proceso, con incremento de tiempo, aunque este no es visto así por la empresa por la cantidad de tinas disponibles que tiene.

- Falta de capacitación:

Existe personal que conoce el proceso, aunque los ayudantes no; sin embargo, aún la existencia de personal que conoce el proceso por experiencia obtenida en otras empresas no aplica una mejora o cambios debido a que la orden de ahorrar y maximizar el uso del ácido viene de la gerencia, sumado a ello la falta de capacitación, teniendo en cuenta que cuando existe capacitación es porque la empresa espera una mejora es que el personal no muestra interés en mejorar el proceso.

- No se controla productividad en este proceso:

Otro aspecto por el cual el personal no muestra interés en mejorar el proceso es la falta de control de productividad en el decapado, la falta de este control genera un descuido en mejorar los tiempos de decapado; la empresa da énfasis en controlar la productividad en el proceso de galvanizado.

- Control de tiempo inadecuado (Uso de reloj):

El tiempo de decapado es controlado por un personal de apoyo de esta área, el cual realiza el control haciendo uso el reloj de pared que se encuentra en la planta, el cual se sabe que no tiene la precisión de lectura y da pie al error de lectura porque no existe un control adecuado de la toma del tiempo.

- Falta definir método adecuado de control de medición de tiempo:

El punto anterior se debe a que desde la apertura de esta planta a la fecha no se ha realizado un análisis del proceso, por tanto, no se ha realizado una mejora con análisis técnico profesional.

c) Causas que originan problemas en el proceso de galvanizado

Para realizar el análisis de causas que originan el problema en el área de galvanizado se parte de los problemas encontrados en el ítem 3.2.1.3, el cual está dado únicamente por detenciones, las cuales se resume en la Tabla 12.

Tabla 12.
Resumen problemas en proceso de galvanizado.

Detención mecánica.
Detención por apoyo en descarga de material.
Detención por apoyo en habilitado.

Con el apoyo de personal de la planta de galvanizado se presenta el análisis de causas que originan el problema en el proceso de galvanizado en la Figura 48 mediante el Diagrama de Ishikawa.

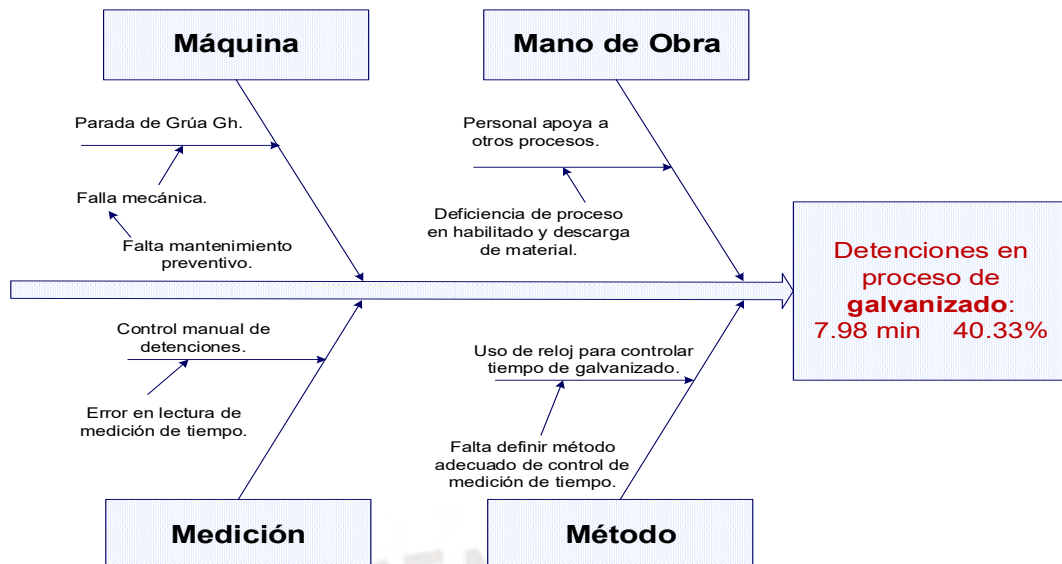


Figura 48. Causas que originan problema en el proceso de galvanizado.

En la Tabla 13 se resume las causas analizadas en la Figura 47, a partir de la cual se procede a unificar las causas relacionadas a medición del tiempo de detenciones resaltadas en color anaranjado, quedando así la Tabla 14. Ver Tablas 13 y 14.

Tabla 13.
Resumen causas en proceso de galvanizado.

Causas
Falla mecánica.
Deficiencia de proceso en habilitado y descarga de material.
Error en lectura de medición de tiempo.
Falta definir método adecuado de control de medición de tiempo

Tabla 14.
Resumen causas depuradas a analizar en proceso de galvanizado.

Causas
a Falla mecánica.
b Deficiencia de proceso en habilitado y descarga de material.
c Error de lectura y falta de definición de método de medición del tiempo

A continuación, se describe cada una de las causas identificadas en la Figura 45, depuradas y determinadas en la Tabla 14.

- Fallas mecánicas:

La no existencia de mantenimiento preventivo hace que la Grúa Gh pare intermitentemente durante el día, esta grúa es la que trabaja en el Horno para el proceso de galvanizado, está parada mecánica ocasiona la demora en retorno de la ganchara hacia la zona de descarga y habilitado. Se ha consultado con el jefe de mantenimiento y corrobora que no existe mantenimiento preventivo, por ello las paradas intermitentes durante la jornada de producción.

- Deficiencia de proceso en habilitado y descarga de material:

Debido a la deficiencia del proceso de descarga y del habilitado, el personal asignado en el área de galvanizado debe apoyar a estas áreas, entonces dejan el proceso abandonado literalmente. Este apoyo a otros procesos se da porque en sí el tiempo de galvanizado es el más corto, con un tiempo total de 19.79 min + 7.98 min de detenciones hacen un total de 27.77 min (Obtenido de la Tabla 7). También sucede que debido a la demora en proceso de habilitado y descarga la Grúa Gh se encuentra detenida a espera de caballetes vacíos en la descarga para colocar la producción de la ganchera, y por ende no se puede enviar la Grúa a recoger la ganchera que se encuentra en espera de ser galvanizado porque se encuentra ocupada.

- Error de lectura y falta de definición de método de medición del tiempo:

Existe error de lectura en las mediciones de la productividad en el galvanizado y en el tiempo de las detenciones, como se ha explicado antes, el tiempo se toma a través de un reloj de pared, es decir con tiempos aproximados. Por otro lado, la productividad se calcula en función a la lectura de estos tiempos, lo cual es incorrecto, dado que la productividad debe ser determinada por medio de un estándar y la planta de galvanizado debe responder en función a ello.

d) Causas que originan problemas en el proceso de descarga

De acuerdo al análisis del problema en el punto 3.2.1.4, el único problema en la descarga es la demora en descargar el material, con el apoyo de personal de la planta de galvanizado se presenta el análisis de causas que originan el problema en el proceso de descarga en la Figura 49 mediante el Diagrama de Ishikawa.

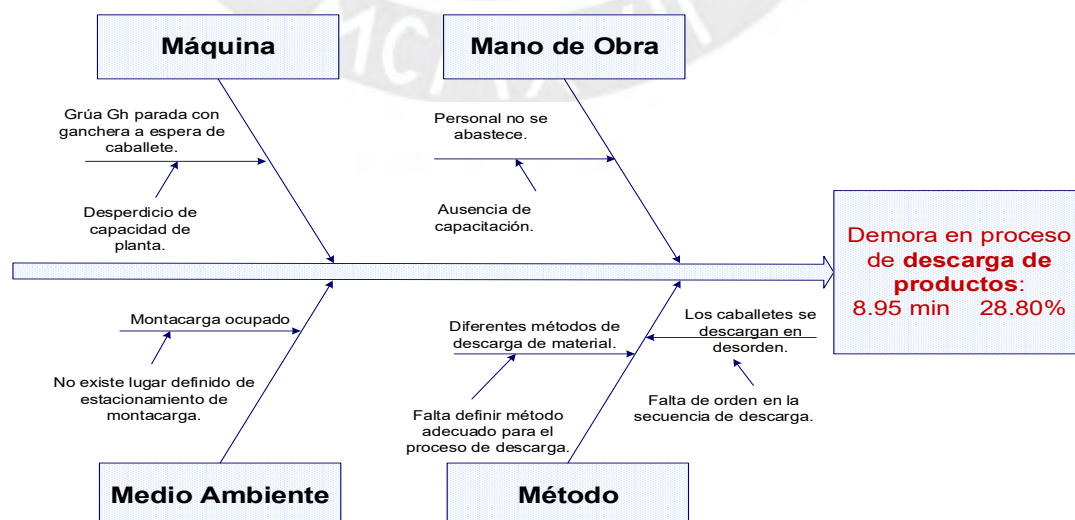


Figura 49. Causas que originan problema en el proceso de descarga.

Se procede a describir cada una de las causas identificadas en la Figura 49.

- Desperdicio de capacidad de planta:

La demora en la descarga ocasiona pérdida de capacidad en el proceso de galvanizado, debido a que ocasiona que se detenga el proceso, dado que la salida tiene 10 caballetes para descarga y no existe orden al realizar la descarga, evitando que la Grúa pueda realizar la descarga por estar otro caballete cercano con operarios trabajando.

- Ausencia de capacitación:

No existe capacitación para realizar una correcta y rápida descarga, por ello el personal no se abastece y ocasiona desperdicio de capacidad y demora en el proceso de descarga.

- No existe lugar definido de estacionamiento de montacarga:

Otro problema que afecta en la descarga es la utilización a tiempo del montacarga, la descarga requiere de parihuelas para descargar sobre ellas los productos galvanizados, estas parihuelas son abastecidas por medio del montacarga, cuando se necesita se debe ubicar donde está el montacarga, por otro lado, el producto descargado debe ser trasladado hacia el almacén de productos terminados y dejar libre el área de descarga, sin embargo el no tener el montacarga a tiempo ocasiona que exista stock de productos en parihuelas a espera de ser trasladados.

- Falta definir método adecuado para el proceso de descarga:

La no existencia de mantenimiento preventivo hace que la Grúa Gh pare intermitentemente durante el día, esta grúa trabaja en el Horno cumpliendo la función de trasladar la carga para realizar el proceso en sí de galvanizado, para luego trasladar la carga en la zona de descarga y continuar de forma cíclica el proceso en el horno, sin embargo, al existir un método deficiente en la descarga y paradas intermitentes de esta grúa hace que exista una deficiencia en el proceso.

- Falta de orden en la secuencia de descarga:

Como no existe un método adecuado de descarga de productos, ocasiona que se descargue en desorden, liberando caballetes y dejando otros por descargar, esto ocasiona que la Grúa Gh no pueda descargar porque existe personal trabajando que puede accidentarse si la grúa pasa por encima de ellos, es decir para que la Grúa Gh descargue, la zona de descarga ubicada con caballetes debe estar libre.

3.2.3 Matriz de correlación de causas

Para realizar la matriz de causas se procede a agrupar las causas identificadas en el ítem 3.2.2, las cuales se presentan en la Tabla 15, en el cual se han identificado en un mismo color aquellas causas que se repiten.

Tabla 15.
Resumen causas en proceso de producción de galvanizado.

Proceso	Causas
Habilitado	1 Falta de orden.
	2 No se asigna el tipo de alambre a utilizar.
	3 Falta de clasificar los materiales.
	4 Ausencia de flujo de procedimiento.
	5 Falta de capacitación
	6 Registro realizado a mano.
	7 Falta procedimiento de recepción de material del cliente.
	8 Falta identificar y clasificar los alambres.
	9 Falta determinar ubicación de montacarga
Decapado	10 Por uso de ácido pobre.
	11 Falta de capacitación.
	12 No se controla productividad en decapado.
	13 Control de tiempo inadecuado (Uso de reloj).
14 Falta definir método adecuado de control de medición de tiempo.	
Detenciones del Horno	15 Falla mecánica.
	16 Deficiencia de proceso en habilitado y descarga de material.
	17 Error de lectura y falta de definición de método de medición del tiempo.
Descarga	18 Desperdicio de capacidad de planta.
	19 Ausencia de capacitación.
	20 No existe lugar definido de estacionamiento de montacarga.
	21 Falta definir método adecuado para el proceso de descarga.
	22 Falta de orden en la secuencia de descarga.

Con la finalidad de no realizar un doble análisis en la matriz de correlación e inducir al error en los resultados de la misma, se procede a eliminar las causas repetidas identificadas en la Tabla 15, obteniendo así la Tabla 16 con 14 causas a analizar.

Tabla 16.
Resumen causas depuradas a analizar en Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.

Causas
1 Falta de orden.
2 Ausencia de flujo de procedimiento.
3 Falta de capacitación
4 Registro realizado a mano.
5 Falta procedimiento de recepción de material del cliente.
6 Falta identificar y clasificar los alambres.
7 Falta determinar ubicación de montacarga
8 Por uso de ácido pobre.
9 No se controla productividad en decapado.
10 Falla mecánica.
11 Deficiencia de proceso en habilitado y descarga de material.
12 Error de lectura y falta de definición de método de medición del tiempo.
13 Desperdicio de capacidad de planta.
14 Falta definir método adecuado para el proceso de descarga.

Depuradas las causas se procede a codificarlas para poder asignar este código en la Matriz de Correlación de causas, obteniendo así la Tabla 17, donde se ve conveniente anteceder una C de Causa asociado al número correlativo en que se presentan, es importante indicar que el orden en que se presentan no tiene significado alguno. Ver Tabla 17.

Tabla 17.
Codificación de causas depuradas.

Causas	Cód.
Falta de orden.	C1
Ausencia de flujo de procedimiento.	C2
Falta de capacitación	C3
Registro realizado a mano.	C4
Falta procedimiento de recepción de material del cliente.	C5
Falta identificar y clasificar los alambres.	C6
Falta determinar ubicación de montacarga	C7
Por uso de ácido pobre.	C8
No se controla productividad en decapado.	C9
Falla mecánica.	C10
Deficiencia de proceso en habilitado y descarga de material.	C11
Error de lectura y falta de definición de método de medición del tiempo.	C12
Desperdicio de capacidad de planta.	C13
Falta definir método adecuado para el proceso de descarga.	C14

Seguidamente se presenta la Matriz de correlación, donde se ha colocado las causas codificadas en la columna izquierda y en la fila superior de la Matriz de la Figura 50, agregando una columna de frecuencia en el cual se totaliza la calificación otorgada en el análisis de correlación de causas. Como se observa en la Figura 50 se ha sombreado de color plomo la diagonal dado que no se puede determinar la prioridad de correlación entre las mismas causas. Finalmente se asignó 0 cada vez que la causa en análisis de la columna izquierda no tiene relevancia con la causa identificada en la fila superior y un uno al análisis inverso y así sucesivamente hasta analizar las 14 causas. Obteniendo así la Figura 50.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	Frecuencia
C1		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
C2	1		0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	6
C3	1	1		1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	9
C4	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C5	1	1	0	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
C6	1	1	0	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1	11
C7	1	1	1	1	0	0		0	0	0	0	0	1	0	5
C8	1	1	1	1	0	0	1		1	1	1	1	0	1	10
C9	1	1	1	1	0	0	1	0		1	1	1	1	0	9
C10	0	0	0	1	0	0	1	0	0		0	0	1	0	3
C11	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1		1	1	0	6
C12	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0		1	0	5
C13	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0		0	3
C14	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1		10
0 ==> No existe relación entre las causas.															91
1 ==> Existe relación entre las causas.															

Figura 50. Matriz de Correlación de causas – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.

3.2.4 Diagrama de Pareto de principales causas

Se presenta el Diagrama de Pareto de la Matriz de la Figura 51, obteniendo que las causas que se deben mejorar en orden de prioridad son 8: C5, C6, C8, C14, C3, C9, C2 y C11; y representan el 80%. Ver Figura 51.

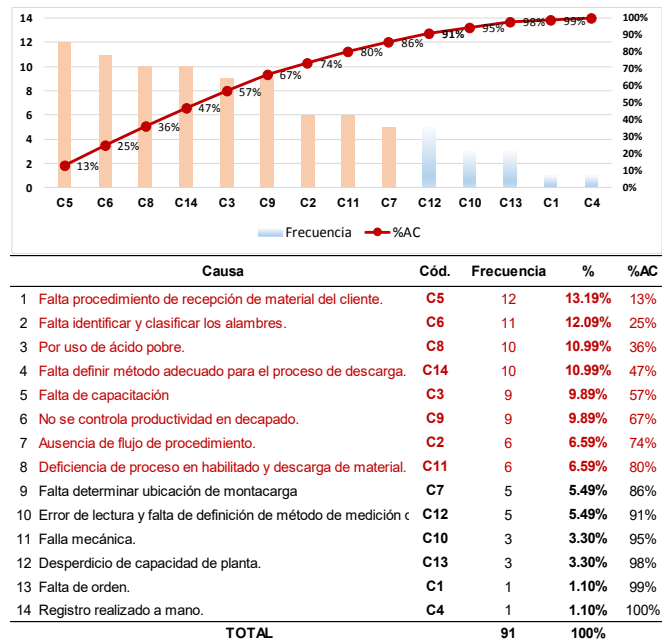


Figura 51. Pareto principales causas a mejorar – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.

3.2.5 Árbol de problemas

Se presenta la relación Problemas – Causas, de acuerdo a las 8 causas determinadas en el análisis de Pareto de la Figura 51 que suman 80% luego de realizar el análisis mediante la matriz de correlación, ver Figura 52.

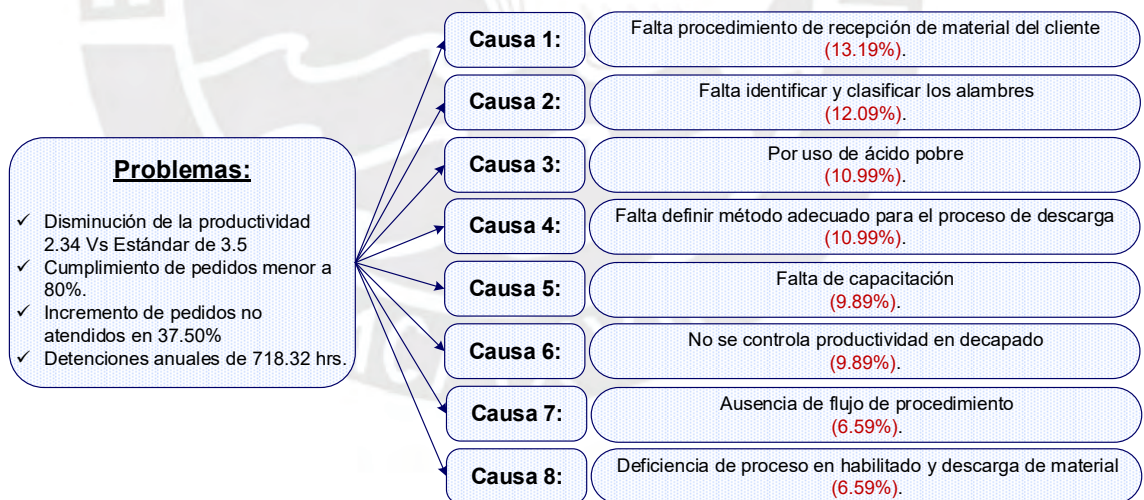


Figura 52. Árbol de problema – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.

3.2.6 Árbol de objetivos

El desarrollo de la presente propuesta tiene por objetivo mejorar el proceso de trabajo en la producción de galvanizado aplicando herramientas de ingeniería industrial, Ver Figura 53.

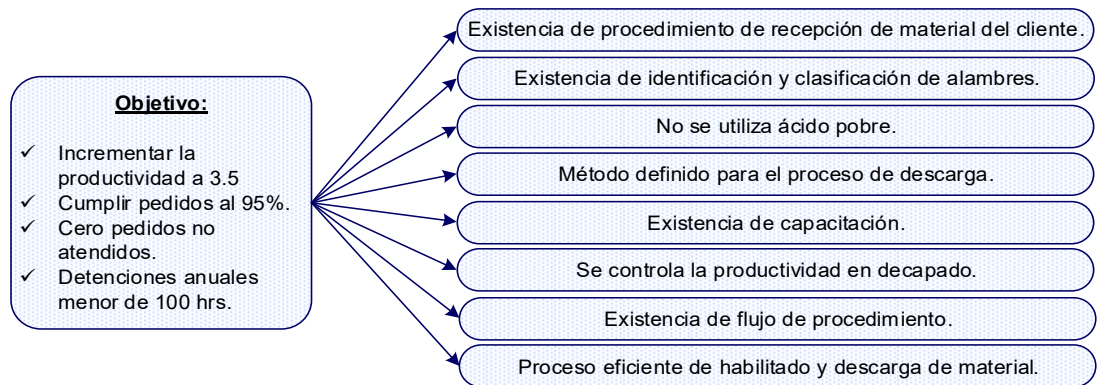


Figura 53. Árbol de objetivos – Proceso de trabajo en la producción de galvanizado.

3.2.7 Relación de causas con propuesta de solución

La propuesta de solución tiene por finalidad aplicar herramientas de la ingeniería industrial, en vista de ello se presenta gráficamente la relación objetivo – impacto - causas – Herramienta solución de ingeniería, donde de acuerdo a los problemas que se presentan en el proceso de trabajo de producción de galvanizado se propone utilizar: Benchmarking, Las 5S, Kanban, Estandarización y Flujo de proceso. Ver Figura 54.

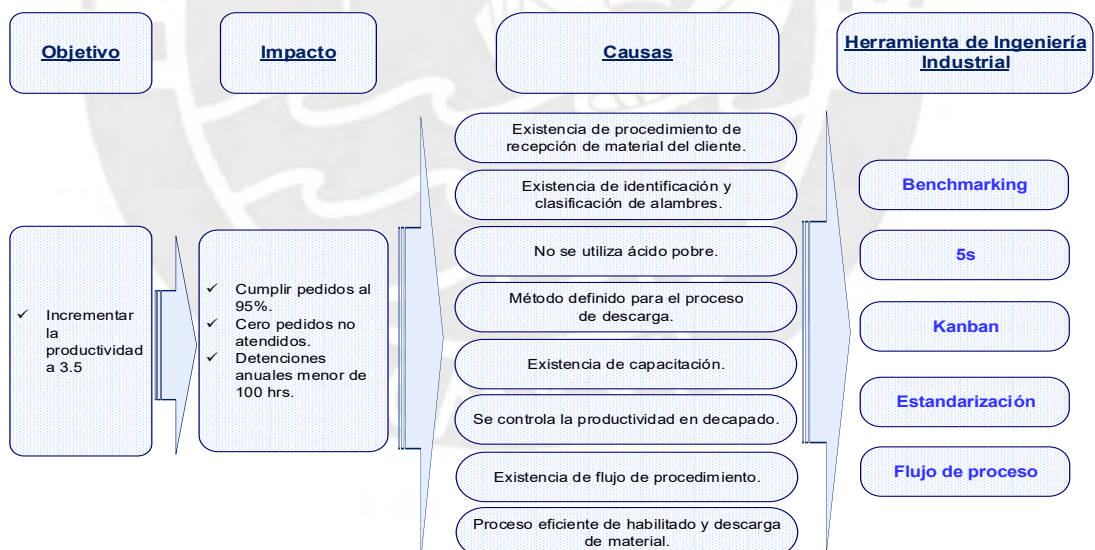


Figura 54. Propuesta de solución a través de vinculación Objetivo – Impacto – Causas – Herramientas de solución.

3.2.8 Mejoras esperadas

Aplicando las herramientas de ingeniería propuestas en la Figura 54 se busca mejorar el tiempo del proceso de trabajo para la producción de galvanizado, minimizando el tiempo de proceso de 38.25 min. Ver Tabla 18 con el resumen

cuantitativo de la mejora a obtener con el desarrollo de la propuesta, donde se tiene que mejorando el proceso la cadencia mejora en 8 min, equivalente a mejorar el 11.25%, es decir eliminar las demoras actuales que se ha identificado en los DAPs descritos en el ítem 3.2.1 y que suman en total 38.25 min.

Tabla 18.
Resumen de mejoras esperadas.

Proceso	Actual		Mejora esperada	
	Tiempo Total	Demora	Mejora esperada	Tiempo Total
Habilitado	66.32 Min	13.32 Min	13.32 Min	53.00 Min
Decapado	71.11 Min	8.00 Min	8.00 Min	63.11 Min
Horno	23.03 Min	7.98 Min	7.98 Min	15.05 Min
Descarga	32.08 Min	8.95 Min	8.95 Min	23.13 Min
Total	192.54 Min	38.25 Min	38.25 Min	
Cadencia	71.11 Min (a)		(b)	63.11 Min
Mejora del tiempo en el proceso de trabajo de producción de galvanizado:			8.00 Min (c) = (a) - (b)	
			11.25% (c) / (a)	

3.2.9 Secuencia de aplicación de las herramientas de mejora

Teniendo en cuenta las causas que se han identificado en la Figura 52 y las herramientas de ingeniería propuestas en la misma figura; se presenta la Figura 55, en el cual se especifica las herramientas que se utilizarán de acuerdo a las causas identificadas.

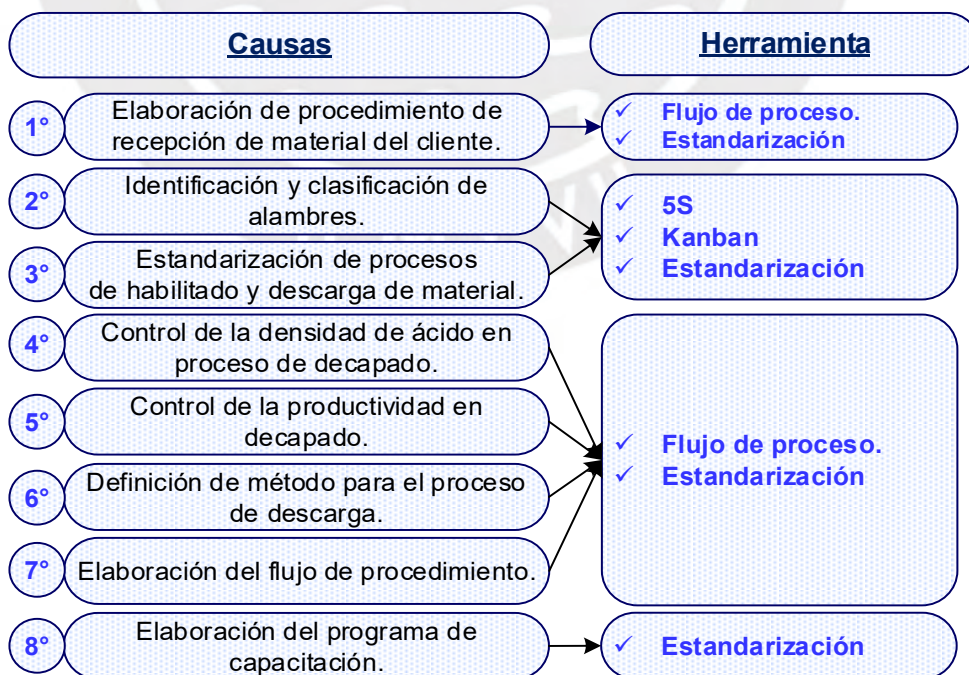


Figura 55. Relación causa-herramienta de ingeniería a aplicar.

CAPÍTULO 4 PROPUESTA DE MEJORA

En este capítulo se presenta la propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas de ingeniería, las cuales permitirán dar solución a las causas que originan los problemas identificados en el capítulo 3. Se complementa las mejoras con recomendaciones complementarias, resumen de las mejoras, finalizando con un cronograma de capacitación y GANTT de implementación.

4.1 Mejoras utilizando herramientas de Ingeniería

Teniendo en cuenta la relación causas-herramientas especificadas en la Figura 50 y haciendo un análisis de orden en la secuencia en que sucede el proceso, se presenta la Figura 56 con la secuencia en que se desarrolla la presente propuesta.

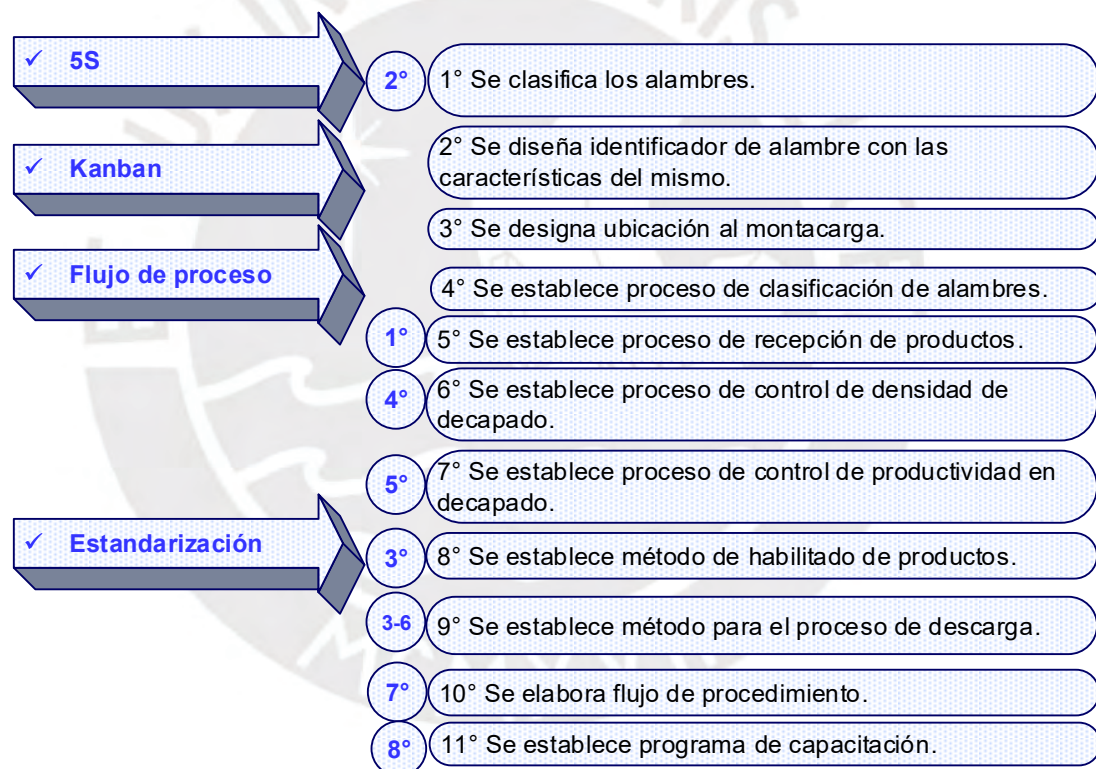


Figura 56. Secuencia a aplicar herramientas para el logro de la propuesta de mejora.

4.2 5S

La aplicación de las 5S se realiza en el área de habilitado, identificado en la Figura 18. Específicamente para mantener orden en la identificación de números de alambres, debido a que por tipo de producto a galvanizar se debe utilizar un número de alambre definido, y así evitar el sobre stock de algún número de alambre y al

mismo tiempo evitar escases de otro número de alambre. Estos alambres se utilizan para colgar los productos, los cuales, existiendo medidas, éstas se utilizan de acuerdo a stock y no de acuerdo a la medida que se requiere realmente, sumando a ello que los alambres se mezclan a la falta de ubicación específica por número y como son pesados, no son de fácil ubicación; además que se desecha los rollos que casi por terminar, debido a que los trabajadores prefieren agarrar un rollo más lleno para no tener que buscar otro, ocasionando desperdicio de alambre, el cual finalmente es utilizado ante la escases del número adecuado. Por ello se plantea aplicar las 5S.

Como parte inicial de las 5S se procedió a la capacitación del personal del área de habilitado el cual se realizó en 8 horas totales, 1 hora por sesión, con un total de 4 sesiones por equipo, se formaron dos equipos: el primero formado por los trabajadores del área de habilitado y planta de galvanizado, y un segundo grupo formado por los mandos medios y jefaturas. Se vio conveniente la formación de equipos porque el alcance que se debía dar era diferente por cada tipo de trabajador, dado que el equipo de mandos medios y jefaturas debían de comandar a sus equipos operativos. Por otro lado, se asignó a un líder de equipo y responsables para implementar las 5S, en la siguiente Figura 57 se presenta el organigrama del equipo formado.

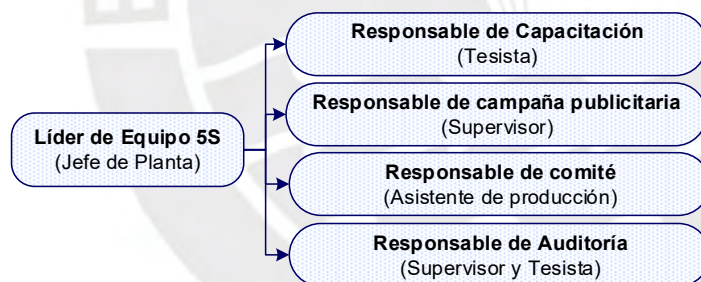


Figura 57. Equipo de 5S.

Para aplicar la 1ra S: Clasificación: Se obtuvo que la empresa trabaja con 3 alambres, los cuales son:

- Alambre Número 12.
- Alambre Número 14.
- Alambre Número 16.

En vista de ello se procedió a clasificar los alambres en stock en la planta de galvanizado, para lo cual se implementó el uso de tarjeta roja como el que se muestra en la Figura 58.

Tipo de alambre: _____	
N° de alambre: _____	
Área de uso: _____	
Plan de acción:	
Stock: _____	Chatarra: _____
Venta: _____	Otro: _____

Figura 58. Tarjeta roja para clasificación de alambres.

Para aplicar la 2da S: Organización: Seguidamente se obtuvo el número de alambre que realmente se necesita utilizar por tipo de producto, tomando como base los productos y kg trabajados en el año 2019, obteniendo así la Tabla 19.

Tabla 19.
Asignación de número de alambre por tipo de material.

Productos	Kg	# Alambre
Ángulos	3416.01	14
Tubos	1815.01	14
MP-68	1785.16	14
Vigas	1548.56	16
Planchas	1365.54	16
Defensas	675.48	14
Bandejas	487.80	14
Columna	457.26	16
Barandas	421.98	16
Tapas	257.20	14
Rinforzo	191.65	16
Parrillas	188.20	16
Perfiles	106.29	12
Canal	87.40	16
Pórticos	68.34	16
Paneles	63.70	16
Otros	177.05	12
Total	13112.63	

De la Tabla 19 se obtuvo la proporción de alambre que se requiere al año de acuerdo al producto a galvanizar, obteniendo así la Tabla 20, donde se puede observar que al año se requiere que 64.34% sea alambre número 14, el 33.50% sea de número 16 y el 12.6% sea alambre número 12.

Tabla 20.
Proporción de alambre por kg a galvanizar.

N° Alambre	Producción en Kg.	%
14	8436.66	64.34%
16	4392.64	33.50%
12	283.34	2.16%
Total	13112.63	100.00%

Así mismo se organizó los materiales de limpieza del área de habilitado, designando un nombre a cada herramienta de limpieza, el resultado final se muestra en la Figura 59.



Figura 59. Organización de materiales de limpieza - Área de habilitado.

Para aplicar la 3ra S: Limpieza: Como parte de la limpieza se procede a:

1. Ubicar una zona para designarla como área de alambres dentro del área de habilitado de 3 metros de ancho por 2 de profundidad.
2. De similar forma se ubica una zona para la ubicación del montacarga, ver Figura 60.
3. Se diseña un rack porta alambres en base a tubo y fierro cuadrado.
4. Finalmente se procede a colocar identificador por cada rack con la medida del alambre que debe ser colocado, el cual se describe en el punto 4.3, donde se describe la propuesta de mejora mediante la utilización de tarjetas como parte del Kanban. Ver Figura 61.
5. Por otro lado, se realizó el plan de limpieza del área, el cual se actualiza de forma mensual, se identifica a los responsables de la limpieza de la semana, la hora en que se debe realizar, la zona a limpiar, los EPP que deben utilizar para realizar la limpieza, el tiempo requerido y finalmente el visto bueno del auditor. Ver Tabla 21.

Ubicación de montacarga



Figura 60. Aplicación de 5S para montacarga.

Antes



Después



Figura 61. Aplicación de 5S para alambres.

Tabla 21.
Plan semanal de limpieza.

Semana	Responsable	Hora a limpiar	Zona a limpiar	EPP de limpieza	Frecuencia	Tiempo requerido	V°B°
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

En la Tabla 22 se presenta el plan semanal para el primer mes de implementación.

Tabla 22.
Plan semanal de limpieza – Mes 1 de implementación.

Semana	Responsable	Hora a limpiar	Zona a limpiar	EPP de limpieza	Frecuencia	Tiempo requerido	V°B°
1	Jorge M.	8:00 a.m	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
	Ismael R.	5:00 p.m.	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
2	Juan H.	8:00 a.m	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
	Juan P.	5:00 p.m.	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
3	Alex S.	8:00 a.m	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
	Daniel R.	5:00 p.m.	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
4	Pedro A.	8:00 a.m	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	
	Alejandro G.	5:00 p.m.	Habilitado	Lentes, tapaboca, guantes y mandil	Diario	25 Min.	

Para aplicar la 4ta S: Estandarizar: La higiene se logra de la siguiente manera:

Se asigna el número de alambre correspondiente a cada porta alambre de acuerdo al cálculo determinado en la Tabla 20: 64% del requerimiento total será de número 14, el 33.50% de número 16 y el 2.16% para el alambre de número 12. Como ventaja de se tiene: Permite no sólo mantener en orden, sino que permite visualmente saber si está o no abastecido, sobre todo: evitar pérdida de tiempo en buscar el alambre adecuado o agarrar cualquier número de alambre ocasionando que falte el alambre adecuado.

Para aplicar la 5ta S: Disciplina: Como parte de la disciplina se hace necesario capacitar al personal para conocimiento de la mejora y la aplicación de la misma en bien del logro de obtener la mejora. Es así como se plantea la siguiente capacitación:

1. Durante 3 semanas de implementación se requiere capacitar 3 horas como parte inicial del proceso de implementación.
2. Posterior a la implementación se requiere capacitar de forma trimestral con duración de 2 horas.

En las Tablas 23 y 24 se presentan los programas de capacitación:

Tabla 23.

Programa de capacitación inicial – de implementación.

Tema	Sem 1	Sem 2	Sem 3
Las 5S	X		
Objetivos	X		
Importancia	X		
Proceso		X	
Auditoría		X	
Retroalimentación		X	
Trabajo en equipo		X	
Resumen			X

Tabla 24.

Programa de capacitación post implementación.

Tema	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Uso de Tarjeta Roja	X			X			X			X		
Mantenimiento del orden	X			X			X			X		
Uso y control del plan de limpieza	X			X			X			X		
Objetivo de las auditorías.	X			X			X			X		
Beneficio de las 5S	X			X			X			X		

Finalmente, como parte de la estandarización se presentan los formatos de auditorías diseñados para auditar cada una de las 5S implementadas: Ver Tablas del 25 al 29.

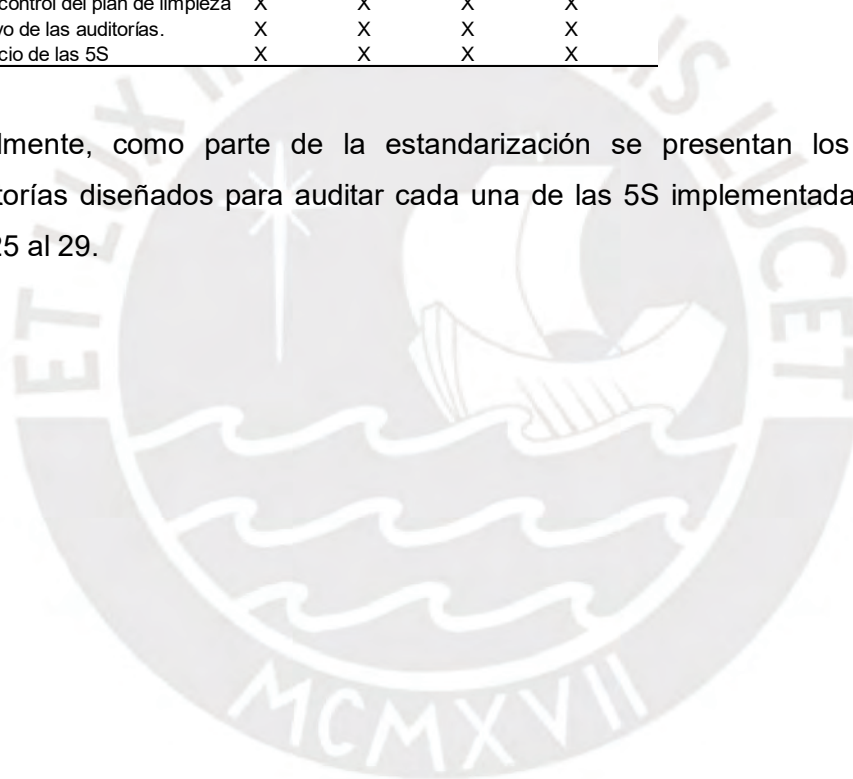


Tabla 25.

Auditoría para la Primera S: Clasificar.




PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	Se evidencia alambres abandonados en la línea				
2	Los objetos personales solo los indispensables				
3	Los suelos, paredes y pasillos están libres de materiales innecesarios				
MONTACARGA					
4	Está libre en su entorno de todo material innecesario				
5	Se usan y están operativos.				
HERRAMIENTAS Y UTILES					
6	Todas las herramientas o utillajes se emplean y están en buen estado. No hay innecesarios, ni malogrados.				
7	Las herramientas eléctricas tienen los cables eléctricos y conectores en buen estado.				
ALMACENAJE					
8	Los lugares de almacenamiento están clasificados según su contenido.				
9	Los materiales de limpieza se encuentran en su lugar y limpios.				
TOTALES		0	0	0	
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

Tabla 26.

Auditoría para la Segunda S: Organizar.




PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	Todos y cada elemento tiene un nombre estándar (no debe existir 2 nombres distintos para el mismo objeto)				
2	Todo los artículos que no está en uso se encuentran ubicados en su lugar correspondiente (incluyendo extintores)				
MONTACARGA Y ALAMBRES					
3	Se visualiza la demarcación alrededor de l montacarga y zona de alambres.				
HERRAMIENTAS Y UTILES					
4	Están en condiciones seguras para el trabajo, ni oxidadas, ni con defectos que atenten contra la integridad de las personas				
5	Las herramientas tienen plantillas o sombras que identifique su lugar de almacenamiento				
ALMACENAJE					
6	Existe demarcación y rótulo del sitio de almacenamiento específico para artículos, herramientas, materiales y máquinas móviles				
7	Los materiales están apilados en su sitio sin invadir zonas de paso y debidamente identificadas.				
TOTALES					
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

Tabla 27.

Auditoría para la Tercera S: Limpiar.

PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	Se cuenta con un formato de horario y frecuencia de limpieza				
2	Existen los medios de limpieza a disposición del personal del área				
3	Los suelos se encuentran limpios y libres de desechos, chatarra, aceites y grasas.				
4	Las paredes y señalizaciones o avisos colocados en ellas están limpias y en buen estado.				
MAQUINARIA Y EQUIPO					
5	Se observa que las maquinarias y equipos están pintadas completamente.				
6	Se encuentran libres de filtraciones de aceites y grasas.				
7	Está controlada la frecuencia de engrase de las máquinas y la cantidad necesaria y suficiente para el engrase				
HERRAMIENTAS Y UTILES					
8	Se guardan libres de aceites y grasas.				
9	Las máquinas y herramientas están limpias y lubricados				
ALMACENAJE					
10	Los materiales son cargados con seguridad apilados de forma limpia y segura.				
11	Los sitios de almacenaje se limpian con una frecuencia establecida				
TOTALES		0	0	0	
Indicador = $\frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					



De 0% a 70%



De 71% a 85%



De 86% a 100%



Tabla 28.
Auditoría para la Cuarta S: Higiene.







PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	¿Las identificaciones y señalamientos son iguales y estandarizados?				
2	¿La información necesaria de selección, orden y limpieza está visible?				
3	Están asignadas y visibles las responsabilidades de limpieza?				
MAQUINARIA Y EQUIPO					
4	Se ha definido un programa periódico de limpieza para las maquinarias y equipos.				
5	Existen mecanismos de protección contra la suciedad para las máquinas y equipos.				
HERRAMIENTAS Y UTILES					
6	Se ha definido un programa periódico de limpieza para las herramientas y útiles.				
7	Existen mecanismos de protección contra la suciedad para las máquinas y equipos.				
ALMACENAJE					
8	Se ha definido un programa periódico de limpieza para los almacenes.				
TOTALES		0	0	0	
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

Tabla 29.
Auditoría para la Quinta S: Disciplina.

PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	¿Se aplican las 4 primeras "Actividades"?				
2	¿El personal conoce las 5S's, ha recibido capacitación al respecto?				
3	¿Se aplica la cultura de las 5S's, se practica continuamente los principios de clasificación, orden y limpieza?				
4	¿Conoce el personal del area los resultados de las auditorias de 5S's?				
5	¿Mantiene y/o mejora los resultados obtenidos en cada punto vealudo durante la auditoria anterior?				
6	Se hacen inspecciones periódicas de organización, orden y limpieza.				
7	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en el local.				
MAQUINARIA Y EQUIPO					
8	Se hacen inspecciones periódicas de organización, orden y limpieza.				
9	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en maquinaria y equipo.				
HERRAMIENTAS Y UTILES					
10	Se hacen inspecciones periódicas de organización, orden y limpieza.				
11	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en herramientas y útiles.				
ALMACENAJE					
12	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en los almacenes.				
RESIDUOS					
13	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's para los residuos.				
TOTALES		0	0	0	
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

En las Tablas 30 al 34 se presenta el resultado de la primera auditoria a la implementación de las 5S en la planta de galvanizado en la empresa en estudio, realizado en día 20 de enero del 2020. Del cual se observa que se encuentra en nivel aceptable.

Tabla 30.

Resultado de auditoría para la Primera S: Clasificar.




PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	Se evidencia alambres abandonados en la línea	x			
2	Los objetos personales solo los indispensables	x			
3	Los suelos, paredes y pasillos están libres de materiales innecesarios	x			
MONTACARGA					
4	Está libre en su entorno de todo material innecesario	x			
5	Se usan y están operativos.	x			
HERRAMIENTAS Y UTILES					
6	Todas las herramientas o utillajes se emplean y están en buen estado. No hay innecesarios, ni malogrados.		x		No están malogrados, sin embargo están bastante deteriorados.
7	Las herramientas eléctricas tienen los cables eléctricos y conectores en buen estado.		x		Funcionan, sin embargo no se encuentran en buen estado.
ALMACENAJE					
8	Los lugares de almacenamiento están clasificados según su contenido.	x			
9	Los materiales de limpieza se encuentran en su lugar y limpios.	x			
TOTALES		7	2	0	
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					88.89%
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

Tabla 31.

Resultado de auditoría para la Segunda S: Organizar.




PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	Todos y cada elemento tiene un nombre estándar (no debe existir 2 nombres distintos para el mismo objeto)		x		Se encontraron dos similitudes
2	Todo los artículos que no está en uso se encuentran ubicados en su lugar correspondiente (incluyendo extintores)		x		Se encontraron 3 artículos ubicados en otro lugar.
MONTACARGA Y ALAMBRES					
3	Se visualiza la demarcación alrededor de l montacarga y zona de alambres.	x			
HERRAMIENTAS Y UTILES					
4	Están en condiciones seguras para el trabajo, ni oxidadas, ni con defectos que atenten contra la integridad de las personas	x			
5	Las herramientas tienen plantillas o sombras que identifique su lugar de almacenamiento	x			
ALMACENAJE					
6	Existe demarcación y rótulo del sitio de almacenamiento específico para artículos, herramientas, materiales y máquinas móviles	x			
7	Los materiales están apilados en su sitio sin invadir zonas de paso y debidamente identificadas.	x			
TOTALES		5	2	0	
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					85.71%
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

Tabla 32.

Resultado de auditoría para la Tercera S: Limpiar.

PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	Se cuenta con un formato de horario y frecuencia de limpieza	x			
2	Existen los medios de limpieza a disposición del personal del área	x			
3	Los suelos se encuentran limpios y libres de desechos, chatarra, aceites y grasas.	x			
4	Las paredes y señalizaciones o avisos colocados en ellas están limpias y en buen estado.	x			
MAQUINARIA Y EQUIPO					
5	Se observa que las maquinarias y equipos están pintadas completamente.		x		
6	Se encuentran libres de filtraciones de aceites y grasas.	x			
7	Está controlada la frecuencia de engrase de las máquinas y la cantidad necesaria y suficiente para el engrase	x			
HERRAMIENTAS Y UTILES					
8	Se guardan libres de aceites y grasas.	x			
9	Las máquinas y herramientas están limpias y lubricados		x		Se encontró una con falta de lubricación
ALMACENAJE					
10	Los materiales son cargados con seguridad apilados de forma limpia y segura.		x		No todos aplican la mejora
11	Los sitios de almacenaje se limpian con una frecuencia establecida	x			
TOTALES		8	3	0	86.36%
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					



De 0% a 70%



De 71% a 85%



De 86% a 100%

Tabla 33.

Resultado de auditoría para la Cuarta S: Higiene.

PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
Nº	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	¿Las identificaciones y señalamientos son iguales y estandarizados?	x			
2	¿La información necesaria de selección, orden y limpieza está visible?	x			
3	Están asignadas y visibles las responsabilidades de limpieza?	x			
MAQUINARIA Y EQUIPO					
4	Se ha definido un programa periódico de limpieza para las maquinarias y equipos.	x			
5	Existen mecanismos de protección contra la suciedad para las máquinas y equipos.	x			
HERRAMIENTAS Y UTILES					
6	Se ha definido un programa periódico de limpieza para las herramientas y útiles.	x			
7	Existen mecanismos de protección contra la suciedad para las máquinas y equipos.	x			
ALMACENAJE					
8	Se ha definido un programa periódico de limpieza para los almacenes.	x			
TOTALES		8	0	0	100.00%
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					



De 0% a 70%






De 71% a 85%



De 86% a 100%

Tabla 34.

Resultado de auditoría para la Quinta S: Disciplina.

PLANTA	Galvanizado	EVALUADORES			COMITÉ DE AUDITORES
LÍNEA	Única	FECHA EVALUACION			20/01/2020
N°	DESCRIPCION	C	I	Nc	EVIDENCIAS Y OBSERVACIONES
1	¿Se aplican las 4 primeras "Actividades"?	x			
2	¿El personal conoce las 5S's, ha recibido capacitacion al respecto?	x			
3	¿Se aplica la cultura de las 5S's, se practica continuamente los principios de clasificacion, orden y limpieza?		x		Algunas veces no, aun en proceso de implementación
4	¿Conoce el personal del area los resultados de las auditorias de 5S's?	x			
5	¿Mantiene y/o mejora los resultados obtenidos en cada punto vealudo durante la auditoria anterior?	x			
6	Se hacen inspecciones periódicas de organización, orden y limpieza.	x			
7	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en el local.	x			
MAQUINARIA Y EQUIPO					
8	Se hacen inspecciones periódicas de organización, orden y limpieza.	x			
9	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en maquinaria y equipo.		x		Aun en proceso de adaptación
HERRAMIENTAS Y UTILES					
10	Se hacen inspecciones periódicas de organización, orden y limpieza.	x			
11	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en herramientas y útiles.		x		Aun en proceso de adaptación
ALMACENAJE					
12	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's en los almacenes.	x			
RESIDUOS					
13	El personal busca el mantenimiento de las 5 S's para los residuos.	x			
TOTALES		10	3	0	
$\text{Indicador} = \frac{(C \times 2) + (I \times 1)}{2 \times (C + I + Nc)} \times 100$					88.46%
					
De 0% a 70%		De 71% a 85%		De 86% a 100%	

En la Figura 62 se presenta los resultados obtenidos de la Auditoría a las 5S, donde, a pesar de algunas observaciones se puede decir que se encuentra en un estado aceptable.

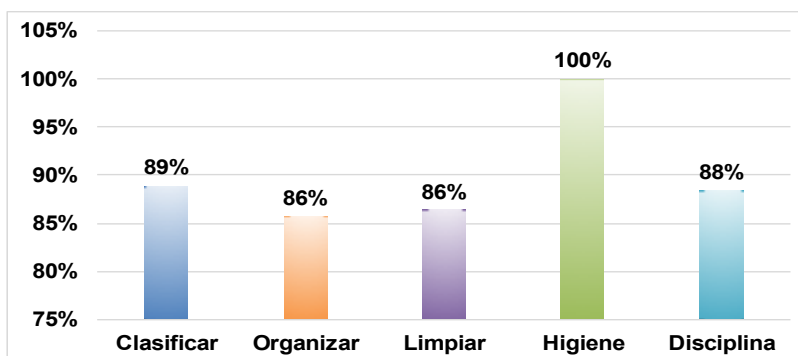


Figura 62. Resultado – Auditoria de las 5S.

4.3 Kanban

Debido a que el proceso de galvanizado es continuo y los productos que ingresan al proceso deben salir; es decir, no existe producto que sea retirado dentro del proceso de galvanizado, además por medio de esta herramienta se minimizará el porcentaje de error en la identificación del producto y envío de productos erróneos a los clientes. Por ello se ve conveniente colocar tarjeta Kanban al inicio del proceso y en zona de inspección, la cual representa la salida de los productos: Entonces la tarjeta Kanban a utilizar en el proceso de galvanizado será el denominado **Kanban de Proceso**.

En la Figura 63 se presenta el proceso de galvanizado resaltando en color rojo las partes del proceso en que se incorporan tarjeta Kanban

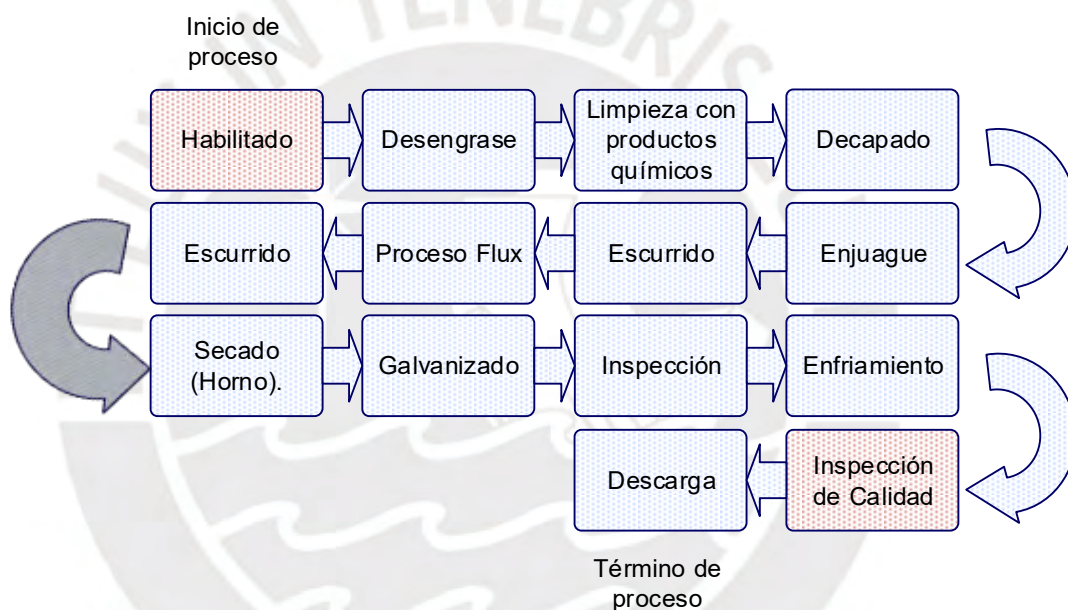


Figura 63. Identificación de proceso de Galvanizado con tarjeta Kanban.

En la Figura 64 se presenta la tarjeta Kanban de proceso, el cual se utiliza en el proceso de habilitado:

KANBAN	
CÓDIGO DE PRODUCTO	:
DESCRIPCIÓN	:
CLIENTE	:
Nº LOTE	:
NÚMERO DE TARJETA KANBAN DEL LOTE	:
CANTIDAD A GALVANIZAR	:
ALMACÉN DESIGNADO	:
VºBº CALIDAD	:
DESTINO FINAL	:

Figura 64. Kanban – De proceso.

En la Figura 65 se presenta la tarjeta Kanban utilizado en el proceso de inspección de calidad, el cual es colocado por el personal de calidad una vez que el producto es aprobado para despacho:

KANBAN	
De: Galvanizado	Tarjeta ____ de ____
Para: Almacén	
Código de Producto:	
Información del proceso anterior:	
Cliente	:
Nº de piezas	:

Figura 65. Kanban – De calidad.

Con la finalidad de no perder la trazabilidad de la secuencia del traslado del producto, a su vez que se requiere mantener control de los productos por tipo de cliente, dado que los productos son de propiedad de los clientes, aun cuando estos productos “sean iguales”, cada cliente lo ha trabajado de forma diferente, ya sea en calidad de material, proveedor, acabado, etc. y como la empresa en estudio brinda servicio de galvanizado tiene la responsabilidad de no confundir ni mezclar productos de diferentes clientes. Por ello, se ve conveniente incorporar una tarjeta Kanban de almacenamiento, el cual se utiliza en el almacén, ver Figura 66:

KANBAN	
Tarjeta ____ de ____	
Almacén:	
Ubicación:	
Cantidad:	
Destino final:	

Figura 66. Kanban – De almacén.

Entonces las tarjetas Kanban implementadas dentro de la planta de galvanizado serían las resaltadas en color rojo de la Figura 67:



Figura 67. Kanban – En planta de galvanizado.

La implementación del Kanban contribuye en la mejora del proceso de habilitado y mejora la identificación de los productos en la salida del proceso, lo cual implica una mejora en minimizar los errores en el despacho de productos. Con el fin de obtener el tiempo que se ahorraría con esta mejora se tomó tiempos a 20 despachos que se tuvieron que reprocesar obteniendo así que el tiempo promedio en reprocesar un despacho es de 17.497 min, ver Figura 68.

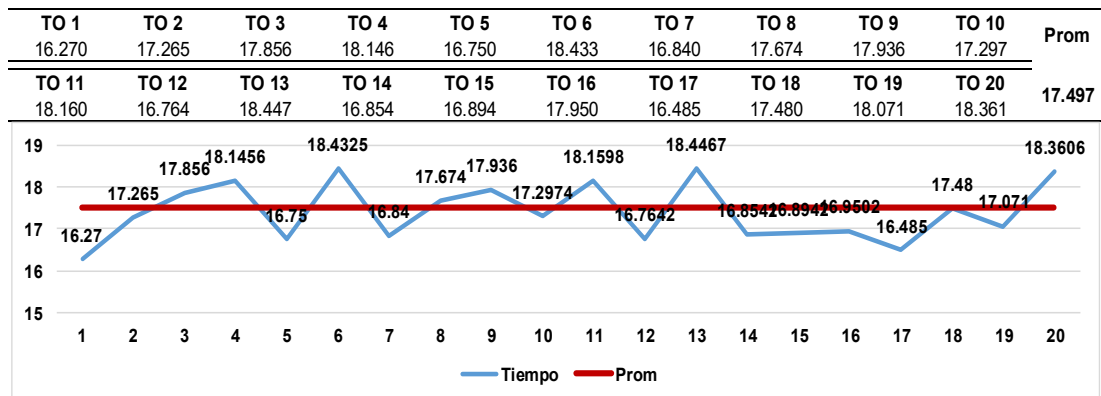


Figura 68. Reproceso de despacho de productos, expresado en minutos.

En la Figura 69 se presenta el DAP del reproceso de despacho que sustentan el tiempo promedio de 17.497 min que se ahorra al aplicar la mejora con Kanban.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO					
DIAGRAMA				RESUMEN					
OBJETIVO:	ACTIVIDAD			ACTUAL			MÉTODO		
Descargar camión y cargar producto correcto	Operación			7			Actual		
	Transporte			1					
PROCESO: Cambio de productos errados.	Demora			0					
	Inspección			0					
	Almacenamiento			0					
LUGAR: Zona de descarga.	DISTANCIA:			TIEMPO TOTAL: 17.497 Min					
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos					Observaciones
1. Colocar parihuela para descarga.			2.230	*					
2. Colocar producto sobre parihuela			2.126	*					
3. Reingresar producto al almacén			2.650	*					
4. Llevar parihuela dentro de almacén			1.620	*					
5. Cargar producto correcto			3.456	*					
6. Colocar producto sobre parihuela			2.126	*					
7. Cargar camión			2.180	*					
8. Registrar salida y entregar a camión			1.109	*					
TOTAL			17.497 Min	7	1	0	0	0	

Figura 69. DAP – Reproceso de descarga y despacho de producto.

4.4 Flujo de proceso

Se plantea la aplicación de esta herramienta de ingeniería en los siguientes procesos:

- Clasificación de alambres.
- Recepción de productos.
- Control de densidad de decapado.
- Control de productividad de decapado.

a) Flujo de proceso para la clasificación de alambres:

Primeramente, se tiene que actualmente el área de producción llena de forma manual el encabezado del formato de productividad de gancheras, para lo cual copia los datos que llegan del formato de producto, teniendo en cuenta que aparte de llenar este encabezado, es planta quien designa qué número de alambre se debe utilizar, asignándolo en la información que lleva el encabezado del formato de productividad de gancheras: lo cual no necesariamente era lo correcta, asignando un número de alambre que no corresponde al tipo de producto y utilizando alambre más grueso del que realmente corresponde, ocasionando mayor consumo de alambre grueso y dejando sobre estoqueado el alambre más delgado. Es así como primero se plantea que el encabezado del formato de productividad de gancheras salga impreso, de acuerdo a lo asignado por planeamiento, el cual es el área que conoce el trabajo técnico y asigna los materiales a utilizar por tipo de producción denominada orden de producción (OP), esta propuesta de mejora permite que el personal de planta se ahorre tiempo en llenar el encabezado del formato y a la vez que se evite el error en la asignación del número de alambre, a parte que permite un mejor control de alambre en kg y costo. A continuación, se presenta la propuesta del llenado automático del encabezado del formato de productividad de gancheras en la Figura 70.

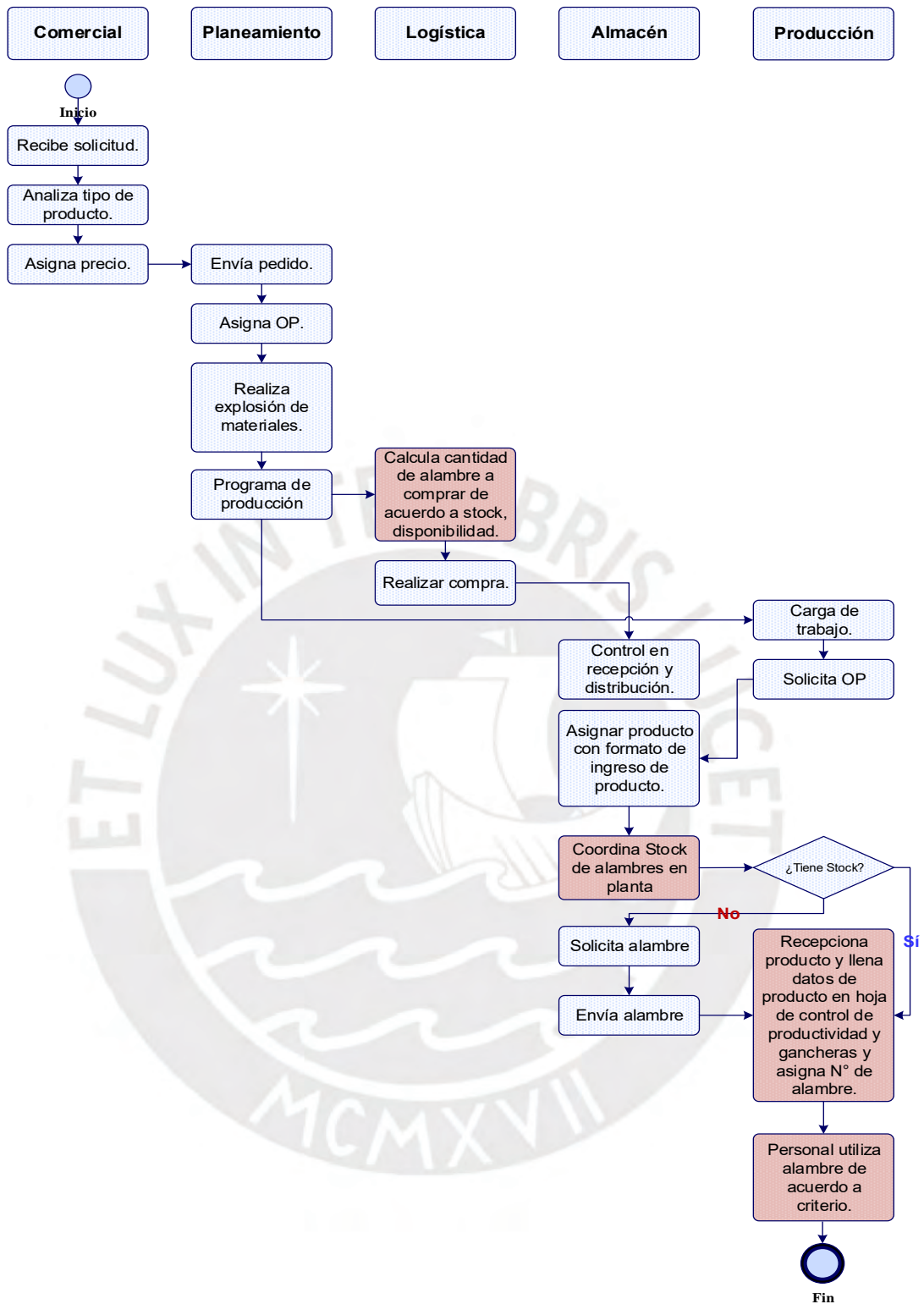


Figura 71. Flujo de proceso actual de clasificación de alambre.

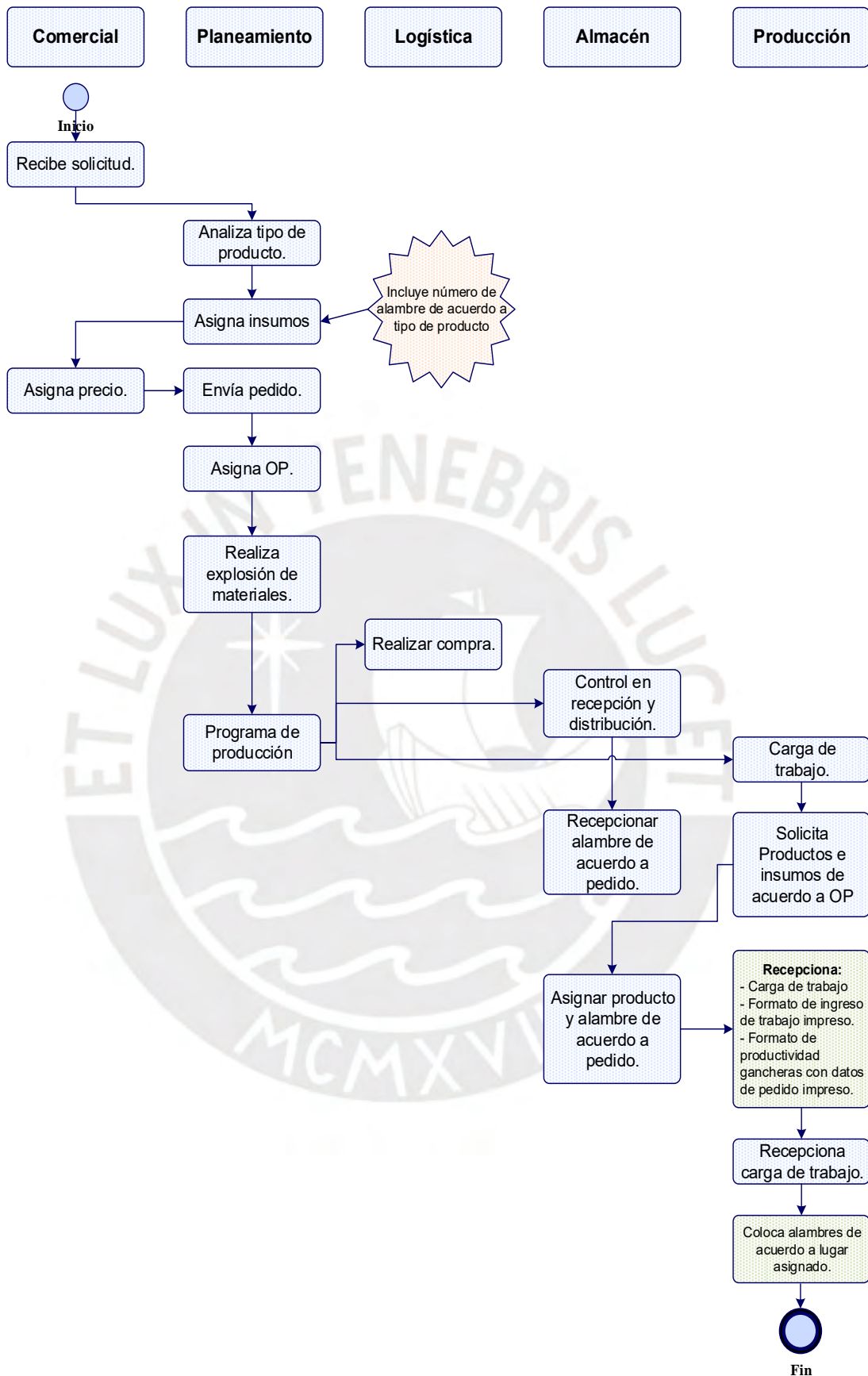


Figura 72. Flujo de proceso propuesto de clasificación de alambre.

b) Flujo de proceso para recepción de productos:

El problema existente en la recepción de productos se da porque los clientes envían sus productos sin agujeros, lo cual genera pérdida de tiempo para el personal de planta; entonces, debe ser separado y trasladado a la zona donde se debe hacer el agujero para luego incorporarlo a la producción, por otro lado se tiene que los productos vienen con excesivo óxido, lo que hace que la planta de galvanizado deba dar mayor tiempo al proceso para retirar el óxido, generalmente se da porque los clientes desconocen que deben mantener el producto sobre un almacén techado, libre de humedad en medida de lo factible para evitar el óxido, suele pasar que como el galvanizado es un baño, descuidan los cuidados en sus plantas.

Por ello ante la falta de una medida de acción correctiva se plantea como mejora incorporar ficha de conformidad de calidad, la cual debe ser emitida por el cliente, dando conformidad de ciertos requisitos que son indispensables para que la empresa en estudio no invierta tiempo en actividades que no agreguen valor, por otro lado se hace necesario incorporar una lista de chequeo para que este sea utilizado en el almacén, así valida y da conformidad que el producto que ingresa a planta cumple con estándares mínimos necesarios que permitirán fluidez en el proceso de producción de galvanizado. Es así como se presentan las Figuras: 73 con la ficha de conformidad de calidad de producto enviado, con 6 puntos de consulta que deben ser respondidos por cada pedido que el cliente solicite servicio de galvanizado, y la Figura 74 con la lista de chequeo que debe utilizar la empresa en estudio.

Conformidad de Calidad	
Empresa:	Fecha:
Producto:	
Cantidad:	
Número de huecos por producto:	
Mediante el presente documento damos conformidad de la entrega del producto en las siguientes condiciones de habilitado:	
1° Producto embalado cada: _____ Unidades.	
2° Agujeros realizados en _____	
3° Cantidad de agujeros por producto: _____	
4° ¿Los agujeros respetan sentido en todo el paquete embalado? _____	
5° Tiempo de almacenamiento: _____	
Firma Jefe Calidad - Cliente Nombre Jefe Calidad	Firma responsable de recepción Recibido

Figura 73. Ficha de conformidad de calidad por parte del cliente.

Lista de Chequeo		
Empresa:	Fecha:	
Producto:		
Cantidad:		
Tiene formato de conformidad de cliente adjunta:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Otro: _____
Se respondió las 5 consultas de Conformidad de calidad:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Otro: _____
Los agujeros vienen en el producto de forma ordenada:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Otro: _____
Se respeta cantidad de productos por embalaje:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/> Otro: _____
Producto se encuentra:	Aceitoso <input type="checkbox"/>	Con óxido: <input type="checkbox"/>
Nombre:		
Fecha y hora:		

Figura 74. Formato de Lista de chequeo.

Seguidamente se presenta el flujo de proceso actual y propuesto, ver Figuras 75 y 76.

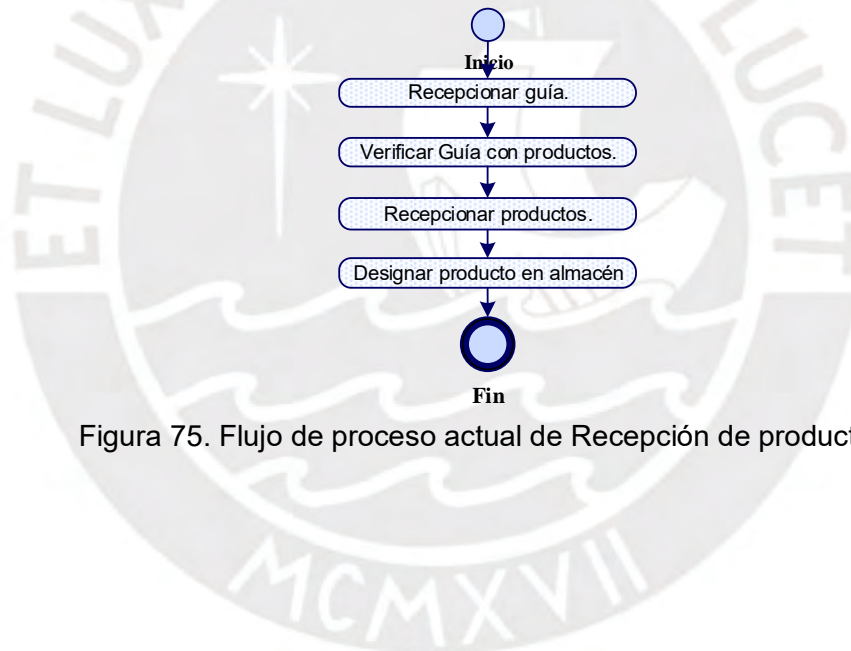


Figura 75. Flujo de proceso actual de Recepción de productos.

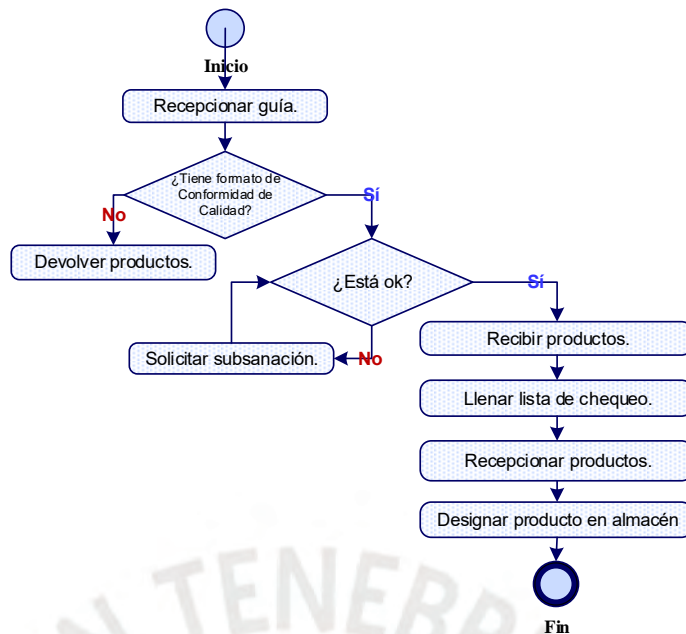


Figura 76. Flujo de proceso propuesto de Recepción de productos.

c) Flujo de proceso para control de densidad de decapado:

Como se ha explicado anteriormente, en el proceso actual no existe un control exhaustivo de la densidad de decapado, por ello mantienen 4 tinas, donde van repitiendo el proceso, pasando por tinas con ácido de menor concentración a mayor concentración de ácido, incrementando el tiempo de decapado.

En vista de ello, luego de una reunión con los expertos de la planta, se ve conveniente medir la densidad de decapado por cada carga, esta medida se toma debido a que las cargas varían de acuerdo al tipo de producto, es decir el ácido no se consume o gasta de forma igual por carga, por tanto, se debe medir para así controlar la densidad y realizar el cambio de ácido cuando la densidad se encuentre por encima de 10 g/cm^3 . Por otro lado, se hace necesario que se controle el tiempo de decapado, con la finalidad de estandarizar el tiempo de este proceso, se sabe que el tiempo se encuentra entre 10 a 15 min., sin embargo, se debe tener precisión, por ello se propone acondicionar un contador de tiempo a este proceso, de tal forma que se active al momento que la carga se sumerge y termine la lectura cuando la carga es retirada de la tina, así se evita el tiempo de tomar el control y error en la lectura.

Se elimina el proceso de decapado 1 y sólo se trabajaría con un proceso de decapado en ácido fuerte, optimizando 21.22 minutos. El costo de implementar este dispositivo es de 1,200.00 soles.

En la Figura 77 se describe el proceso de control de decapado.

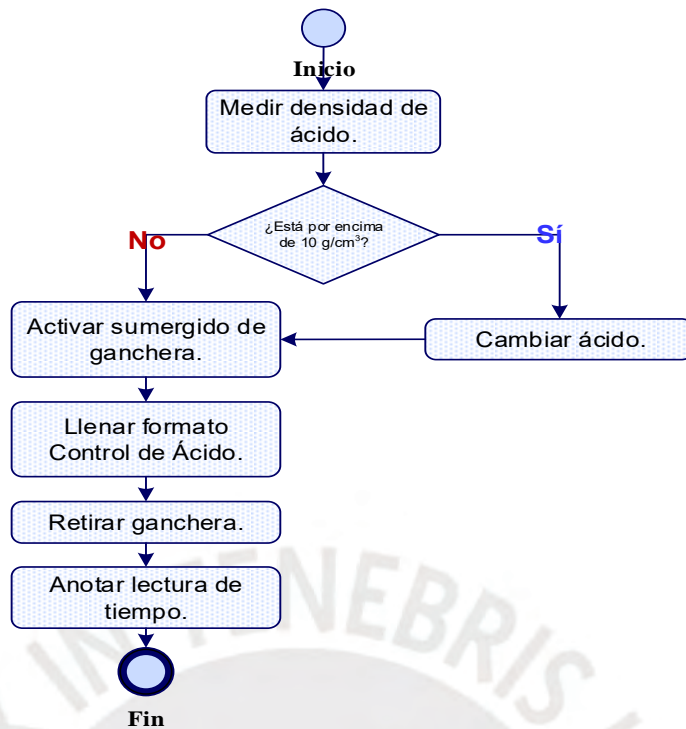


Figura 77. Flujo de proceso propuesto: Control de densidad de decapado.

d) Flujo de proceso para control de productividad de decapado:

El control de productividad de decapado se calcula dividiendo la producción en toneladas obtenidas entre el estándar determinado del tipo de producto decapado, también en toneladas por hora. De acuerdo a lo establecido por la gerencia de la empresa en estudio el estándar mínimo requerido debe ser del orden de 80%, por debajo de ese valor se considera no óptimo. Sin embargo, actualmente la empresa calcula la productividad en base a toneladas por hora producidas entre las toneladas que se debe producir en cierto tiempo disponible, donde para efecto de las horas disponibles restan las horas de paradas por atoro de alguna parte del proceso productivo obteniendo una productividad no real, es decir descontando los tiempos muertos ocasionado por la falta de orden y organización del área.

Por ello se presenta el flujo correcto para el cálculo de la productividad de decapado en la Figura 78.

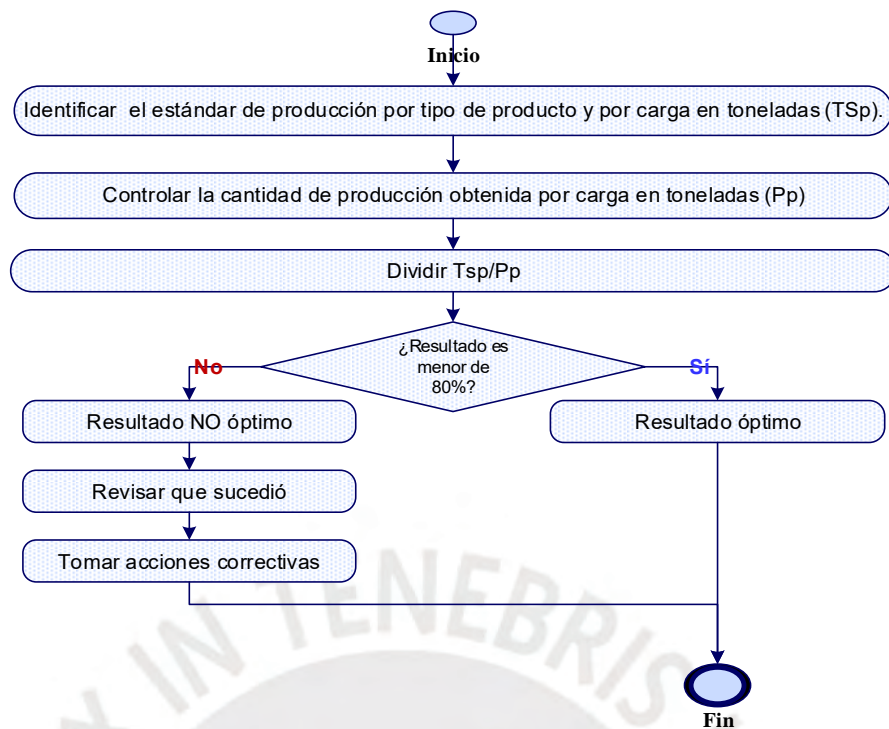


Figura 78. Flujo de proceso propuesto: Control de productividad de decapado.

4.5 Estandarización

La estandarización consiste en implementar, aplicar la propuesta, por ello, en el presente ítem se procede a hacer que las propuestas de mejoras planteadas se implementen y se apliquen, teniendo así los siguientes procesos por estandarizar en la planta de galvanizado:

- Método de habilitado de productos.
- Método de proceso de descarga.
- Flujo de procedimiento mejorado.
- Programa de capacitación.

a) Método de habilitado de productos:

En la Figura 34 se presentó el proceso actual de habilitado, a partir del cual, teniendo en cuenta las mejoras de:

- Control de alambres.
- Llenado de encabezado de formato de productividad de forma automática, vía sistema.
- Aplicación de las 5S para control de alambres y ubicación del montacarga.

Se presenta el DAP con el método mejorado y estandarizado para el habilitado, ver Figura 79.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO					
DIAGRAMA			RESUMEN						
OBJETIVO:	ACTIVIDAD		ACTUAL			MÉTODO			
Habilitar producto para dar inicio al proceso de galvanizado.	Operación	●	4			Actual			
	Transporte	➡	1						
PROCESO: Habilitado.	Demora	◐	1						
	Inspección	■	0						
	Almacenamiento	▼	0						
LUGAR: Zona de habilitado.	DISTANCIA:								
	TIEMPO TOTAL:		32.373 Min						
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos					Observaciones
				●	➡	◐	■	▼	
1. Colocar alambre a productos.			10.125	*					
2. Trasladar productos con hueco a zona de reparaciones.			2.280		*				
3. Esperar grúa con ganchera.			3.060			*			
4. Colocar productos habilitados a gancheras.			15.528	*					
5. Colocar formato de control de gancheras.			0.380	*					
6. Activar grúa.			1.000	*					
TOTAL			32.373 Min	4	1	1	0	0	

Figura 79. DAP - Proceso mejorado de habilitado de carga.

b) Método de proceso de descarga:

En la Figura 44 se presentó el método de descarga antes de la mejora, donde los tiempos se demoraban por la búsqueda y espera que se desocupe el montacarga, los cuales deben eliminarse una vez implementado la mejora de las 5S, proceso de habilitado y decapado, para finalmente obtener el siguiente método de proceso de descarga, teniendo en cuenta que cada vez que se realiza una descarga, se debe asegurar que exista parihuelas disponibles y se descargue las gancheras en orden consecutivo con la finalidad de liberar los caballetes en forma ordenada.

En la Figura 80 se presenta el método mejorado y estandarizado a través de un DAP.











CURSOGRAMA ANALÍTICO		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO						
DIAGRAMA		RESUMEN						
OBJETIVO:	ACTIVIDAD		ACTUAL			MÉTODO		
Descargar producto galvanizado.	Operación		3			Actual		
	Transporte		0					
PROCESO: Descarga de productos galvanizados.	Demora		3					
	Inspección		0					
	Almacenamiento		0					
LUGAR: Zona de descarga.	DISTANCIA:							
	TIEMPO TOTAL: 22.130 Min							
Descripción	C	D	T (min)	Símbolos		Observaciones		
1. Retirar productos de gancheras.			8.260	* 				
2. Colocar parihuela para descarga.			2.230	* 				
3. Colocar producto sobre parihuela			11.640	* 				
				* 				
				* 				
TOTAL			22.130 Min	3	0	3	0	0

Figura 80. Método mejorado de descarga.

c) Flujo de procedimiento mejorado:

La Figura 81 muestra el flujo de procedimiento mejorado, en el que se observa que se ha dividido los sub procesos para su mejor identificación, control e implementación, debido a que depende de cómo se realice para que pase al siguiente proceso en el tiempo justo. A la vez se observa que se ha eliminado un proceso de decapado, debido a que sólo se requiere uno controlando la densidad del ácido.

Otro punto importante, es la adición del proceso de inspección de calidad, dado que si en este proceso no se asegura: los resultados de producción pueden generar reprocesos posteriores. Bajo estas condiciones se procedió a estandarizar el flujo de procedimiento, el cual se muestra a continuación.

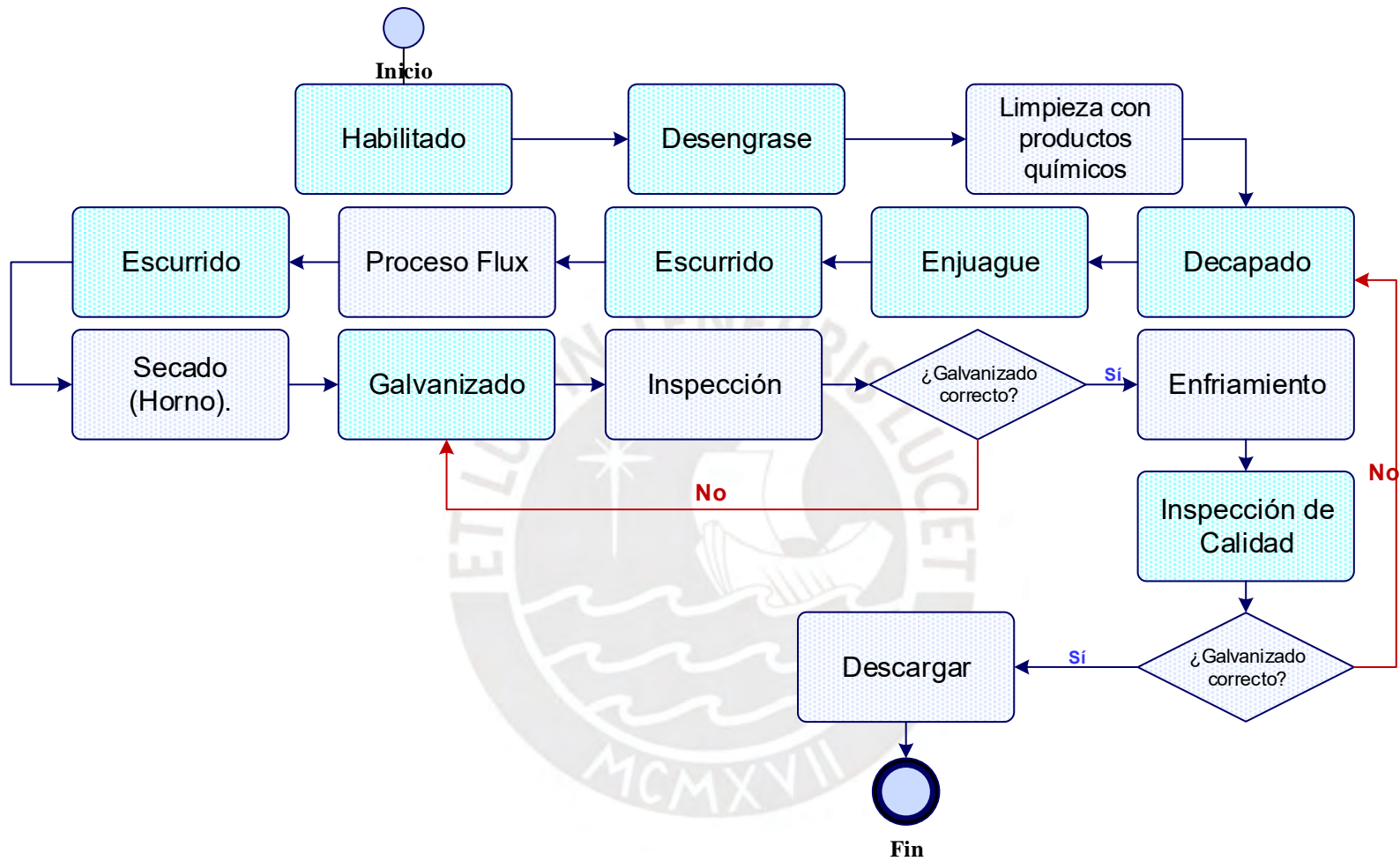


Figura 81. Proceso mejorado de galvanizado.

d) Programa de capacitación:

Como parte final del proceso de estandarización se debe capacitar al personal, con el fin de obtener el logro de la mejora, sobre todo que esta se mantenga en el tiempo. Es así que se plantea realizar capacitación de forma continua durante el primer año de implementación, Ver Tabla 35, donde se presenta el programa de capacitación anual, donde cada 4 semanas se repite el ciclo de capacitaciones, con 2 horas de capacitación por tema para 5S, Kanban y estandarización, mientras que para capacitar flujo de procesos se propone 2 días de capacitación porque los flujos de procesos se requiere explicar con más detalle, porque son vital que se realicen para lograr galvanizar el producto dentro del tiempo planificado y con la calidad esperada.

Tabla 35.
Programa de capacitación.

Herramienta	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5S	x			x			x			
Kanban	x			x			x			
Flujos de procesos		x	x		x	x		x	x	
Estandarización				x			x			x

Es importante indicar que se considera a capacitar a la totalidad del personal de la planta.

4.6 Recomendaciones complementarias para la implementación

Entre las principales recomendaciones complementarias se tiene:

- ✓ Generar auditorías periódicas para asegurar que se realicen las propuestas.
- ✓ Medir los resultados de las mejoras propuestas.
- ✓ Publicar los resultados obtenidos.
- ✓ Promover a través de la gerencia: Reuniones periódicas entre jefes y subordinados para promover la integración.

4.7 Resumen de mejoras propuestas

Aplicando las herramientas de ingeniería mostradas en la Tabla 35 se pretende obtener las siguientes mejoras de tiempo en los procesos de galvanizado, ver Tabla 36.

Tabla 36.
Programa de capacitación.

Proceso	Tiempo Total	Mejorado	Mejora	%
Habilitado	66.32 Min	32.37 Min	33.95 Min	104.86%
Decapado	71.11 Min	49.89 Min.	21.22 Min	42.53%
Horno	23.03 Min	23.03 Min	0.00 Min	0.00%
Descarga	32.08 Min	22.13 Min	9.95 Min	44.96%

Donde, se puede apreciar que, de los 4 procesos, el habilitado, decapado y descarga son los procesos que se ven beneficiados con porcentajes mayores al proceso de horneado. Estas mejoras se resumen en el tiempo de cadencia, para el proceso de galvanizado en la empresa en estudio este tiempo está dado por el proceso de decapado, por tener el tiempo más elevado dentro del proceso de producción. El cual, antes de la mejora es de 71.11 min., aplicando la propuesta se espera llegar a 49.89 min.

4.8 Capacitación

A continuación, se presenta el programa trimestral de capacitación por un año, a partir del segundo año de implementación.

Tabla 37.
Programa de capacitación trimestral.

Herramienta	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5S	x			x			x			x		
Kanban	x			x			x			x		
Flujos de procesos	x			x			x			x		
Estandarización	x			x			x			x		

4.9 GANTT propuesto para la implementación

La Tabla 38 muestra el GANTT propuesto de implementación en base a 8 semanas.

Tabla 38.
 GANTT propuesto para desarrollar las mejoras propuestas.

Herramienta	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5S	x	x	x					
Kanban			x	x				
Flujos de procesos				x	x	x	x	
Estandarización							x	x



CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presenta los costos que representan implementar las mejoras propuestas en el Capítulo 4. Se complementa el análisis con la evaluación económica mediante el cálculo del VAN y del TIR, con lo cual se valida que la propuesta es viable.

5.1 Costos de implementación

Teniendo en cuenta las mejoras realizadas para implementar las 5S, se presenta la Tabla 39, con un costo total de S/. 4,612.08.

Tabla 39.
Costos de implementar las 5S..

Descripción	Tiempo	Personal Requerido	Horas requeridas	Costo	Costo Total
Primera S - Clasificación de alambres. - Diseño de Tarjeta Roja. - Compra de Tarjeta Roja (1 millar).	2 Días	1	6	S/ 125.00	
	4 Días	1	2	S/ 83.33	
		Externo		S/ 560.00	S/ 768.33
Segunda S - Análisis de tipos de alambres. - Designación y adaptación de zona de limpieza.	2 Días	1	3	S/ 62.50	
				S/ 1,550.00	S/ 1,612.50
Tercera S - Personal para ubicar zonas para montacarga y alambres. - Adaptación de zonas para montacarga y alambres.	1 Días	1	6	S/ 62.50	
	6 Días	Externo		S/ 1,350.00	S/ 1,412.50
Cuarta S - Adaptación de la mejora.	3 Días	12	2	S/ 300.00	S/ 300.00
Quinta S - Personal a capacitar las 5S. - Personal capacitado de las 5S. - Diseño formatos para auditoría.	3 Días	1	2	S/ 62.50	
	3 Días	12	2	S/ 300.00	
	5 Días	1	3	S/ 156.25	S/ 518.75
Sub Total por implementar las 5S ==>					S/ 4,612.08

En la Tabla 40 se presenta el detalle costos por implementar Kanban, el cual asciende a S/. 786.67

Tabla 40.
Costos de implementar Kanban..

Descripción	Tiempo	Personal Requerido	Horas requeridas	Costo	Costo Total
- Análisis de procesos a implementar Kanban.	2 Días	1	6	S/ 125.00	
- Diseño de tarjetas.	1 Días	1	4	S/ 41.67	
- Compra de Tarjeta Kanban.	5 Días	Externo		S/ 620.00	
Sub Total por implementar Kanban ==>					S/ 786.67

En la Tabla 41 se presenta los costos por realizar flujos de procesos para alambres, recepción de productos, control de densidad de decapado y para el control de productividad; con un total de S/. 1,981.25

Tabla 41.

Costos de implementar Flujo de proceso de alambres: antes y después de la mejora.

Descripción		Tiempo	Personal Requerido	Horas requeridas	Costo	Costo Total
De Alambres	Flujo de proceso - Clasificación de alambres actual.	3 Días	1	6	S/ 187.50	
	- Clasificación de alambres mejorado.	3 Días	1	4	S/ 125.00	S/ 312.50
De Recepción de productos	Flujo de proceso - Recepción de productos actual.	3 Días	1	4	S/ 125.00	
	- Diseños de formatos de	2 Días	1	2	S/ 41.67	
	Check List - Lista de chequeo.	2 Días	1	2	S/ 41.67	
	Flujo de proceso - Recepción de productos mejorado.	3 Días	1	3	S/ 93.75	S/ 302.08
De Densidad de decapado	Control de densidad de decapado. - Implementación de dispositivo de control de tiempo.	3 Días	Externo		S/ 1,200.00	
	Flujo de proceso - Control de densidad de decapado	2	1	2	S/ 41.67	S/ 1,241.67
Control de productividad de decapado.	Flujo de proceso - Control de productividad de decapado	3	1	4	S/ 125.00	S/ 125.00
Sub Total por implementar Flujo de procesos ==>						S/ 1,981.25

En la Tabla 42 se presenta los costos por estandarizar las mejoras, el cual asciende a S/. 2,900.00

Tabla 42.

Costos de estandarizar las mejoras.

Descripción		Tiempo	Personal Requerido	Horas requeridas	Costo	Costo Total
Habilitado de productos.	- Elaboración de DAP.	3 Días	1	6	S/ 187.50	
Método de proceso de descarga.	- Elaboración de DAP.	3 Días	1	5	S/ 156.25	
Flujo de procedimiento mejorado.	- Proceso mejorado de galvanizado.	3 Días	1	5	S/ 156.25	
Programa de capacitación.	- Programa de capacitación sobre	2 Días	20	2	S/ 2,400.00	
Sub Total por implementar la Estandarización ==>						S/ 2,900.00

En la Tabla 43 se presenta los costos por capacitar al personal para la ejecución de las mejoras, el cual se realiza en 10 semanas en total por un total de S/: 88,600.00

Tabla 43.

Costos de capacitación durante la implementación.

Descripción	Tiempo	Personal Requerido	Horas requeridas	Costo Hora	Costo Total
5s	15 Días	20	5	S/ 30.00	S/ 45,000.00
Kanban	5 Días	20	2	S/ 20.00	S/ 4,000.00
Flujo de procesos	13 Días	20	2	S/ 30.00	S/ 15,600.00
Estandarización	10 Días	20	4	S/ 30.00	S/ 24,000.00
Sub Total de Capacitación por implementar mejoras==>					S/ 88,600.00

En la Tabla 44 se presenta los costos post implementación, es decir los costos que se deben invertir para capacitar al personal 1 vez al año, el cual representa el total de S/. 27,200.00

Tabla 44.
Costos de capacitación post implementación.

Descripción	Tiempo	Personal Requerido	Horas requeridas	Costo Hora	Costo Total
5s	4 Meses	20	4	S/ 30.00	S/ 9,600.00
Kanban	4 Meses	20	2	S/ 20.00	S/ 3,200.00
Flujo de procesos	4 Meses	20	2	S/ 30.00	S/ 4,800.00
Estandarización	4 Meses	20	4	S/ 30.00	S/ 9,600.00
Sub Total por Capacitación post implementación ==>					S/ 27,200.00

Finalmente se presenta la Tabla 45 con el resumen del total de la inversión requerida para llevar a cabo la implementación, extraído de las Tablas 39 al 44, sumando el costo de mantenimiento de las mejoras, básicamente por el mantenimiento de la zona de limpieza, de habilitado de alambres y de control de tiempo, los cuales ascienden a S/. 180.00 al mes, con un total anual de S/. 2,160.00; entonces, el total general asciende a S/. 128,240.00

Tabla 45.
Total Inversión.

Descripción	Tiempo
5s	S/ 4,612.08
Kanban	S/ 786.67
Flujo de procesos	S/ 1,981.25
Estandarización	S/ 2,900.00
Capacitación durante la implementación	S/ 88,600.00
Capacitación post implementación	S/ 27,200.00
Costos de mantenimiento de mejoras	S/ 2,160.00
Sub Total por implementar Capacitación ==>	S/ 128,240.00

5.2 Análisis de recuperación

De acuerdo a la producción del año 2019 presentado en la Figura 22, así como los tiempos de proceso antes de mejora presentados en la Tabla 6, los tiempos después de aplicar la mejora de la Tabla 36, tomando en cuenta el precio de venta de S/kg de producto galvanizado y los costos de flete reproceso de despacho de la Figura 31 se presenta la Tabla 46 donde se obtiene que el monto que se perdió por no tener implementado las mejoras propuestas en el presente trabajo, el cual asciende a \$ 36,089.43 anual equivalente a S/. 128,839.26 por incremento de capacidad de atención equivalente a 78.432 Ton/Año representando el 15.06% de

recuperación de producción. El tipo de cambio trabajado es al mes de agosto del año 2020 de S/.3.57 en promedio.

Tabla 46.
Cálculo de dinero perdido por no realizar las mejoras.

Mes	Por producción					Por error de despacho			
	Producción	Ton/Min Antes	Ton/Min Después	Diferencia	Monto Perdido 1	Costo de flete	Tiempo Min/Despacho	Costo MO	Monto Perdido 2
Ene	863.48 Ton	12.143	17.308	5.165	\$ 2,163.61	\$ 268.91	139.976	\$0.09	\$ 281.16
Feb	1017.23 Ton	14.305	20.389	6.084	\$ 2,548.86	\$ 201.68	104.982	\$0.09	\$ 210.87
Mar	1135.53 Ton	15.969	22.761	6.792	\$ 2,845.27	\$ 235.29	122.479	\$0.09	\$ 246.02
Abr	1058.31 Ton	14.883	21.213	6.330	\$ 2,651.80	\$ 268.91	139.976	\$0.09	\$ 281.16
May	1233.36 Ton	17.344	24.722	7.377	\$ 3,090.41	\$ 268.91	139.976	\$0.09	\$ 281.16
Jun	1001.62 Ton	14.085	20.077	5.991	\$ 2,509.74	\$ 302.52	157.473	\$0.09	\$ 316.31
Jul	928.00 Ton	13.050	18.601	5.551	\$ 2,325.27	\$ 268.91	139.976	\$0.09	\$ 281.16
Ago	937.21 Ton	13.180	18.785	5.606	\$ 2,348.34	\$ 201.68	104.982	\$0.09	\$ 210.87
Set	1062.86 Ton	14.947	21.304	6.357	\$ 2,663.18	\$ 268.91	139.976	\$0.09	\$ 281.16
Oct	1351.32 Ton	19.003	27.086	8.083	\$ 3,385.98	\$ 235.29	122.479	\$0.09	\$ 246.02
Nov	1177.37 Ton	16.557	23.599	7.042	\$ 2,950.12	\$ 268.91	139.976	\$0.09	\$ 281.16
Dic	1346.35 Ton	18.933	26.986	8.053	\$ 3,373.51	\$ 302.52	157.473	\$0.09	\$ 316.31
Sub Total	13112.63 Min.	184.399	262.831	78.432	\$32,856.08	\$3,092.44			\$ 3,233.34
Total									\$ 36,089.43
									S/128,839.26

5.3 Flujo de caja del proyecto

En la Tabla 47 se presenta el flujo de caja económico de la propuesta proyectada a 5 años, para lo cual se ha considerado lo siguientes:

- Una tasa de inflación anual del 5% a partir del año 2.
- Se considera como ingresos al monto que se dejó de ganar en el año 2019 calculado en la Tabla 46.
- La inversión está representada por el monto total por llevar a cabo la propuesta, resumido en la Tabla 45.
- Se considera como gastos a la capacitación anual que se debe realizar para mantener las mejoras en el tiempo, obtenido de la Tabla 45.
- Se considera gastos de mantenimiento de mejoras anual obtenido de la Tabla 45.

Tabla 47.
Flujo de caja del proyecto.

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		S/ 128,839.26	S/ 135,281.22	S/ 142,045.28	S/ 149,147.55	S/ 156,604.93
Inversión	S/ 128,240.00					
(-) Capacitación anual		S/ 27,200.00	S/ 28,560.00	S/ 29,988.00	S/ 31,487.40	S/ 33,061.77
(-) Mantenimiento de mejoras		S/ 2,160.00	S/ 2,268.00	S/ 2,381.40	S/ 2,500.47	S/ 2,625.49
Utilidad Bruta		S/ 99,479.26	S/ 104,453.22	S/ 109,675.88	S/ 115,159.68	S/ 120,917.66
(-) Depreciación	10%	S/ 135.00	S/ 141.75	S/ 148.84	S/ 156.28	S/ 164.09
Utilidad antes del IR		S/ 99,344.26	S/ 104,311.47	S/ 109,527.05	S/ 115,003.40	S/ 120,753.57
(-) Impuesto a la Renta	29.50%	S/ 29,306.56	S/ 30,771.88	S/ 32,310.48	S/ 33,926.00	S/ 35,622.30
Utilidad antes del IR		S/ 70,037.70	S/ 73,539.59	S/ 77,216.57	S/ 81,077.40	S/ 85,131.27
(+) Depreciación		S/ 135.00	S/ 141.75	S/ 148.84	S/ 156.28	S/ 164.09
Total Egresos		S/ 58,666.56	S/ 61,599.88	S/ 64,679.88	S/ 67,913.87	S/ 71,309.57
Flujo de caja económico (FCE)	-S/ 128,240.00	S/ 69,902.70	S/ 73,397.84	S/ 77,067.73	S/ 80,921.12	S/ 84,967.17
Flujo de caja económico Acumulado	-S/ 128,240.00	-S/ 58,337.30	S/ 15,060.54	S/ 92,128.27	S/ 173,049.39	S/ 258,016.56

En la Tabla 48 se presenta el cálculo del TIR del proyecto, para lo cual se ha considerado como COK al porcentaje asignado como Impuesto a la Renta (IR) = 29.5%, obteniendo así un TIR de 50.50%, observando que el TIR es mayor al COK, por tanto, el proyecto es aceptable.

Tabla 48.
TIR del proyecto.

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja económico (FCE)	-S/ 128,240.00	S/ 69,902.70	S/ 73,397.84	S/ 77,067.73	S/ 80,921.12	S/ 84,967.17
TASA INTERNA DE RETORNO ECONÓMICO (TIRE):	50.50%					

En la Tabla 49 se presenta el cálculo del VAN a la tasa del COK del 29.50%, en el cual se observa que el van es de S/. 57,094.30, el cual es mayor a cero; por tanto, el proyecto es viable.

Tabla 49.
VAN del proyecto.

Flujo de caja económico (FCE)	-S/ 128,240.00	S/ 69,902.70	S/ 73,397.84	S/ 77,067.73	S/ 80,921.12	S/ 84,967.17
COK	29.50%					
VALOR ACTUAL NETO ECONÓMICO (VANE)	S/.57,094.30					

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Después de aplicar las mejoras mediante la utilización de herramientas, se obtiene las conclusiones siguientes.

- La aplicación de herramientas de ingeniería permitió realizar el análisis de la problemática y encontrar oportunidades de mejora en los procesos de habilitado, decapado, galvanizado y de descarga.
- Se determinó utilizar Benchmarking, 5S, Kanban, estandarización y flujo de procesos, como las herramientas de ingeniería que mejor se adecuan en la solución del problema.
- La metodología utilizada para el desarrollo del presente trabajo fue, primero se procedió a levantar información del proceso de trabajo actual en cada uno de los procesos de producción. Segundo, se procedió a identificar las causas del problema por medio del uso de diagrama de Ishikawa por proceso. Tercero, se analizaron todas las causas por medio de la matriz de correlación de causas, encontrando así las principales causas que generan el problema.
- Aplicar las 5S contribuye a mantener el área ordenado, libre de desperdicios, permitiendo que los trabajadores eviten pérdidas de tiempo en búsqueda de materiales, así como permite que se minimicen los errores en la administración materiales de los mismos.
- Implementar en Kanban: contribuye a que se mantenga un mejor control de los productos que se galvanizan, así como permite que todo el personal involucrado conozca el estado de cada pedido, integrándolo así en el proceso, además que permite eliminar reprocesos en despacho de productos por error de identificación del mismo.
- Determinar los flujos de procesos permitió conocer el estado actual de trabajo, así como plasmar el flujo correcto de trabajo, al ser diagramas visuales permite que los trabajadores entiendan mejor el proceso y así puedan seguir el orden que se especifica.
- Estandarizar los procesos es vital para que todo el personal conozca la mejora y cómo se debe proceder a partir de la misma, permite el involucramiento que finalmente se traduce en compromiso de los trabajadores.

- La aplicación del DAP de cada uno de los procesos permitió conocer las actividades que no agregan valor al proceso, las cuales también permitieron definir el nuevo proceso de trabajo.
- La aplicación de herramientas de ingeniería permitió minimizar el tiempo de proceso de 71.11 min a 49.89 min, representado por 42.53% de mejora.
- Se proyecta un logro de incremento de capacidad de atención equivalente a 78.432 Ton/Año representando el 15.06% de recuperación de producción.
- Con una inversión única de S/. 128,240.00 se espera una mejora anual de S/. 128,839.26.
- El proyecto es viable y rentable, dado que arroja un VAN de S/. 57,094.30 y un TIR de 50.50% calculado en base a 5 años.
- La aplicación de la propuesta genera oportunidad de mejora en la capacidad de atención de pedidos, lo cual permitirá mayores ingresos para la empresa en estudio.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda mantener activo las auditorías implementadas a las 5S, para asegurar mantener el orden en la planta de galvanizado, para lo cual se deben utilizar los documentos de auditoría establecidos.
- De similar forma, se recomienda implementar auditorías inopinadas de todas las mejoras, con el fin de obtener el feedback y tomar medidas de corrección a tiempo.
- Mantener capacitaciones de acuerdo al programa establecido, con el fin de afianzar las mejoras.
- Que la gerencia y las jefaturas respectivas muestren el debido interés para evitar que las mejoras se pierdan con el transcurrir del tiempo.
- Que la gerencia y jefaturas velen por cumplir con las capacitaciones anuales para asegurar la mejora en el tiempo.
- Se recomienda evaluar de forma anual el flujo de cada del proyecto, con el fin de asegurar que las mejoras se encuentren dentro de los proyectado.
- Monitorear que la inflación anual o factores externos puedan afectar la mejora, con el fin de identificarlos en caso que estos afecten los resultados esperados a corte, mediano y largo plazo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bashin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing* (1 ed.). Switzerland: Springer. doi:<https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-3-319-17410-5>
- Calidad y Gestión. (20 de 05 de 2018). <http://www.calidad-gestion.com.ar>. Recuperado el 14 de 09 de 2019, de http://www.calidad-gestion.com.ar/boletin/58_ciclo_pdca_estrategia_para_mejora_continua.html
- Chase, R., Jacob, F., y Aquilano, N. (2009). Administración de Operaciones. En J. Mares (Ed.). México, México: Mc Graw Hill. Recuperado el 10 de 10 de 2019
- D'Alessio, F. (2015). *Administración y dirección de la producción, enfoque estratégico y de calidad*. Lima: Pearson-Prentice hall.
- Gómez, I., y Brito, J. (2020). *Administración de operaciones*. Guayaquil, Ecuador: UIDE, Universidad Internacional del Ecuador.
- Guerrero, J. (2016). *Lean es Lean: Principios y herramientas de Lean Manufacturing*. Leanroots. Recuperado el 06 de 12 de 2020
- Hernández, J., y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantaciones*. Madrid.
- Jesús, J. (2017). Recuperado el 23 de 01 de 2020, de <https://es.scribd.com/document/358818916/Dop-Dap>
- Kailean Consultores. (25 de 05 de 2017). Artículo de Tiziana Ingrande. Recuperado el 01 de 06 de 2020, de <http://kailean.es/estandarizar-trabajar-de-forma-organizada-y-controlada/#more-1849>
- Lean Solutions*. (s.f.). Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de Lean Solutions: <http://www.leansolutions.co/conceptos/vsm/>
- LeanSIs Productividad. (2017). *Introducción a Lean Manufacturing*. España: Ecoembes.
- Madariaga, F. (2021). *Lean Manufacturing*. Creative Commons. Recuperado el 01 de 03 de 2021
- Maldonado, J. (2018). *Fundamento de la Calidad Total*. Recuperado el 20 de 01 de 2020, de https://issuu.com/joseangelmaldonado8/docs/fundamentos_de_calidad_total

- Maldonado-Macías, A. A., García-Alcazar, J. L., y Cortes-Robles, G. (2014). *Lean Manufacturing in the Developing World*. Springer International Publishing. Recuperado el 25 de Agosto de 2017
- Oyigbo, T., y Ugwu, O. (10 de 2017). Appraisal Of Key Performance Indicators On Road Infrastructure Financed By Public-Private Partnership In Nigeria. 36(4). doi:<http://dx.doi.org/10.4314/njt.v36i4.9>
- Salazar, B. (2016). *Ingeniería Industrial*. Recuperado el 20 de 08 de 2019, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>
- Six Sigma Blog. (27 de 09 de 2010). *Six Sigma*. Recuperado el 19 de 08 de 2019, de <http://hoy-6sigma.blogspot.com/2010/09/herramientas-diagrama-de-flujo-de.html>
- Socconini, L. (2019). *Lean Company: Más allá de la manufactura* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books.
- Socconini, L. V. (2018). *Lean Manufacturing: Paso a paso* (Primera ed.). Barcelona, España: Marge Books.
- Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. (2015). <http://www.sbs.gob.pe/>. Recuperado el 05 de 01 de 2020, de <http://www.sbs.gob.pe/prevencion-de-lavado-activos/publicaciones/estadisticas/tablas-y-valores-generales/codigos-de-sectores-economicos-ciiu>
- Tezel, A., Koskela, L., y Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27. Recuperado el 01 de 02 de 2020