

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“EVALUACIÓN, PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE
MEJORAS EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN Y ENDEREZADO
DE ÁNGULOS ESTRUCTURALES EN LA PLANTA 1 DE LA
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA, 2016**

Informe de Suficiencia Profesional

Presentado por el Bachiller:

Suclla Benavente, Juan Antonio

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesor: Ing. Pacheco Oviedo, Abraham

AREQUIPA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mi abuelo Álvaro Román Suclla Miranda por ser ejemplo de vida, él me enseñó que la vida está plegada de retos y uno de ellos es la Universidad, tras haber estado dentro de ella me he dado cuenta que más que un reto, es una base para mi entendimiento en el campo en el que me he visto inmerso, sino para lo que concierne a la vida y mi futuro.

A mi institución y a mis maestros por sus esfuerzos para que finalmente pudiera graduarme como un feliz profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mi abuela Chepa, aunque no está físicamente conmigo, pero sé que desde el cielo siempre me cuida y guía, para que todo me salga bien.

A mis padres, Juan y Sandra, abuelos maternos Ubaldo y Luz, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una buena persona.

A Carla y Zoila por su apoyo incondicional, perseverancia, confianza y por siempre creer en mí.

A mis tíos, primos, amigos y todas aquellas personas que de una forma u otra manera han contribuido al logro de mis objetivos.

INDICE GENERAL

RESUMEN	XV
ABSTRAC	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
 I. CAPÍTULO I PRESENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL.....	1
1.1. Título.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
 II. CAPÍTULO II DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	3
2.1. Razón social de la empresa.....	4
2.2. Reseña histórica de la empresa.....	4
2.3. Misión.....	4
2.4. Visión.....	4
2.5. Planes y proyectos de inversión a corto y largo plazo.....	4
2.6. Valores.....	5
2.7. Organigrama del área de trabajo.....	5
2.8. Política del sistema integrado de gestión.....	9
 III. CAPITULO III MARCO DE REFERENCIA.....	11
3.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	12
3.2. TERMINOLOGÍA.....	13
3.2.1. Acabador Pomini o tren acabador.....	13
3.2.2. Acería.....	13
3.2.3. Acondicionado.....	13
3.2.4. Almacén logístico.....	13
3.2.5. Almacén piso.....	13
3.2.6. Amarras.....	13
3.2.7. Ángulos.....	13
3.2.8. APT.....	13
3.2.9. Barras trabadas.....	13
3.2.10. CAASA.....	13
3.2.11. Calibración.....	13
3.2.12. Canales de laminación.....	14
3.2.13. Canales cuarteados.....	14
3.2.14. Canales picados.....	14

3.2.15.	Cascarilla.	14
3.2.16.	Caseta o caja de laminación.	14
3.2.17.	Cilindros de laminación.	14
3.2.18.	Cilindros y guiados.	14
3.2.19.	Corte a medida.	14
3.2.20.	Cortos de enderezado.	14
3.2.21.	Deshornamiento.	14
3.2.22.	Doble hilo.	15
3.2.23.	Empaquetado de varillas.	15
3.2.24.	Enhornamiento.	15
3.2.25.	Ensayo de Tracción.	15
3.2.26.	Estratos.	15
3.2.27.	Fuerza Laboral.	15
3.2.28.	Gas natural comprimido.	15
3.2.29.	Guiados.	15
3.2.30.	Horno de recalentamiento.	15
3.2.31.	HSC.	15
3.2.32.	Líquidos penetrantes.	16
3.2.33.	Marcado de perfiles.	16
3.2.34.	MB520.	16
3.2.35.	Mecanizado.	16
3.2.36.	Mesa enhornamiento.	16
3.2.37.	Oxicorte.	16
3.2.38.	Palanquilla.	16
3.2.39.	Perfiles.	16
3.2.40.	Placa de enfriamiento.	16
3.2.41.	Polvo metálico.	16
3.2.42.	Puntas deformes.	17
3.2.43.	Rendimiento metálico.	17
3.2.44.	Reviramiento.	17
3.2.45.	Ritmo de producción.	17
3.2.46.	Ritmo efectivo.	17
3.2.47.	Ritmo programado.	17
3.2.48.	Rodillos de enderezado.	17
3.2.49.	Rumas.	17
3.2.50.	SAP.	17
3.2.51.	Sellos de enderezado.	18

3.2.52.	Semiterminados.	18
3.2.53.	Tallado.	18
3.2.54.	Termocuplas.....	18
3.2.55.	Transferidor de palanquilla.	18
3.2.56.	Tren de laminación.	18
3.2.57.	Trio-Dúo.	18
3.2.58.	Varillaje.	18
3.3.	MARCO TEÓRICO.....	19
3.3.1.	Proceso.	19
3.3.2.	Proceso de laminación.....	19
3.3.3.	Laminado de perfiles.	20
3.3.4.	Proceso de enderezado.....	20
3.3.5.	Barras Corrugadas.	20
3.3.6.	Ángulos Estructurales.....	21
3.3.7.	Costo.....	21
3.3.8.	Costo de transformación.....	21
3.3.9.	Comercio desleal.	22
3.3.10.	Metodología.	23
3.3.11.	Eficiencia.	23
3.3.12.	Diagrama ishikawa – causa efecto.....	23
3.3.13.	Diagrama de Pareto.....	25
3.3.14.	Poka Yoke.....	26
3.3.15.	Análisis 5W + 2H	27
3.3.16.	Plan de capacitaciones	29
3.3.17.	Hoshin Kanri.....	30
IV.	CAPITULO IV ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DEL PROCESO	32
4.1.	ANALISIS DE PROCESO	33
4.1.1.	Descripción del Proceso	33
4.1.2.	Diagrama de flujo	36
4.1.3.	Diagrama de Análisis de Procesos – DAP	44
4.1.4.	Deficiencias del proceso	57
4.2.	ANALISIS DE DATA	59
4.2.1.	LAMINACIÓN DE ÁNGULOS ESTRUCTURALES.....	59
4.2.1.1.	Cantidad de Laminado	59
4.2.1.2.	Consumo de gas natural comprimido.....	60
4.2.1.3.	Tiempo de cambio de perfil y medida.....	61
4.2.1.4.	Horas de parada imprevista	62

4.2.1.5.	Ritmo de producción de laminación	63
4.2.1.6.	Rendimiento metálico de laminación	64
4.2.1.7.	Consumo de energía eléctrica de laminación	65
4.2.1.8.	Costo de transformación de laminación	65
4.2.2.	ENDEREZADO DE ÁNGULOS ESTRUCTURALES	68
4.2.2.1.	Cantidad de enderezado	68
4.2.2.2.	Ritmo de producción de enderezado	68
4.2.2.3.	Cortos de enderezado	70
4.2.2.4.	Rendimiento metálico de enderezado	71
4.2.2.5.	Costo de transformación de enderezado	71
4.3.	ANÁLISIS DE CAPITAL HUMANO	73
4.3.1.	Cilindros y guiados	73
4.3.2.	Calentamiento de palanquillas	75
4.3.3.	Laminación y corte de barras	75
4.3.4.	Acabados de barras	77
4.4.	MEDICIÓN DE INDICADORES	79
4.4.1.	Indicadores operativos 2015	79
4.4.1.1.	Laminación	79
4.4.1.2.	Enderezado	80
4.5.	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS	81
V.	CAPÍTULO V PROPUESTA DE MEJORA	88
5.1.	OBJETIVO DE LA PROPUESTA	89
5.2.	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	89
5.2.1.	ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS	89
5.2.2.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	91
5.2.3.	SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA	93
5.2.4.	ANÁLISIS DE LA PROPUESTA	93
5.3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	100
5.3.1.	Estandarizar calibración a un hilo	100
5.3.2.	Establecimiento de controles	108
5.3.2.1.	Control de mecanizado (Poka Yoke)	108
5.3.2.2.	Control de montaje de guías (Poka Yoke)	110
5.3.2.3.	Control de temperaturas (Poka Yoke)	113
5.3.2.4.	Control de peso palanquilla acondicionada (Control estadístico de proceso) 116	
5.3.2.5.	Control de peso y longitud de palanquilla (Control estadístico de proceso). 117	

5.3.2.6.	Control de calibración (Poka Yoke).....	119
5.3.2.7.	Control de estratos en placa de enfriamiento (Poka Yoke).....	121
5.3.2.8.	Montaje de guiado en talleres de producción (SMED).....	123
5.3.3.	Diagrama de Análisis de Procesos	125
5.3.4.	Plan de capacitaciones	131
5.3.4.1.	Objetivo general	131
5.3.4.2.	Objetivos específicos.....	131
5.3.4.3.	Metodología a utilizar	131
5.3.4.4.	Costo aproximado	134
5.3.5.	Hoshin Kanri	134
5.3.5.1.	Definición de políticas de la empresa	134
5.3.5.2.	Generación de estrategias.....	135
5.3.5.3.	Desarrollo de los planes de acción	136
5.3.6.	CRONOGRAMA DE LA PROPUESTA.....	139
VI.	CAPITULO VI ANALISIS DE LA PROPUESTA	140
6.1.	COSTO DE LA PROPUESTA	141
6.2.	BENEFICIOS DE LA PROPUESTA	143
6.2.1.	ESTIMACIÓN DE MEJORA DE INDICADORES.....	143
6.2.2.	BENEFICIOS CUANTITATIVOS.....	143
6.2.3.	BENEFICIOS CUALITATIVOS.....	144
6.3.	ANALISIS COSTO - BENEFICIO	144
6.4.	ANALISIS DE LA HIPOTESIS	145
VII.	CONCLUSIONES.....	146
VIII.	RECOMENDACIONES	149
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	151

ANEXOS

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 Organigrama General de Planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa – 2015	6
Esquema 2 Organigrama de Laminación de Planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa – 2015	8
Esquema 3 Diagrama de Flujo del subproceso de Calentamiento de palanquillas – 2015.....	37
Esquema 4 Diagrama de Flujo del subproceso de Laminación y Corte de Barras – 2015.....	39
Esquema 5 Diagrama de Flujo del subproceso de Cilindros y Guiados – 2015.....	41
Esquema 6 Diagrama de Flujo del subproceso de Acabados de Barras – 2015.....	43
Esquema 7 DAP subproceso de Cilindros y Guiados – Cilindros de Laminación – 2015	45
Esquema 8 DAP subproceso de Cilindros y Guiados - Armado de Casetas – 2015	46
Esquema 9 DAP subproceso de Cilindros y Guiados - Guiados entrada y salida – 2015.....	47
Esquema 10 DAP subproceso de Calentamiento de Palanquillas - 2015.....	49
Esquema 11 DAP subproceso de Calentamiento de Palanquillas – 2015	50
Esquema 12 DAP subproceso de Laminación y Corte de Barras – 2015.....	52
Esquema 13 DAP subproceso de Laminación y Corte de Barras – 2015.....	53
Esquema 14 DAP subproceso de Acabado de Barras – 2015	55
Esquema 15 DAP subproceso de Acabado de Barras – 2015	56
Esquema 16 Diagrama de Ishikawa del proceso de laminación de ángulos estructurales – Año	82
Esquema 17 Diagrama de Pareto de problemas por costo unitario identificados en el proceso de laminación y enderezado – Año 2015	90
Esquema 18 Configuración del tren MB520	101
Esquema 19 Configuración del tren Trio – Duo.....	102
Esquema 20 Configuración del tren Acabador Pomini	103
Esquema 21 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Cilindros y Guiados: Cilindros de Laminación	125
Esquema 22 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Cilindros y Guiados: Casetas de Laminación	126

Esquema 23 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Cilindros y Guiados: Casetas de Laminación	127
Esquema 24 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Calentamiento de Palanquillas.....	128
Esquema 25 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Laminación y Corte de Barras	129
Esquema 26 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Acabado de Barras.....	130
Esquema 27 Cronograma de la propuesta	139



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Deficiencias en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales – Año 2015	58
Cuadro 2 Costo de transformación de laminación acumulado – Año 2015	66
Cuadro 3 Análisis de costos de laminación de ángulos estructurales – Año 2015.....	67
Cuadro 4 Costo de transformación de enderezado – Año 2015	72
Cuadro 5 Análisis de costos de enderezado de ángulos estructurales – Año 2015	73
Cuadro 6 Fuerza laboral de cilindros y guiados – Año 2015	74
Cuadro 7 Fuerza laboral de calentamiento de palanquillas – Año 2015	75
Cuadro 8 Fuerza laboral de laminación y corte de barras – Año 2015	76
Cuadro 9 Fuerza laboral de acabado de barras – Año 2015	78
Cuadro 10 Indicadores de laminación de ángulos estructurales – Año 2015.....	80
Cuadro 11 Indicadores de enderezado de ángulos estructurales – Año 2015	80
Cuadro 12 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015	83
Cuadro 13 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015	84
Cuadro 14 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015	85
Cuadro 15 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015	86
Cuadro 16 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015	87
Cuadro 17 Análisis de costo unitario por problema identificado – Año 2015	89
Cuadro 18 Alternativas de solución – Año 2015.....	92
Cuadro 19 Análisis 4M's propuesta “Estandarizar calibración a un hilo”	94
Cuadro 20 Análisis 4M's propuesta “Control de mecanizado”	94
Cuadro 21 Análisis 4M's propuesta “Control de montaje de guías”	95
Cuadro 22 Análisis 4M's propuesta “Control de temperaturas”	95
Cuadro 23 Análisis 4M's propuesta “Control de peso palanquilla acondicionada”	96
Cuadro 24 Análisis 4M's propuesta “Control de peso y longitud de palanquilla”	96
Cuadro 25 Análisis 4M's propuesta “Control de calibración”	97

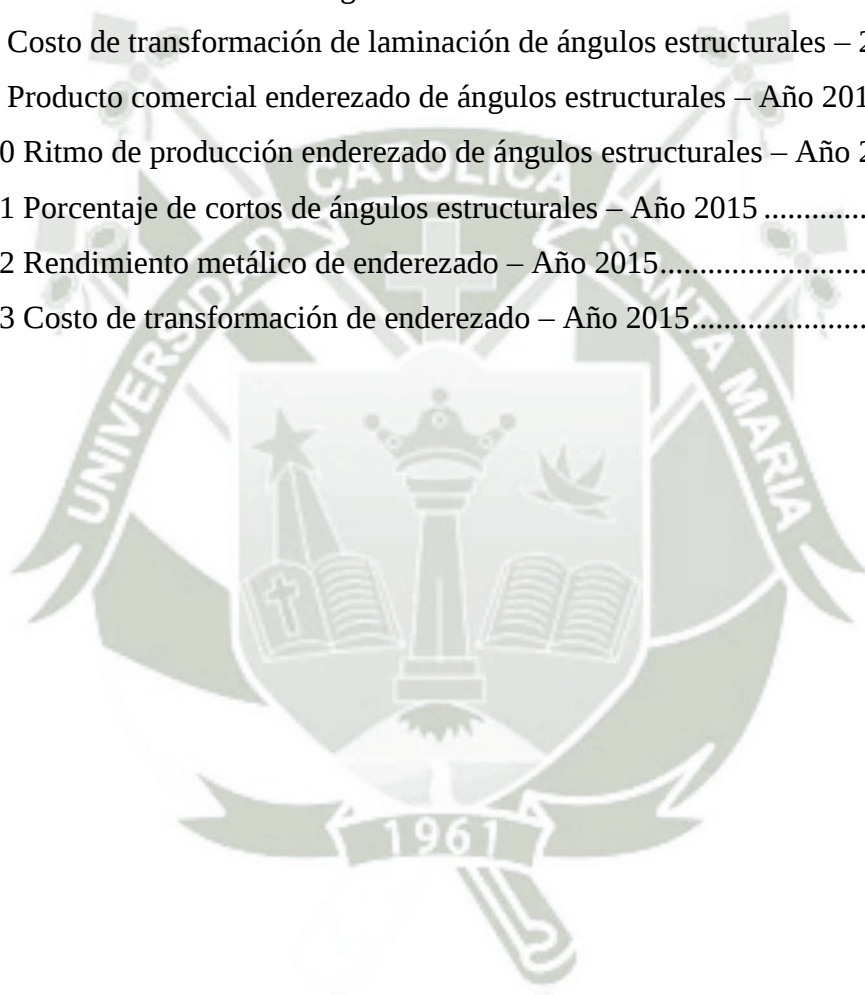
Cuadro 26 Análisis 4M's propuesta "Control de estratos en la placa de enfriamiento"	97
Cuadro 27 Análisis 4M's propuesta "Montaje de guiado en talleres de producción"	98
Cuadro 28 Calibración del Tren MB520	104
Cuadro 29 Calibración del Tren Trio – Duo.....	105
Cuadro 30 Calibración del Tren Acabador Pomini – Ángulo 20.0mm x 2.0mm.....	106
Cuadro 31 Calibración del Tren Acabador Pomini – Ángulo 20.0mm x 2.5mm.....	106
Cuadro 32 Calibración del Tren Acabador Pomini – Ángulo 20.0mm x 3.0mm.....	107
Cuadro 33 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio en mecanizado de cilindros...	108
Cuadro 34 Análisis 5W + 2H – Mecanizado de cilindros	109
Cuadro 35 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio en montaje de guías.....	110
Cuadro 36 Análisis 5W + 2H – Montaje de guías.....	111
Cuadro 37 Análisis 5W + 2H – Montaje de guías.....	112
Cuadro 38 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio en control de temperaturas....	113
Cuadro 39 Análisis 5W + 2H – Control de temperaturas.....	114
Cuadro 40 Análisis 5W + 2H – Control de temperaturas.....	115
Cuadro 41 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio - Acondicionado de palanquilla	116
Cuadro 42 Análisis 5W + 2H – Control de peso de palanquilla acondicionada	116
Cuadro 43 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio - Peso y longitud de palanquilla	117
Cuadro 44 Análisis 5W + 2H – Control de peso y longitud de palanquilla	118
Cuadro 45 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio – Control de calibración.....	119
Cuadro 46 Análisis 5W + 2H – Control de calibración.....	120
Cuadro 47 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio – Control de estratos	121
Cuadro 48 Análisis 5W + 2H – Control de estratos en la placa de enfriamiento.....	122
Cuadro 49 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio – Montaje de guiado en talleres de producción.....	123
Cuadro 50 Análisis 5W + 2H – Montaje de guiado en talleres de producción	124
Cuadro 51 Plan de capacitaciones	133
Cuadro 52 Costo aproximado - Plan de capacitaciones	134
Cuadro 53 Objetivos 2016 – Hoshin Kanri	135
Cuadro 54 Generación de estrategias 2016 – Hoshin Kanri.....	135

Cuadro 55 Planes de acción 2016 – Hoshin Kanri	136
Cuadro 56 Planes de acción 2016 – Hoshin Kanri	137
Cuadro 57 Planes de acción 2016 – Hoshin Kanri	138



ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Gráfico 1 Producto semiterminado de laminación de ángulos estructurales – 2015.....	59
Gráfico 2 Ratio de consumo de gas natural comprimido – 2015	60
Gráfico 3 Tiempo de cambio de perfil y medida – 2015.....	61
Gráfico 4 Porcentaje de paradas imprevistas – 2015.....	62
Gráfico 5 Ritmo de Producción de Laminación – 2015	63
Gráfico 6 Rendimiento metálico de Laminación – 2015.....	64
Gráfico 7 Ratio de consumo de energía eléctrica en laminación – 2015	65
Gráfico 8 Costo de transformación de laminación de ángulos estructurales – 2015.....	66
Gráfico 9 Producto comercial enderezado de ángulos estructurales – Año 2015	68
Gráfico 10 Ritmo de producción enderezado de ángulos estructurales – Año 2015.....	69
Gráfico 11 Porcentaje de cortos de ángulos estructurales – Año 2015	70
Gráfico 12 Rendimiento metálico de enderezado – Año 2015.....	71
Gráfico 13 Costo de transformación de enderezado – Año 2015.....	72



RESUMEN

El presente informe de experiencia profesional surge de la necesidad de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa de ofrecer perfiles de calidad con un costo de transformación competitivo para hacer frente a los perfiles subsidiados que se importan desde china, se toma como base la producción de ángulos estructurales que representa el 58% del total producido en el mix de producción anual.

Tiene como propósito identificar la problemática y deficiencias que se generan en los subprocesos de cilindros y guiados, calentamiento de palanquillas, laminación y corte de barras y enderezado de perfiles; que no permiten cumplir con el costo de transformación planificado en el año 2015; para proponer e implementar mejoras con el objetivo de producir ángulos estructurales de calidad a un costo de transformación competitivo que permita generar ganancias a la compañía.

La metodología utilizada en el presente informe, se basa en el análisis del proceso realizando un diagnóstico de la empresa, del proceso, de la data 2015, de los indicadores de desempeño y del capital humano apoyados en herramientas como organigramas, diagramas de flujo y diagramas de análisis del proceso, para identificar la problemática del proceso y apoyados de herramientas de calidad como análisis causa-raíz, diagrama de Pareto, Ishikawa, flujogramas, poka yoke, análisis 5W + 2H y hoshin kanri permite analizar e identificar las deficiencias, seleccionar las más representativas, proponer mejoras, implementarlas y finalmente medirlas en base a los indicadores de desempeño y el costo de transformación proyectado.

Al plantear los planes de acción para eliminar las deficiencias se proyecta un ahorro de 52.79 \$/tonelada basado en la reducción de sobreconsumos generados en el rendimiento metálico, ritmo trabajado, energía consumida, paradas imprevistas y chatarra generada.

Es por ello que al calcular el beneficio-costos se obtiene que por 1 dólar invertido se genera una ganancia de \$6.667 concluyendo que las propuestas de mejora implementadas en la fabricación de ángulos estructurales de 20 mm son totalmente rentables.

Palabras claves: Laminación, enderezado, mejora continua y costo de transformación.

ABSTRACT

The present professional experience report arises from the need for plant 1 of the Corporación Aceros Arequipa to offer quality profiles with a competitive transformation cost to face the subsidized profiles that are imported from China, this report is based on the production of structural angles that represents 58% of the total produced in the annual production mix.

The main propose of the present report is to identify the problems and deficiencies that are generated in the subprocess of cylinders and guided, heating billets, rolling and cutting bars and straightening profiles; that did not allow to meet the planned transformation cost in 2015; to propose and implement improvements with the aim of producing structural quality angles at a competitive transformation cost that allows the company to improve its profits.

The methodology used in this report is based on the analysis of the process, making a diagnosis of the company, the 2015 data, performance indicators and human capital. Supported by tools such as flowcharts, flow diagrams and diagrams of process analysis to identify the problems of the process. The methodology is also supported by quality tools such as root-cause analysis, Pareto diagram, Ishikawa, flowcharts, poka yoke, 5W + 2H analysis and hoshin kanri allows to analyze and identify deficiencies, select the more representative, propose improvements, implement them and finally measure them based on the performance indicators and the projected transformation cost.

When planning the action plans to eliminate the deficiencies, a saving of \$ 52.79 / tonne is projected based on the reduction of overconsumption generated in the metallic yield, rhythm worked, energy consumed, unexpected stops and scrap generated.

When calculating the benefit-cost of this study it is obtained that a profit of \$ 6,667 is generated for 1 dollar invested, concluding that the improvement proposals implemented in the manufacture of structural angles of 20 mm are totally profitable.

Keywords: rolling, straightening, Continuous improvement and transformation cost.

INTRODUCCIÓN

El contexto de la Corporación Aceros Arequipa s.a. en los años 2013, 2014 y 2015, no fue muy alentador, producto de la disminución de las ventas a causa del ingreso de acero chino al mercado nacional.

En la Planta 1 – Arequipa se vive un contexto más inestable a causa de que la producción de Barras Corrugadas que significaba aproximadamente el 75% de la producción mensual de la planta, se trasladó a la Planta 3 – Pisco a mediados del 2015, volviendo la planta netamente perfilera, produciendo ángulos estructurales hasta 30 mm, tee's hasta 38 mm, planos hasta 63 mm y cuadrados de 7 mm disminuyendo la capacidad de producción a tan solo el 25%, aproximadamente 50 mil toneladas anuales sujetas al comportamiento del mercado nacional e internacional (Bolivia, Colombia y Estados Unidos). Para que la Planta 1 – Arequipa sea competitiva, se debe igualar o disminuir sus costos de transformación de perfiles a los obtenidos en la planta 2 - Pisco.

El mismo año, se produjeron un total de 44,638 toneladas de perfiles en la Planta 1 - Arequipa, de las cuales el 58.2% equivalen a ángulos estructurales de 30 mm, 25 mm y 20 mm siendo el grueso de la producción mensual observando que el aumento de los costos de transformación se debe a la gran cantidad de paradas imprevistas y reproceso de las operaciones de producción y almacenaje que generan pérdida de tiempo, materiales y mano de obra.

Actualmente, el acero subsidiado desde china pone en riesgo el empleo de miles de latinoamericanos. La región recibe cada vez más acero de china en condiciones de comercio desleal originando paros técnicos, cierres de plantas siderúrgicas, despidos de trabajadores y dificultades financieras pudiendo llegar a situaciones irreversibles (Asociación Latinoamericana del Acero, 2015, p. 1).

Este contexto generó una política de austeridad en la Corporación, tomando como primera decisión para afrontar la problemática, mejorar los procesos, prescindir de muchos trabajadores y áreas en ambas plantas.



**CAPÍTULO I PRESENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO
PROFESIONAL.**

1.1. Título.

“INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL: EVALUACIÓN, PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN Y ENDEREZADO DE ÁNGULOS ESTRUCTURALES EN LA PLANTA 1 DE LA CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA, 2016”.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Evaluar, proponer e implementar mejoras en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la Planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa 2016.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Identificar y cuantificar las variables que miden la eficiencia del proceso actual de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la Planta 1 – Arequipa.
- Identificar los problemas que se presentan en el proceso de laminación de ángulos estructurales en la Planta 1 – Arequipa y cuantificar el costo de transformación.
- Proponer y cuantificar mejoras en el proceso de laminación de ángulos estructurales de 20 mm en la Planta 1 – Arequipa.
- Determinar la inversión en las propuestas de mejoras y cuantificar los beneficios obtenidos por su implementación en el proceso de laminación de ángulos estructurales de 20 mm en la Planta 1 - Arequipa.
- Determinar el costo/beneficio de la implementación de propuestas de mejoras en el proceso de laminación de ángulos estructurales de 20 mm en la Planta 1 – Arequipa.
- Identificar y cuantificar las variables que miden la eficiencia del proceso propuesto de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la Planta 1 – Arequipa.



III. CAPÍTULO II DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

2.1. Razón social de la empresa.

CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.

2.2. Reseña histórica de la empresa.

En el año 1964 se funda la empresa Aceros Arequipa en la ciudad de Arequipa, dos años después inicia operaciones con la puesta en funcionamiento de la primera planta de laminación de productos de acero, fabricando ángulos, platinas y perfiles para atender los mercados de Lima y Arequipa. En 1983 inicia sus operaciones la segunda planta de laminación ubicada en la ciudad de Pisco, cuatro años más tarde se fusiona con Laminadora del Pacífico s.a. iniciando la fabricación de acero en forma de palanquilla. A la vez se amplía el portafolio de productos, fabricando fierro corrugado y alambcón. Es así que a finales de los ochenta Aceros Arequipa se convierte en el principal proveedor de productos siderúrgicos en el mercado nacional. A inicio de los noventa, se funda la Corporación Aceros Arequipa s.a. por la fusión con su subsidiaria Aceros Calibrados s.a.; cinco años más tarde se invierte en tecnología de vanguardia y se pone en funcionamiento la planta de reducción directa en Pisco, con el propósito de fabricar hierro esponja mejorando la calidad del acero e incrementar la capacidad de producción. Dos años más tarde se adquiere el total de acciones de Aceros Calibrados s.a. ampliando el portafolio de productos.

En el año 2010 se duplica la capacidad de producción de la planta de Arequipa a 200 mil toneladas anuales y tres años después se culmina la construcción del segundo tren de laminación en la sede Pisco.

2.3. Misión.

En la memoria anual, Aceros Arequipa (2015), indica: “Ofrecer soluciones de acero a nuestros clientes, a través de la innovación tecnológica, la mejora continua y el desarrollo humano contribuyendo al crecimiento del país e incrementando el valor para nuestros accionistas”.

2.4. Visión.

En la memoria anual, Aceros Arequipa (2015), señala: “Líderes del mercado siderúrgico peruano, ubicados entre los más rentables de la región con creciente presencia en el mercado internacional”.

2.5. Planes y proyectos de inversión a corto y largo plazo.

Según Gestión (2018) señala: El Directorio de Corporación Aceros Arequipa aprobó realizar una inversión de US\$ 180 millones de dólares en la construcción

de un nuevo horno eléctrico que se instalará en su planta de Pisco (Ica), que tendrá una capacidad de 1' 250,000 toneladas métricas por año de acero líquido.

Según un Hecho de Importancia enviado a la Superintendencia del Mercado de Valores (SMV), la empresa espera que la puesta en marcha del nuevo proyecto sea a mediados del 2020.

“Continuamos apostando por el crecimiento del mercado peruano y regional. Por ello, impulsamos este proyecto que aumentará en 50% la capacidad de nuestra acería actual con el objetivo de incrementar beneficios a la cadena de valor”, explicó Tulio Silgado, gerente general de Aceros Arequipa.

Indicó que con este proyecto se evitará la importación de hasta 500,000 toneladas de productos intermedios por año, sustituyéndolos por productos de fabricación propia.

El proyecto tendrá tecnología de última generación e infraestructura de soporte como un parque para la recepción y procesamiento de metálicos, un horno eléctrico con capacidad de 200 toneladas por hora de acero líquido, modernos sistemas de regulación y herramientas que permiten la elaboración de aceros especiales.

2.6. Valores.

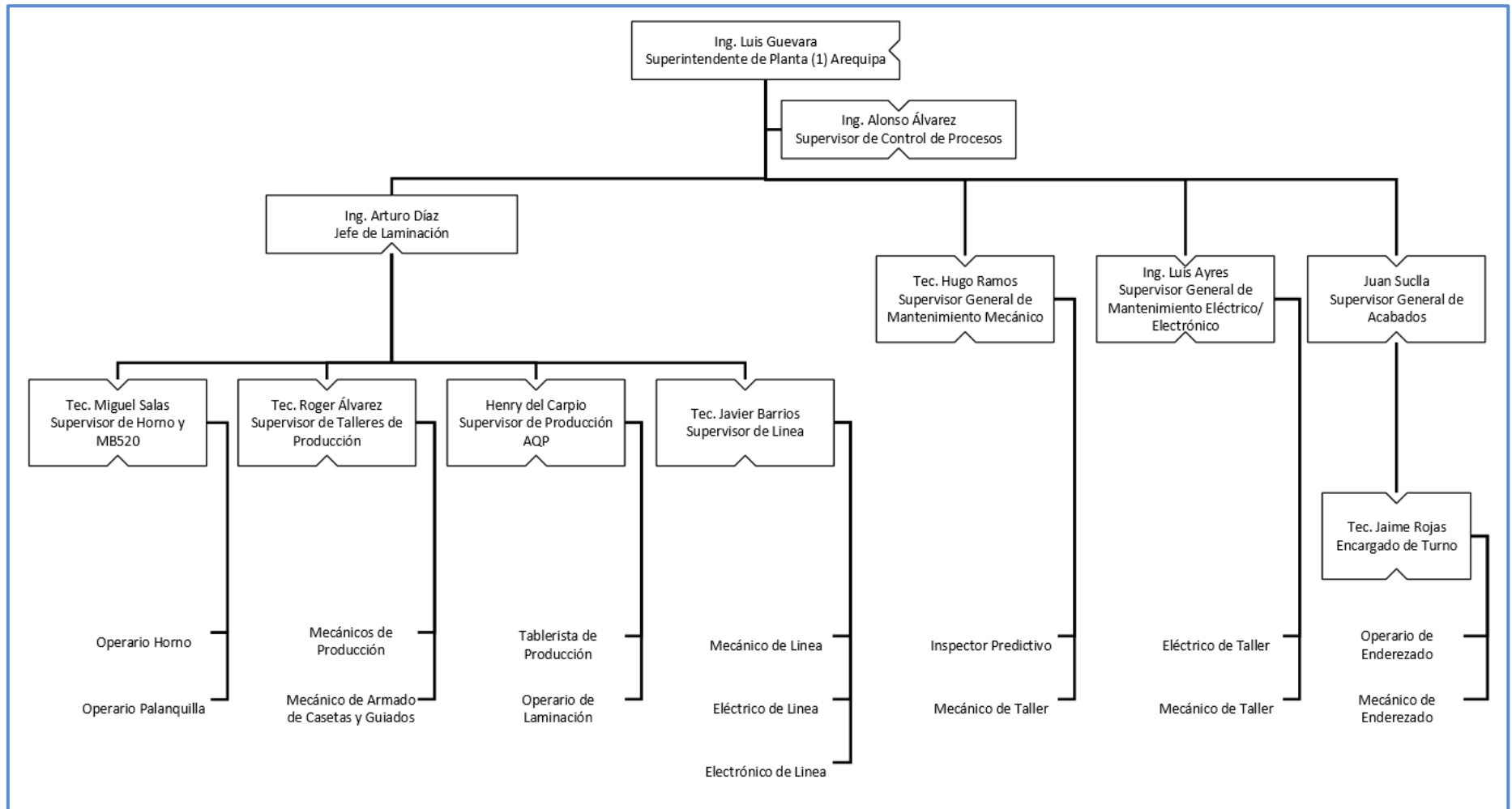
En la memoria anual, Aceros Arequipa (2015), señala: La empresa se rige en los siguientes valores organizacionales:

- Liderazgo.
- Excelencia.
- Enfoque al cliente.
- Compromiso.
- Responsabilidad.
- Trabajo en equipo.

2.7. Organigrama del área de trabajo.

El proceso de estudio de la presente tesis se desarrolla en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa. El organigrama de la planta 1 se muestra en el esquema 1:

Esquema 1 Organigrama General de Planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa - 2015



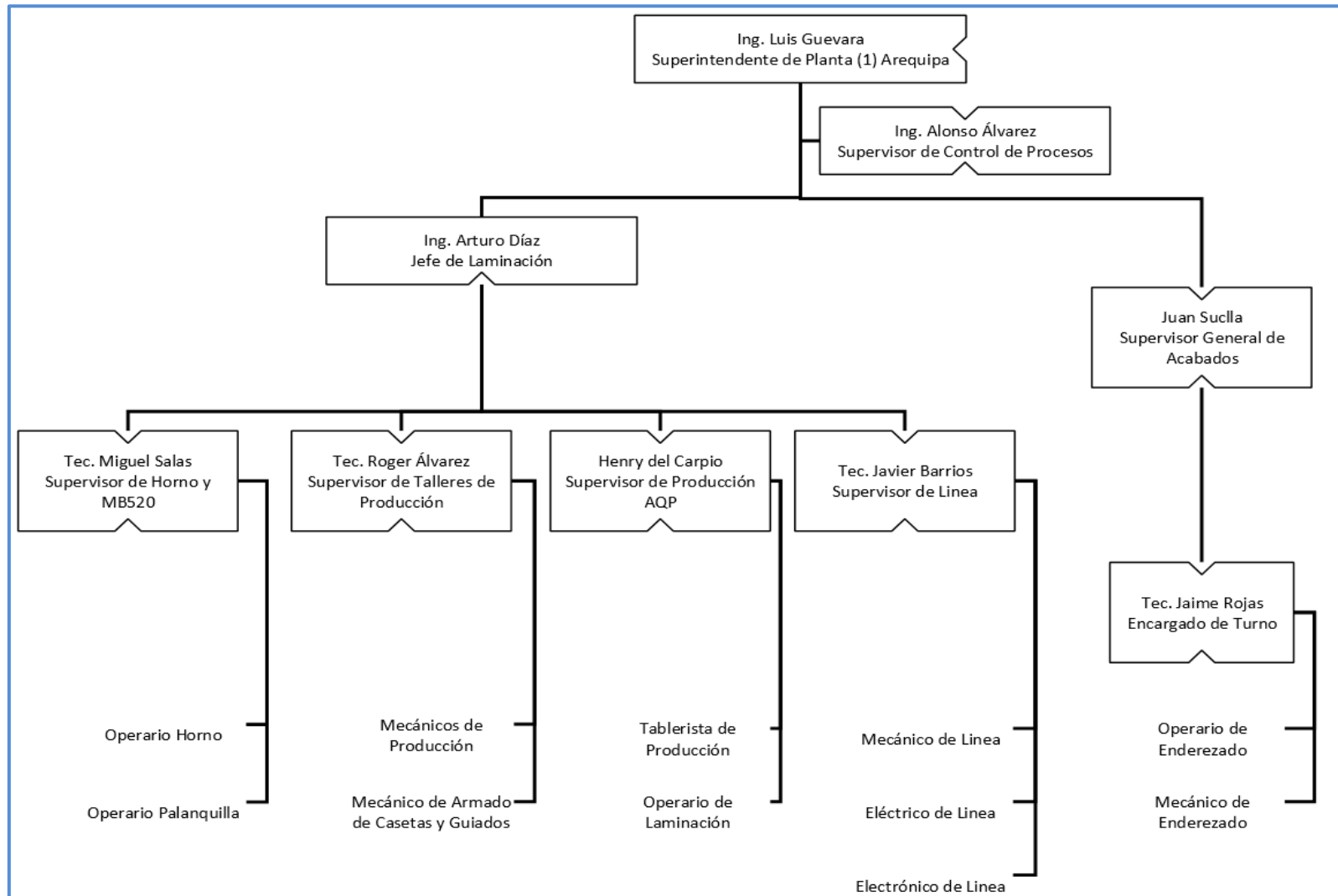
Fuente: CAASA

El organigrama general de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa es del tipo vertical, cada puesto subordinado muestra mediante cuadros los niveles de autoridad directa e indirecta, así como las líneas representan las comunicaciones de responsabilidad y autoridad.

El organigrama del proceso de laminación de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, está relacionado al presente trabajo y se muestra en el esquema 2:



Esquema 2 Organigrama de Laminación de Planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa - 2015



Fuente: CAASA

Como se puede apreciar, el organigrama muestra que el responsable del proceso de laminación, es el superintendente de planta 1, que tiene como soporte al supervisor de control de procesos. Por otro lado, El jefe de laminación y el supervisor general de acabados reportan directamente al superintendente de planta 1, resaltando que el supervisor general de acabados está por debajo del jefe de laminación según las líneas de mando. El jefe de laminación está a cargo del supervisor de horno y MB520, supervisor de talleres de producción, supervisor de producción AQP y supervisor de línea; y debajo de ellos está el personal obrero. En el caso del supervisor general de acabados, debajo se encuentra el encargado de turno, que tiene a su cargo al personal obrero.

2.8. Política del sistema integrado de gestión.

Somos una Organización del sector siderúrgico, dedicada a la producción y comercialización de productos de acero. Siendo conscientes de nuestra responsabilidad sobre la calidad, medio ambiente y seguridad de nuestros procesos, productos y servicios nos comprometemos a:

- Perseverar en la mejora continua de la eficacia de nuestro sistema integrado de gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.
- Buscar permanentemente la reducción de costos de nuestros procesos.
- Aumentar la satisfacción de nuestros clientes internos y externos.
- Establecer relaciones de mutuo beneficio con nuestros proveedores.
- Establecer y revisar periódicamente los objetivos de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, para asegurar el cumplimiento de nuestra Política.
- Promover un ambiente de trabajo que fomente el desarrollo y el bienestar de nuestros colaboradores, reconociendo sus logros y aportes
- Garantizar la participación y consulta de los colaboradores en todos los elementos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- Identificar los peligros, evaluar y controlar los riesgos de nuestras actividades, con la finalidad de proteger la integridad y salud ocupacional de las personas que trabajan en nuestras operaciones.
- Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental.

- Cumplir con las normas legales vigentes aplicables a calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional y otros compromisos que la empresa adopte voluntariamente.
- Mantener buenas relaciones y respeto a las comunidades.





III. CAPITULO III MARCO DE REFERENCIA

3.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Actualmente existen dos empresas a nivel nacional que fabrican y comercializan productos a partir de acero, son Corporación Aceros Arequipa y Siderperu, la única empresa que lamina y endereza ángulos estructurales es Corporación Aceros Arequipa; Siderperu los importa desde Brasil y Turquía, acondicionando sus paquetes según la normativa peruana, en su planta de Chimbote. El presente trabajo se realiza por primera vez, no existiendo antecedentes, pero se encuentra un estudio de implementación de TPM en el proceso de enderezado de bobinas de alambrón en la Planta 2 en Pisco del año 2005 de la Universidad de Piura y se muestra a continuación:

Título

“Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa”

Universidad

Universidad de Piura

Año

2005

Nombre del autor

Jorge Enrique Silva Burga

Descripción

El TPM o Mantenimiento Productivo Total es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos. La implantación del TPM (Mantenimiento productivo total) en las enderezadoras de la Corporación Aceros Arequipa permite realizar la medición de la efectividad global de los equipos mejorando la disponibilidad, índice de rendimiento y tasa de calidad. Y como plus menciona mejoras en el orden y limpieza del área, se reduce condiciones inseguras, mejor clima laboral, filosofía de mejora continua y crecimiento profesional de los operadores. Impactando en la reducción de costos, mejora de tiempos, fiabilidad de suministros, aumento del conocimiento de los operadores y la calidad del producto.

3.2. TERMINOLOGÍA.

3.2.1. Acabador Pomini o tren acabador.

Tren continuo acabador con varias casetas montadas en serie de forma que la barra ingresa a una caseta sin antes salir de la otra.

3.2.2. Acería.

Proceso siderúrgico que mediante el uso del horno cuchara que entrega acero líquido a la colada continua para su solidificación, entrega como producto final la palanquilla que es la materia prima para la laminación.

3.2.3. Acondicionado.

Corte de palanquilla mediante oxicorte para obtener cortes según las especificaciones longitudinales del horno, en este caso, no debe sobrepasar los 4.35 metros.

3.2.4. Almacén logístico.

Almacén físico del ERP SAP.

3.2.5. Almacén piso.

Almacén lógico del ERP SAP.

3.2.6. Amarras.

Varillas redondas de diámetro de 5 mm y 9 mm que tienen como objetivo ajustar los paquetes semiterminados y terminados para mantenerlos ajustados.

3.2.7. Ángulos.

Producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto.

3.2.8. APT.

Almacén de producto terminado.

3.2.9. Barras trabadas.

Barras que se amontonan en las casetas de laminación originando averías que detienen el proceso de laminación y disminuyen el rendimiento metálico.

3.2.10. CAASA.

Corporación Aceros Arequipa S.A.

3.2.11. Calibración.

Estándar de tallado y medidas de todas las pasadas del tren de laminación para obtener un producto laminado.

3.2.12. Canales de laminación.

Dos acanaladuras mecanizadas juntas en dos cilindros conforman una canal. El mecanizado se realiza en tornos de cilindros.

3.2.13. Canales cuarteados.

Canales que presentan rajaduras por problemas en su composición o cambio bruscos de temperatura.

3.2.14. Canales picados.

Canales que presentan partes fracturadas por problemas en su composición o cambio bruscos de temperatura.

3.2.15. Cascarilla.

Residuos de palanquilla que se originan a partir de la oxidación del acero cuando se encuentran por a una temperatura inferior a 800 °C, originando disminución del peso de la palanquilla.

3.2.16. Caseta o caja de laminación.

Conformada por dos cilindros de laminación, guiado de entrada y salida; casetas de laminación; motor y reductor.

3.2.17. Cilindros de laminación.

Rodillos cilíndricos de acero fundido, los cuales, están formados por dos cuellos y una tabla, montados en las casetas de laminación y mediante un motor-reductor tiene el objetivo de reducir el material de la barra.

3.2.18. Cilindros y guiados.

Talleres de producción que dan soporte a la línea de producción abasteciendo cilindros de laminación, casetas y guiado de entrada y salida.

3.2.19. Corte a medida.

Corte realizado mediante una cizalla o discos de corte que entregan varillas de 12 metros y 6 metros.

3.2.20. Cortos de enderezado.

Varillas que presentan una longitud menor a 6.05 metros.

3.2.21. Deshornamiento.

Salida de palanquillas a 1200 °C del horno de recalentamiento.

3.2.22. Doble hilo.

Calibración ovalo, trébol, dogbone y slitting que divide la varilla en dos partes aumentando el ritmo de producción pero aumenta la probabilidad de avería.

3.2.23. Empaquetado de varillas.

Consolidación de varillaje según estándar en forma de castillo para obtener un paquete de 2 toneladas.

3.2.24. Enhornamiento.

Ingreso de palanquillas a temperatura ambiente al horno de recalentamiento.

3.2.25. Ensayo de Tracción.

Ensayo que permite identificar las propiedades mecánicas de las varillas con el objetivo de verificar su cumplimiento con la norma.

3.2.26. Estratos.

Varillas de 36 metros y 48 metros que se entregan a la placa de enfriamiento del tren acabador pomini.

3.2.27. Fuerza Laboral.

Operarios de cada subproceso de laminación.

3.2.28. Gas natural comprimido.

Gas combustible fósil conformada por gas metano comprimida a 200 bar.

3.2.29. Guiados.

Guías que se montan a la entrada y salida de una canal que tiene como objetivo guiar la barra para que ingrese correctamente en la canal.

3.2.30. Horno de recalentamiento.

Horno automatizado hecho de material refractario, con vigas galopantes, conformado por tres zonas de calentamiento precalentamiento, calentamiento e igualación que tiene como objetivo entregar palanquillas con temperatura de laminación.

3.2.31. HSC.

Software de simulación del proceso de laminación que tiene como objetivo establecer los tallados correctos a utilizar con la configuración de motores y trenes de laminación disponibles.

3.2.32. Líquidos penetrantes.

Método predictivo para identificar rajaduras o anomalías en los cilindros de laminación.

3.2.33. Marcado de perfiles.

Actividad en la que utilizando pintura amarilla se marcan los perfiles con la marca, producto y medidas del perfil comercial.

3.2.34. MB520.

Primer tren del proceso de laminación que tiene como objetivo desbastar la palanquilla y entregar una barra cuadrada al tren intermedio Trio – Dúo.

3.2.35. Mecanizado.

Proceso de fabricación de canales de laminación mediante la eliminación de material por arranque de viruta.

3.2.36. Mesa enhornamiento.

Mesa de alimentación de palanquillas al horno.

3.2.37. Oxicorte.

Mezcla de acetileno y oxígeno que tiene como objetivo realizar el corte del acero.

3.2.38. Palanquilla.

Acero colado sólido, el cual no tiene forma física y tampoco tiene la estructura metalúrgica para las aplicaciones del producto final. Tiene una longitud de 13 metros, de sección cuadrada de 130 mm x 130 mm.

3.2.39. Perfiles.

Productos laminados con acero dulce los cuales tienen forma de “L”, “I”, “H”, planos, etc.

3.2.40. Placa de enfriamiento.

Etapas finales de la línea de laminación que tiene como objetivo recibir los estratos para enfriarlos de 950 °C a 200 °C y entregarlos para su empaquetado.

3.2.41. Polvo metálico.

Residuos de acero que se encuentran en el aire que se producen en el enderezado de perfiles.

3.2.42. Puntas deformes.

Estratos con puntas aplastadas, que originan problemas en el proceso de enderezado.

3.2.43. Rendimiento metálico.

Producto comercial entregado entre materia prima consumida.

3.2.44. Reviramiento.

Palanquillas acondicionadas que se encuentran cruzadas o volteadas dentro del horno de recalentamiento.

3.2.45. Ritmo de producción.

Toneladas producidas por horas sin considerar paradas imprevistas.

3.2.46. Ritmo efectivo.

Toneladas producidas por hora sin considerar paradas programadas e imprevistas.

3.2.47. Ritmo programado.

Estándar de toneladas producidas por hora según producto laminado y enderezado.

3.2.48. Rodillos de enderezado.

Rodillos cilíndricos de acero fundido que son mecanizados con acanaladuras, son montados en la máquina de enderezado con el objetivo de darle la rectitud según norma a las varillas.

3.2.49. Rumas.

Almacenaje de paquetes de varillas laminadas colocadas en forma de castillo.

3.2.50. SAP.

SAP Business Suite es un conjunto de programas que permiten a las empresas ejecutar y optimizar distintos aspectos como los sistemas de ventas, finanzas, operaciones bancarias, compras, fabricación, inventarios y relaciones con los clientes. Ofrece la posibilidad de realizar procesos específicos de la empresa o crear módulos independientes para funcionar con otro software de SAP o de otros proveedores.

3.2.51. Sellos de enderezado.

Fajas de caucho que muestran el logo de la empresa y el tipo de producto en alto relieve, que son colocados en rodillos los cuales se montan en una maquina neumática de marcado.

3.2.52. Semiterminados.

Ángulos estructurales laminados antes del proceso de enderezado y marcado de perfiles.

3.2.53. Tallado.

Forma de las canales según producto a laminar o enderezar.

3.2.54. Termocuplas.

Sensores de temperatura colocados en la zona de precalentamiento, calentamiento e igualación del Horno Bendotti, que transfiere la información al HMI en cuanto a la temperatura de cada zona del horno.

3.2.55. Transferidor de palanquilla.

Mesa de cadenas que mediante tres pestañas posicionadas en los extremos y en el centro de la palanquilla cumplen la función de moverla al ingreso del tren intermedio Trio – Dúo.

3.2.56. Tren de laminación.

Línea de laminación conformada por un horno de recalentamiento, tren de desbaste, tren intermedio, tren acabador y una placa de enfriamiento.

3.2.57. Trio-Dúo.

Tren intermedio conformado por una caja con dos cilindros de laminación y una caja con tres cilindros de laminación.

3.2.58. Varillaje.

Cantidad de varillas por paquete según especificación de empaquetado para consolidar un paquete de 2 toneladas.

3.3. MARCO TEÓRICO.

3.3.1. Proceso.

Un proceso es una serie de tareas que poseen un valor agregado, las cuales se vinculan entre sí, para transformar un insumo en un producto, ya sea este producto resultante un bien tangible o un servicio. Los procesos pueden ir desde simples actividades que se realizan día a día como preparar una taza de café o hasta la fabricación de un automóvil (Chang, 1996).

Un proceso es un conjunto ordenando de actividades repetitivas, las cuales poseen una secuencia específica e interactúan entre sí, transformando elementos de entrada en resultados. Los resultados obtenidos poseen un valor intrínseco para el usuario o cliente (Pérez, 2010).

“Proceso es un conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en bienes o servicios capaces de satisfacer las expectativas de distintas partes interesadas: clientes externos, clientes internos, accionistas, comunidad, etc.” (Bonilla, Kleeberg, y Noriega, 2010).

3.3.2. Proceso de laminación.

Groover (2007) afirma: Es un proceso de deformación en el cual es espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos. Los rodillos giran en dirección contraria a la dirección de avance del trabajo, para jalar el material del trabajo y simultáneamente apretarlo entre ellos. La mayoría de procesos de laminado involucran una alta inversión de capital, requiere de piezas de equipo pesado llamados molinos laminadores o de laminación. El alto costo de inversión requiere que los molinos se usen para producción de grandes cantidades de artículos estándar, como láminas y placas. La mayoría de laminado se realiza en caliente debido a la gran cantidad de deformación requerida, y se le llama laminado en caliente. La fabricación de acero representa la aplicación más común de las operaciones de laminación (p. 391).

3.3.3. Laminado de perfiles.

Groover (2007) afirma: En el laminado de perfiles, el material de trabajo se deforma para generar un contorno en la sección transversal. Los productos hechos por este procedimiento incluyen perfiles de construcción como vigas I, en L y canales en U; rieles para vías de ferrocarril y barras redondas y cuadradas, así como varillas. El proceso se realiza pasando el material de trabajo a través de rodillos que tienen mecanizado el reverso de la forma deseada. La mayoría de principios que se aplican en el laminado plano son también aplicables al laminado de perfiles. Los rodillos formadores son más complicados; y el material inicial, de forma usualmente cuadrada, requiere una transformación gradual a través de varios rodillos para alcanzar la sección final. El diseño de la secuencia de las formas intermedias y los correspondientes rodillos se llama diseño de pases de laminación. Su meta es lograr una deformación uniforme a través de las secciones transversales de cada reducción. De otra forma, ciertas porciones de trabajo se reducen más que otras, causando una mayor elongación en estas secciones. La consecuencia de una reducción uniforme puede ser torceduras y agrietamiento del producto laminado. Se utiliza rodillos horizontales y verticales para lograr una reducción consistente del material de trabajo.

3.3.4. Proceso de enderezado.

Es un proceso en el cual se elimina las deformaciones y curvados de los perfiles obtenidos por la laminación, sin alterar sus dimensiones para su posterior empaquetado (Moro, 2000).

3.3.5. Barras Corrugadas.

En su catálogo de productos, Aceros Arequipa (2016) son barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto. Se utilizan en la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo: en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc. Las normas técnicas utilizadas para su fabricación son ASTM A615 Grado 60, Norma Técnica Peruana 341.031 Grado 60 y Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Se produce en barras de

9 m y 12 m de longitud en los siguientes diámetros: 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1", 1 3/8". Se suministra en paquetes de 2 toneladas y en varillas. Las barras de 6 mm también se comercializan en rollos de 550 Kg.

3.3.6. **Ángulos Estructurales.**

En su catálogo de productos, Aceros Arequipa (2016) es un producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto. Las normas técnicas utilizadas según el sistema ingles son para las propiedades mecánicas la ASTM A36 / A36M y para las tolerancias dimensionales la ASTM A6 / A6M; en el sistema métrico son para las propiedades mecánicas la ASTM A36 / A36M y para las tolerancias dimensionales la ISO 657 / V. Se utilizan en la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc. Se produce en longitudes de 6 metros. Se suministra en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por paquetes de 1 TM c/u.

3.3.7. **Costo.**

El costo es como un sacrificio de recursos que se asigna para lograr un objetivo específico. Un costo (como los materiales directos) por lo general se mide con la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes o servicios. Un costo real es aquel en que ya se ha incurrido (un costo histórico o pasado), a diferencia de un costo presupuestado, el cual un costo predicho o pronosticado (costo futuro) (Horngren et al., 2012, p. 27).

3.3.8. **Costo de transformación.**

También llamados costos inventariables, son los costos en los que se incurre para transformar los materiales directos en producto terminado. Incluyen los materiales directos, otros costos directos de manufactura como la mano de obra directa y los costos indirectos de manufactura,

como la supervisión, el control de la producción y el mantenimiento de la maquinaria. Todos estos costos son inventariables, es decir, se asignan al inventario de productos en proceso, hasta que los productos se terminan y luego se asignan al inventario de productos terminados hasta que los productos se venden (Horngren et al., 2012, p. 42).

3.3.9. Comercio desleal.

PROARGEX (2008) afirma:

El dumping y las subvenciones son considerados prácticas comerciales desleales en el comercio internacional. Han sido incorporadas en los acuerdos de la OMC y son objeto de medidas de compensatorias para revertir sus efectos nocivos para las economías nacionales. El dumping es, en general, una situación de discriminación internacional de precios: el precio de un producto, cuando se vende en el país importador, es inferior al precio a que se vende ese producto en el mercado del país exportador. Así pues, en el más sencillo de los casos, el dumping se determina simplemente comparando los precios en dos mercados. No obstante, la situación es difícil de verificar y en la mayoría de los casos es necesario emprender una serie de análisis complejos para determinar el precio apropiado en el mercado del país exportador (al que se llama "valor normal") y el precio apropiado en el mercado del país importador (al que se llama "precio de exportación") con el fin de poder realizar una comparación adecuada. Los motivos más comúnmente aducidos para vender en condiciones de dumping son: La fijación de precios distintos en función de decisiones de acciones en diferentes mercados; las políticas de promoción de precios, para ganar un mercado a través de incentivos para que los consumidores adopten el producto; las políticas de precios predatorios, es decir, vender a pérdida durante un tiempo a fin de desplazar del mercado a los competidores y las subvenciones dadas a la exportación. Por su parte, se consideran subvenciones cuando el productor-exportador se beneficia con una contribución financiera de un gobierno o de cualquier organismo público" o cuando haya "alguna forma de sostenimiento de los ingresos o de los precios" que implique beneficios. Estas acciones permitirían la

colocación de sus productos en otro mercado a un menor precio. Dichas subvenciones deben estar orientadas hacia una empresa o conjunto de empresas o a la rama o ramas de producción del cual provienen dichos productos.

3.3.10. Metodología.

Es un cuerpo de conocimientos que describe y analiza los métodos, indicando sus limitaciones y recursos, clarificando sus supuestos y consecuencias y considerando sus potenciales para los avances de la investigación (Eyssautier de la Mora, 2002, p. 94).

Es el estudio lógico empleado en la investigación científica, es decir, “es un conjunto de procedimientos o métodos de investigación empleados en una ciencia para proporcionar nuevos conocimientos de validez científica” (Blake, 1982, p. 213).

3.3.11. Eficiencia.

Eficiencia significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados (Chiavenato, 2005, p. 52).

Eficiencia es el logro de las metas con la menor cantidad de recursos (Koontz et al., 2004, p. 14).

Eficiencia consiste en obtener los mayores resultados con la mínima inversión (Robbins et al., 2005, p. 7).

3.3.12. Diagrama Ishikawa – causa efecto.

Sosa Púlido (2013) afirma: Es una técnica estadística de uso muy frecuente y gran valor en la solución de problemas, ya que ayuda a detectar las causas del efecto (problema) en estudio.

Su construcción es muy sencilla y su máximo valor lo tiene cuando se trabaja en equipo, aunque a nivel individual también tiene uso práctico, sobre todo cuando llega a hacerse hábito pensar estadísticamente.

¿Cómo construir un diagrama de causa-efecto?

PASO 1: Defínase claramente el problema (efecto) a estudiar; debe quedar bien entendido por todos los participantes. Dibújese un rectángulo del lado derecho y escríbase allí el efecto con los aspectos más importantes que lo definen.

PROBLEMA

PASO 2: Dibújese una flecha de izquierda a derecha que llegue justo al centro del rectángulo.

PROBLEMA

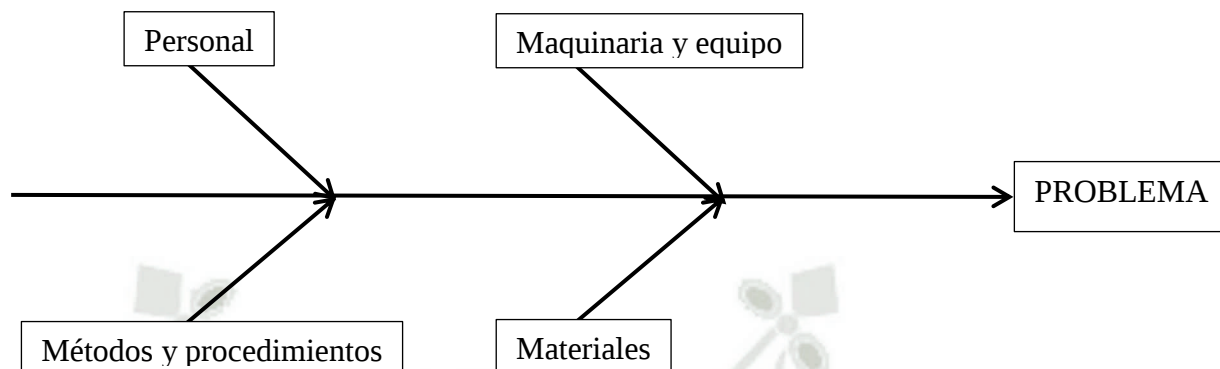
PASO 3: Determinénse los factores importantes que inciden en el efecto, por ejemplo: métodos, maquinaria, sistemas, personal, clientes, materiales, herramientas, presupuestos, proveedores, etc.

Los japoneses tienen la teoría de que todo problema de una organización surge de alguna de las siguientes fuentes, cuyos nombres empiezan con la letra M:

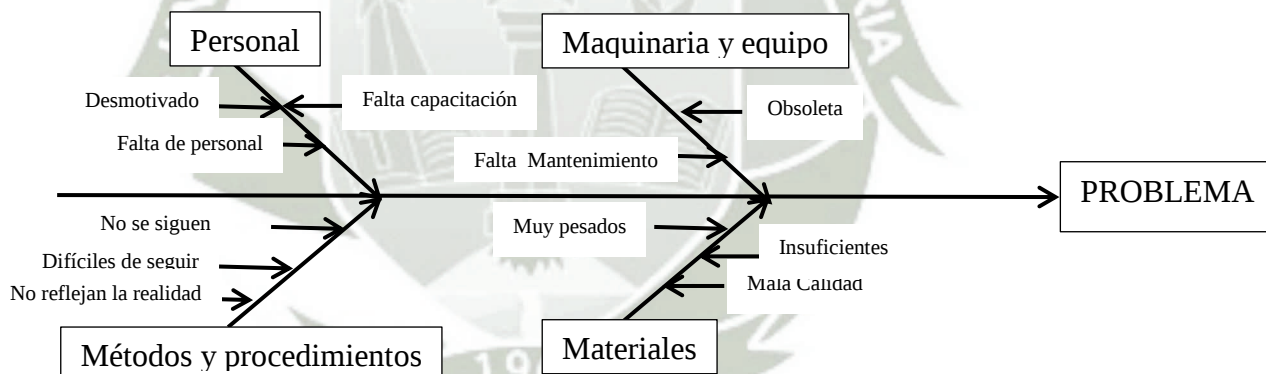
- | | |
|-------------------|---|
| 1. Methods | Métodos y procedimientos |
| 2. Materials | Materiales e insumos |
| 3. Men | Personal |
| 4. Machines | Maquinaria y equipo |
| 5. Management | Administración, como sistema administrativo |
| 6. Money | Presupuestos, recursos |
| 7. Marketing | Mercado, todo el entorno |
| 8. Medio Ambiente | Tanto físico como humanos |

Úsense como guía para encontrar con qué factores iniciar, pero no se limiten a estos factores; si usted encuentra algún otro, úselo aunque no empiece con M.

PASO 4. Coloque una flecha secundaria sobre la flecha principal por cada factor escogido en el paso 3, por ejemplo:



PASO 5: Con la participación de todos los miembros del equipo, analícese, mediante una tormenta de ideas, como afecta cada factor sobre el efecto y anote las ideas mediante una flecha sobre el factor correspondiente.



3.3.13. Diagrama de Pareto

Sosa Púlido (2013) afirma: El principio de Pareto sirve para categorizar causas que inciden en un fenómeno, o el grado de importancia que tiene cada uno de los fenómenos de un conjunto, es decir, para determinar de un grupo de problemas, cual es el de mayor importancia, cual le sigue y hasta el final. El principio se debe a Vilfredo Pareto, economista francés que vivió en el siglo XIX, y lleva su nombre porque fue el quien describió que en cualquier situación existen siempre muchos aspectos

triviales (de poca importancia) y pocos vitales (muy importantes), estableció en términos de promedio que 80% de las cosas que ocurren son de poca importancia y solamente el 20% son importantes, de ahí que también se le conozca como el principio del 80-20; de esta manera se entiende que 20% (2 de cada 10) de las causas de un problema, y 80% de las cosas causas producen solamente el 20% de los efectos, o bien, el 20% de los problemas de una organización afectan al 80% de los resultados de esa organización, y 80% de los problemas solo inciden en 20% de los resultados; se puede generalizar el principio entendiéndolo como: “muchas causas triviales y pocas vitales”.

3.3.14. Poka Yoke.

Según PDCA (2015): Poka-Yoke es una herramienta procedente de Japón que significa “a prueba de errores”. Lo que se busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones ya sean de ámbito humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores. Si nos centramos en las operaciones que se realizan durante la fabricación de un producto, estas pueden tener muchas actividades intermedias y el producto final puede estar formado por un gran número de piezas. Durante estas actividades, puede haber ensamblajes y otras operaciones que suelen ser simples pero muy repetitivas. En estos casos, el riesgo de cometer algún error es muy alto, independientemente de la complejidad de las operaciones. Los “Poka-Yoke” ayudan a minimizar este riesgo con medidas sencillas y baratas. El sistema Poka-Yoke puede diseñarse para prevenir los errores o para advertir sobre ellos:

a) Función de control:

En este caso se diseña un sistema para impedir que el error ocurra. Se busca la utilización de formas o colores que diferencien cómo deben realizarse los procesos o como deben encajar la piezas.

b) Función de advertencia:

En este caso asumimos que el error puede llegar a producirse, pero diseñamos un dispositivo que reaccione cuando tenga lugar el fallo para advertir al operario de que debe corregirlo. Por ejemplo, esto se puede

realizar instalando barreras fotoeléctricas, sensores de presión, alarmas, etc.

Las ventajas usar un sistema Poka - Yoke son las siguientes:

- Se elimina el riesgo de cometer errores en las actividades repetitivas (producción en cadena...) o en las actividades donde los operarios puedan equivocarse por desconocimiento o despiste (montaje de ordenadores...).
- El operario puede centrarse en las operaciones que añadan más valor, en lugar de dedicar su esfuerzo a comprobaciones para la prevención de errores o a la subsanación de los mismos.
- Implantar un Poka-Yoke supone mejorar la calidad en su origen, actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.
- Se caracterizan por ser soluciones simples de implantar y muy baratas.
- El concepto de Poka-Yoke tiene como misión apoyar al trabajador en sus actividades rutinarias. En el caso en que el dispositivo forme parte del funcionamiento de una máquina, es decir, que sea la máquina la que realiza las tareas, estaremos hablando de otro concepto similar: “jidoka” (automatización “con un toque humano”).

3.3.15. Análisis 5W + 2H

Según IDEA (2017):

Es una herramienta que se utiliza para definir con claridad un proyecto, determinar las razones por las cuales se va a trabajar ese proyecto y no otro, definir la meta e identificar la mejora que se necesita. Se utiliza cuando se necesita enunciar un proyecto o solución de un problema en forma clara y precisa con hechos y datos; respondiendo las siguientes preguntas:

¿Qué?: Se elabora una lista de problemas o actividades que se puedan realizar en el área de trabajo. Usualmente se utiliza la herramienta de Tormenta de Ideas para que, en equipo, se llegue a una lista completa y detallada de problemas o actividades. Se identifican los problemas

prioritarios que el equipo en consenso seleccione. Se enuncia el problema convertido en proyecto en términos de la diferencia entre el estado actual y el deseado. En función de los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles se establece una meta cuantificable, medible y verificable. Es importante que el valor de las metas a lograr sea realista, no ideal. Por ejemplo: ¿Qué actividades voy a realizar para resolver el problema?

¿Por qué?: Se definen claramente las razones por las cuales se trabajará en ese proyecto en particular. Por ejemplo: ¿Por qué debo realizar cada una de las actividades seleccionadas anteriormente?

¿Quién?: Se establecen los responsables de llevar a cabo cada una de las etapas del proyecto. Por ejemplo: ¿Quién será el responsable de realizar cada actividad?

¿Cuándo?: Se establece la fecha límite de alcanzar la solución del problema, es decir, la culminación del proyecto. Un proyecto que no tiene un calendario bien definido, será un proyecto con bajo nivel de prioridad. Por ejemplo: ¿Cuándo se terminará cada una de las actividades?

¿Dónde?: Se determina la extensión y ubicación del proyecto. Por ejemplo: ¿Dónde se realizará cada actividad?

¿Cómo?: Se debe reunir toda la información disponible, cualitativa y cuantitativa, que permita: Señalar la importancia del problema, mostrar el comportamiento histórico, definir el grado de mejora que se pretende lograr, determinar la fecha estimada de finalización del proyecto, definir las personas responsables del proyecto y establecer el beneficio esperado con la mejora. Por ejemplo: ¿Cómo se realizará cada actividad?

¿Cuánto?: Se debe enunciar los costos del problema y como incide en la satisfacción del cliente y en la productividad de la organización. Por ejemplo: ¿Cuánto costará realizar cada actividad?, ¿Cuánto será el beneficio económico por solucionar este problema?, ¿Cuánto incrementará la satisfacción del cliente la solución al problema?

3.3.16. Plan de capacitaciones

La capacitación de los empleados es una actividad importante. Conforme los empleados exigen cambios, las destrezas de éstos se deben modificar y actualizar. Los gerentes, por su puesto, tienen la responsabilidad de decidir qué tipo de capacitación necesitan los empleados, cuándo la requieren y como debe ser la capacitación

Según Robbins (2005) la capacitación de los empleados es de suma importancia, por consiguiente la empresa debe de brindar capacitaciones a sus trabajadores para que estos desarrollen sus destrezas y optimicen su desempeño en el trabajo. Con la capacitación de los empleados, se trata de ayudar a los individuos a aprender. El aprendizaje es fundamental para el éxito de toda persona, es algo que la acompaña a lo largo de toda su vida laboral. Pero por el bien del aprendizaje mismo, éste no se da de la nada. Al contrario, depende de varios sucesos, y la responsabilidad del aprendizaje es una experiencia compartida entre el maestro y el alumno.

Decenzo y Robbins (2005) al mencionar a la capacitación, dan a entender el compromiso que debe de existir por ambas partes, el empleador y el empleado, ya que ambos están inmersos en un proceso de retroalimentación durante las capacitaciones, es decir el trabajador recibe enseñanzas del empleador, así como el empleador aprende desde el punto de vista del trabajador, he ahí la importancia que tienen las capacitaciones.

Kolpelman (1998) identifica “las tres fases en el proceso de capacitación:

De Diagnóstico, en esta etapa se detecta en las áreas de la organización cuando se necesita la capacitación; así como los tipos de capacitación que se necesitan; además de determinar quiénes la necesitan.

De Impartición, esta fase hace referencia al tipo de método a utilizar para realización del proceso de capacitación.

De Evaluación, en este tercer paso se miden los cambios presentados en los individuos, como conocimientos, habilidades y actitudes en la realización del trabajo. Nos da los pasos a seguir para la implementación de un programa de capacitaciones, de esta forma se sabrá que es lo primero que hay que hacer a la hora de presentar un programa de

capacitaciones, y este tenga el resultado esperado, sabiendo que primero debemos realizar un diagnóstico, seguido de impartir la capacitación, para terminar evaluando los resultados de la misma. Los pasos preliminares que se requieren cumplir para poder contar un buen programa de capacitación son: 1) detectar las necesidades de capacitación conocida esta etapa también como diagnóstico; 2) determinar los objetivos de la capacitación y desarrollo, en esta etapa también deberán identificarse los elementos a considerar en la etapa de la evaluación; 3) diseño de los contenidos de programas y principios pedagógicos a considerar durante la impartición de la misma; 4) la impartición para desarrollar las habilidades (aptitudes y actitudes) y 5) la evaluación, que puede ser. Antes: durante y posterior a las capacitación.

A diferencia de Kopelman, Werther Jr. y Davis aumentan dos pasos más para obtener un buen programa de capacitación, que son determinar los objetivos generales y específicos de la capacitación, así como el diseño de contenidos y métodos, de esta forma le da una meta que cumplir a estas capacitaciones, así como un detalle de cómo se ejecutarán, es decir que métodos y técnicas de enseñanza se usaran para impartir la capacitación, y mantiene los tres pasos anteriores, el de diagnóstico, el de impartir dándole suma importancia a este paso, ya que será en el cual se pueda velar por que el desarrollo de las capacitaciones se den como se planearon en el paso anterior, y finalmente el de evaluación, donde veremos si se cumplieron los objetivos.

3.3.17. **Hoshin Kanri**

El término Hoshin Kanri se compone de dos caracteres chinos, el primero HO, que significa método o forma, y el segundo, SHIN, que significa aguja o compás brillante. Conjuntamente vienen a significar una metodología para llevar a cabo una dirección estratégica adecuada. Es un proceso de planificación, ejecución y revisión, paso a paso, para dirigir el cambio. (Machado, 1999)

Esta metodología es aplicada en tres niveles congruentes que incluyen:

- Nivel I, dirigido a personal operativo y supervisores
- Nivel II, dirigido a jefaturas e ingenieros de procesos; y
- Nivel III, dirigido a la alta dirección.

Todos los niveles construyen sus objetivos a partir de los siguientes pilares:

- Calidad
- Costos competitivos.
- Desarrollo de personas
- Tiempos de respuestas (indicadores)





CAPITULO IV ANÁLISIS Y DIAGNOSTICO DEL PROCESO

4.1. ANALISIS DE PROCESO

A continuación se realiza el análisis de proceso de laminación de ángulos estructurales de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa utilizando herramientas como diagrama de flujos y diagrama de análisis de proceso con el objeto de determinar la secuencia de actividades y los problemas que aparecen durante la ejecución.

4.1.1. Descripción del Proceso

El proceso de laminación inicia al publicar el programa mensual de laminación que es preparado por el área de Programación y Control de la Producción en coordinación con el área de Laminación y Cadena de Suministros. El proceso de laminación se divide en cuatro subprocesos: Cilindros y guiados, calentamiento de palanquillas, laminación y corte de barras; y acabados de barras. Estos subprocesos se detallan a continuación:

Cilindros y guiados: El subproceso de cilindros y guiados inicia cuando se publica el programa mensual de producción, el supervisor de mecanizado planifica la preparación de cilindros para la fabricación de ángulos estructurales según la calibración del producto a fabricar, revisando su disponibilidad y stock. Según la disponibilidad, el tornero-fresador ejecuta el mecanizado de cilindros que se requiere, se emite el reporte de mecanizado donde se establece la cantidad de canales hábiles y se controla las horas de mecanizado, el cual es revisado por el supervisor de mecanizado. Luego el supervisor de mecanizado programa la secuencia de cilindros que se enviarán al taller de armado de casetas para finalmente elaborar la programación de cambio de producto. Los cilindros son transportados con una grúa puente al taller de armado de casetas, el supervisor de armado de casetas planifica la ejecución del montaje de casetas según la secuencia entregada por el supervisor de mecanizado, los mecánicos de casetas, una vez ubicados los cilindros los trasladan a la máquina de montaje y se ejecuta el montaje de la caseta, una vez terminado el montaje se verifica y se registran las horas que se utilizaron, siendo revisado por el supervisor de armado de casetas. Finalmente, se trasladan y almacenan en el almacén de armado de

casetas hasta que se requieran en la línea de producción. A la par, el supervisor de guiados planifica la preparación de guiado de entrada y salida según la calibración del producto a fabricar, verifica la disponibilidad y stock de guiado. Para realizar la preparación de guiado retira los consumibles que necesita y los traslada hacia el taller. Los mecánicos de guiados son los responsables de preparar el guiado de entrada y salida, luego el supervisor de guiados verifica el correcto montaje y registra las horas de trabajo utilizadas. Se emite el programa de cambio de guiado y se controla su rendimiento. El guiado preparado se traslada hacia el almacén de guiados hasta que se requiera en la línea de producción.

Calentamiento de palanquillas: El supervisor de horno y MB520 según el programa de producción programa el personal y gestiona los recursos necesarios para la ejecución de las actividades. Para los ángulos estructurales se utiliza la palanquilla de calidad 1020 de sección 130 y 150, que viene desde la acería de Pisco o importadas a una longitud de 13 metros, se determina las características de peso y longitud para el producto a fabricar con el objetivo de desperdiciar lo mínimo posible. El personal del horno recepciona y verifica las palanquillas a acondicionar luego se trasladan a la mesa de corte de palanquilla y se procede a acondicionar. El acondicionado se ejecuta utilizando oxicorte para cortar las palanquillas en tres pedazos porque el horno de recalentamiento de palanquilla tiene capacidad hasta 4.35 metros de longitud. Se procede a verificar el peso y la longitud, en caso no cumple, se separa en el almacén de acondicionado para ser destinadas a otro producto. Las palanquillas acondicionadas que cumplen con las características se trasladan a la mesa de enhornamiento para su ingreso al horno. Se procede a calentar la palanquilla utilizando gas natural comprimido y/o mezcla de diésel (R500 + IFO), al mismo tiempo se controla las variables de operación del horno, hasta que la palanquilla esté lista para laminación con una temperatura de 1200 °C. En caso no cumpla se evacua y se separa en el almacén de acondicionado de palanquillas.

Laminación y corte de barras: Una vez publicado el programa mensual de producción el jefe de producción planifica los recursos necesarios

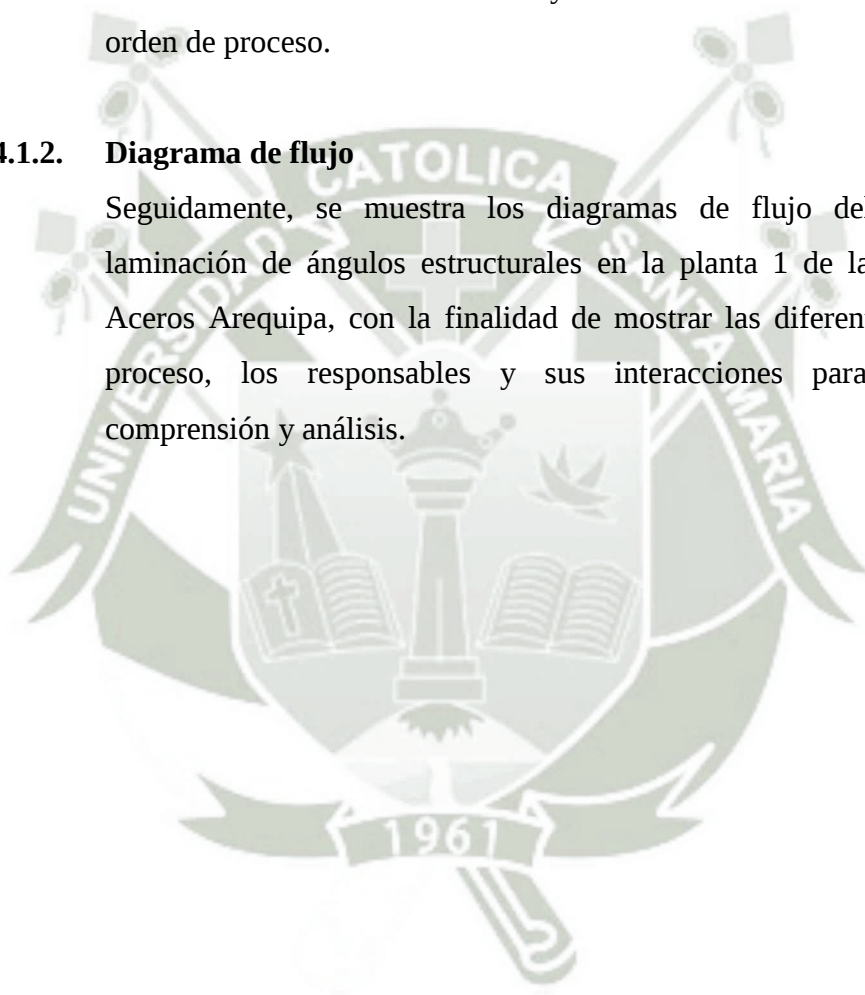
para el cumplimiento del programa, se traslada las casetas y guías de laminación a la línea para iniciar el cambio de perfil, se monta las casetas y guías según la hoja de proceso de los ángulos estructurales. Al terminar el cambio el técnico de laminación de la orden de simular el proceso para verificar la operatividad de la línea de producción, al ser todo conforme se da la orden de laminar la primera barra a 1200 °C para producción, al pasar la barra sin generar ninguna avería en la línea, se procede a calibrar y verificar si las medidas y peso del producto cumplen con la norma, en el caso no se cumple se separa como producto no conforme para ser acondicionada o chatarreada. Al cumplir con todas las medidas según norma, se autoriza la laminación continua, controlando constantemente las medidas y el peso, como los parámetros operativos de la línea de producción. Según el rendimiento de canales y guías se programa su cambio cuando sea necesario. En línea se van empaquetando los ángulos semiterminados en paquetes de 1800 a 2000 kilos y son almacenados en rumas de proceso. Una vez que se cumple con la orden de producción se verifica los consumos y horas utilizadas en el sistema SAP. Durante la laminación se muestrea probetas de 1 metro de longitud y se separa para hacerles ensayos de tracción y longitudinales para ser liberados en el sistema SAP y pueda ser consumido por el siguiente subproceso.

Acabados de barras: El supervisor general de acabados, según el programa mensual de acabados, planifica el cumplimiento gestionando los recursos necesarios, se realiza el cambio de producto en la línea de acabados, luego se verifica la operatividad de los equipos. Antes de iniciar el subproceso, se verifica que los ángulos semiterminados estén completamente liberados en el sistema SAP para su consumo, así como ubicados en el almacén lógico de piso 1170. Se traslada los lotes desde la ruma en proceso hacia la mesa de alimentación para iniciar el enderezado de perfiles, los ángulos estructurales en su estado semiterminado tienen una longitud aproximada de 12.15 metros, es por ello que en el subproceso de acabados son enderezados, marcados y cortados a 6.05 metros, se considera producto no conforme a las varillas que no cumplen con la rectitud según norma, o no llegan a cumplir con la longitud de 6.05 metros; estos son separados, chatarreados y almacenados en tinas

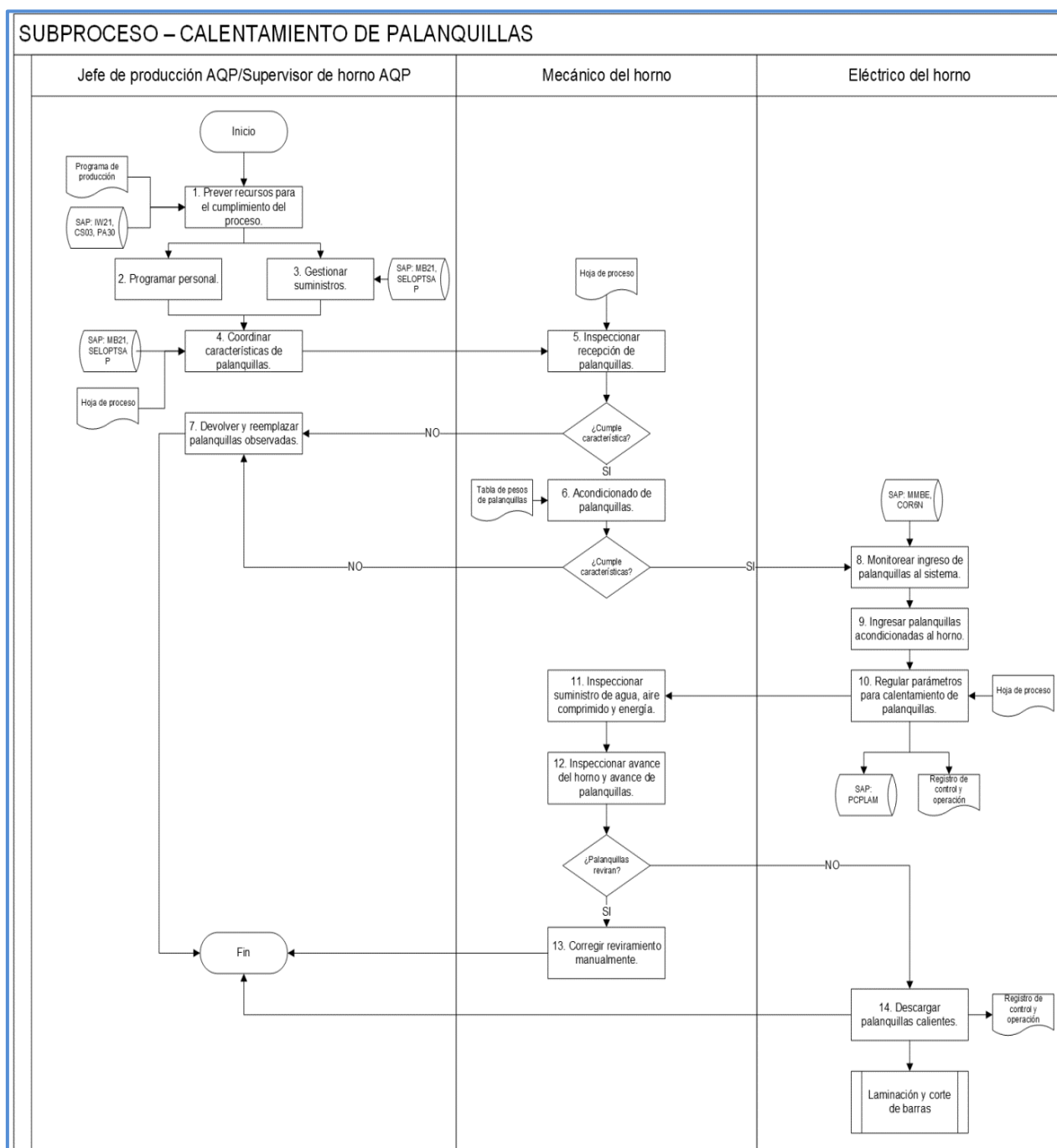
para su posterior traslado a Pisco. Una vez los ángulos son enderezados, marcados y empaquetados, se procede a su empaquetado con el varillaje por tonelada según norma, luego son trasladados a la balanza para ser pesados y notificados en sistema SAP. A la par se verifica que el paquete cumpla con los parámetros de calidad. Luego son trasladados hacia los camiones de puerta a puerta que al completar su carga de 32 toneladas los trasladan a almacén logístico 1111 que se encuentra en la misma planta. Al terminar la orden se notifica en el sistema SAP los insumos y horas utilizadas en la fabricación y se coordina con PCP el cierre de la orden de proceso.

4.1.2. Diagrama de flujo

Seguidamente, se muestra los diagramas de flujo del proceso de laminación de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, con la finalidad de mostrar las diferentes etapas del proceso, los responsables y sus interacciones para una mejor comprensión y análisis.



Esquema 3 Diagrama de Flujo del subproceso de Calentamiento de palanquillas - 2015



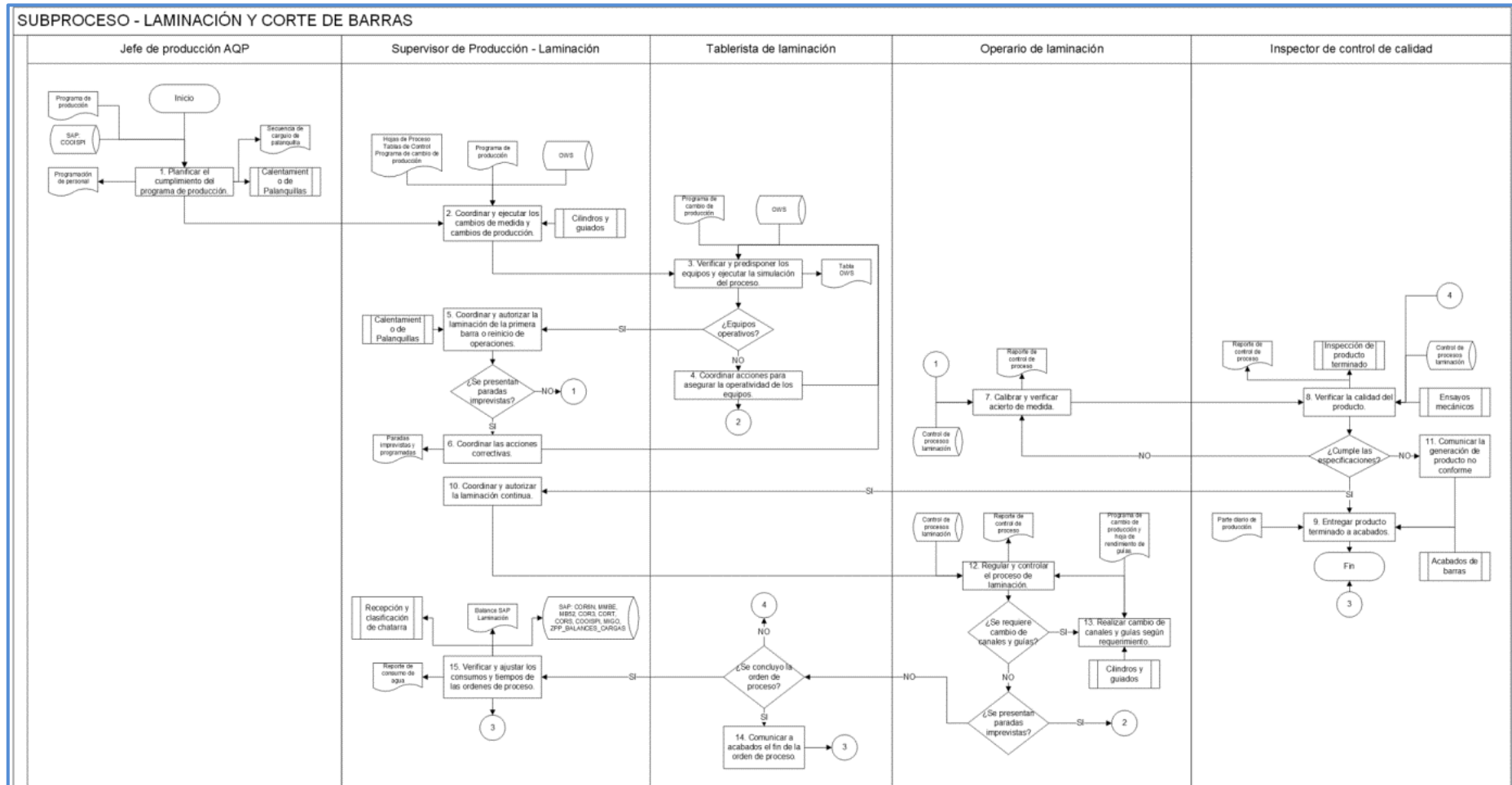
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el esquema 3, el subproceso calentamiento de palanquillas tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de los programas de producción mediante el calentamiento de las palanquillas, en el subproceso participa el jefe de producción AQP, supervisor de horno AQP, mecánico del horno y eléctrico del horno, comienza cuando

el jefe de producción AQP o supervisor de horno AQP prevé recursos para el cumplimiento del proceso. El personal del horno recepciona las palanquillas verificando sus características, en adición regula y verifica los parámetros de calentamiento y funcionamiento del horno y termina cuando el hornero eléctrico descarga las palanquillas del horno con la temperatura óptima de trabajo y al ritmo de producción establecido por el proceso de cada producto, en adición el hornero mecánico realiza la evacuación de la cascarilla.

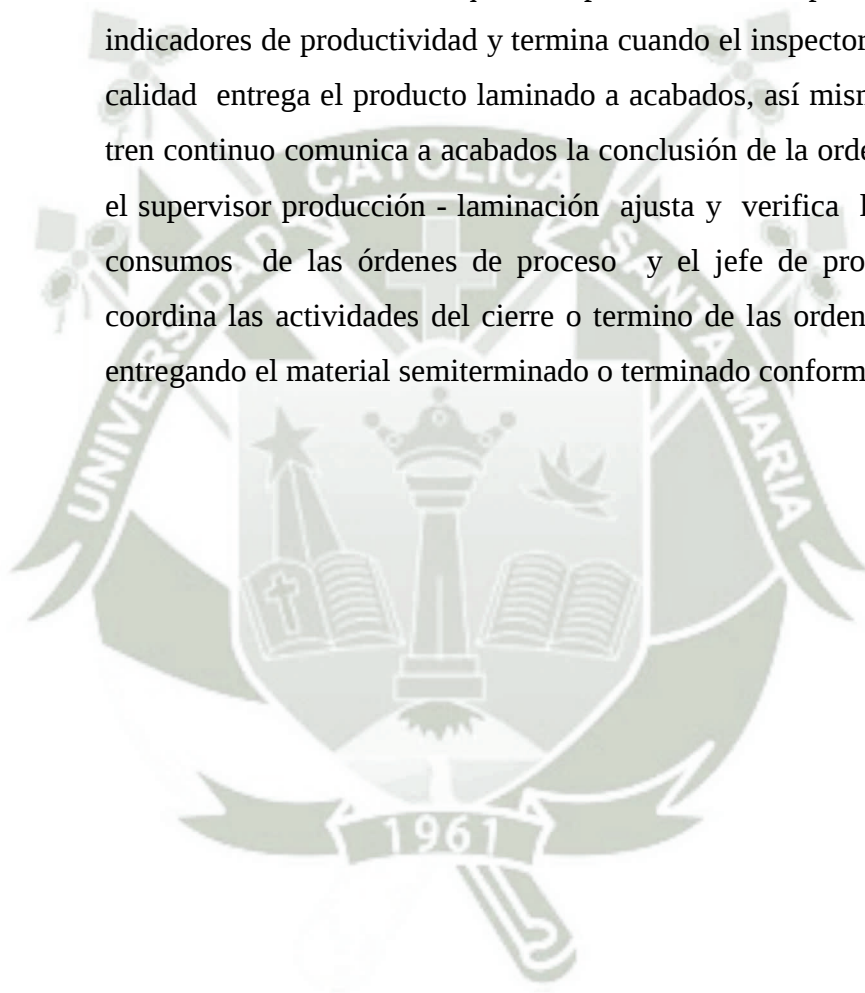


Esquema 4 Diagrama de Flujo del subproceso de Laminación y Corte de Barras - 2015

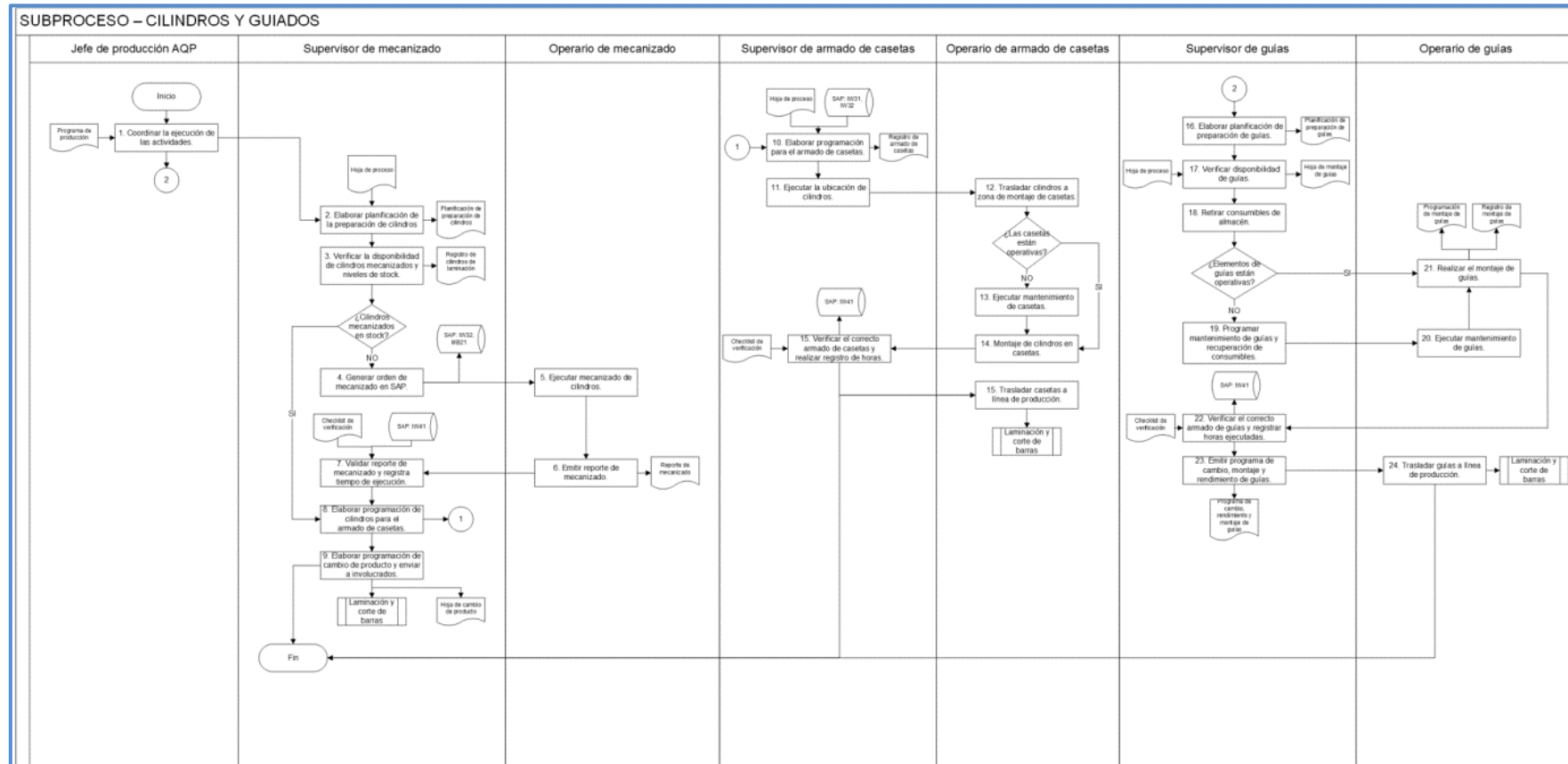


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el esquema 4, el subproceso laminación y corte de barras tiene como objetivo laminar productos semiterminados y terminados cumpliendo con los indicadores de productividad, calidad, seguridad y medio ambiente, en el subproceso participan el jefe de producción AQP, supervisor de producción – laminación, tablerista de laminación, operario de laminación e inspector de control de calidad; comienza cuando el jefe de producción planifica el cumplimiento del programa de producción coordinando la ejecución de las actividades de cambios de medida, arranques de producción, cumplimientos de los indicadores de productividad y termina cuando el inspector de control de calidad entrega el producto laminado a acabados, así mismo el operario tren continuo comunica a acabados la conclusión de la orden de proceso, el supervisor producción - laminación ajusta y verifica los tiempos y consumos de las órdenes de proceso y el jefe de producción AQP coordina las actividades del cierre o termino de las ordenes de proceso entregando el material semiterminado o terminado conforme.

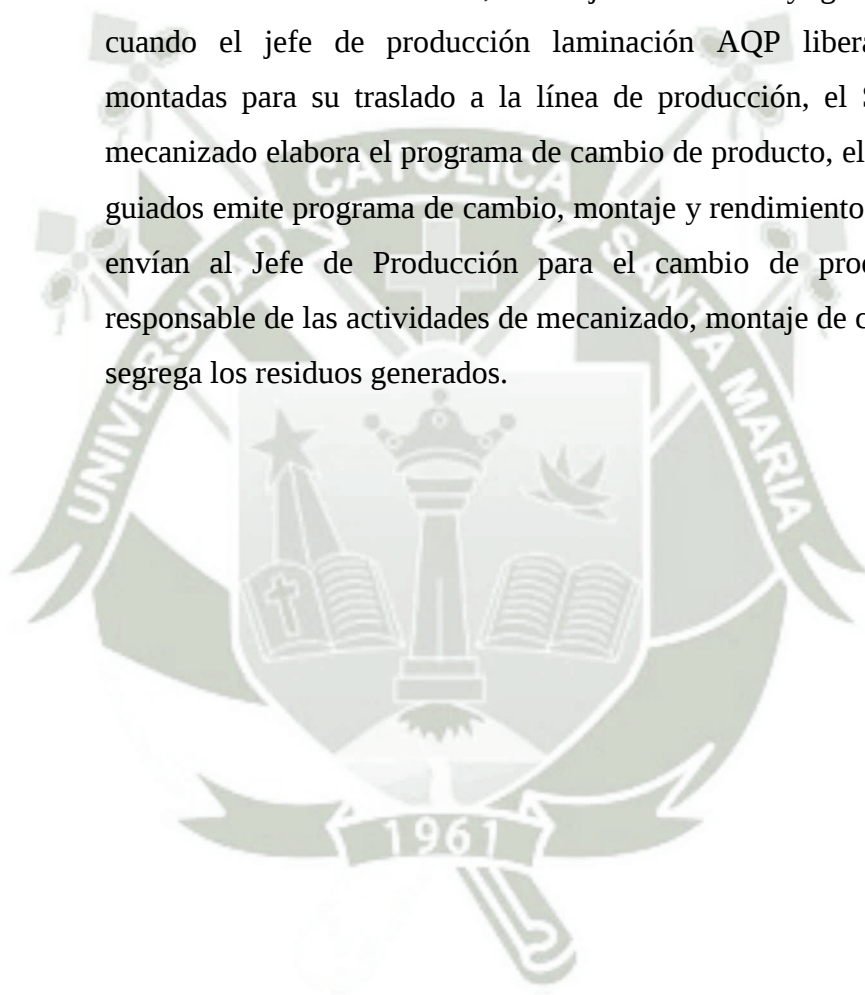


Esquema 5 Diagrama de Flujo del subproceso de Cilindros y Guiados - 2015

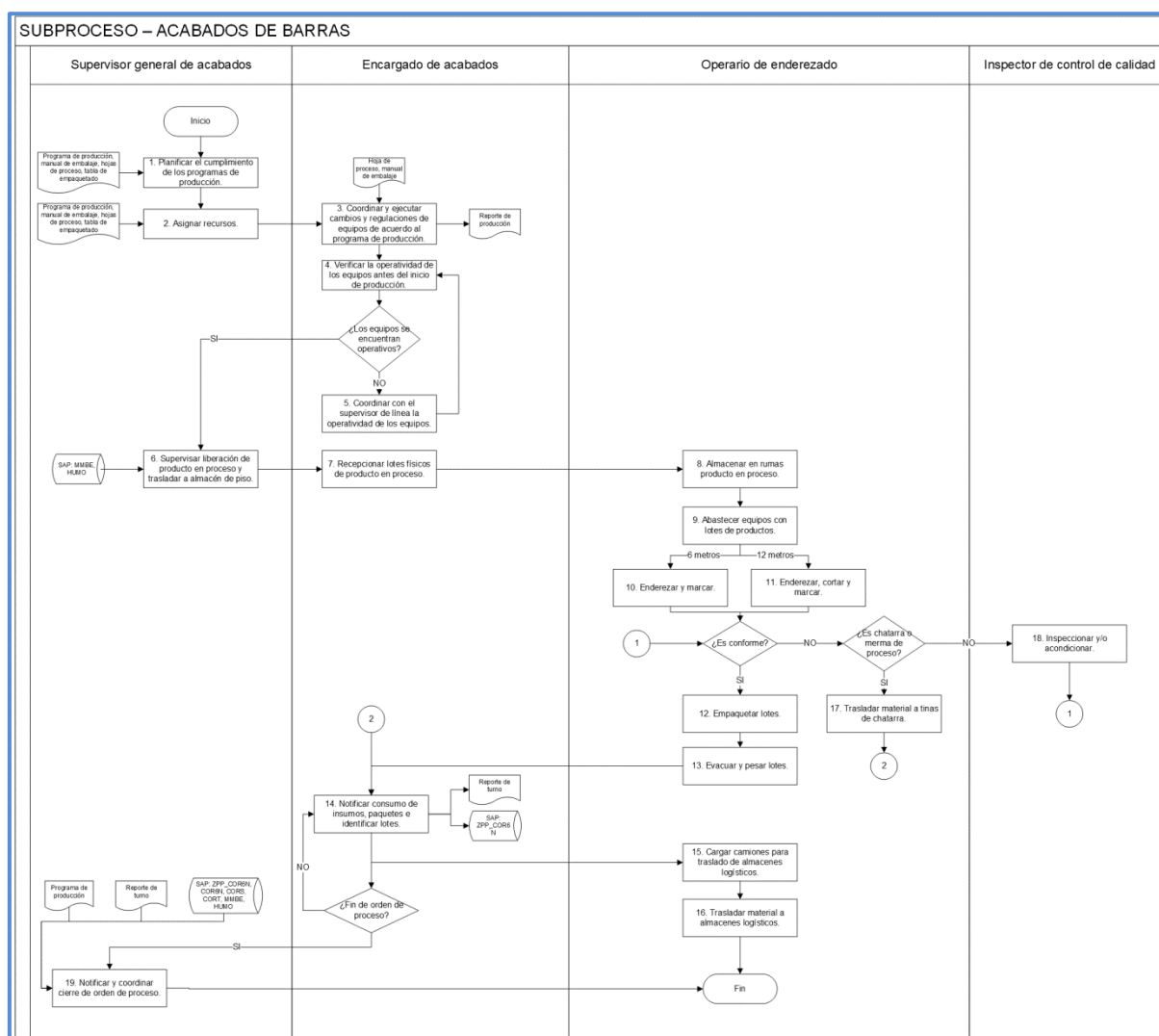


Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en el esquema 5, el subproceso de cilindros y guiados tiene como objetivo asegurar la disponibilidad a la línea de producción de casetas de laminación con la garantía de un buen mecanizado de cilindros, óptimo montaje de casetas y guías, en el subproceso participan el jefe de producción AQP, supervisor de mecanizado, operario de mecanizado, supervisor de armado de casetas, operario de armado de casetas, supervisor de guías y operario de guías; comienza cuando el jefe de producción laminación AQP coordina la ejecución de las actividades de mecanizado de cilindros, montaje de casetas y guías; y termina cuando el jefe de producción laminación AQP libera las casetas montadas para su traslado a la línea de producción, el Supervisor de mecanizado elabora el programa de cambio de producto, el supervisor de guiados emite programa de cambio, montaje y rendimiento de guías y lo envían al Jefe de Producción para el cambio de producto y cada responsable de las actividades de mecanizado, montaje de casetas y guías segrega los residuos generados.



Esquema 6 Diagrama de Flujo del subproceso de Acabados de Barras - 2015



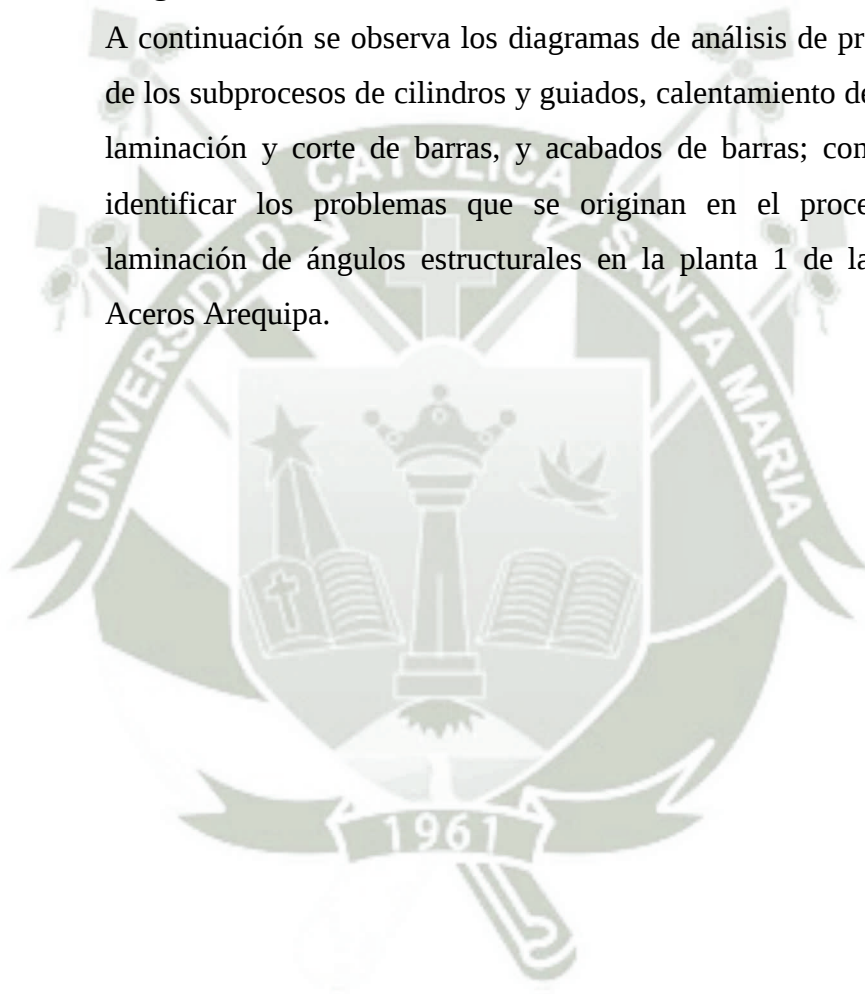
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el esquema 6, el subproceso de acabados de barras tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de los programas de producción, entregando productos laminados debidamente empaquetados según las especificaciones de la ficha técnica, en el subproceso participan el supervisor general de acabados, el encargado de acabados, el operario de enderezado y el inspector de control de calidad; comienza cuando el supervisor general de acabados planifica el cumplimiento de los programas de producción gestionando la ejecución de las actividades de corte a medida, enderezado y marcado de perfiles y empaquetado de varillas, de acuerdo al programa de producción.; y termina cuando el operario de enderezado traslada lotes para el carguío de camiones hacia

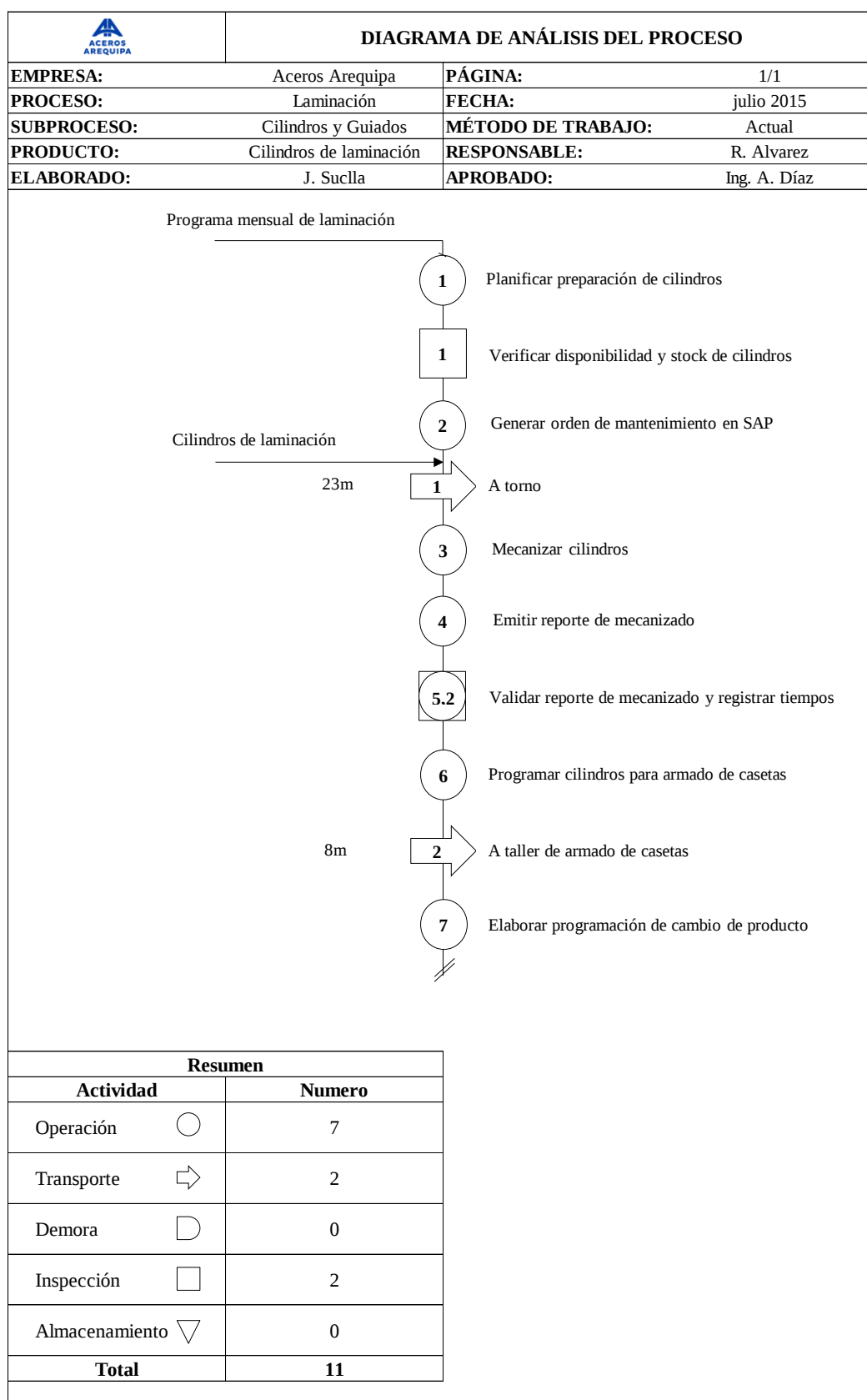
los almacenes de APT. El Operario de enderezado descarga chatarra en tinas para su posterior evacuación. El supervisor general de acabados ajusta la chatarra, insumos y materias primas en las órdenes de proceso. El supervisor general de acabados gestiona la entrega del producto terminado a los almacenes respectivos, los lotes de productos laminados debidamente notificados en el SAP y embalados de acuerdo a las especificaciones técnicas.

4.1.3. Diagrama de Análisis de Procesos – DAP

A continuación se observa los diagramas de análisis de procesos (DAP) de los subprocesos de cilindros y guiados, calentamiento de palanquillas, laminación y corte de barras, y acabados de barras; con el objeto de identificar los problemas que se originan en el proceso actual de laminación de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa.

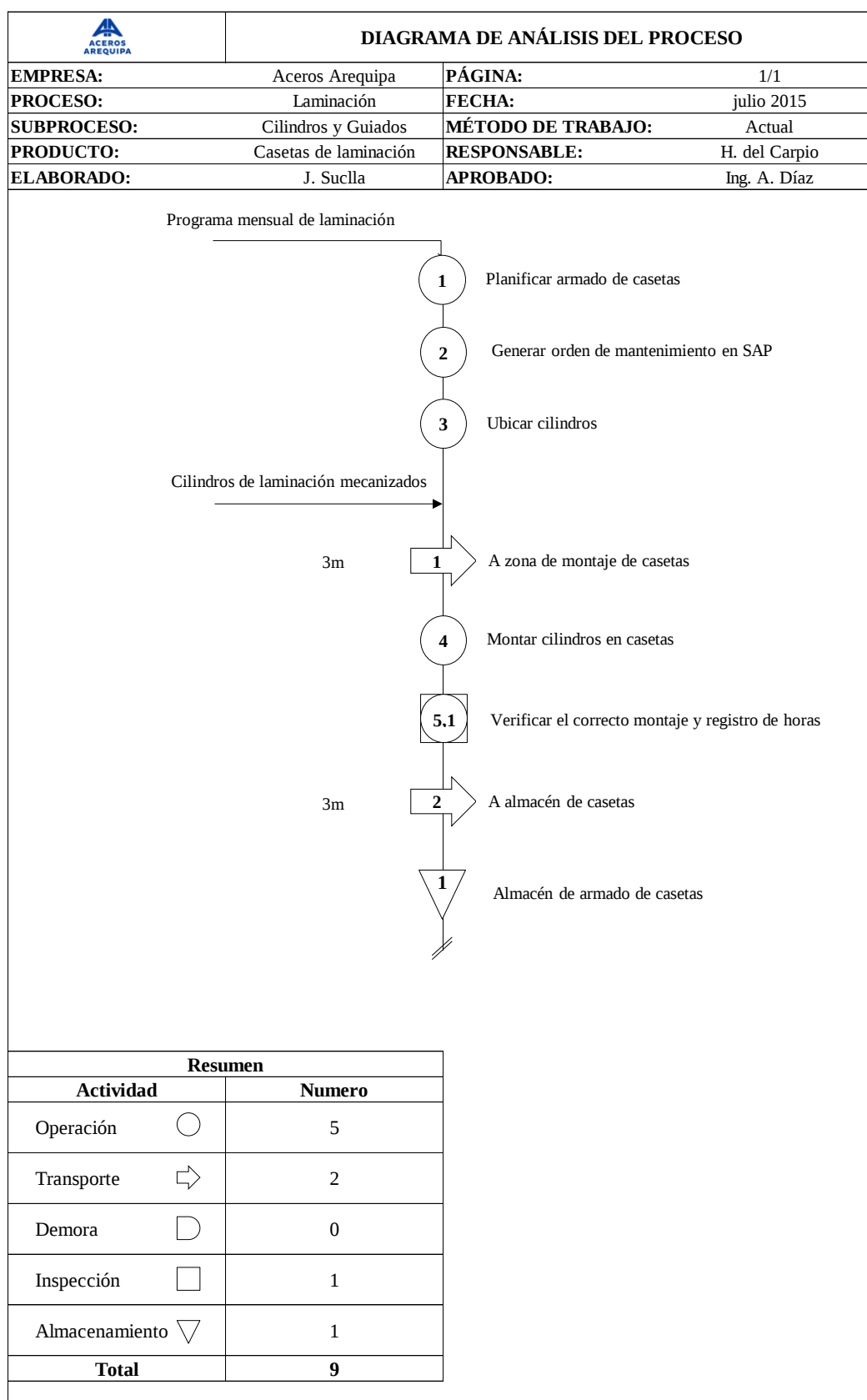


Esquema 7 DAP subproceso de Cilindros y Guiados – Cilindros de Laminación-2015



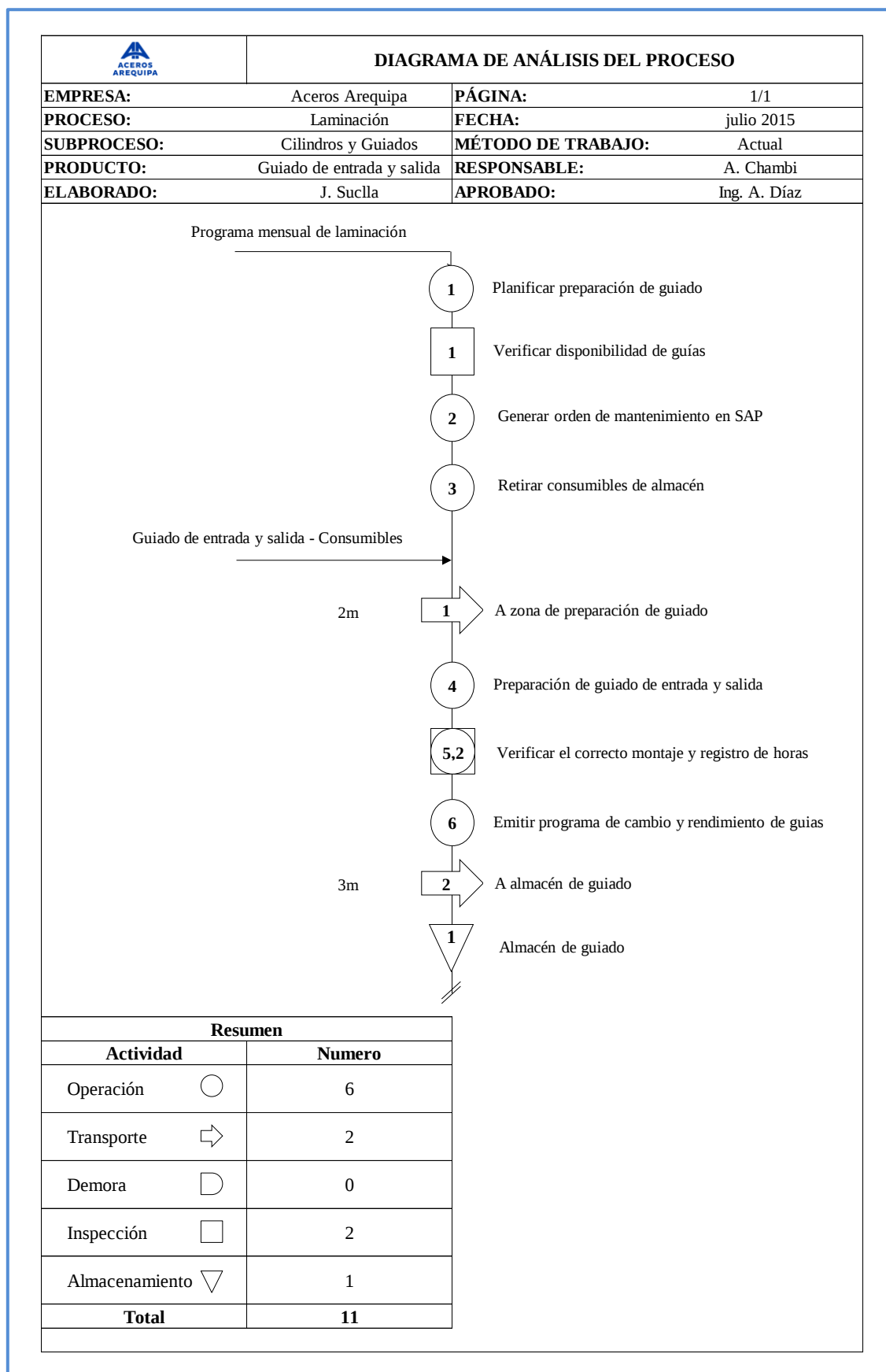
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 8 DAP subproceso de Cilindros y Guiados - Armado de Casetas - 2015



Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 9 DAP subproceso de Cilindros y Guiados - Guiados entrada y salida- 2015

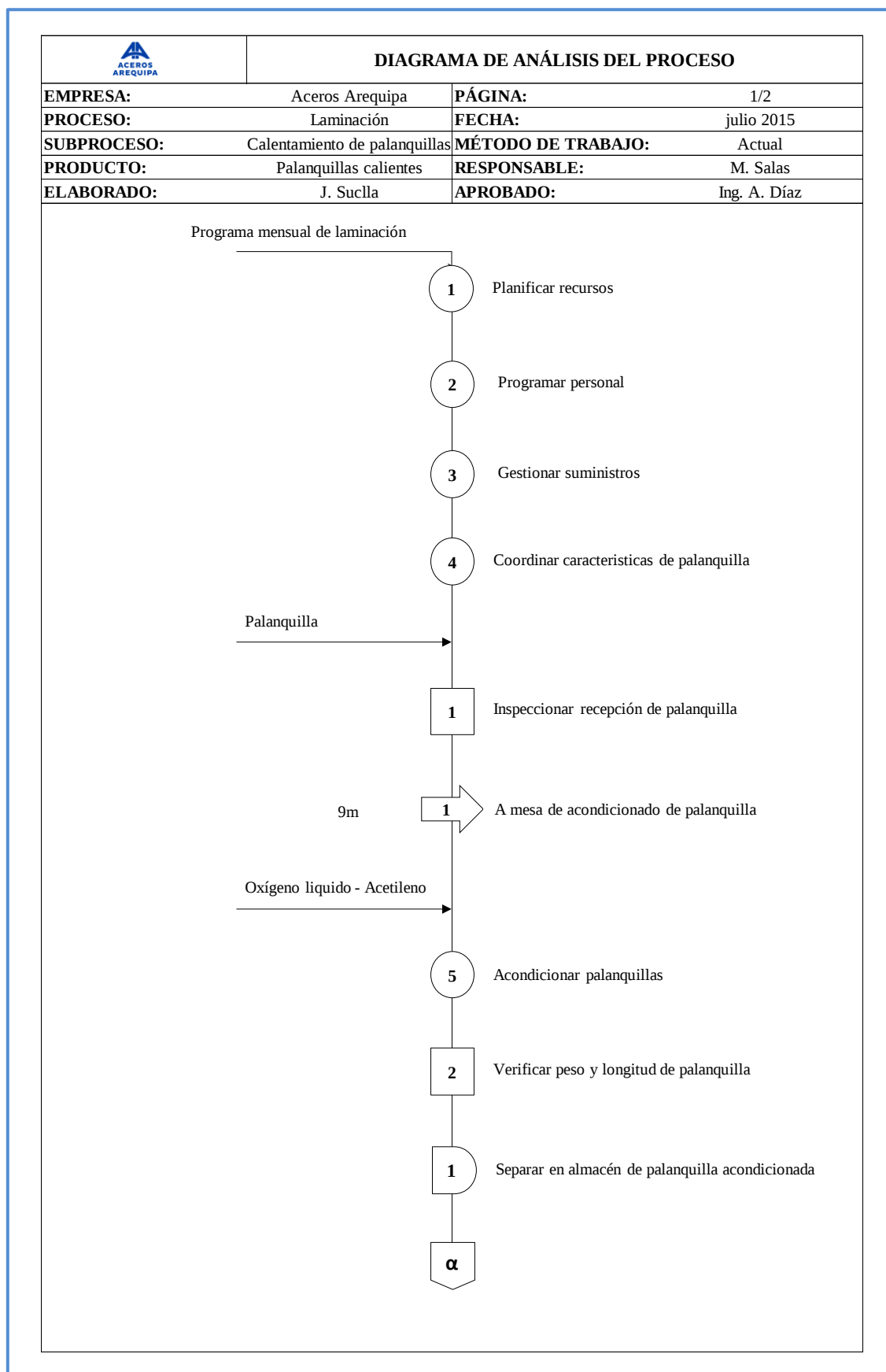


Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en el esquema 7, 8 y 9; el subproceso actual de cilindros y guiados se ejecuta de una manera eficiente, ya que cumple con los lineamientos establecidos en el programa de producción, asegurando el cumplimiento del mismo.

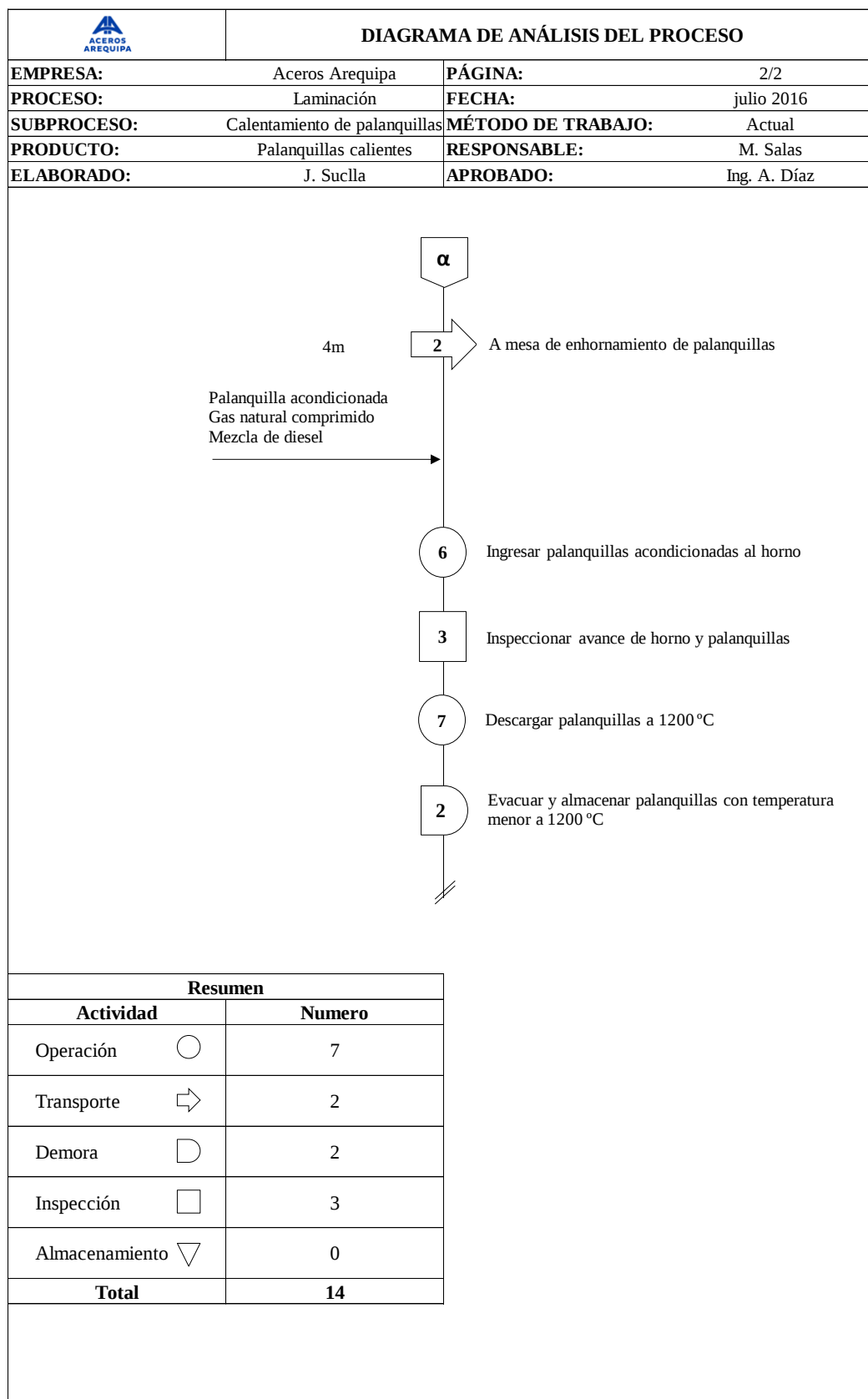


Esquema 10 DAP subproceso de Calentamiento de Palanquillas - 2015



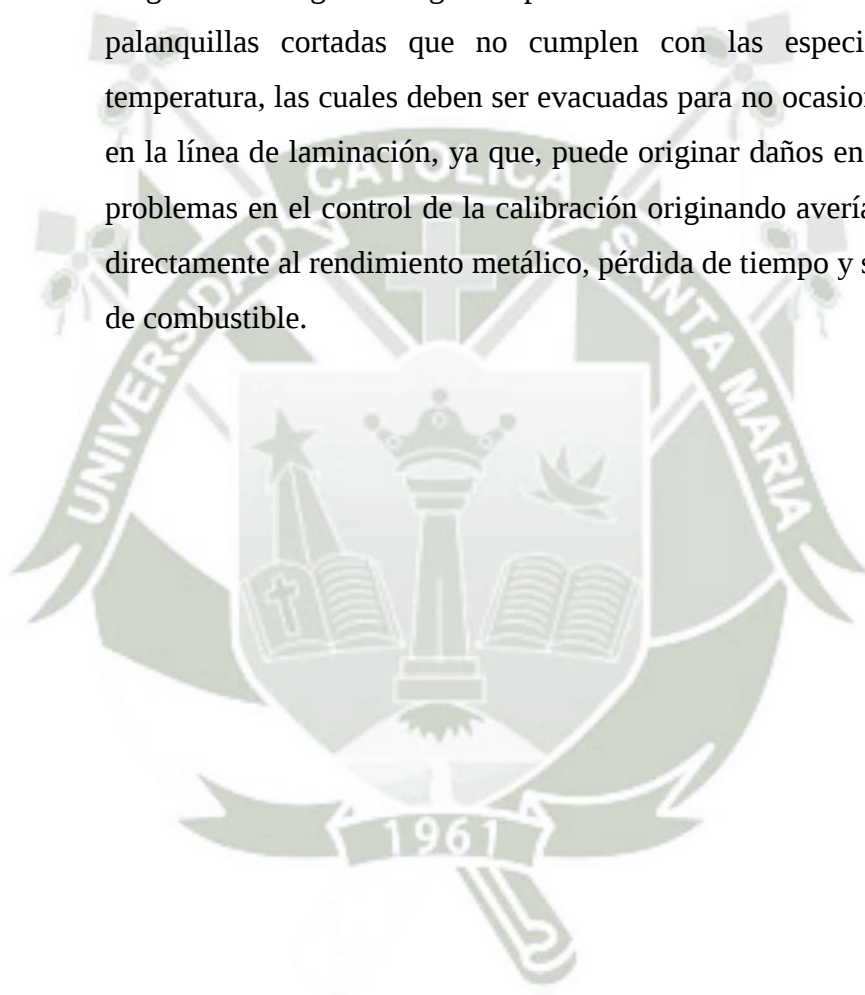
Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 11 DAP subproceso de Calentamiento de Palanquillas - 2015

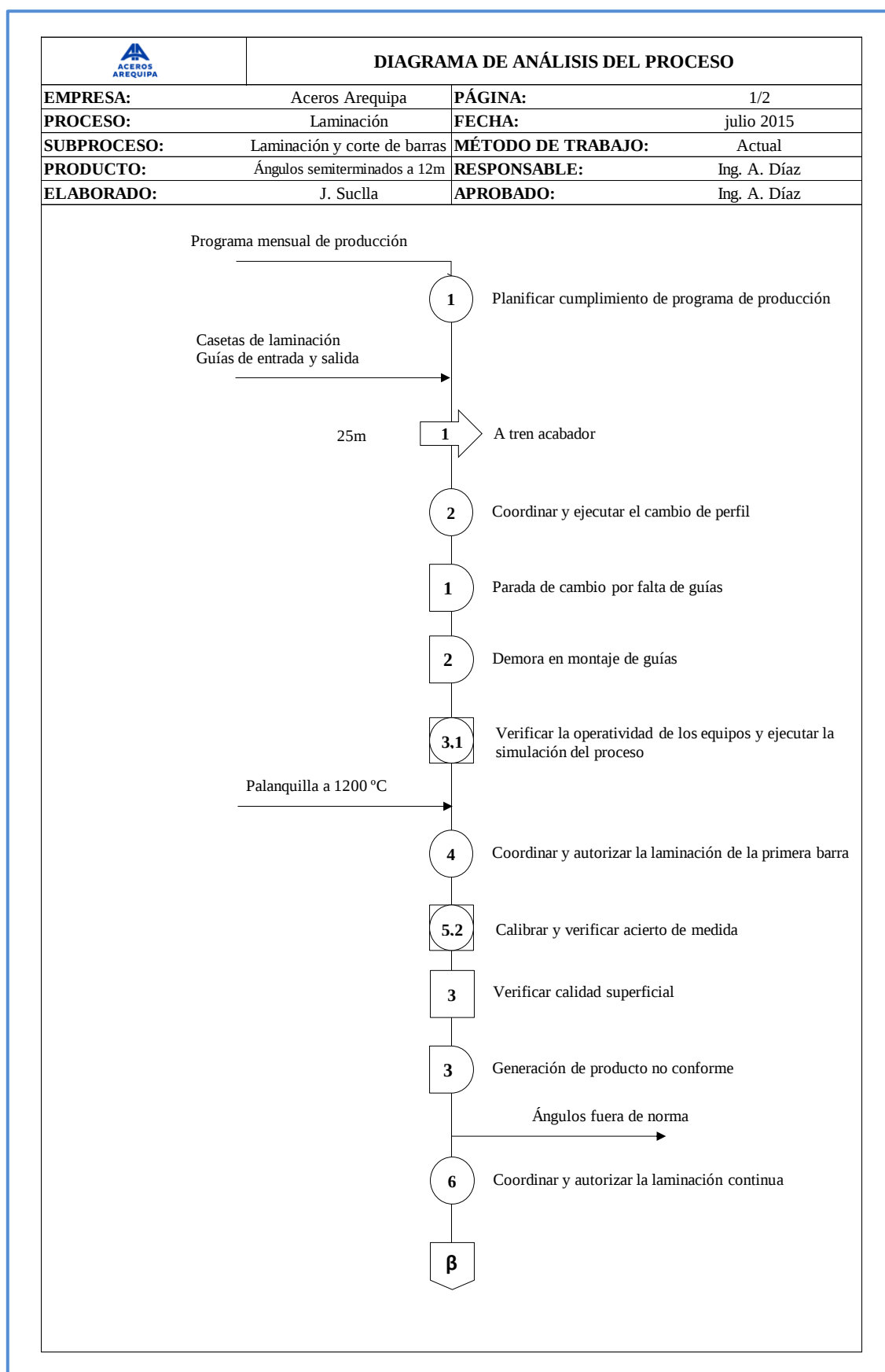


Fuente: Elaboración Propia.

En el esquema 10 y 11, se observa que en el subproceso actual de calentamiento de palanquillas presentan demoras que generan deficiencias en el proceso de laminación de ángulos estructurales, en primer lugar al realizar el acondicionado de palanquillas se corta en tres pedazos siendo el ultimo la pieza restante que no cumple con las especificaciones de peso y longitud ocasionando disminución del rendimiento metálico, mayor consumo de combustible y exceso de manipuleo debido a que la palanquilla presenta variabilidad en el peso y longitud. En segundo lugar se presenta la actividad de evacuación de palanquillas cortadas que no cumplen con las especificaciones de temperatura, las cuales deben ser evacuadas para no ocasionar problemas en la línea de laminación, ya que, puede originar daños en los equipos y problemas en el control de la calibración originando averías que afectan directamente al rendimiento metálico, pérdida de tiempo y sobreconsumo de combustible.

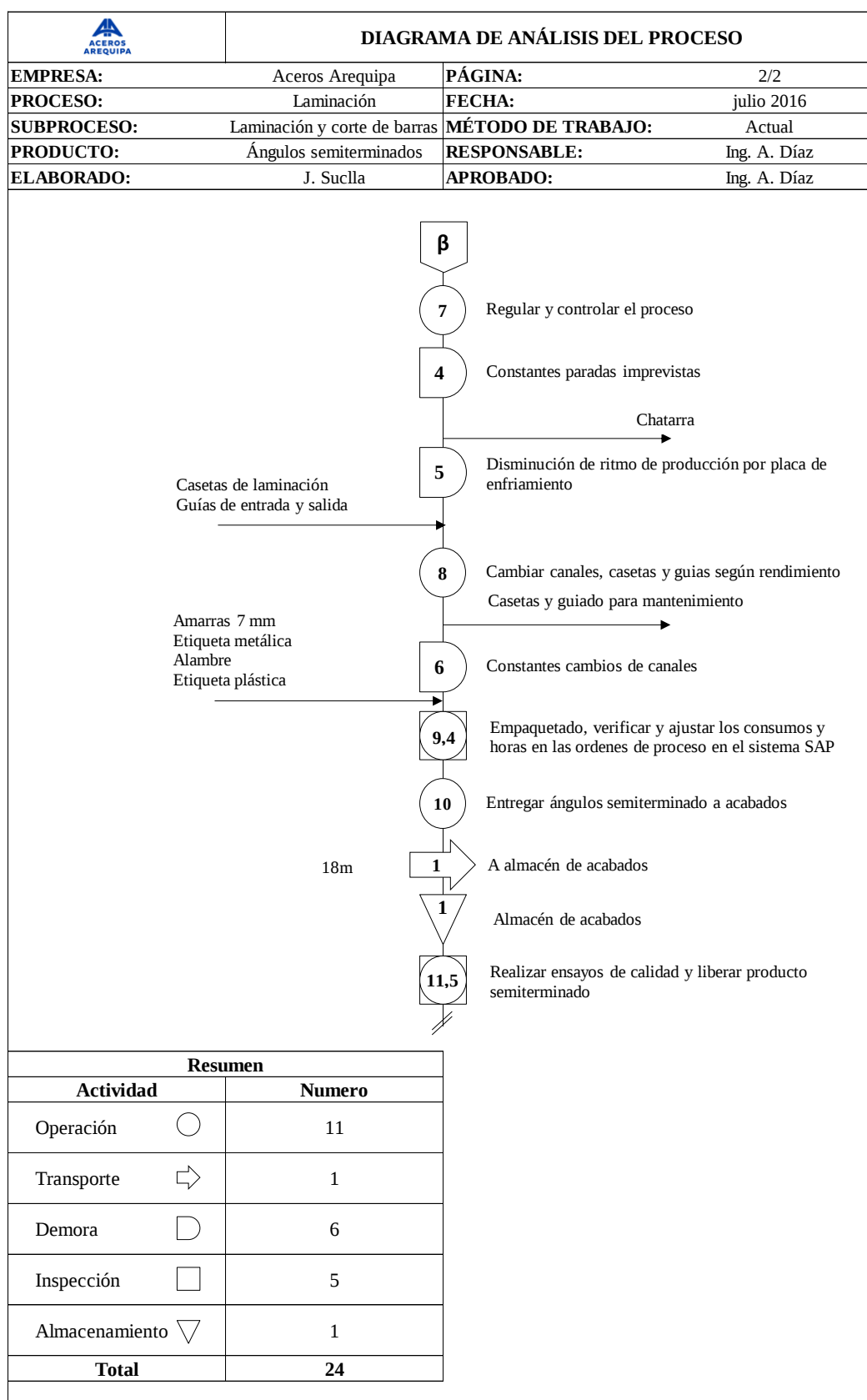


Esquema 12 DAP subproceso de Laminación y Corte de Barras - 2015



Fuente: Elaboración Propia.

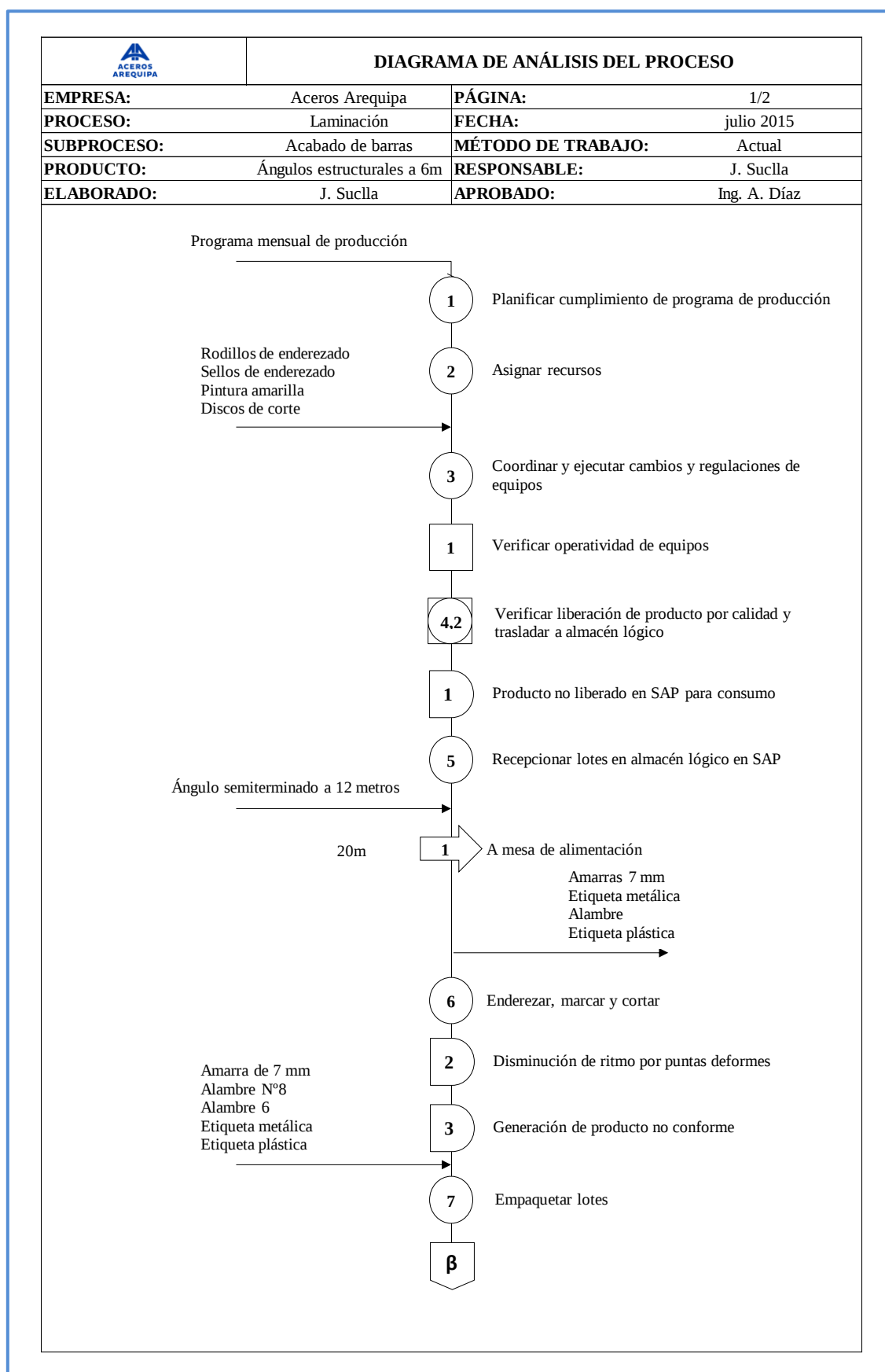
Esquema 13 DAP subproceso de Laminación y Corte de Barras - 2015



Fuente: Elaboración Propia.

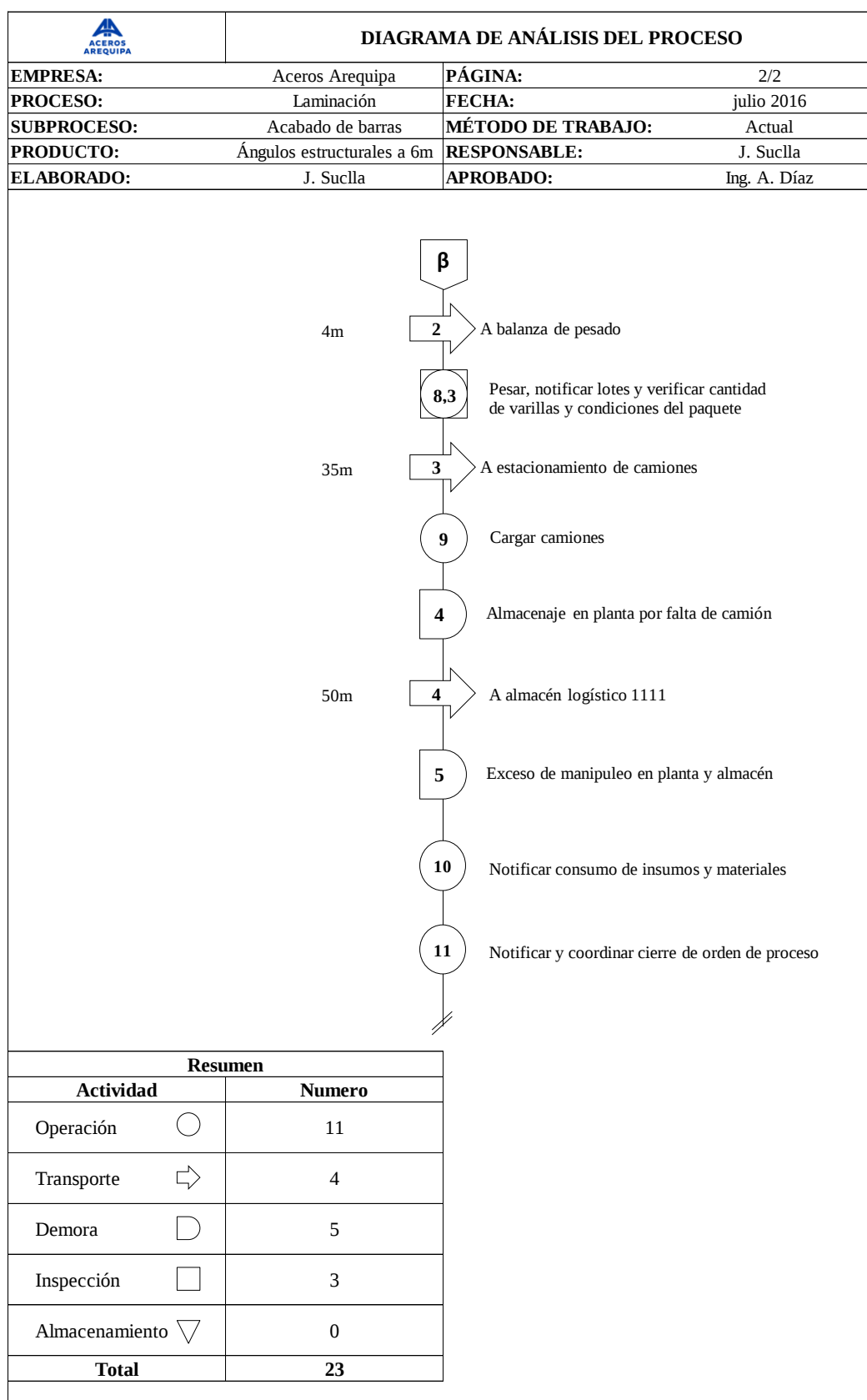
Como se muestra en el esquema 12 y 13, el subproceso actual de laminación y corte de barras presenta seis demoras en las actividades que se ejecutan. En primer lugar la falta de guiado en la línea de laminación a causa de que no se identifica adecuadamente el guiado para cada pasada, en segundo lugar demora en el cambio medida o perfil ocasionado por que el guiado se tiene que montar en la línea de producción incurriendo en un mayor tiempo de cambio afectando a consumos innecesarios de combustible, energía y mano de obra. En tercer lugar la generación de producto no conforme durante el acierto y calibración a causa que no se asegura la calibración durante el arranque de producción. En cuarto lugar se producen constantes paradas imprevistas a causa de la calibración a doble hilo utilizada porque el control de los parámetros es más complejo incurriendo en mayores costos fijos porque se consume innecesariamente combustible, energía, mano de obra y afecta al rendimiento metálico por la generación de chatarras. En quinto lugar la disminución del ritmo de producción ocasionada por la mala recepción de los estratos en la placa de enfriamiento, por estar desordenados y la forma de los ángulos estructurales al realizar el corte a medida se aplastan las puntas de las varillas afectando al subproceso siguiente y finalmente en sexto lugar los constantes cambios de canales por desgaste, cuarteado, picados que originan paradas de producción que originan sobreconsumos de recursos.

Esquema 14 DAP subproceso de Acabado de Barras - 2015



Fuente: Elaboración Propia.

Esquema 15 DAP subproceso de Acabado de Barras - 2015



Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en los esquemas 14 y 15, el subproceso actual de acabados de barras presentan cinco demoras, en primer lugar se presenta producto no liberado por control de calidad en el sistema SAP debido a que se utiliza el mismo procedimiento de liberación de barras corrugadas que deben esperar 24 horas para realizar los ensayos; en segundo lugar la disminución del ritmo de enderezado por puntas deformes originadas durante la laminación teniendo que cortar las puntas con oxicorte antes de ser enderezadas, en tercer lugar al cortar las puntas las varillas no llegan a la longitud comercial adecuada (6.05 metros) ocasionando que sean separadas como chatarra disminuyendo el rendimiento metálico de la orden, en cuarto lugar se presenta el almacenamiento de producto terminado en planta a causa que la descarga de paquetes en el almacén logístico se retrasa originando manipuleo innecesario y finalmente el exceso de manipuleo en los almacenes de planta y logístico porque se utiliza un camión de puerta a puerta que traslada el material de planta hacia el almacén logístico para ser almacenado y se vuelve a cargar en otro camión para su traslado a otros almacenes originando exceso de manipuleo y utilización de mano de obra.

4.1.4. Deficiencias del proceso

Al realizar el análisis del proceso de laminación de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, se encontraron las siguientes deficiencias que se muestran en el cuadro 1:

**Cuadro 1 Deficiencias en el proceso de laminación y enderezado de ángulos
estructurales – Año 2015**

SUBPROCESO	ACTIVIDAD	PROBLEMAS	POSIBLE CAUSAS
Calentamiento de Palanquillas	Acondicionado de palanquillas	Separar palanquilla acondicionado por no cumplir con peso y longitud, disminuyendo el rendimiento metálico.	Variabilidad en peso y longitud de palanquillas de 13 metros provenientes de Pisco.
Calentamiento de Palanquillas	Descargar palanquillas a 1200 °C	Evacuar y almacenar palanquillas acondicionadas que no cumplen con temperatura de laminación.	Control deficiente de los parámetros de control del horno de recalentamiento.
Laminación y corte de barras.	Cambio de perfil o medida	Falta de guiado y/o montaje de guiado.	Personal de taller de guiado con trabajo atrasado. Personal de taller no traslada las guías antes del cambio. Falta de guiado para el cambio de perfil.
Laminación y corte de barras.	Calibrar y verificar acierto y medida	Producto fuera de norma en longitud y/o peso.	Laminación a doble hilo. Falta de control de la calibración de ángulos estructurales. Constantes canales picados por calidad de cilindros.
Laminación y corte de barras.	Regular y controlar el proceso	Constantes paradas imprevistas.	Laminación a doble hilo. Falta de control de la calibración de ángulos estructurales. Falta de concordancia entre especificaciones de talleres de cilindros y guiados y hoja de procesos.
Laminación y corte de barras.	Regular y controlar el proceso	Disminución de ritmo de producción.	Laminación a doble hilo. Amontonamiento de varillas en placa de enfriamiento.
Laminación y corte de barras.	Regular y controlar el proceso	Puntas de producto semiterminado deformadas.	Laminación a doble hilo. Amontonamiento de varillas en placa de enfriamiento.
Laminación y corte de barras.	Regular y controlar el proceso	Constantes cambios de canales.	Cilindros de calidad acicular y perlítica. Mala calidad de cilindros.
Laminación y corte de barras.	Liberar producto en sistema SAP	Producto no liberado en sistema SAP por control de calidad.	Procedimiento de metalurgia indica una espera de 24 horas.
Acabado de barras.	Enderezar, marcar y cortar.	Disminución del ritmo de producción por puntas deformes de varillas de producto semiterminado.	Laminación a doble hilo. Problemas en el control de la placa de enfriamiento. Problemas en la calibración de ángulos estructurales. Por cortar puntas deformes las varillas enderezadas no llegan a longitud según norma.
Acabado de barras.	Enderezar, marcar y cortar.	Generación de producto no conforme.	Por cortar puntas deformes las varillas enderezadas no llegan a longitud según norma.
Acabado de barras.	Carguío de camiones.	Almacenaje en planta por falta de camión de puerta a puerta.	Demora en la descarga en almacén logístico.
Acabado de barras.	Carguío de camiones.	Exceso de manipuleo de paquetes.	Almacenaje por falta de camión.

Fuente: Elaboración propia

4.2. ANALISIS DE DATA

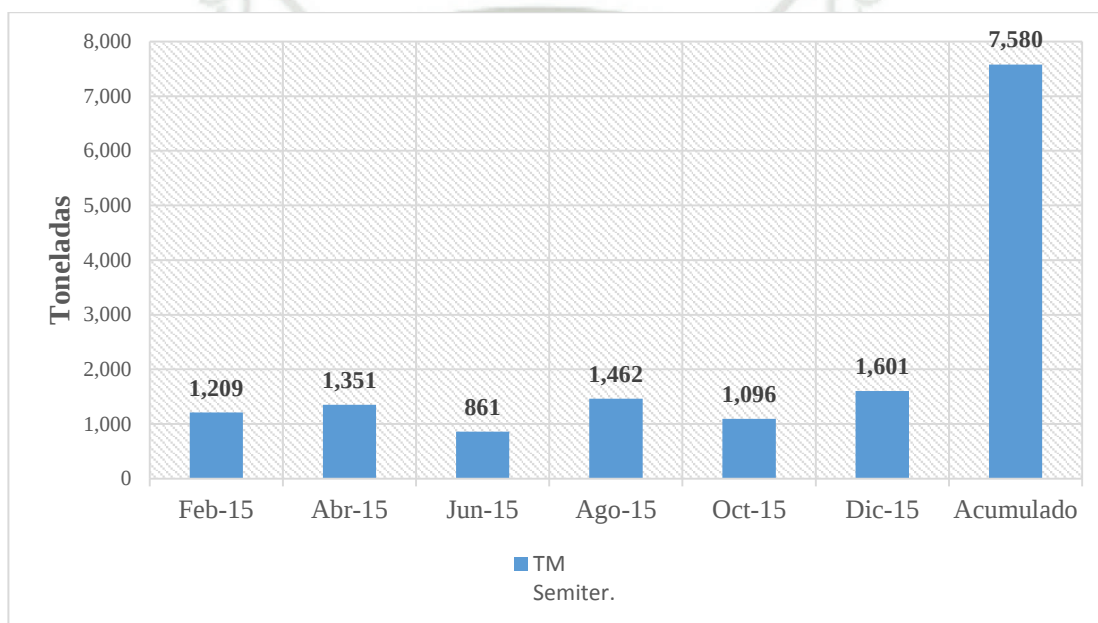
A continuación se analizara la data del proceso actual con el objetivo de determinar los problemas y deficiencias en la fabricación de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa durante el año 2015:

4.2.1. LAMINACIÓN DE ÁNGULOS ESTRUCTURALES

4.2.1.1. Cantidad de Laminado

Durante el año 2015, se laminaron un total de 7580 toneladas de producto semiterminado de ángulos estructurales distribuidos en los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre; como se aprecia en la gráfico 1:

Gráfico 1 Producto semiterminado de laminación de ángulos estructurales - 2015

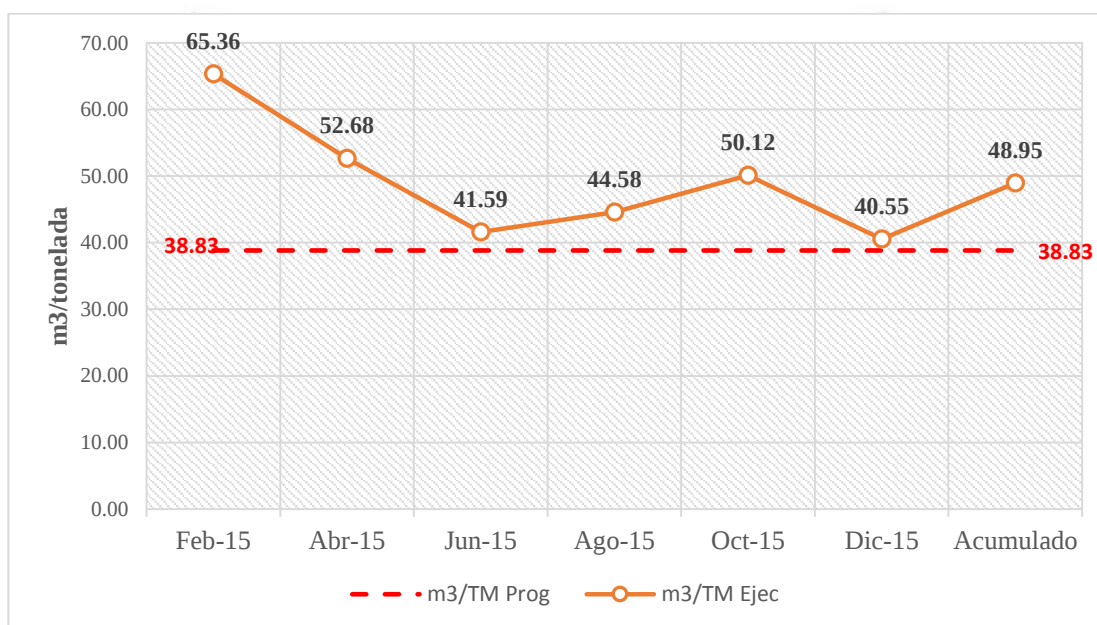


Fuente: Planificación y control de la producción – CAASA

4.2.1.2. Consumo de gas natural comprimido

Como pudimos apreciar en el punto 2 de la presente investigación, el proceso de laminación de ángulos estructurales comienza con el subproceso de calentamiento de palanquillas, es por ello, que el consumo más representativo del subproceso es el gas natural comprimido, el historial de consumo durante el año 2015 se muestra en el grafico 2:

Gráfico 2 Ratio de consumo de gas natural comprimido - 2015



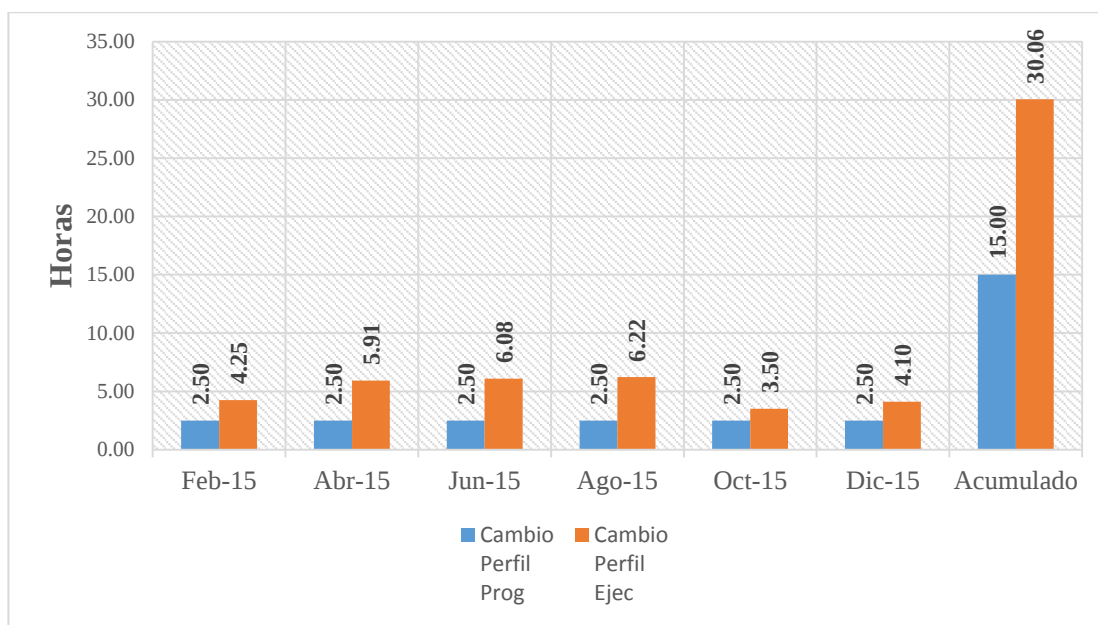
Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

El costo por m3 consumido es de 0.52 \$/tonelada, en el acumulado del año 2015 tenemos un sobreconsumo de 10.12 m3/tonelada equivalente a un costo de 5.26 \$/tonelada producida. Como se puede apreciar nunca se cumplió con el estándar propuesto. Este ratio está relacionado directamente a la falta de controles eficientes en el horno, cambios de medida y perfil, paradas imprevistas, ritmo de producción y al rendimiento metálico. El total de pérdida monetaria por sobreconsumo de gas natural comprimido fue de \$76,709.60 que representa el 20.67% del costo total del gas consumido durante el año 2015.

4.2.1.3. Tiempo de cambio de perfil y medida

En lo que respecta al subproceso de laminación y corte de barras, el historial de tiempo utilizado en cambio de perfil y medida durante el año 2015, se resume en la gráfico 3:

Gráfico 3 Tiempo de cambio de perfil y medida - 2015



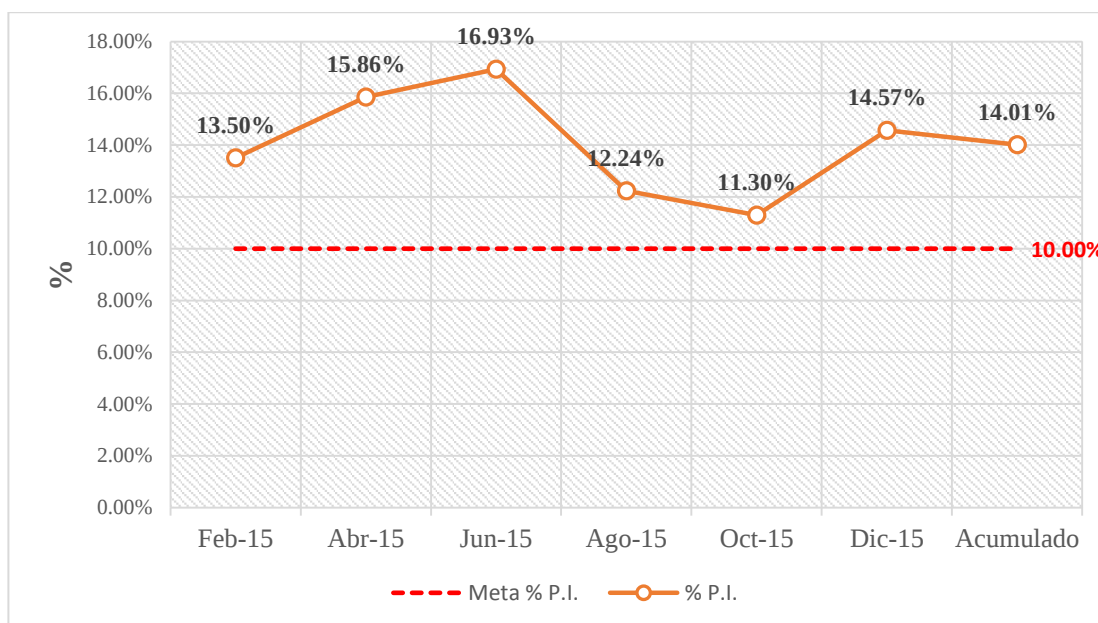
Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

El costo por parada de planta en el año 2015 es de 3,218.86 \$/hora, en el acumulado se muestra una diferencia de 15.06 horas en comparación con el programado en la fabricación de ángulos estructurales, equivalente a \$48,476.08. Como se puede observar nunca se cumplió con la meta propuesta. Este problema está ligado a la falta de guiado, falta de organización de la mano de obra y mal uso de la grúa puente para la atención de las casetas.

4.2.1.4. Horas de parada imprevista

En lo que respecta a las horas de paradas imprevistas que se incurrieron durante el año 2015, se desarrolló la siguiente gráfico 4:

Gráfico 4 Porcentaje de paradas imprevistas - 2015



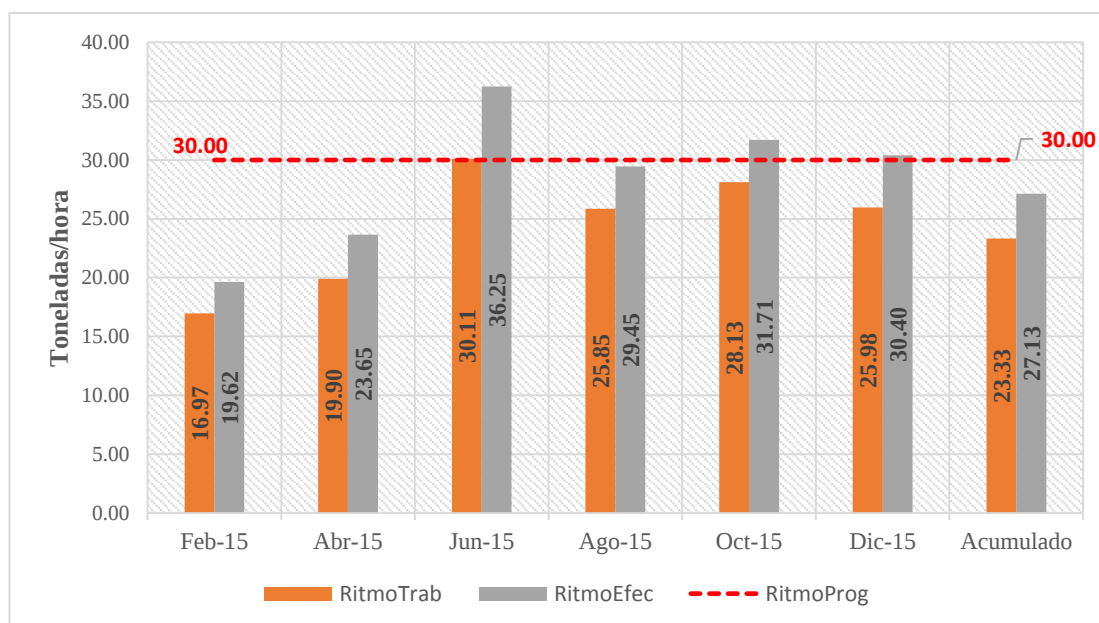
Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

El acumulado del año representa el 14.01% que equivale a 45.53 horas de paradas imprevistas en la laminación de ángulos estructurales durante el año 2015, la meta era del 10% equivalente a 32.49 horas. La diferencia de ambas es de 13.03 horas que representa \$41,941.74 del costo de fabricación. Como se puede apreciar nunca se cumplió con la meta propuesta. La causa de esta deficiencia es que se utilizó una nueva calibración a doble hilo en la laminación de ángulos estructurales en el año 2015.

4.2.1.5. Ritmo de producción de laminación

El ritmo de producción de ángulos estructurales trabajado y efectivo durante el año 2015, se resumen en el gráfico 5:

Gráfico 5 Ritmo de Producción de Laminación - 2015



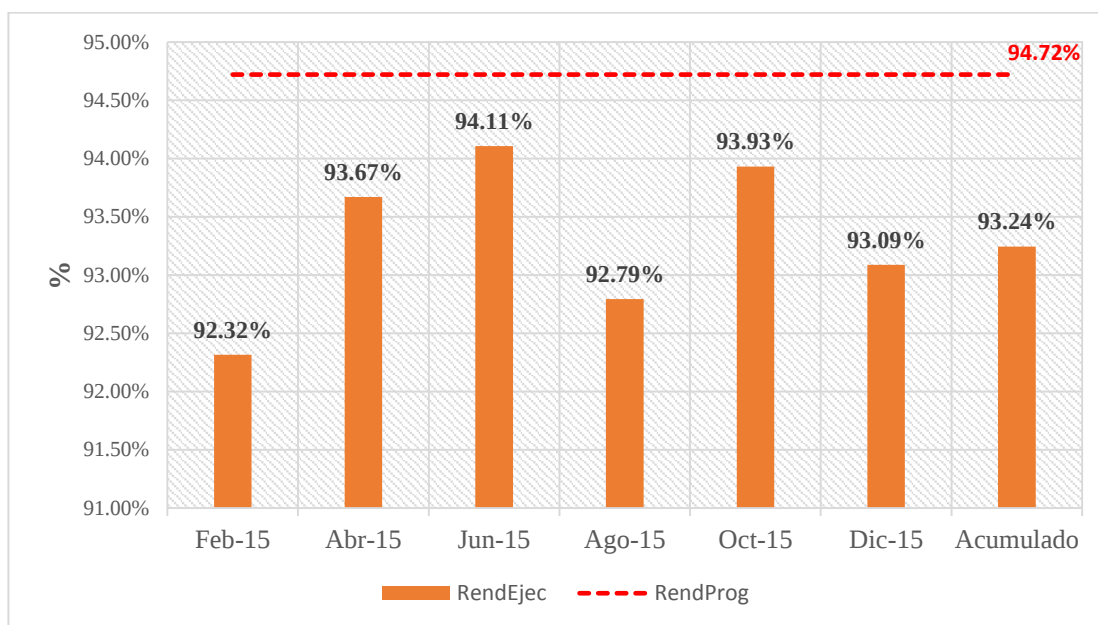
Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

Como se aprecia en el gráfico 5, en el mes de junio del 2015 se cumplió con el ritmo programado de 30 toneladas/hora. Lo que respecta al ritmo trabajado, está relacionado directamente a las paradas programadas e imprevistas; en cambio el ritmo efectivo está ligado a las horas efectivas de laminación; en el acumulado del año se obtuvo un ritmo efectivo de 27.13 toneladas/hora que se encuentra por debajo del ritmo programado. En comparación con el ritmo programado se incurrió en 26.78 horas más de producción, según la distribución de costos fijos, este desfase representa \$86,201.07 acrecentando en 11.37 \$/tonelada el costo de transformación sin considerar los sobreconsumos de energía y materia prima en el año 2015. Este problema se origina a causa de la nueva calibración a dos hilos que genera paradas imprevistas y problemas en la línea de producción.

4.2.1.6. Rendimiento metálico de laminación

El rendimiento metálico es el ratio más importante en el proceso de laminación de ángulos estructurales porque en base al producto semiterminado obtenido se distribuye los costos en que se incurre, es decir, al aumentar el rendimiento metálico, disminuye el costo de transformación por tonelada; los resultados del año se muestran en el gráfico 6:

Gráfico 6 Rendimiento metálico de Laminación - 2015



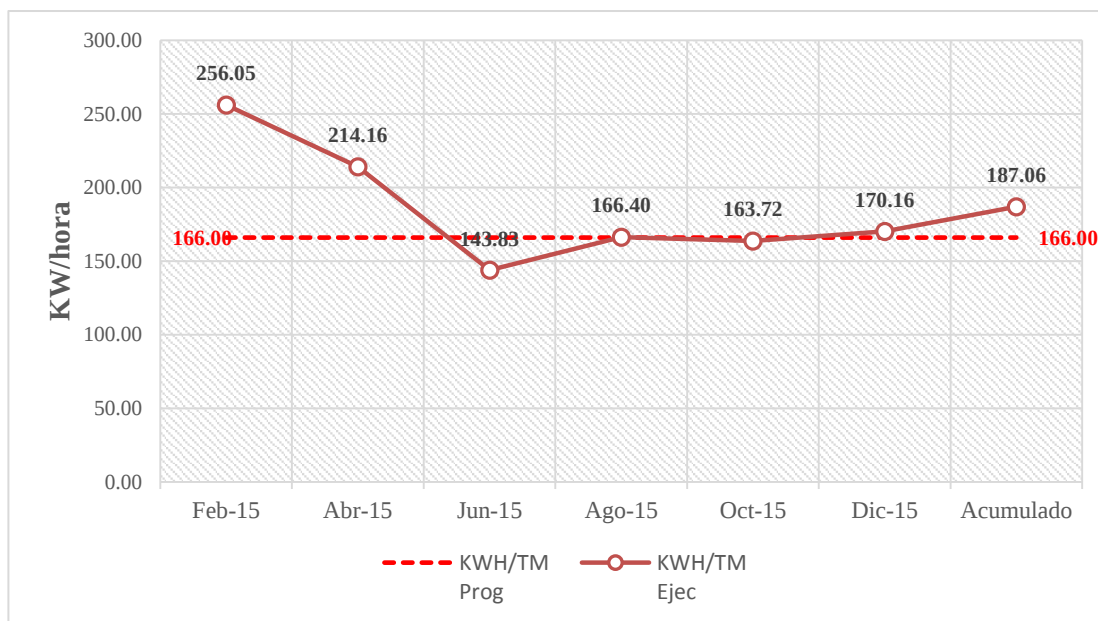
Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

Como se observa en el gráfico 6, en el año 2015 no se cumplió con el rendimiento metálico programado de 94.72%, el acumulado nos muestra que el rendimiento metálico ejecutado fue de 93.24%, 1.48% menor al programado equivalente a \$58,223.49 que representa 7.68 \$/tonelada del costo de transformación. La variación de este ratio se debe a la generación de chatarra de proceso (producto no conforme, chatarra de proceso y chatarra por averías).

4.2.1.7. Consumo de energía eléctrica de laminación

El consumo de energía eléctrica en la laminación de ángulos estructurales durante el año 2015, se muestra en el gráfico 7:

Gráfico 7 Ratio de consumo de energía eléctrica en laminación - 2015

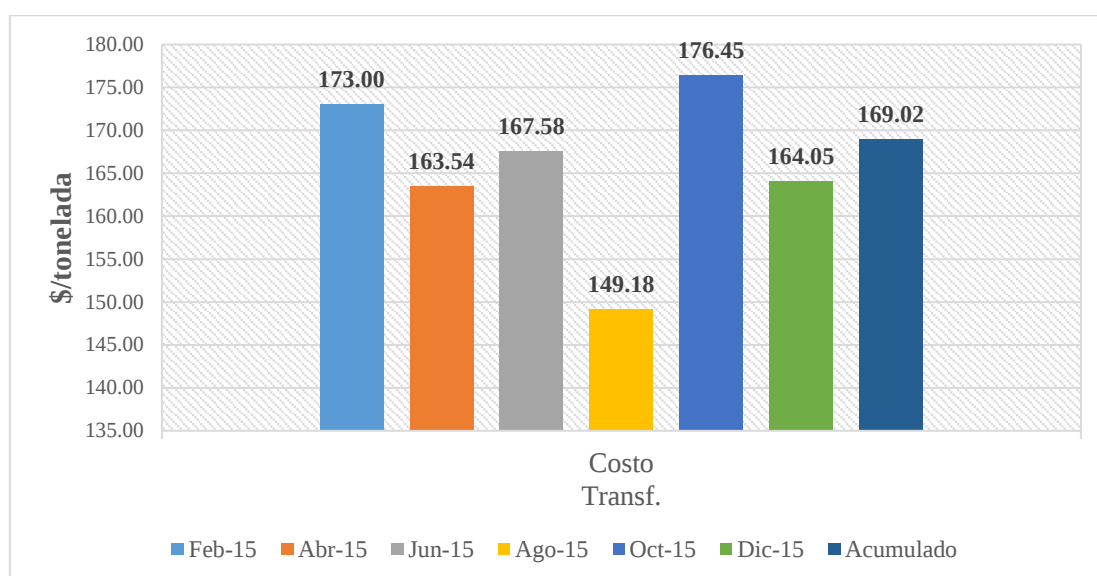


Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

La meta en el año 2015 fue de 166.00 KWH/tonelada, en el acumulado muestra un sobreconsumo de 21.06 KWH/tonelada, considerando un costo de 0.081 \$/KWH, se incurrió en 1.70 \$/tonelada en sobreconsumo equivalente a \$12,930.41 en el proceso de laminación de ángulos estructurales durante el 2015. Este costo está relacionado directamente a las horas de parada de planta y al no cumplir con el ritmo de producción programado.

4.2.1.8. Costo de transformación de laminación

El costo de transformación ejecutado en la laminación de ángulos estructurales durante el año 2015, se muestra en el grafico 8:

Gráfico 8 Costo de transformación de laminación de ángulos estructurales - 2015


Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

El costo de transformación acumulado en la fabricación de ángulos estructurales durante el año 2015, fue de 169.02 \$/tonelada. A continuación se muestra el costo de transformación de laminación acumulado del 2015:

Cuadro 2 Costo de transformación de laminación acumulado – Año 2015

COSTO	Ítem	Costo unitario	%
Variable	Crédito Chatarra Despunte	-10.57 \$/tonelada	-6.26%
	Alambrón Amarre-Otros	0.98 \$/tonelada	0.58%
	Cinta Negra	0.00 \$/tonelada	0.00%
	Combustibles	3.03 \$/tonelada	1.79%
	Etiquetas-sellos	0.05 \$/tonelada	0.03%
	Otros Gases Industriales	0.57 \$/tonelada	0.34%
	Gas Natural	22.46 \$/tonelada	13.29%
	Servicios de Electricidad	12.51 \$/tonelada	7.40%
	Servicios de Agua	2.36 \$/tonelada	1.40%
	Producto Consumido	33.43 \$/tonelada	19.78%
Fijo	Depreciación	45.88 \$/tonelada	27.14%
	Suministros	2.21 \$/tonelada	1.31%
	Gastos de Fabricación	16.16 \$/tonelada	9.56%
	Mano de Obra	20.64 \$/tonelada	12.21%
	Mantenimiento	19.30 \$/tonelada	11.42%
TOTAL		169.02 \$/tonelada	100.00%

Fuente: Costos de Producción 2015 – Aceros Arequipa

Como se muestra en el cuadro 2, los ítems más importantes a atacar son el producto consumido (Rendimiento metálico),

energía. Los suministros y la mano de obra; de igual forma revisar detalladamente de que se compone los gastos indirectos.

En el cuadro 3, se muestra el análisis de costos del proceso de laminación de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa:

Cuadro 3 Análisis de costos de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

ITEM	Toneladas Producidas	Costo total	Costo unitario
Material Semiterminado producido - 2015	7,580.00 TM		
Costo de transformación acumulado año 2015		\$1,281,171.60	169.02 \$/tonelada
Costo por sobreconsumo de gas natural comprimido		\$76,709.60	10.12 \$/tonelada
Costo por demora en cambio de perfil y medida		\$48,476.08	6.40 \$/tonelada
Costo por paradas imprevistas		\$41,941.74	5.53 \$/tonelada
Costo por incumplimiento de ritmo de producción		\$86,201.07	11.37 \$/tonelada
Costo por incumplimiento de rendimiento metálico		\$58,223.49	7.68 \$/tonelada
Costo por sobreconsumo de energía eléctrica		\$12,930.41	1.71 \$/tonelada
Costo de transformación objetivo		\$956,689.21	126.21 \$/tonelada

Fuente: Elaboración Propia

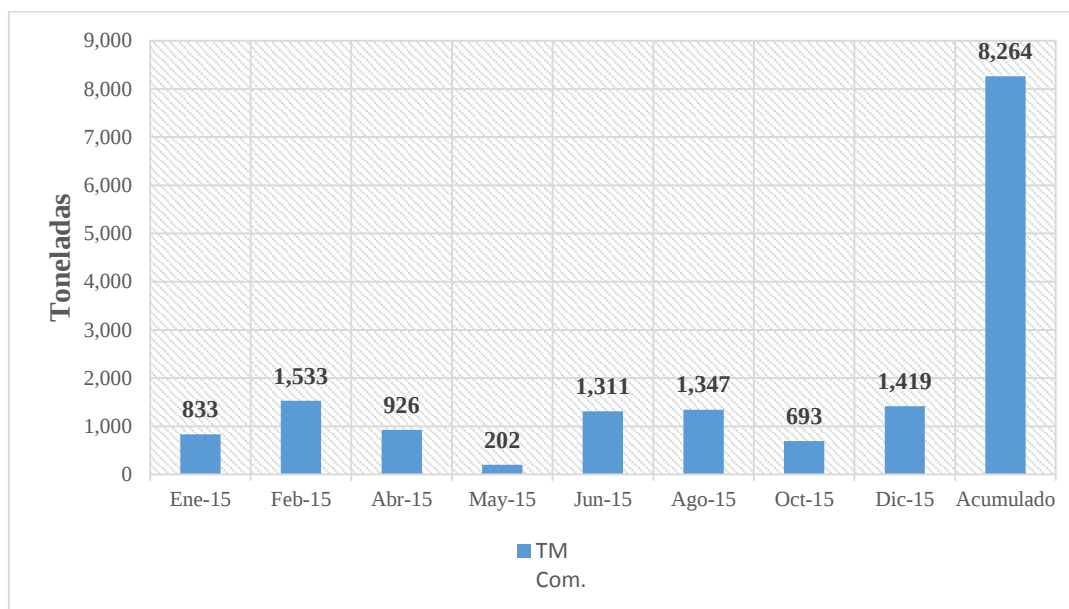
Como se puede apreciar, si el proceso actual estaría alineado a las metas programadas para el año 2015, el costo sería de 126.21 \$/tonelada, a causa de los costos por deficiencias del proceso se obtuvo 169.02 \$/tonelada.

4.2.2. ENDEREZADO DE ÁNGULOS ESTRUCTURALES

4.2.2.1.Cantidad de enderezado

Durante el año 2015, se enderezaron un total de 8,264.00 toneladas de producto comercial de ángulos estructurales distribuidos en los meses de enero, febrero, abril, mayo, junio, agosto, octubre y diciembre; como se aprecia el gráfico 9:

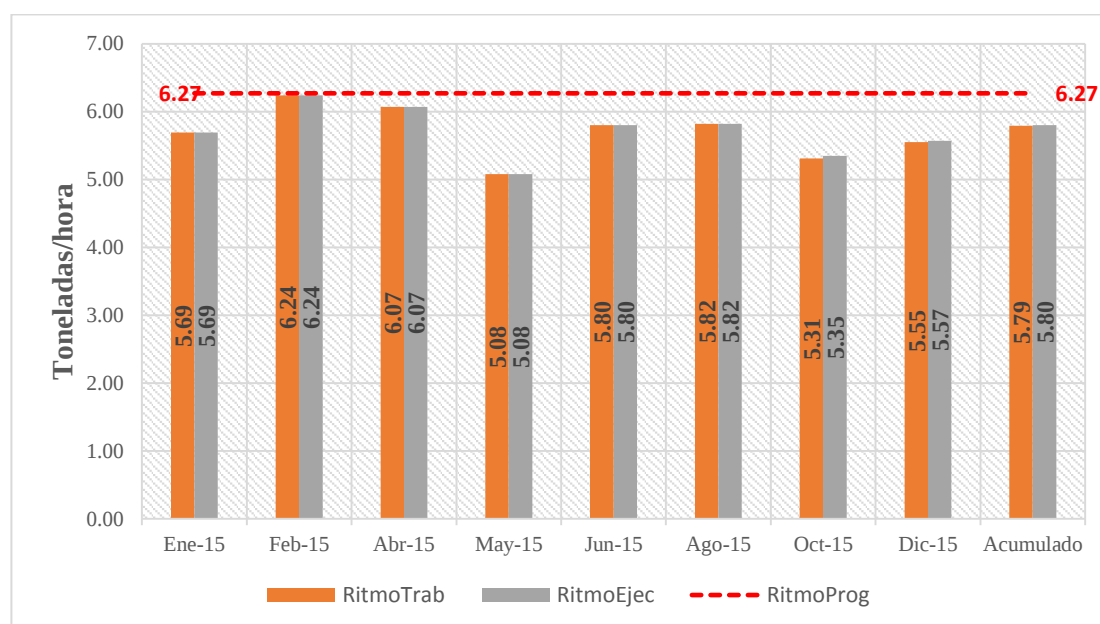
Gráfico 9 Producto comercial enderezado de ángulos estructurales – Año 2015



Fuente: Planificación y control de la producción – CAASA

4.2.2.2.Ritmo de producción de enderezado

En lo que respecta al subproceso de enderezado de perfiles, a continuación mostramos la gráfica de ritmo de enderezado de ángulos estructurales, se muestra en el gráfico 10:

Grafico 10 Ritmo de producción enderezado de ángulos estructurales – Año 2015


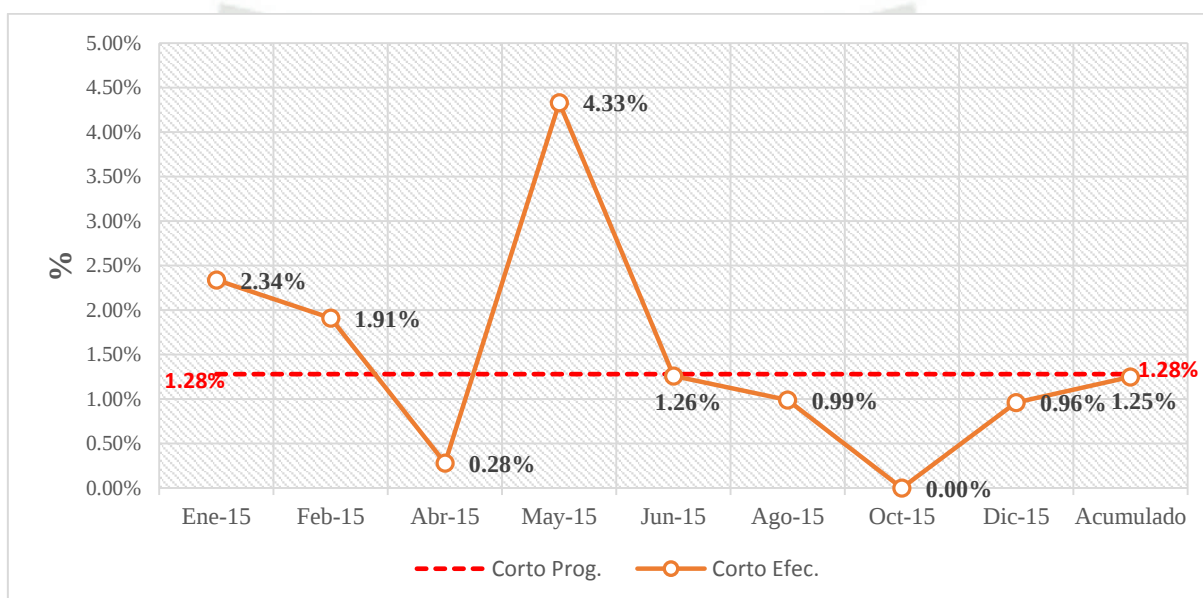
Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

Como se aprecia en el gráfico 10, en ningún mes del año 2015 se cumplió con el ritmo programado de 6.27 toneladas/hora. Lo que respecta al ritmo trabajado, está relacionado directamente a las paradas programadas e imprevistas y como muestra la gráfica este es un subproceso controlado ya que las paradas imprevistas son mínimas; en cambio el ritmo efectivo está ligado a las horas efectivas de laminación; en el acumulado del año se obtuvo un ritmo efectivo de 5.80 toneladas/hora que se encuentra por debajo del ritmo programado. En comparación con el ritmo programado se incurrió en 106.80 horas más de producción, según la distribución de costos fijos, este desfase representa \$20,731.37 acrecentando en 2.5 \$/tonelada el costo de transformación sin considerar los sobreconsumos de energía y materia prima en el año 2015. Este problema se origina a causa de las puntas dañadas de los perfiles fabricados en la laminación que genera que el operario de enderezado tenga que cortarlas con oxicorte para poder meterla en la enderezadora.

4.2.2.3. Cortos de enderezado

También genera gran cantidad de cortos que es un producto que no llega a la longitud comercial y se distribuye a 3.4; 4.0 y 5.0 metros, a precio muy por debajo del costo y también requiere de actividades adicionales al proceso. La generación de cortos en el año 2015 se muestra en el gráfico 11:

Gráfico 11 Porcentaje de cortos de ángulos estructurales – Año 2015

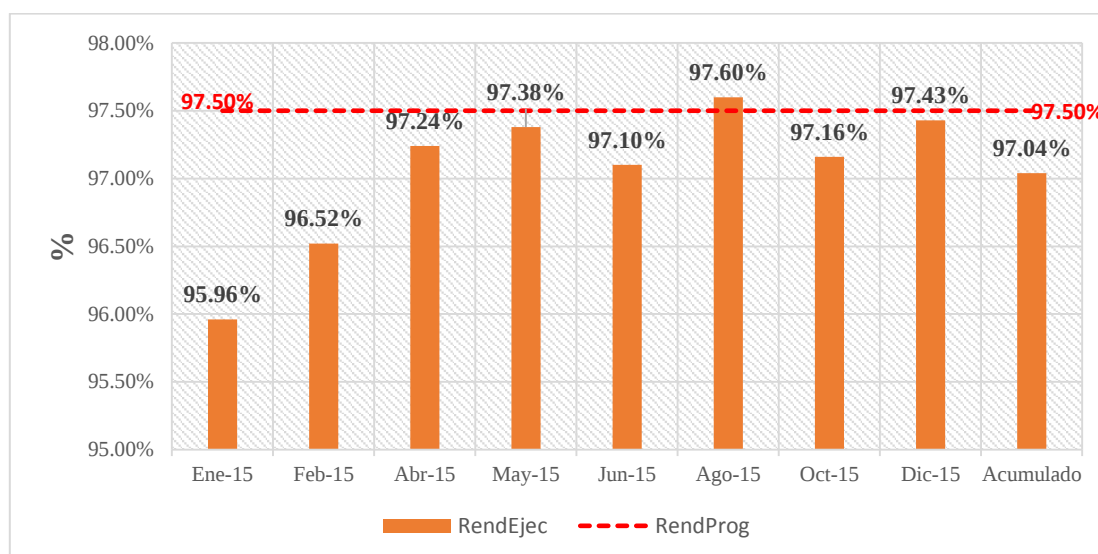


Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

Como podemos apreciar en el gráfico 11, el acumulado 2015 de cortos representa el 1.25% del total producido si bien se encuentra dentro de la meta representa una pérdida de rendimiento metálico que representa \$75,759.01 equivalente a 9.16 \$/tonelada.

4.2.2.4. Rendimiento metálico de enderezado

Gráfico 12 Rendimiento metálico de enderezado – Año 2015

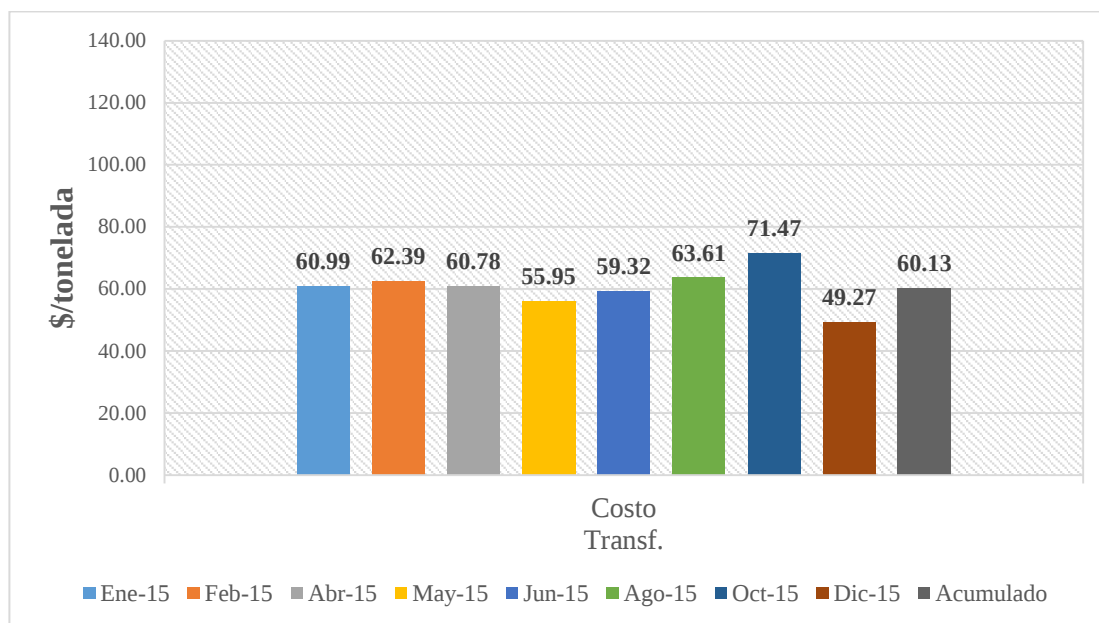


Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

Como se observa en el gráfico 12, en el año 2015 no se cumplió con el rendimiento metálico programado de 97.50%, el acumulado nos muestra que el rendimiento metálico ejecutado fue de 97.04%, 0.46% menor al programado equivalente a \$27,225.89 que representa 3.30 \$/tonelada del costo de transformación. La variación de este ratio se debe a que el material que viene de laminación no es conforme, al presentar puntas deformes, material torsionado y con medidas fuera de norma por problemas en la calibración a doble hilo.

4.2.2.5. Costo de transformación de enderezado

El costo de transformación ejecutado en el enderezado de ángulos estructurales durante el año 2015, se muestra en el gráfico 13:

Gráfico 13 Costo de transformación de enderezado – Año 2015


Fuente: Planificación y control de la producción - CAASA

El costo de transformación acumulado en el enderezado de ángulos estructurales durante el año 2015, fue de 60.13 \$/tonelada. A continuación se muestra el costo de transformación de enderezado acumulado del 2015:

Cuadro 4 Costo de transformación de enderezado – Año 2015

COSTO	Ítem	Costo unitario	%
Variable	crédito Chatarra Despunte	-5.58 \$/tonelada	-9.28%
	Alambrón Amarre-Otros	1.17 \$/tonelada	1.94%
	Cinta Negra	0.01 \$/tonelada	0.01%
	Etiquetas-sellos	0.09 \$/tonelada	0.15%
	Servicios de Electricidad	0.23 \$/tonelada	0.38%
	Producto Consumido	25.20 \$/tonelada	41.91%
Fijo	Depreciación	1.77 \$/tonelada	2.94%
	Suministros	3.26 \$/tonelada	5.42%
	Gastos de Fabricación	2.65 \$/tonelada	4.41%
	Mano de Obra	29.67 \$/tonelada	49.34%
	Mantenimiento	1.67 \$/tonelada	2.77%
TOTAL		60.13 \$/tonelada	100.00%

Fuente: Costos de Producción 2015 – Aceros Arequipa

Como podemos apreciar en el cuadro 4, los ítems más importantes a atacar son el producto consumido (Rendimiento metálico), los suministros y la mano de obra.

A continuación se muestra el análisis de costos del proceso de enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, se muestra en el cuadro 5:

Cuadro 5 Análisis de costos de enderezado de ángulos estructurales – Año 2015

ITEM	Toneladas Producidas	Costo total	Costo unitario
Material Terminado producido - 2015	8,264.00 TM		
Costo de transformación acumulado año 2015		\$496,914.32	60.13 \$/tonelada
Costo por incumplimiento de ritmo de producción		\$20,731.37	2.51 \$/tonelada
Costo por generación de cortos		\$75,759.01	9.17 \$/tonelada
Costo por incumplimiento de rendimiento metálico		\$27,225.89	3.29 \$/tonelada
Costo de transformación objetivo		\$373,198.05	45.16 \$/tonelada

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el cuadro 5, si el proceso actual estaría alineado a las metas programadas para el año 2015, el costo sería de 45.16 \$/tonelada, a causa de los costos por deficiencias del proceso se obtuvo 60.13 \$/tonelada.

4.3. ANALISIS DE CAPITAL HUMANO

A continuación se analiza los años de experiencia de la fuerza laboral distribuida en cada uno de los subprocesos del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales, con el objetivo de determinar si es una causa de ineficiencias del proceso:

4.3.1. Cilindros y guiados

La fuerza laboral del subproceso de cilindros y guiados se muestra en el cuadro 6:

Cuadro 6 Fuerza laboral de cilindros y guiados – Año 2015

Subproceso	Puesto	Nombre	Años de experiencia	Experiencia Promedio
Cilindros y guiados	Supervisor de Mecanizado	Álvarez Apaza, Roger	20	15
	Tornero-Fresador	Montesinos Álvarez, Edwin	12	
		Quispe Salazar, Dennis	36	
		Anahua Arias, Edwin	11	
		Calle Geri, Luis	8	
		Mamani Colque, Rushbel	11	
		Salazar Churacutipa, Junior	11	
	Supervisor de armado de casetas	Del Carpio Paz, Henry	16	
	Mecánico de armado de casetas	Arenas Ramirez, Jorge	15	
		Condori Sanca, Fernando	16	
		Del Carpio, Cesar	8	
		Galdós Postigo, Wilder	12	
		Tejada Málga, Jorge	9	
		Zela Mamani, Roger	9	
	Supervisor de guiados	Chambi Mamani, Alejo	31	
	Mecánico de guiados	Apaza Quenaya, Percy	20	
		Avalos Barriga, Victor	12	
		Conza Cuevas, Edward	9	
		Llacho Condori, Jorge	13	
		Quispe Pari, Hugo	16	
		Salazar Paredes, Jerry	14	

Fuente: Recursos Humanos – Aceros Arequipa

El subproceso de cilindros y guiados está a cargo de 03 supervisores técnicos y 18 operarios técnicos en mantenimiento de producción, tienen una experiencia promedio de 15 años en el puesto, es necesario mencionar que este personal también cuenta con la experiencia para suplir puestos según la necesidad en los subprocesos de calentamiento de palanquillas, laminación y cortes de barras; y acabados de barras.

4.3.2. Calentamiento de palanquillas

El personal operativo del subproceso de calentamiento de palanquillas, se observa en el cuadro 7:

Cuadro 7 Fuerza laboral de calentamiento de palanquillas – Año 2015

Subproceso	Puesto	Nombre	Años de experiencia	Experiencia Promedio
Calentamiento de palanquillas	Operario de corte de palanquilla	Gonzales Tuni, Jesus	9	13
		Lopez Rodriguez, Fredy	9	
		Montesinos Alvarez, Juan	9	
		Mamani Salazar, Yvan	8	
	Evacuador de Palanquilla	Villanueva Peralta, Juan	20	
		Mamani Vilca, Victor	9	
	Mecánico de horno	Ormeño Marquez, Ernesto	9	
		Quispe, Pedro	19	
		Zorrilla Cadenas, Victor	20	
	Eléctrico de horno	Alvarez Apaza, Gustavo	9	
		Amado Rodriguez, Jaime	20	
		Ccorimanya Mamani, Johny	7	
		Riveros Velasquez, Marco	27	

Fuente: Recursos Humanos – Aceros Arequipa

El subproceso de calentamiento de palanquillas está conformado por 13 operarios técnicos en mantenimiento de producción, mantenimiento eléctrico y mantenimiento electrónico, tienen una experiencia promedio de 13 años en el puesto, es necesario mencionar que el personal también cuenta con la experiencia para suplir puestos según la necesidad, en los subprocesos de cilindros y guiados, laminación y cortes de barras; y acabados de barras.

4.3.3. Laminación y corte de barras

La fuerza laboral del subproceso de laminación y corte de barras, se observa en el cuadro 8:

Cuadro 8 Fuerza laboral de laminación y corte de barras – Año 2015

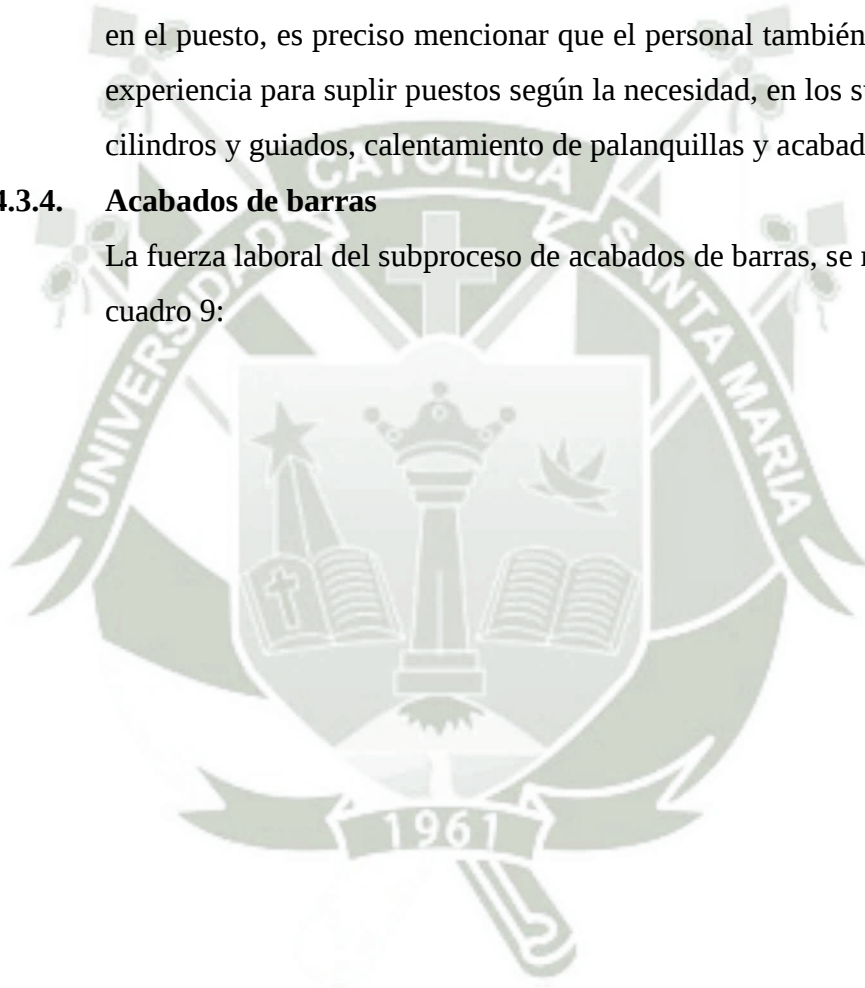
Subproceso	Puesto	Nombre	Años de experiencia	Experiencia Promedio
Laminación y corte de barras	Técnico de laminación	Álvarez Delgado, Manuel	36	17
		Cerpa Peralta, Fidel	20	
		Cuno Charca, Reynaldo	19	
		Torres Molina, Juan Carlos	28	
	Supervisor de línea	Cancino Cervantes, Aurelio	32	
		Encinas Pizarro, Reymer	20	
		Barrios Condori, Javier	17	
		Ramirez Apaza, Luis	20	
	Mecánico de turno	Benavente Barriga, Jean	12	
		Benavente Vela, Adan	8	
		Choque Mamani, Miguel	17	
		Febres Saniz, Oscar	35	
		Morales Palomino, Walker	17	
	Eléctrico/electrónico de turno	Chata Vasquez, Edgard	17	
		Cruz Asqui, Miguel	9	
		Yanqui Vilca, Hugo	19	
		Yanqui Vilca, Freddy	15	
		Quispe Pari, Juan	12	
		Torres Alvarez, Arturo	18	
	Operario de laminación	Flores Esteba, German	19	
		Gonzales Velasquez, Oswaldo	28	
		Gutierrez Quenaya, Juan	9	
		Ortiz Vasquez, Antonio	37	
		Paredes Rivera, Mario	9	
		Quispe Ramos, Victor	20	
		Quispe Pacsi, Jose	9	
		Romero Valdivia, Herbert	9	
		Salas Valderrama, Mario	20	
		Valenzuela Cuervo, Richard	20	
	Tablerista de laminación	Castro Parco, Juan	15	
		Flores Obando, Rodger	14	
		Gamero Yanarico, Mijail	7	
		Gutierrez Huamani Leirson	9	
		Mamani Ticona, Vidal	14	
		Mamani Calcina, David	7	
		Uyen Butron, Carlos	15	
		Valderrama Valdivia, Jesus	9	
	Gruero	Carpio Paredes, Nilton	9	
		Fernandez Mamani, Julio	12	
		Moscoso Fernandez, Julio	20	
	Inspector de control de calidad	Butron Ramos, Roberto	37	
		Rosado Congona, Johan	9	
		Texi Begazo, Gustavo	41	
	Operario de control de calidad	Caira Quispe, Isaac	9	
		Maquera Cuno, Benjamin	8	

Fuente: Recursos Humanos – Aceros Arequipa

El subproceso de laminación y cortes de barras está conformado por 03 técnicos de laminación que son las personas con mayor experiencia en la línea en cuanto al proceso, cuentan con un promedio de 26 años de experiencia en laminación, se cuenta con 03 supervisores de línea que son los encargados del mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico de la línea de producción, cuentan con un promedio de 23 años de experiencia, finalmente el personal operativo se divide en 37 operarios técnicos en mantenimiento de producción, mantenimiento eléctrico y mantenimiento electrónico, tienen una experiencia promedio de 16 años en el puesto, es preciso mencionar que el personal también cuenta con la experiencia para suplir puestos según la necesidad, en los subprocesos de cilindros y guiados, calentamiento de palanquillas y acabados de barras.

4.3.4. Acabados de barras

La fuerza laboral del subproceso de acabados de barras, se muestra en el cuadro 9:



Cuadro 9 Fuerza laboral de acabado de barras – Año 2015

Subproceso	Puesto	Nombre	Años de experiencia	Experiencia Promedio
Acabados de barras	Encargado de turno	Quispe Ramos, Jesus	20	14
		Rojas Pillaca, Jaime	20	
		Ticono Roque, Jorge	14	
	Gruero	Calle Portugal, Primitivo	42	
		Cornejo Canales, Juan	9	
		Paredes Díaz, Peter	9	
	Alimentador	Portugal Chire, Andrés	9	
		Quispe Medina Jaime	9	
		Ramos Ccansaya, Elvis	9	
	Operario de enderezado	Apaza Ticono, Juan	8	
		Aranya Uscapi, Eloy	6	
		Butron Tovar, Edwin	8	
		Canales Humora, Juan	9	
		Chavez Choquehuanca, James	7	
		Chinchay Vilca, Jose	8	
		Chirinos Quispe, Alfredo	9	
		Choque Suca, Rolando	14	
		Collado Delgado, Ricardo	36	
		Condori Añamuro, Grimaldo	14	
		Condori Arque, Julio	20	
		Conza Medina, Juan	20	
		Cruz Quirita, Herver	13	
		Flores Huayta, Johnny	9	
		Gomez Quispe, Reymundo	16	
		Holgado Huaman, Basilio	14	
		Huamani Aviles, Jorge	9	
		Huisa Coaguila, Juan	20	
		Jimenez Valderrama, Cristhian	8	
		Loayza Choque, Juan	9	
		Lopez Payehuanca, Jesus	8	
		Lozada Ponce, Darwin	9	
		Mamani Quispe, Froilan	8	
		Melendres Palma, Carlos	20	
		Noñoncca Puma, Valerio	8	
		Palza Aco, Juan	28	
		Paredes Llerena, Helard	14	
		Pellco Tejada, Adolfo	8	
		Pereyra Belete, Humberto	20	
		Perez Heredia, Eduardo	15	
		Porras Torres, Julio	9	
		Portugal Aguedo, Rogers	14	
		Puma Mendoza, Daniel	9	
		Quispe Parizaca, Luis	9	
		Quispe, Raul	9	
		Rojas Calle, Midwar	13	
		Salas Portugal, Alfredo	15	
		Salas Tovar, Jesus	14	
		Solis Medina, Juan	14	
		Valencia Chavez, Howard	9	
		Valencia Zegarra, Jorge	20	
		Vargas Mamani, Jorge	15	
		Zapana Vilca, Jorge	37	
		Zela Sutti, Pablo	16	

Fuente: Recursos Humanos – Aceros Arequipa

El subproceso de acabados de barras está conformado por 03 encargados de turno que son las personas más capacitadas de la línea en cuanto al proceso, cuentan con un promedio de 18 años de experiencia en laminación, el personal operativo se divide en 50 operarios técnicos en mantenimiento de producción, mantenimiento eléctrico y mantenimiento electrónico, tienen una experiencia promedio de 14 años en el puesto, es preciso mencionar que el personal también cuenta con la experiencia para suplir puestos según la necesidad, en los subprocesos de cilindros y guiados, calentamiento de palanquillas y laminación y corte de barras.

En resumen, el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales está conformado por 132 personas, tienen una experiencia promedio de 16 años. La empresa le da gran importancia al desarrollo profesional y a la mejora continua; organiza constantemente capacitaciones, tiene implementados programas de sugerencias, equipos de alto desempeño y círculos de calidad. Es decir que aparte de la experiencia, la fuerza laboral está alineada a la mejora de procesos y cumple con los requerimientos en la línea de producción.

4.4. MEDICION DE INDICADORES

En base al diagnóstico situacional, los indicadores obtenidos en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en el año 2015 se muestran a continuación:

4.4.1. Indicadores operativos 2015

Seguidamente, se muestra los indicadores operativos 2015 obtenidos en el proceso de laminación y enderezado:

4.4.1.1. Laminación

En el cuadro 10, se muestra los indicadores de laminación de ángulos estructurales a doble hilo, obtenidos en el año 2015:

Cuadro 10 Indicadores de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

Indicador	Planificado 2015	Ejecutado
Rendimiento metálico	94.72%	93.24%
Ritmo trabajado	30.00 TM/hora	23.33 TM/hora
% Paradas imprevistas	10.00%	14.01%
Consumo gas natural	38.83 m3/TM	48.95 m3/TM
Chatarra producida	3.03%	4.62%
Consumo de energía	166.00 KWH/TM	187.06 KWH/TM
Tiempo cambio de perfil	15.00 horas	30.06 horas
Costo de transformación	126.21 \$/TM	169.02 \$/TM

Fuente: Indicadores 2015 – Aceros Arequipa

Como se puede apreciar, en lo que respecta al subproceso de laminación, ningún indicador cumplió con la meta planificada en el año 2015, es por ello, que se obtiene un costo de transformación mayor al planificado.

4.4.1.2. Enderezado

En el cuadro 11, se muestra los indicadores de enderezado de ángulos estructurales, obtenidos en el año 2015:

Cuadro 11 Indicadores de enderezado de ángulos estructurales – Año 2015

Indicador	Planificado 2015	Ejecutado
Rendimiento metálico	97.50%	97.04%
Ritmo trabajado	6.27 TM/hora	5.79 TM/hora
Cortos	1.28%	1.25%
Chatarra producida	1.71%	1.65%
Costo de transformación	45.16 \$/TM	60.13 \$/TM

Fuente: Indicadores 2015 – Aceros Arequipa

En el subproceso de enderezado de ángulos estructurales, no se cumple con los indicadores de rendimiento metálico y ritmo trabajado, si bien se cumple con los indicadores de cortos y chatarra generada estos no son determinantes porque si los cortos disminuyen aumenta la chatarra y viceversa, al disminuir la cantidad de cortos producidos, se disminuye la chatarra generada

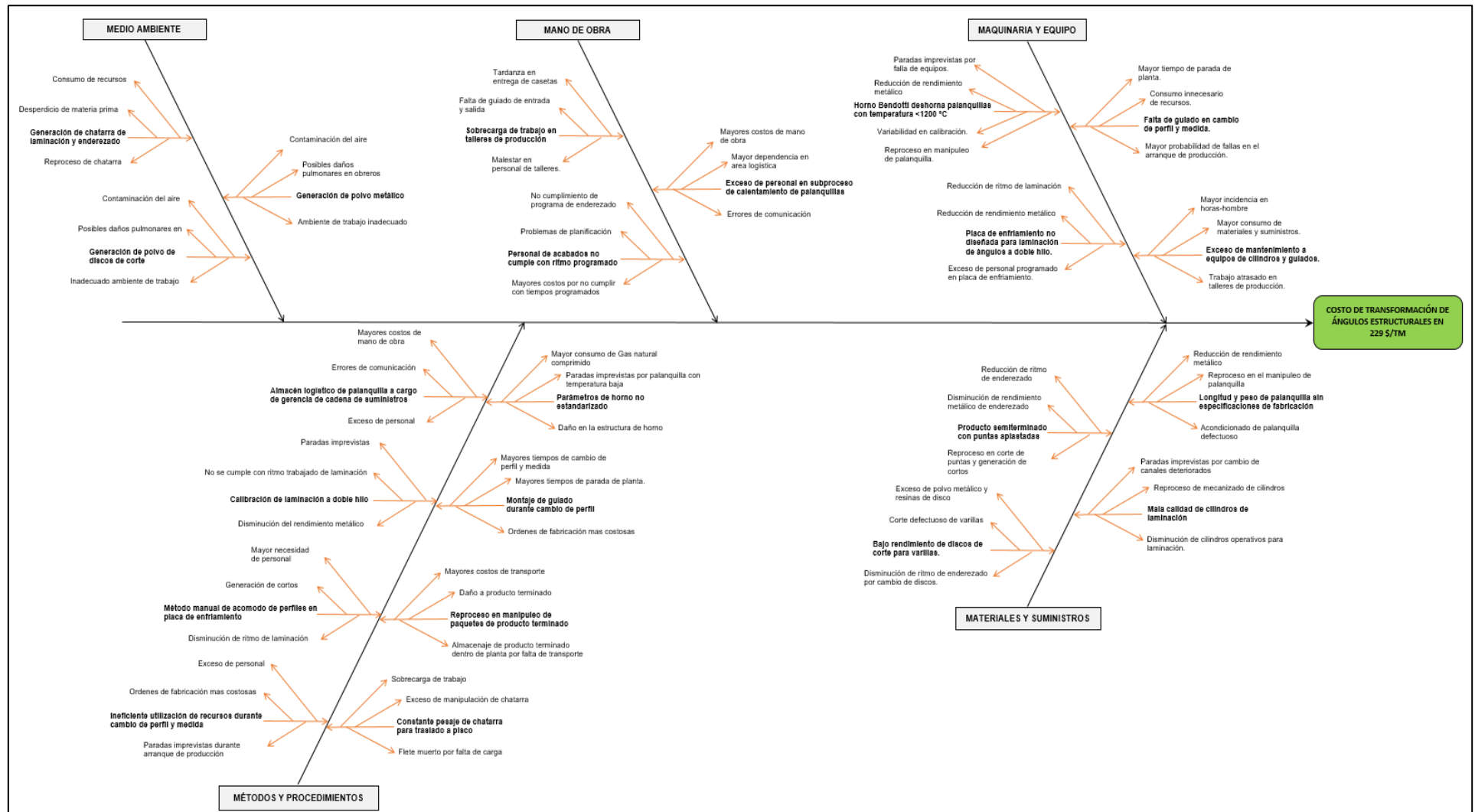
y por lógica aumenta el rendimiento metálico, disminuyendo el costo de transformación, por ello, este último es mayor al planificado en el año 2015.

4.5. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Se identifican los problemas del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales, utilizando el diagrama de Ishikawa basado en el diagnostico situacional:



Esquema 16 Diagrama de Ishikawa del proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015



Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar el diagrama de Ishikawa, se detectaron los siguientes problemas, como se observa en el cuadro 12, 13, 14, 15 y 16:

Cuadro 12 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

PROBLEMA IDENTIFICADO		INDICADOR AL QUE AFECTA	DESCRIPCIÓN
P1	Sobrecarga de trabajo en talleres de producción.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- Se origina a causa del laminado a doble hilo a partir de la pasada 14 del tren acabador se duplica la necesidad de guiado, casetas de laminación y de cilindros de laminación.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L5 Chatarra de laminación producida (%)	
		L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
		L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	
P2	Exceso de personal en subproceso de calentamiento de palanquillas.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- La demanda del año 2016 de Enero a Julio no cubre la totalidad de días de los meses, es por ello, que existen tiempos muertos que el personal del horno pueden absorber las actividades del personal logístico del almacén de palanquilla disminuyendo el costo que incurre el personal logístico en el costo de transformación.
P3	Personal de acabados no cumple con ritmo programado.	A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	- El material semiterminado entregado por laminación presenta puntas aplastadas y cortos que atrasan el ritmo trabajado del enderezado.
P4	Horno Bendotti deshorna palanquillas con temperatura <1200 °C	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- Las palanquillas que son deshornadas por debajo de la temperatura de laminación originan problemas en la línea de producción que afectan directamente al costo de transformación de laminación.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L5 Chatarra de laminación producida (%)	
		L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
P5	Falta de guiado en cambio de perfil y medida.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- La falta de guiado durante el cambio de producción origina demoras y problemas que afectan directamente a los indicadores mencionados.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
		L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 13 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

PROBLEMA IDENTIFICADO		INDICADOR AL QUE AFECTA	DESCRIPCIÓN
P6	Placa de enfriamiento no diseñada para laminación de ángulos a doble hilo.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- La placa de enfriamiento de la planta está diseñada para la laminación de barras corrugadas, pero por la necesidad del mercado esta se utiliza para la laminación de perfiles ocasionando que los estratos ingresen inadecuadamente a la placa produciendo amontonamientos y estratos doblados.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L5 Chatarra de laminación producida (%)	
		L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
		A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	
		A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
		A3 Cortos generados (%)	
		A4 Chatarra de enderezado producida (%)	
P7	Exceso de mantenimiento a equipos de cilindros y guiados.	L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	- Debido a que se duplica el trabajo de los talleres a causa de la laminación de ángulos estructurales a doble hilo.
P8	Longitud y peso de palanquilla sin especificaciones de fabricación.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- Al no contar con un estándar de acondicionado de palanquillas, se genera desperdicio en consumo de materia prima y gas natural comprimido, al no poder controlar la cantidad de varillas producidas por palanquilla laminada.
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
P9	Producto semiterminado con puntas aplastadas.	A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	- Al realizar el corte a medida en la placa de enfriamiento no se acomodan bien los estratos, ocasionando que las puntas de los estratos se aplasten y afecten al enderezado porque antes de que sean enderezadas tienen que cortarse las puntas para ingresar a la máquina.
		A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
		A3 Cortos generados (%)	
		A4 Chatarra de enderezado producida (%)	
P10	Mala calidad de cilindros de laminación.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- Los cilindros utilizados para la laminación de ángulos estructurales presentan muchas zonas blandas, las cuales, durante la laminación se desconchan, se rajan o se parten.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L5 Chatarra de laminación producida (%)	
		L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

PROBLEMA IDENTIFICADO		INDICADOR AL QUE AFECTA	DESCRIPCIÓN
P11	Bajo rendimiento de discos de corte para varillas.	A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	- Se sobreutiliza los discos de corte para el corte de puntas aplastadas.
P12	Generación de chatarra de laminación y enderezado.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- La chatarra generada en la laminación y enderezado de ángulos estructurales, es enviada a pisco para su reproceso ocasionando el uso de más recursos.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L5 Chatarra de laminación producida (%)	
		A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	
		A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
		A4 Chatarra de enderezado producida (%)	
P13	Generación de polvo metálico.	A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	- El enderezado de ángulos estructurales genera polvo metálico que contamina el aire y afecta a los operarios de enderezado.
P14	Generación de polvo de discos de corte.	A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	- El sobreconsumo de discos de corte genera polvo de resina que contamina el aire y afecta a los operarios de enderezado.
		A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
		A3 Cortos generados (%)	
P15	Almacén logístico de palanquilla a cargo de gerencia de cadena de suministros.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- El subproceso de calentamiento de palanquillas está a cargo de dos gerencias originando que no se cumplan con los requerimientos de producción. La demanda del primer semestre del año 2016 no cubre la totalidad de días de los meses, es por ello, que existen tiempos muertos que el personal del horno pueden absorber las actividades del personal logístico pudiendo disminuir el costo que incurre el personal logístico en el costo de transformación.
P16	Parámetros de horno no estandarizado.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- No se cuenta con un estándar de operación de los parámetros del horno para la laminación de ángulos estructurales, esto ocasiona que la palanquilla se caliente mucho se pierda peso y que la palanquilla no llegue a la temperatura de laminación originando problemas en la línea de producción.
		L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
		L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
		L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
		L5 Chatarra de laminación producida (%)	
		L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
		L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

PROBLEMA IDENTIFICADO	INDICADOR AL QUE AFECTA	DESCRIPCIÓN
P17 Calibración de laminación a doble hilo.	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	- Pasar de la laminación de ángulos estructurales a un hilo, a laminar a doble hilo, duplica la probabilidad de falla de la línea.
	L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
	L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
	L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
	L5 Chatarra de laminación producida (%)	
	L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
	L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	
	A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	
	A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
	A3 Cortos generados (%)	
P18 Montaje de guiado durante cambio de perfil.	A4 Chatarra de enderezado producida (%)	- El costo por parada es muy alto en la planta, es por ello, que los tiempos de cambio de producto o perfil deben ser eficientes, montar el guiado durante el cambio de perfil consume muchos recursos como mano de obra y tiempo, aumentando el costo de transformación.
	L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	
	L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
	L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
	L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
	L5 Chatarra de laminación producida (%)	
	L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
	L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	
	A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	
	A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
P19 Método manual de acomodo de perfiles en placa de enfriamiento.	A3 Cortos generados (%)	- La placa de enfriamiento no está diseñada para la laminación de perfiles, es por ello, que se utiliza mano de obra para el acomodo de los estratos en la placa, pero al ser manual no asegura que el 100% de los estratos se corten a medida y se genera gran cantidad de puntas aplastadas que afectan al enderezado.
	A4 Chatarra de enderezado producida (%)	
	L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	
	L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
	L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
	A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	
	A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	
	A3 Cortos generados (%)	
	A4 Chatarra de enderezado producida (%)	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16 Problema identificados en el proceso de laminación de ángulos estructurales – Año 2015

PROBLEMA IDENTIFICADO	INDICADOR AL QUE AFECTA	DESCRIPCIÓN
P20 Reproceso en manipuleo de paquetes de producto terminado.	A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	- Los ángulos estructurales terminados son trasladados utilizando un camión al almacén logístico dentro de planta, generando exceso de manipuleo que puede dañar el material.
	A3 Cortos generados (%)	
	A4 Chatarra de enderezado producida (%)	
P21 Ineficiente utilización de recursos durante cambio de perfil y medida.	L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	- Al realizar el cambio de producto o perfil se utiliza gran cantidad de mano de obra para el montaje de guiado y casetas, aumentando el tiempo, el cual, se traduce en el aumento del costo de transformación.
	L3 Paradas imprevistas laminación (%)	
	L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	
	L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	
	L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	

Fuente: Elaboración propia





V. **CAPITULO V PROPUESTA DE MEJORA**

5.1. OBJETIVO DE LA PROPUESTA

- Mejorar el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa.
- Disminuir el costo de transformación de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa.

5.2. PROPUESTAS DE SOLUCION

5.2.1. ANALISIS DE LOS PROBLEMAS

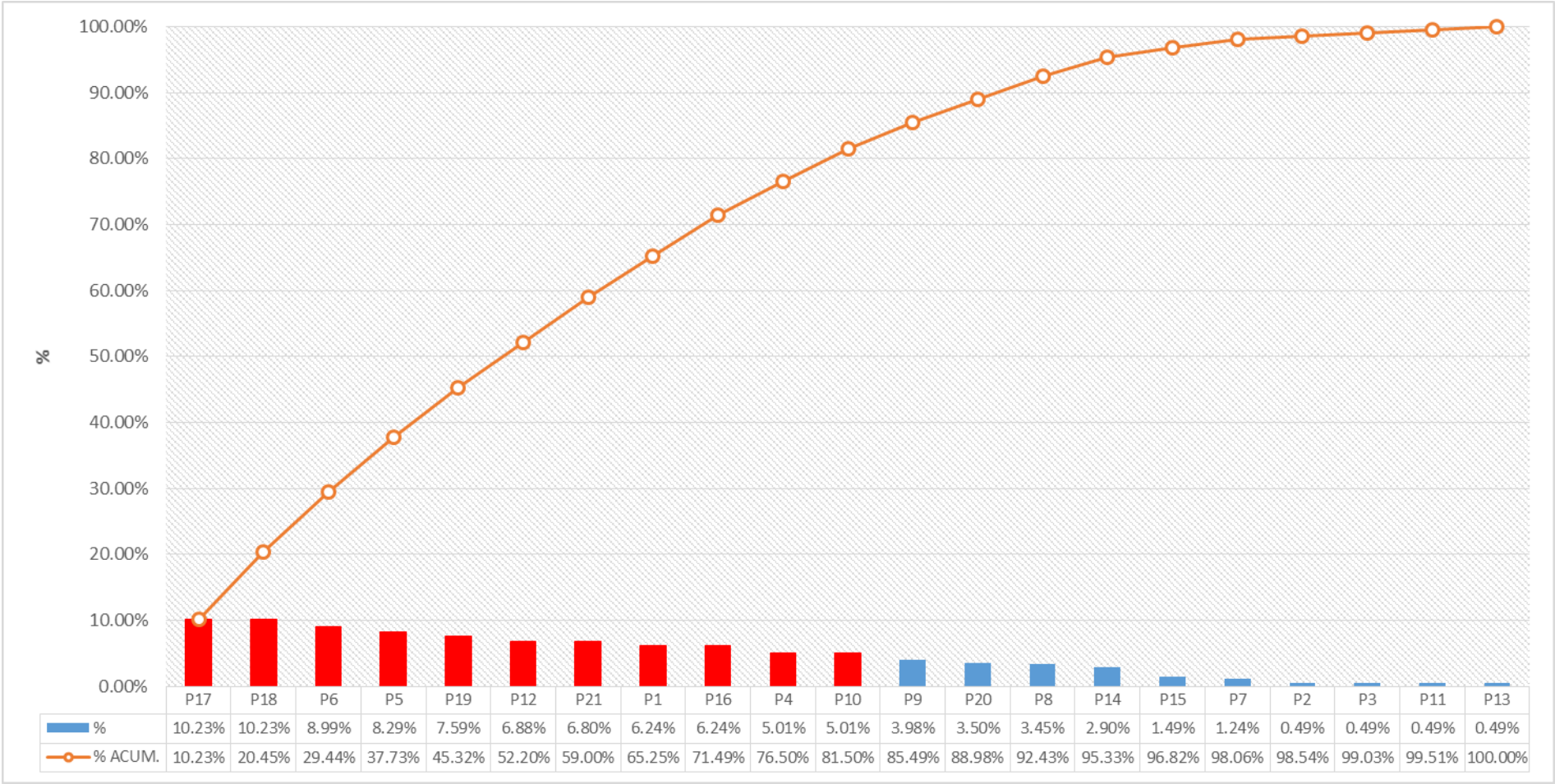
Según los costos determinados en los cuadros 3 y 4 del punto 3.3.1.8.; y los cuadros 5 y 6 del punto 3.3.2.5.; los problemas identificados en el diagrama de Ishikawa están asociados a ratios a los costos que afecta; y a partir del costo que se incurre en cada ratio se determina el costo unitario por problema; con esta información se calcula los porcentajes totales y acumulados por problema y se realiza el diagrama de Pareto con el objeto de analizar los problemas más representativos en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa como se muestra en el cuadro 17:

Cuadro 17 Análisis de costo unitario por problema identificado – Año 2015

PROBLEMA IDENTIFICADO		COSTO UNITARIO	%	% ACUM.
P17	Calibración de laminación a doble hilo.	52.79 \$/tonelada	10.23 %	10.23%
P18	Montaje de guiado durante cambio de perfil.	52.79 \$/tonelada	10.23 %	20.45%
P6	Placa de enfriamiento no diseñada para laminación de ángulos a doble hilo.	46.39 \$/tonelada	8.99%	29.44%
P5	Falta de guiado en cambio de perfil y medida.	42.81 \$/tonelada	8.29%	37.73%
P19	Método manual de acomodo de perfiles en placa de enfriamiento.	39.16 \$/tonelada	7.59%	45.32%
P12	Generación de chatarra de laminación y enderezado.	35.52 \$/tonelada	6.88%	52.20%
P21	Ineficiente utilización de recursos durante cambio de perfil y medida.	35.13 \$/tonelada	6.80%	59.00%
P1	Sobrecarga de trabajo en talleres de producción.	32.23 \$/tonelada	6.24%	65.25%
P16	Parámetros de horno no estandarizado.	32.23 \$/tonelada	6.24%	71.49%
P4	Horno Bendotti deshorna palanquillas con temperatura <1200 °C	25.84 \$/tonelada	5.01%	76.50%
P10	Mala calidad de cilindros de laminación.	25.84 \$/tonelada	5.01%	81.50%
P9	Producto semiterminado con puntas aplastadas.	20.55 \$/tonelada	3.98%	85.49%
P20	Reproceso en manipuleo de paquetes de producto terminado.	18.04 \$/tonelada	3.50%	88.98%
P8	Longitud y peso de palanquilla sin especificaciones de fabricación.	17.80 \$/tonelada	3.45%	92.43%
P14	Generación de polvo de discos de corte.	14.97 \$/tonelada	2.90%	95.33%
P15	Almacén logístico de palanquilla a cargo de gerencia de cadena de suministros.	7.68 \$/tonelada	1.49%	96.82%
P7	Exceso de mantenimiento a equipos de cilindros y guiados.	6.40 \$/tonelada	1.24%	98.06%
P2	Exceso de personal en subproceso de calentamiento de palanquillas.	2.51 \$/tonelada	0.49%	98.54%
P3	Personal de acabados no cumple con ritmo programado.	2.51 \$/tonelada	0.49%	99.03%
P11	Bajo rendimiento de discos de corte para varillas.	2.51 \$/tonelada	0.49%	99.51%
P13	Generación de polvo metálico.	2.51 \$/tonelada	0.49%	100.00%
TOTAL		516.21 \$/tonelada	100.00 %	

Fuente: Elaboración propia

Esquema 17 Diagrama de Pareto de problemas por costo unitario identificados en el proceso de laminación y enderezado – Año 2015



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el esquema 17, el P17 “Calibración de laminación a doble hilo”, P18 “Montaje de guiado durante de cambio de perfil”, P6 “Placa de enfriamiento no diseñada para laminación de ángulos a doble hilo”, P12 “Generación de chatarra de laminación y enderezado”, P1 “Sobrecarga de trabajo en talleres de producción”, P16 “Parámetros de horno no estandarizado”, P4 “Horno Bendotti deshorna palanquillas con temperatura $<1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”, P10 “Mala calidad de cilindros de laminación”, P5 “Falta de guiado en cambio de perfil y medida” P21 “Ineficiente utilización de recursos durante cambio de perfil y medida” y P19 “Método manual de acomodo de perfiles en placa de enfriamiento”; todos estos problemas representan el 81.50% del total de costo unitario generado por sobreconsumos, de igual forma afectan a todos los indicadores del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales.

5.2.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

En base al diagrama de Pareto, se extraen los problemas más representativos en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, se proponen alternativas de solución para mitigar estos problemas como se muestra en el cuadro 18:

Cuadro 18 Alternativas de solución – Año 2015

PROBLEMAS	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN
P17 Calibración de laminación a doble hilo.	- Estandarizar calibración a un hilo. - Control de mecanizado (Poka Yoke). - Control de montaje de guías (Poka Yoke). - Control de temperaturas (Poka Yoke). - Control de peso palanquilla acondicionada (Control estadístico de proceso). - Control de peso y longitud de palanquilla (Control estadístico de proceso). - Control de calibración (Poka Yoke). - Control de estratos en placa de enfriamiento (Poka Yoke).
P18 Montaje de guiado durante cambio de perfil.	- Estandarizar calibración a un hilo. - Control de montaje de guías (Poka Yoke). - Control de calibración (Poka Yoke). - Montaje de guiado en talleres de producción (SMED).
P6 Placa de enfriamiento no diseñada para laminación de ángulos a doble hilo.	- Estandarizar calibración a un hilo.
P12 Generación de chatarra de laminación y enderezado.	- Estandarizar calibración a un hilo.
P1 Sobrecarga de trabajo en talleres de producción.	- Estandarizar calibración a un hilo. - Control de montaje de guías (Poka Yoke). - Control de calibración (Poka Yoke). - Montaje de guiado en talleres de producción (SMED).
P16 Parámetros de horno no estandarizado.	- Control de temperaturas (Poka Yoke).
P4 Horno Bendotti deshorna palanquillas con temperatura <1200 °C	- Control de temperaturas (Poka Yoke).
P10 Mala calidad de cilindros de laminación.	- Control de mecanizado (Poka Yoke).
P5 Falta de guiado en cambio de perfil y medida.	- Estandarizar calibración a un hilo. - Control de montaje de guías (Poka Yoke). - Control de calibración (Poka Yoke). - Montaje de guiado en talleres de producción (SMED).
P19 Método manual de acomodo de perfiles en placa de enfriamiento.	- Estandarizar calibración a un hilo.
P21 Ineficiente utilización de recursos durante cambio de perfil y medida.	- Estandarizar calibración a un hilo. - Control de montaje de guías (Poka Yoke). - Control de calibración (Poka Yoke). - Montaje de guiado en talleres de producción (SMED).

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. SELECCIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA

Al plantear alternativas de solución a los problemas más representativos del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales, se seleccionaron las siguientes alternativas, considerando que tienen como alcance la solución de los problemas más significativos determinados en los análisis de Ishikawa y Pareto representados en el esquema 16 y 17:

- Estandarizar calibración a un hilo.
- Control de mecanizado (Poka Yoke).
- Control de montaje de guías (Poka Yoke).
- Control de temperaturas (Poka Yoke).
- Control de peso palanquilla acondicionada (Control estadístico de proceso).
- Control de peso y longitud de palanquilla (Control estadístico de proceso).
- Control de calibración (Poka Yoke).
- Control de estratos en placa de enfriamiento (Poka Yoke).
- Montaje de guiado en talleres de producción (SMED).

5.2.4. ANALISIS DE LA PROPUESTA

Al seleccionar las propuestas de mejora para el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, se realizara el análisis de las propuestas utilizando las 4M's con el objeto de identificar su viabilidad basada en el análisis de mano de obra, material, maquinaria y equipo; y método como se muestra en los cuadros 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27:

Cuadro 19 Análisis 4M's propuesta “Estandarizar calibración a un hilo”

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
1 Estandarizar calibración a un hilo.	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Se cuenta con cilindros de laminación, casetas, guiado, palanquilla y fuentes de energía necesaria para el cumplimiento de los requerimientos.
	Maquinaria y equipo	El tren de laminación está diseñado y cumple con los requerimientos necesarios para la laminación de ángulos estructurales.
	Método	Actualmente se utiliza una calibración de doble hilo para la laminación de ángulos estructurales; así como; los controles e inspecciones. Se cuenta con una hoja de proceso para la laminación a dos hilos.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20 Análisis 4M's propuesta “Control de mecanizado”

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
2 Control de mecanizado (Poka Yoke).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Se mantiene un stock suficiente de cilindros de laminación nuevos como mecanizados con las formas para la laminación de ángulos estructurales.
	Maquinaria y equipo	El taller de mecanizado cuenta con los equipos necesarios (tornos, fresa, esmeril, cepillo y equipos de medición calibrados) para cubrir el requerimiento de cilindros y consumibles necesarios.
	Método	Se mantendrá el método de operación, control e inspección que se utilizaba en el mecanizado de cilindros a doble hilo, se cuenta con líquidos penetrantes para el análisis de la estructura del cilindro para prevenir paradas imprevistas durante la laminación. Es preciso mencionar que se cuenta con procedimientos de operación y control; así como; las actividades están dentro de la matriz de riegos.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21 Análisis 4M's propuesta "Control de montaje de guías"

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
3 Control de montaje de guías (Poka Yoke).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Se mantiene un stock suficiente de guiado de entrada y salida secas y de rodillos para satisfacer la demanda para la laminación de ángulos estructurales.
	Maquinaria y equipo	El taller de guiados cuenta con la maquinaria y equipos suficientes para el desarrollo de sus actividades de montaje y mantenimiento de guiado; así como; equipos de medición calibrados.
	Método	Se mantendrá el método de operación, control e inspección que se utilizaba en el montaje y mantenimiento de guiado, se cuenta con los consumibles necesarios para cambio. Se implementara controles de medidas y registros para el desarrollo de las inspecciones; así como; un programa de interacción entre los talleres de casetas y guiados para el montaje. Es preciso mencionar que se cuenta con procedimientos de operación y control; así como; las actividades están dentro de la matriz de riegos.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22 Análisis 4M's propuesta "Control de temperaturas"

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
4 Control de temperaturas (Poka Yoke).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	El stock de gas natural comprimido y mezcla de petróleo (R500 + IFO) es suficiente para el calentamiento del horno.
	Maquinaria y equipo	Se cuenta con pirómetros estacionarios y portátiles para el control de temperaturas en diferentes puntos de la línea de producción, así como; un horno Bendotti automatizado con un ritmo de deshornamiento de 40 toneladas/hora los cuales interactúan con el software danielli que permite un control en línea.
	Método	No se cuenta con estándares de control de temperaturas que permitan mantener control de la temperatura de la palanquilla en la línea de producción. Es preciso mencionar que se cuenta con procedimientos de operación y control; así como; las actividades están dentro de la matriz de riegos.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 23 Análisis 4M's propuesta "Control de peso palanquilla acondicionada"

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
5 Control de peso palanquilla acondicionada (Control estadístico de proceso).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	La palanquilla nacional que es procesada en Pisco, presenta longitud y peso variable.
	Maquinaria y equipo	Se cuenta con cangrejos de corte para el método manual y una máquina de corte semiautomático. Se tiene balanzas calibradas y con certificado de calibración con la capacidad necesaria para el pesaje de palanquillas.
	Método	No se cuenta con estándares de corte de palanquilla; método de inspección; ni un adecuado control del peso. La especificación de peso y longitud es estándar para todos los perfiles.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24 Análisis 4M's propuesta "Control de peso y longitud de palanquilla"

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
6 Control de peso y longitud de palanquilla (Control estadístico de proceso).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Se cuenta con el stock necesario de palanquilla importada y nacional.
	Maquinaria y equipo	Se cuenta con cangrejos de corte para el método manual y una máquina de corte semiautomático. Se tiene balanzas calibradas y con certificado de calibración con la capacidad necesaria para el pesaje de palanquillas.
	Método	No se cuenta con estándares de corte de palanquilla; método de inspección; ni un adecuado control del peso. La especificación de peso y longitud es estándar para todos los perfiles.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25 Análisis 4M's propuesta "Control de calibración"

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
7 Control de calibración (Poka Yoke).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Stock de probetas para pase de pruebas y calibración del tren de laminación.
	Maquinaria y equipo	Se cuenta con el equipo necesario para el pase de pruebas; tren de laminación; equipos de medición calibrados y equipos de calentamiento de probetas.
	Método	Se utilizara los mismos registros de control e inspección de calibración del tren de laminación a doble hilo modificando la calibración a un hilo actualizando la hoja de proceso.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26 Análisis 4M's propuesta "Control de estratos en la placa de enfriamiento"

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
8 Control de estratos en placa de enfriamiento (Poka Yoke).	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Estratos de ángulos estructurales con peso y longitud por encima o por abajo del peso y longitud permitida; así como; no cumplen con el número y longitud especificados de estratos.
	Maquinaria y equipo	La placa de enfriamiento cumple con las especificaciones para la laminación de ángulos estructurales. Se cuenta con un software Danielli que realiza el control del número y longitud de estratos en la placa de enfriamiento.
	Método	No se utiliza el software de control de estratos y esto sumado al inadecuado acondicionado de palanquilla, no se cumple con el varillaje programado. La hoja de proceso no contempla las especificaciones de número y medida del último corte de estratos.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 27 Análisis 4M's propuesta “Montaje de guiado en talleres de producción”

PROPUESTA	M	DESCRIPCIÓN
9 Montaje de guiado en talleres de producción (SMED)	Mano de obra	El personal es suficiente y está capacitado para el desarrollo de la propuesta, dentro del staff se cuenta con ingenieros, técnicos y operarios con la suficiente experiencia y el tiempo suficiente para el desarrollo de las actividades.
	Material	Se cuenta con cilindros de laminación, casetas y guiado necesarios para el requerimiento.
	Maquinaria y equipo	Los talleres cuentan con los equipos necesarios para el montaje de guiado en los talleres de producción.
	Método	Se realiza el montaje de guiado durante el cambio de perfil y medida ocasionando demoras e incurriendo en mayores costos de transformación.

Fuente: Elaboración propia



Las propuestas de solución están alineadas a la misión y visión de la empresa porque está acorde de la innovación tecnológica, la mejora continua y el desarrollo humano; así como; ofrecer productos de calidad rentables.

Como principal objetivo a corto y mediano plazo, se plantea la reducción de costos para el año 2016; las propuestas planteadas buscan disminuir el costo de transformación mediante la mejora del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales mediante la mejora continua y el uso de sinergias.

Al realizar el análisis de las propuestas, podemos concluir que es factible económicamente, ya que se cuenta con los recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios para la implementación de las alternativas de solución propuestas.

Es preciso mencionar, que todas las alternativas de solución están alineadas a mejorar el método y la estandarización del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa utilizando la calibración a un hilo. El uso de los controles de inspecciones manuales y electrónicos en la línea de producción con el objeto de adelantarse a cualquier imprevisto asegurando la máxima eficiencia de la línea de producción.

Todas las soluciones se plantean con el objetivo de disminuir el costo de transformación del proceso de laminación y enderezado, cumpliendo con la política de reducción de costos adoptada para el año 2016.

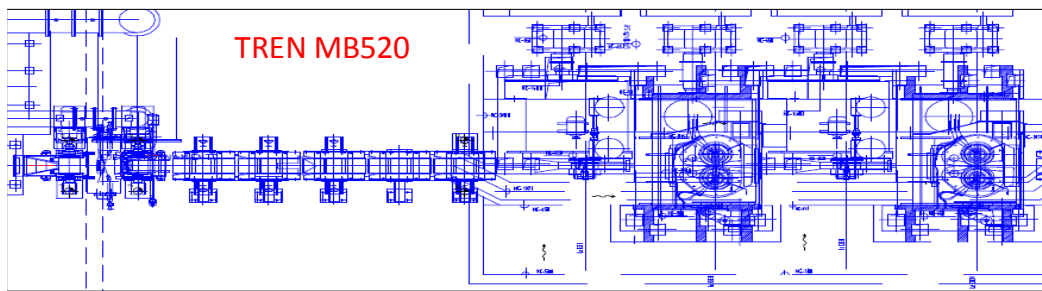
En cuanto al cumplimiento de indicadores, las alternativas de solución fueron planteadas para mejorar los ratios operativos del año 2015.

5.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Debemos considerar que las propuestas planteadas, están sujetas a mejorar los ratios de laminación y enderezado, todas están relacionadas; es decir; eliminando las paradas imprevistas, se reduce la probabilidad de generar barras trabadas que aumentan el rendimiento metálico haciendo más eficiente el consumo de gas natural comprimido y energía, disminuyendo el tiempo de paradas de planta y aumentando el ritmo trabajado de producción. A continuación se realizara el desarrollo de las propuestas planteadas para mejorar el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa:

5.3.1. Estandarizar calibración a un hilo

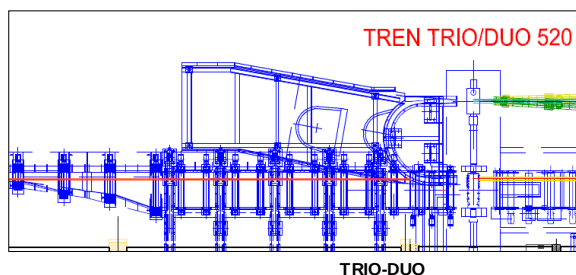
En lo que respecta a la laminación de ángulos estructurales, trabajaremos con la estandarización de tres productos: ángulos A36 de 20.0mm x 2.0mm, ángulo A36 20.0mm x 2.5mm y ángulos A36 de 20.0mm x 3.0mm; la línea de producción de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa cuenta con tres trenes de laminación: MB520, Trio-Duo y Acabador Pomini. Los trenes de laminación MB520 y Trio-Duo son de reducción y el Acabador Pomini es acabador. Utilizando la configuración de motores de todos los trenes, los cuales se muestran en el esquema 18, 19 y 20:

Esquema 18 Configuración del tren MB520


	C.1 H	C.2 V	C.3 H	C.4 V
POTENCIA MOTOR	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw
GEAR RATIO	48.0	33.0	30.0	24.0
POTENCIA CAJA REDUCTORA	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%
DIAMETRO CILINDRO	< 520 mm > 480 mm	< 520 mm > 480 mm	< 520 mm > 480 mm	< 520 mm > 480 mm
VELOCIDAD LINEAL	0.4 m/s	0.5 m/s	0.75 m/s	0.9 m/s

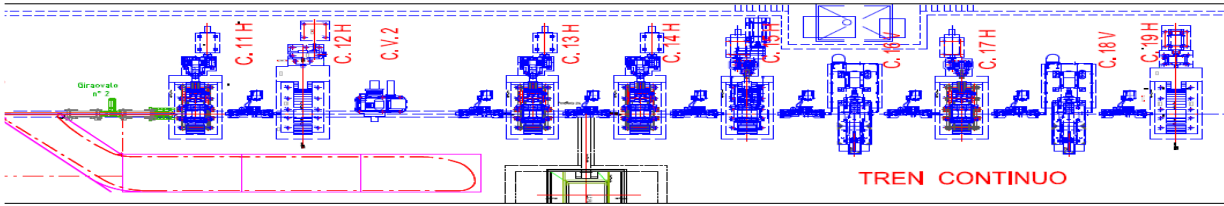
Fuente: Laminación CAASA

Esquema 19 Configuración del tren Trio - Duo



POTENCIA MOTOR	1000 kw
GEAR RATIO	7.5 Kw
POTENCIA CAJA REDUCTORA	1000 kw Factor de diseño: 40%
DIAMETRO CILINDRO	< 520 mm > 480 mm
VELOCIDAD LINEAL	2.99 m/s

Fuente: Laminación CAASA

Esquema 20 Configuración del tren Acabador Pomini


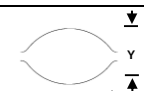
El diagrama muestra la configuración del tren Acabador Pomini, un sistema de laminación continuo. Se ilustra la trayectoria de la palanquilla a través de diez pasadas (C.11 H a C.19 H) y una pasada vertical (C.16 V). Cada pasada está equipada con un motor de 400 kW. El diagrama también muestra la palanquilla de entrada y salida, y la configuración de los cilindros de laminación.

	C. 11 H	C.12 H	C.13 H	C.14 H	C.15 H	C.16 V	C.17 H	C.18 V	C.19 H
POTENCIA MOTOR	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw	400 kw
GEAR RATIO	7.26	5.48	5.48	4.12	3.17	2.025	2.057	1.761	1.62
POTENCIA CAJA REDUCTORA	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%	300 kw Factor de diseño: 25%
DIAMETRO CILINDRO	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 290 mm	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 280 mm	< 330 mm > 290 mm
VELOCIDAD LINEAL	max 3.37 m/s min 1.09 m/s	max 3.85 m/s min 1.32 m/s	max 4.92 m/s min 2.01 m/s	max 5.85 m/s min 2.03 m/s	max 8.45 m/s min 2.45 m/s	max 8.64 m/s min 3.23 m/s	max 11.1 m/s min 3.7 m/s	max 11.91 m/s min 4.41 m/s	max 12.81 m/s min 4.83 m/s

Fuente: Laminación CAASA

Al recopilar los datos de la configuración de motores del tren de laminación, estos son ingresados al simulador de laminación “HSC”; el cual; ayuda a modelar las pasadas a utilizar en cada tren. El tren MB520, recibe una palanquilla de sección 130 x 130 mm; cuenta con un tallado cajón, canto, óvalo y cuadrado, estandarizada para todos los perfiles, cuenta con cuatro pasadas, la primera y tercera verticales; y las segunda y cuarta horizontales; estas pasadas son alimentadas por cuatro motores de 400 Kw respectivamente. El objetivo de las pasadas verticales es la laminación de las caras superior e inferior de la palanquilla; y las pasadas horizontales la laminación de las caras laterales. La calibración obtenida en el simulador es la siguiente:

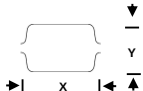
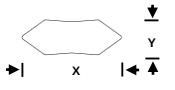
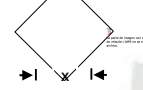
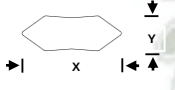
Cuadro 28 Calibración del Tren MB520

CASETA	FORMA	DIMENSIONES						TALLADO DE CANALES	PORCENTAJE DE CARGA (%)
		Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción (%)	Elongación	Luz (mm)			
						S/BARRA	C/BARRA		
MB - 1		148,9 x 98,6 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	13865,23	17,79	1,216	5,6	7,6	Cajón 132,5 x 46,5	80 – 85
MB - 2		106,6 x 119,3 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	12068,84	12,96	1,149	16,6	18,6	Canto 106,7 x 45,0	80 – 85
MB - 3		135,0 x 83,1 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	8291,55	31,29	1,455	11,1	13,1	Óvalo 135,0 x 36,0	95 – 100
MB - 4		79,5 Diagonal: 102,5 Tolerancia: X = ± 2,0 mm	6197,89	25,25	1,338	8,3	10,3	Cuadrado 79,5 x 47,1	60 - 65

Fuente: Simulador HSC

Como podemos apreciar en el cuadro 28, el tren MB520 nos entrega un cuadrado de 79.5 mm de sección, el cual se dirige al tren Trio-Duo mediante un transferidor de palanquilla. El tren Trio-Duo cuenta con dos casetas que son alimentadas por un motor de 1000 Kw, el tallado utilizado es el trio, recibe este nombre porque consta de tres cilindros de laminación; es cajón, ovalo sueco, cajón, y ovalo sueco. De igual forma, se tiene la caseta duo, recibe este nombre porque la caseta cuenta con dos cilindros de laminación., el tallado que utiliza para la laminación de ángulos estructurales es el cuadrado de 28 mm. En lo que respecta al trio, las pasadas utilizadas son estándar para todos los perfiles, en cambio el duo utiliza este tallado solamente para ángulos estructurales de 20 mm. La calibración obtenida en el simulador se muestra en el cuadro 29:

Cuadro 29 Calibración del Tren Trio - Duo

CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	AMPERAJE MAX - PICO (A)
		Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción (%)	Elongación	Luz (mm)		
5 ^{to} Pase		88,9 x 60,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	4612,25	25,58	1,344	11,0	Cajón 82,0 x 24,5	110
6 ^{to} Pase		105,8 x 39,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	3031,75	36,27	1,569	8,2	Óvalo sueco 99,0 x 14,0	
7 ^{mo} Pase		45,3 Diagonal: 55,3 Tolerancia: X = ± 1,0 mm	2052,17	32,31	1,477	11,4	Cuadrado 47,0	
8 ^{vo} Pase		60,8 x 23,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	1263,95	38,41	1,624	7,2	Óvalo sueco 62,0 x 7,0	
Dúo		29,5 Diagonal: Tolerancia: X = ± 0,5 mm	894,27	29,25	1,413	5,8	Cuadrado de 28	

Fuente: Simulador HSC

El tren Acabador Pomini, recepciona una barra cuadra de sección 28 mm, el tren cuenta con nueve pasadas que son alimentadas con motores de 400 kw, en la laminación de ángulos estructurales se utiliza la pasada 11 con un tallado de ovalo, la pasada 12 con un tallado cuadrado, la pasada 13 con un tallado ovalo, la pasada 14 con un tallado redondo, la pasada 15 con un tallado primera forma, la pasada 16 con un tallado segunda forma, la pasada 17 con un tallado tercera forma y finalmente la pasada 19 con el tallado acabador de ángulo. Como su nombre lo indica este tren tiene la función de dar el acabado final a la varilla para convertirlo en producto semiterminado, el cual, es entregado a la placa de enfriamiento para su corte. La calibración obtenida en el simulador para los ángulos estructurales de 20.0mm x 2.0mm, 20.0mm x 2.5mm y 20.0mm x 3.0mm se muestran en los cuadros 30, 31 y 32:

Cuadro 30 Calibración del Tren Acabador Pomini – Ángulo 20.0mm x 2.0mm

CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	PORCENTAJE DE CARGA (%)
		Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción	Elongación	Luz (mm)		
Caseta 11		44,5 x 15,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	561,14	35,7	1,579	4,0	Ovalo de 55 x 5,5	70 - 75
Caseta 12		21,6 Diag. 26,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	424,3	24,07	1,322	3,0	Cuadrado de 18	60 – 65
Caseta 13		34,5 x 11,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	347,95	34,51	1,527	3,0	Ovalo de 32 x 3,2	55 – 60
Caseta 14		16,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	254,46	21,8	1,28	2,0	Redondo de 18	45 – 50
Caseta 15		25,0 x 13,1 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	180,09	29,13	1,41	3,0	Primera forma Angulo de 20	45 – 50
Caseta 16		28,4 x 4,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	138,25	25,0	1,30	2,0	Segunda forma Angulo de 20	45 – 50
Caseta 17		29,5 x 3,1 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	127,86	5,9	1,08	2,0	Tercera forma Angulo de 20	55 – 60
Caseta 19		20,0 x 2,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,1 mm	110,41	13,65	1,158	4,2	Acabador Angulo de 20	85 - 90

Fuente: Simulador HSC

Cuadro 31 Calibración del Tren Acabador Pomini – Ángulo 20.0mm x 2.5mm

CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	PORCENTAJE DE CARGA (%)
		Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción	Elongación	Luz (mm)		
Caseta 11		44,5 x 15,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	561,14	35,7	1,579	4,0	Ovalo de 45 x 5,5	70 - 75
Caseta 12		21,6 Diag. 26,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	424,3	24,07	1,322	3,0	Cuadrado de 18	60 – 65
Caseta 13		34,5 x 11,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	347,95	34,51	1,527	3,0	Ovalo de 32 x 3,2	55 – 60
Caseta 14		16,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	254,46	21,8	1,28	2,0	Redondo de 18	45 – 50
Caseta 15		25,0 x 11,4 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	180,09	29,13	1,41	3,0	Primera forma Angulo de 20	45 – 50
Caseta 16		28,0 x 4,4 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	138,25	25,0	1,30	2,0	Segunda forma Angulo de 20	45 – 50
Caseta 17		29,3 x 3,3 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	127,86	5,9	1,08	2,0	Tercera forma Angulo de 20	55 – 60
Caseta 19		20,0 x 2,5 Tolerancia: X,Y = ± 0,1 mm	110,41	13,65	1,158	4,2	Acabador Angulo de 20	85 - 90

Fuente: Simulador HSC

Cuadro 32 Calibración del Tren Acabador Pomini – Ángulo 20.0mm x 3.0mm

CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO
		Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción	Elongación	Luz (mm)		
Caseta 11		44,5 x 15,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	561,14	35,7	1,579	4,0	Ovalo de 45 x 5,5	70 - 75
Caseta 12		21,6 Diag. 26,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	424,3	24,07	1,322	3,0	Cuadrado de 18	60 – 65
Caseta 13		28,2 x 14,2 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	347,95	34,51	1,527	3,0	Ovalo de 32 x 3,2	55 – 60
Caseta 14		18,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	254,46	21,8	1,28	2,0	Redondo de 18	45 – 50
Caseta 15		25,5 x 11,5 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	180,09	29,13	1,41	3,0	Primera forma Angulo de 20	45 – 50
Caseta 16		28,7 x 4,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	138,25	25,0	1,30	2,0	Segunda forma Angulo de 20	45 – 50
Caseta 17		29,0 x 3,5 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	127,86	5,9	1,08	2,0	Tercera forma Angulo de 20	55 – 60
Caseta 19		20,0 x 3,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,1 mm	110,41	13,65	1,158	4,2	Acabador Angulo de 20	85 - 90

Fuente: Simulador HSC

Finalmente, luego de que la palanquilla pasa por los trenes MB520, Trio-Duo y Acabador Pomini, se entrega una varilla de ángulos estructurales con medidas 20.0mm x 2.0mm, 20.0mm x 2.5mm y 20.0mm x 3.0mm.

5.3.2. Establecimiento de controles

5.3.2.1. Control de mecanizado (Poka Yoke)

En la laminación de ángulos estructurales de 20.0 en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, el defecto son los sobre costo asociados a los indicadores que se muestran en el cuadro 33:

Cuadro 33 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio en mecanizado de cilindros

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
TOTAL	25.84 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

Los errores por mecanizado son detectados en la línea de laminación incurriendo en paradas imprevistas, están asociados al error humano y son:

- Error por canales mal torneados en acabadores.
- Error por canales dañados en acabadores durante laminación (descorchados y rajados).

Como se puede apreciar en el diagrama de Ishikawa, se debe a la mala calidad de cilindros utilizados en los acabadores, actualmente se cuenta con un stock de cilindros de la marca XINGTAI asociado a los problemas de calidad y estos cilindros deben ser utilizados porque la fabricación de nuevos implica un tiempo de entrega de 6 meses desde que ingresa la orden de compra, por ello, se debe incidir en el control durante la operación de mecanizado de cilindros. Para determinar las inspecciones a implementar para mitigar los errores, utilizamos la herramienta 5W + 2H:

Cuadro 34 Análisis 5W + 2H – Mecanizado de cilindros

¿What?	¿Qué?	Eliminar las paradas imprevistas por mecanizado de cilindros de laminación.
¿Why?	¿Por qué?	Aumento del costo de transformación en la línea de producción por canales mal torneados y dañados.
¿Who?	¿Quién?	- Supervisor de Mecanizado de Cilindros. - Tornero –Fresador.
¿When?	¿Cuándo?	Durante el mecanizado de cilindros acabadores de ángulos estructurales de 20.0
¿Where?	¿Dónde?	Taller de mecanizado de cilindros
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 25.84 \$/tonelada.
¿How?	¿Cómo?	- Inspección de mecanizado de canales utilizando plantillas. - Implementar hoja de evaluación de cilindros para inspección de canales. - Evaluación de canales con líquidos penetrantes. - Pintado de canales operativos e inoperativos.

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el cuadro 34, para disminuir el defecto de paradas imprevistas por mecanizado de cilindros, se realizara inspecciones en la fuente, en este caso en el taller de mecanizado de cilindros, con el objetivo de prevenir paradas imprevistas en la línea de producción, eliminando el riesgo. Se implementara las siguientes inspecciones:

- La validación de canales operativos o descarte de canales inoperativos utilizando plantillas de tallado acabador de ángulos estructurales de 20.0 con el objetivo de identificar canales mal torneados, antes que ingresen a la línea de laminación.
- La implementación de la hoja de evaluación de cilindros donde se identifica los canales operativos y descartados de cada pareja, pintando los canales operativos azules y los canales inoperativos rojos, de igual forma, debe figurar en la hoja de inspección.
- Utilizar líquidos penetrantes para identificar canales con rajaduras, fisuras, etc.

5.3.2.2. Control de montaje de guías (Poka Yoke)

El montaje de guiado de entrada y salida es parte fundamental de la laminación de ángulos estructurales de 20.0, el defecto son los sobrecosto asociados a los indicadores que se muestran en el cuadro 35:

Cuadro 35 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio en montaje de guías

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
TOTAL	25.84 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

Los errores montaje de guiado son detectados durante la laminación; están asociadas al error humano y son:

- Error por mal montaje de guiado de entrada y salida.
- Error por falla de guiado de entrada y salida.
- Error por demora en preparación de guiado de entrada y salida.
- Error por mal montaje de guardas.

Según el análisis realizado utilizando el diagrama de Ishikawa, estos problemas se generan a causa de la sobrecarga de trabajo en los talleres de producción, por falta de tiempo los operarios realizan la preparación y mantenimiento de guiado, sin respetar las especificaciones del producto; a su vez, esto implica que el guiado de entrada y salida se entregue con retrasos originando demoras en el cambio de perfil o producto. Para identificar las acciones a implementar para mitigar los errores en guiado de entrada y salida, utilizamos la herramienta 5W + 2H:

Cuadro 36 Análisis 5W + 2H – Montaje de guías

¿What?	¿Qué?	Eliminar la sobrecarga de trabajo en talleres de producción, especialmente en la preparación de guiado de entrada y salida.
¿Why?	¿Por qué?	Aumento del costo de transformación por guiado de entrada y salida.
¿Who?	¿Quién?	- Jefe de Laminación. - Supervisor General de Acabados. - Supervisor de Guiados. - Operario de enderezado. - Mecánico de Guías.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la preparación de guiado de entrada y salida de ángulos estructurales
¿Where?	¿Dónde?	Taller de guiado
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 25.84 \$/tonelada.
¿How?	¿Cómo?	- Sinergias entre las áreas de Laminación y Acabados que permitan cumplir con los plazos de entrega de guiado de entrada y salida.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el cuadro 36, para disminuir puntualmente la sobrecarga de trabajo en el taller de guiados, es preciso determinar según la planificación, el requerimiento de mano de obra necesaria para cumplir con los plazos estipulados; es por ello; que al originarse esta necesidad el Supervisor de Guiados solicitara al Jefe de Laminación personal y en coordinación con el Supervisor General de Acabados se proveerá operarios de enderezado que cumplan con las competencias necesarias para cumplir con los plazos fijados, generando sinergias entre ambas áreas. En lo que respecta a errores, se plantea lo siguiente:

Cuadro 37 Análisis 5W + 2H – Montaje de guías

¿What?	¿Qué?	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a guiado de entrada y salida.
¿Why?	¿Por qué?	Aumento del costo de transformación.
¿Who?	¿Quién?	- Supervisor de Guiados. - Mecánico de Guías.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la preparación de guiado de entrada y salida de ángulos estructurales
¿Where?	¿Dónde?	Taller de guiado
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 25.84 \$/tonelada.
¿How?	¿Cómo?	- Implementar hojas de guiados por producto, donde especifique las medidas y tipo de guiado a utilizar. - Incidir en la inspección de guiado de entrada y salida antes del montaje. - Convertir las actividades externas de montaje de guiado de entrada y salida en internas.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el cuadro 37, para disminuir el defecto de paradas imprevistas por montaje de guiado de entrada y salida, con el objetivo de prevenir los errores relacionados a paradas imprevistas en la línea de producción, eliminando el riesgo. Se implementara lo siguiente:

- Se implementara hoja de guiados para los ángulos estructurales de 20.0 con el objetivo de estandarizar las medidas y tipo de guiado a utilizar facilitando la inspección en la fuente.
- Se implementara un formato de inspección de guiado de entrada y salida, es decir, con el objetivo de prevenir errores se realizara inspecciones en la fuente para asegurar que el guiado de entrada y salida cumple con las especificaciones de la hoja de guiado.
- Al contar con mayor personal, las actividades de montaje de guiado realizadas en la línea de producción deben trasladarse a la preparación de guiado en el taller, permitiendo identificar y solucionar los errores.

5.3.2.3. Control de temperaturas (Poka Yoke)

El Horno de recalentamiento de palanquilla es la parte más importante en la laminación; el defecto son los sobrecosto asociados a los indicadores que se muestran en el cuadro 38:

Cuadro 38 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio en control de temperaturas

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metalico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	6.40 \$/tonelada
TOTAL	32.23 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

Los errores por temperatura son detectados durante la laminación; están asociadas al error humano y a medidores de contactos (HMI alimentado por termocuplas y sensores) y es:

- Error por palanquilla fría menor a 1200 °C.

Según el análisis de Ishikawa, las paradas imprevistas están asociadas a un sobreconsumo de gas natural comprimido porque se utiliza la energía sin generar valor y ocasiona el aumento del ratio de consumo. Se detectó en el análisis el deshormamiento de palanquillas por debajo de 1200 °C que originan problemas en la línea de producción como averías o activación de sensores que detienen los trenes por sobrecarga; y también se identificó que no existe un estándar de parámetros del horno que permitan el correcto control. Para identificar las acciones a implementar para mitigar los errores por temperatura de palanquilla, utilizamos la herramienta 5W + 2H:

Cuadro 39 Análisis 5W + 2H – Control de temperaturas

¿What?	¿Qué?	Mantener el ratio de consumo de gas natural comprimido en 19.0 m ³ /tonelada.
¿Why?	¿Por qué?	Aumento de costo de transformación.
¿Who?	¿Quién?	- Jefe de Laminación. - Supervisor de Horno y MB520. - Supervisor de Producción. - Supervisor de Mecanizado. - Supervisor de Armado de Casetas. - Supervisor de Guiados. - Mecánico de Horno. - Eléctrico de Horno.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la laminación de ángulos estructurales.
¿Where?	¿Dónde?	Línea de Producción.
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 32.23 \$/tonelada.
¿How?	¿Cómo?	- Eliminar las paradas imprevistas implementando controles en el mecanizado de cilindros, controles en el montaje de guiados, controles de calibración y mejorar los tiempos de cambio de producto o perfil. - Establecer un procedimiento para disminuir el consumo al mínimo durante paradas de planta.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro 39, el sobreconsumo de gas natural comprimido está relacionado a toda la operación de laminación, es por ello, que todas las medidas a implementar en el mecanizado de cilindros, montaje de guiados, calibración, paradas imprevistas, temperatura de palanquilla y tiempo de cambio de perfil; generan un ahorro en el consumo de gas, haciendo más eficiente el costo de transformación. De igual forma, se debe implementar un procedimiento donde se establezca parámetros de operación del horno cuando la línea se encuentre parada con el objetivo de disminuir al mínimo el consumo de gas durante una parada de producción. De igual forma para disminuir el defecto de paradas imprevistas por errores en la temperatura de palanquilla, se implementara lo siguiente:

Cuadro 40 Análisis 5W + 2H – Control de temperaturas

¿What?	¿Qué?	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a temperatura de palanquilla.
¿Why?	¿Por qué?	Aumento de costo de transformación.
¿Who?	¿Quién?	- Supervisor de Horno y MB520. - Mecánico de Horno. - Eléctrico de Horno.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la laminación de ángulos estructurales de 20.0
¿Where?	¿Dónde?	Horno Bendotti
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 32.23 \$/tonelada.
¿How?	¿Cómo?	- Implementar hoja de estándar de variables de operación del horno. - Implementar macro de control de variables del horno en línea.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el cuadro 40, para disminuir el defecto de paradas imprevistas por temperatura de palanquilla, con el objetivo de prevenir los errores relacionados a paradas imprevistas en la línea de producción, eliminando el riesgo. Se implementara lo siguiente:

- Se implementara una hoja estándar de variables de operación del horno por producto, con el objetivo de prevenir algún error durante la laminación facilitando la inspección desde la fuente.
- Se implementara una macro de control de variables del horno en línea, utilizando la inspección desde la fuente para prevenir errores durante la laminación, esta verificación se realizara cada media hora con el objetivo que tanto el hornero mecánico y eléctrico den seguimiento a sus variables de operación permitiendo una constante supervisión de las mismas.

5.3.2.4. Control de peso palanquilla acondicionada (Control estadístico de proceso)

El control de peso de palanquilla acondicionada está relacionada a los ratios que se muestran en el cuadro 41:

Cuadro 41 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio - Acondicionado de palanquilla

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
TOTAL	19.51 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

El análisis del diagrama de Ishikawa nos da como causa raíz la variabilidad de longitud y peso de la palanquilla que es enviada de la Acería de Planta 2 ubicada en Pisco, esto debido a que no existe un estándar para el peso y longitud de palanquilla, utilizamos la herramienta 5W + 2H:

Cuadro 42 Análisis 5W + 2H – Control de peso de palanquilla acondicionada

¿What?	¿Qué?	Aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado.
¿Why?	¿Por qué?	Reducir el costo de transformación haciendo más eficiente el consumo de palanquilla.
¿Who?	¿Quién?	- Supervisor de Producción. - Supervisor de Horno y MB520. - Operario de Laminación. - Control de Calidad.
¿When?	¿Cuándo?	Durante el acondicionamiento de palanquilla
¿Where?	¿Dónde?	Corte de Palanquilla
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 19.51 \$/tonelada
¿How?	¿Cómo?	- Implementar plantilla de cálculo para balance de carga en la línea de producción. - Implementar control de peso y longitud de palanquilla acondicionada.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el cuadro 42, para aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado. Se implementara lo siguiente:

- Se implementara plantilla de cálculo para balance de carga en línea de producción, con el objetivo de establecer el peso y longitud de la palanquilla acondicionada para determinar un varillaje estándar.
- Se implementara un control de peso y longitud de palanquilla acondicionada utilizando una gráfica estadística de proceso para identificar desviaciones y sus causas, con el objetivo de realizar el seguimiento en línea y tomar acciones preventivas.

5.3.2.5. Control de peso y longitud de palanquilla (Control estadístico de proceso).

El control de peso y longitud de palanquilla está relacionada a los ratios que se muestran en el cuadro 43:

Cuadro 43 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio - Peso y longitud de palanquilla

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
TOTAL	19.51 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

El análisis del diagrama de Ishikawa nos da como causa raíz la variabilidad de longitud y peso de la palanquilla que es enviada de la Acería de Planta 2 ubicada en Pisco, esto debido a que no existe un estándar para el peso y longitud de palanquilla, utilizamos la herramienta $5W + 2H$:

Cuadro 44 Análisis 5W + 2H – Control de peso y longitud de palanquilla

¿What?	¿Qué?	Aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado.
¿Why?	¿Por qué?	Reducir el costo de transformación haciendo más eficiente el consumo de palanquilla.
¿Who?	¿Quién?	- Supervisor de Producción. - Supervisor de Horno y MB520. - Operario de Laminación. - Control de Calidad.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la recepción de palanquilla
¿Where?	¿Dónde?	Corte de Palanquilla
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción de 19.51 \$/tonelada
¿How?	¿Cómo?	- Implementar plantilla de cálculo para balance de carga en la línea de producción. - Implementar control de peso y longitud de palanquilla acondicionada. - Implementar hoja de especificaciones estándar de peso y longitud de palanquilla por producto.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el cuadro 44, para aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado. Se implementara lo siguiente:

- Se implementara plantilla de cálculo para balance de carga en línea de producción, con el objetivo de establecer el peso y longitud de la palanquilla antes de acondicionado.
- Se implementara un control de peso y longitud de palanquilla en la recepción utilizando una gráfica estadística de proceso para identificar desviaciones y sus causas, con el objetivo de realizar el seguimiento en línea y tomar acciones preventivas.
- Se implementara una hoja de especificaciones estándar de peso y longitud de palanquilla por producto, con el objetivo de establecer las especificaciones de trabajo y comunicar a Acería en Pisco para que nos abastezcan la materia prima según nuestros requerimientos y necesidades de producción.

5.3.2.6. Control de calibración (Poka Yoke)

En la laminación de ángulos estructurales de 20.0 en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, el defecto son los sobrecosto asociados a los indicadores que se muestran en el cuadro 45:

Cuadro 45 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio – Control de calibración

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metalico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	6.40 \$/tonelada
A1 Rendimiento metalico de enderezado (%)	3.29 \$/tonelada
A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	2.51 \$/tonelada
A3 Cortos generados (%)	9.17 \$/tonelada
A4 Chatarra de enderezado producida (%)	5.58 \$/tonelada
TOTAL	52.79 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

Los errores por calibración son detectados en el arranque de producción incurriendo en paradas imprevistas, están asociados al error humano y son:

- Error por ajuste y regulación de calibración.
- Error por barra trabada.

En el análisis del diagrama de Ishikawa, se debe a la ineficiente utilización de recursos durante el cambio de perfil y medida porque no se prioriza las actividades que generan valor como la verificación de la calibración de cada caseta del tren acabador para asegurar el arranque de producción, también se debe considerar que no se realiza una verificación constante de calibración durante producción. Para determinar las inspecciones a implementar para mitigar los errores, utilizamos la herramienta 5W + 2H:

Cuadro 46 Análisis 5W + 2H – Control de calibración

¿What?	¿Qué?	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a la calibración.
¿Why?	¿Por qué?	Reducir el costo de transformación del proceso de laminación.
¿Who?	¿Quién?	- Supervisor de Producción. - Operario de Laminación. - Inspector de Control de Calidad.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la laminación de ángulos estructurales de 20.0
¿Where?	¿Dónde?	Línea de Producción
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción en 52.79 \$/toneladas
¿How?	¿Cómo?	- Implementar formato de verificación de calibración por pasada antes de arranque de producción. - Establecer método de control de calibración durante laminación. - Establecer instructivo de identificación de errores en calibración durante laminación.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar para disminuir el defecto de paradas imprevistas por calibración, con el objetivo de prevenir los errores relacionados a paradas imprevistas en la línea de producción, eliminando el riesgo. Se implementara lo siguiente:

- Se implementara formato de verificación de calibración por pasada antes de arranque de producción con el objetivo de asegurar las longitudes y peso de la varilla según norma y eliminar el tiempo de ajuste de calibración durante el arranque.
- Se implementara método de control de calibración durante laminación con el objetivo de mantener el peso y longitud de varilla según norma durante la laminación.
- Se implementara instructivo de identificación de errores en calibración durante laminación con el objetivo de determinar en qué momentos el tren de laminación esta descalibrado, por ejemplo, se obtiene menor cantidad de varillas por palanquilla acondicionada producida.

5.3.2.7. Control de estratos en placa de enfriamiento (Poka Yoke)

La placa de enfriamiento de la línea de producción recepciona estratos de hasta 48 metros de longitud, en el proceso actual, el producto semiterminado debe tener una longitud de 12 metros pero el ultimo corte es variable, no siendo divisible entre 12, quedando un corto que termina siendo chatarra o si se encuentra por encima de 3 metros un corto de enderezado afectando al rendimiento metálico. También la calibración a doble hilo genera un amontonamiento de estratos en la placa originando el aplastamiento de puntas generando problemas en el enderezado. El defecto son los sobre costo asociados a los indicadores que se muestran en el cuadro 47:

Cuadro 47 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio – Control de estratos

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	6.40 \$/tonelada
A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	3.29 \$/tonelada
A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	2.51 \$/tonelada
A3 Cortos generados (%)	9.17 \$/tonelada
A4 Chatarra de enderezado producida (%)	5.58 \$/tonelada
TOTAL	52.79 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

Este defecto origina los siguientes errores:

- Error por aplastamiento de puntas.
- Error por disminución de ritmo de laminación por amontonamiento de estratos.
- Error por disminución de ritmo de enderezado por corte de puntas aplastadas.

Al realizar el análisis del diagrama de Ishikawa, determinamos como causa raíz el producto semiterminado con puntas aplastadas, la placa de enfriamiento está diseñada para barras corrugadas, calibración de laminación a doble hilo y método manual de acomodo de perfiles en placa de enfriamiento. Para determinar las inspecciones a implementar para mitigar los errores, utilizamos la herramienta 5W + 2H:

Cuadro 48 Análisis 5W + 2H – Control de estratos en la placa de enfriamiento

¿What?	¿Qué?	Aumentar el ritmo trabajado de laminación y enderezado.
¿Why?	¿Por qué?	Disminuir el costo de transformación.
¿Who?	¿Quién?	- Jefe de Laminación - Supervisor General de Acabados. - Supervisor de Producción. - Tablerista de tren continuo. - Operario de Laminación. - Inspector de Control de Calidad.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20.0
¿Where?	¿Dónde?	Línea de Producción y Enderezado
¿How much?	¿Cuánto	Reducción en 52.79 \$/tonelada
¿How?	¿Cómo?	- Activar el pretroceo en línea de laminación. - Establecer control de pretroceo en línea de laminación. - Establecer estándar de estratos por palanquilla acondicionada. - Implementar rodillo para acomodo de estratos antes de corte a medida.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el cuadro 48, para disminuir el defecto en la placa de enfriamiento, con el objetivo de prevenir los errores relacionados a paradas imprevistas en la línea de producción, eliminando el riesgo. Se implementara lo siguiente:

- Se activara el pretroceo en la línea de laminación, con el objetivo de asegurar que los estratos que llegan a la placa de enfriamiento se estandaricen en 48 metros o estratos divisibles en 12 metros.
- Se implementara un control de pretroceo en línea, con el objetivo de identificar en tiempo real que se cumpla con la

cantidad de estratos planificado y tomar acciones correctivas en línea para hacer más eficiente la operación.

- Se implementara un estándar de estratos por palanquilla acondicionada; con el objetivo de determinar si se está entregando la palanquilla acondicionada con el peso correcto y tomar acciones correctivas en línea.
- Implementar rodillo de acomodo de estratos antes de corte a medida, con el objetivo de asegurar el 100% de puntas en buen estado, y ya no depender del acomodo manual, el cual, está sujeto a errores.

5.3.2.8.Montaje de guiado en talleres de producción (SMED)

Durante el año 2015, se incurrió en 15.06 horas más de tiempo de cambio de perfil y producto equivalente a \$48,476.08. El defecto son los sobre costo asociados a los indicadores que se muestran en el cuadro 49:

Cuadro 49 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio – Montaje de guiado en talleres de producción

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metalico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
TOTAL	25.84 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

En el sector siderúrgico el tiempo de parada es muy caro, es por ello, que se debe hacer más eficientes los cambios de configuración del tren. En lo que respecta a la configuración de ángulos estructurales de 20.0, el defecto es el sobretiempo que se genera durante los cambios de producto o perfil y esto se debe a los siguientes errores:

- Error por montaje de guiado durante cambio de producción.
- Error por uso ineficiente de recursos.

- Error por utilización de grúa puente.

Utilizaremos la herramienta 5W + 2H para proponer las propuestas a implementar:

Cuadro 50 Análisis 5W + 2H – Montaje de guiado en talleres de producción

¿What?	¿Qué?	Cumplir con los tiempos planificados de cambio de producción
¿Why?	¿Por qué?	Disminuir el costo de transformación.
¿Who?	¿Quién?	- Jefe de Laminación - Supervisor de Producción. - Operario de Laminación.
¿When?	¿Cuándo?	Durante la laminación de ángulos estructurales de 20.0
¿Where?	¿Dónde?	Línea de Laminación
¿How much?	¿Cuánto?	Reducción en 25.84 \$/tonelada
¿How?	¿Cómo?	- Montar guiado de entrada y salida en talleres de producción. - Implementar herramientas de trabajo por caseta. - Implementar programa de cambio de perfil y medida. - Implementar criticidad de uso de grúa puente por caseta.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en el cuadro 50, para disminuir el defecto del tiempo de cambio de perfil y medida, se implementara lo siguiente:

- Utilizando la herramienta SMED, se establece que actividades pueden ser realizadas en los talleres de producción como el montaje de guiado de entrada y salida.
- Implementar herramientas de trabajo por caseta, con objetivo que no exista tiempos muertos durante los cambio de casetas por falta de herramientas.
- Implementar programa de cambio de perfil y medida, con el objetivo de distribuir adecuadamente los recursos.
- Implementar criticidad de uso de grúa puente por caseta, con el objetivo de establecer una secuencia de cambio de casetas que haga más eficiente el tiempo utilizado.

5.3.3. Diagrama de Análisis de Procesos

Considerando la información del análisis del diagrama de procesos en el punto 3.2.3., se plasma el diagrama de análisis propuesto de todos los subprocesos del proceso de laminación de ángulos estructurales de 20 mm:

Esquema 21 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Cilindros y Guiados: Cilindros de Laminación

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
EMPRESA	ACEROS AREQUIPA S.A.					PAGINA		1/1		
PROCESO	LAMINACIÓN					FECHA		DICIEMBRE 2015		
SUBPROCESO	CILINDROS Y GUIADOS					METODO DE TRABAJO		PROPUESTO		
PRODUCTO	CILINDROS DE LAMINACIÓN					RESPONSABLE		ROGER ALVAREZ APAZA		
ELABORADO POR:	JUAN ANTONIO SUCLLA BENAVENTE					APROBADO POR		ING. ARTURO DIAZ URQUIZO		
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO						OBSERVACIONES
	u	m	M	○	➡	□	◻	▽	◻	
1. Planificar preparación de cilindros.			0:30	X						
2. Verificar disponibilidad y stock de cilindros.			1:00			X				
3. Generar orden de mantenimiento en SAP.			0:10	X						
4. A torno.		23	0:05		X					
5. Mecanizar Cilindros.	4 cilindros		3:30	X						
6. Aplicar líquidos penetrantes.			0:30						X	
7. Pintar canales hábiles y no hábiles.			0:30						X	
8. Emitir reporte de mecanizado.			0:10	X						
9. Validar reporte de mecanizado y registrar tiempos.			0:05						X	
10. Programar cilindros para armado de casetas.			0:30	X						
11. A taller de armado de casetas.		8	0:03		X					
12. Elaborar programación de cambio de producto.			0:30	X						

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el esquema 21, del subproceso de cilindros y guiados el mecanizado de cilindros de laminación cuenta con 6 operaciones, 2 transportes, 1 inspección y 3 operación-inspección, se debe considerar que se agregaron actividades de aplicación de líquidos penetrantes para asegurar el buen estado de cilindros y pintado de canales hábiles y no hábiles con el objetivo de identificar los que se deben utilizar en la línea de producción.

Esquema 22 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Cilindros y Guiados: Casetas de Laminación

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
EMPRESA	ACEROS AREQUIPA S.A.					PAGINA			1/1	
PROCESO	LAMINACIÓN					FECHA			DICIEMBRE 2015	
SUBPROCESO	CILINDROS Y GUIADOS					METODO DE TRABAJO			PROPUESTO	
PRODUCTO	CASETAS DE LAMINACIÓN					RESPONSABLE			HENRY DEL CARPIO DEL CARPIO	
ELABORADO POR:	JUAN ANTONIO SUCLLA BENAVENTE					APROBADO POR			ING. ARTURO DIAZ URQUIZO	
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO						OBSERVACIONES
	u	m	M	○	➡	□	◐	▽	◉	
1. Planificar armado de casetas.			0:30	X						
2. Generar orden de mantenimiento en SAP.			0:10	X						
3. Ubicar cilindros.			0:20	X						
4. A zona de montaje de casetas.	2 cilindros	3	0:05		X					
5. Montar cilindros en casetas.	2 cilindros		0:30	X						
6. Verificar el correcto montaje y registro de horas.			0:20						X	
7. A almacén de casetas.	1 caseta	3	0:05		X					
8. Almacen de armado de casetas.	1 caseta		0:10					X		

Fuente: Elaboración Propia

En el esquema 22, se muestra el análisis de diagrama de procesos propuesto del subproceso de cilindros y guiados perteneciente al armado de casetas, consta de 4 operaciones, 2 transportes, 1 operación-inspección y 1 almacenaje. En lo que respecta al armado de casetas no hubo ningún cambio manteniendo las actividades.

Esquema 23 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Cilindros y Guiados: Casetas de Laminación

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
EMPRESA	ACEROS AREQUIPA S.A.					PAGINA			1/1	
PROCESO	LAMINACIÓN					FECHA			DICIEMBRE 2015	
SUBPROCESO	CILINDROS Y GUIADOS					METODO DE TRABAJO			PROPUESTO	
PRODUCTO	GUIADO DE ENTRADA Y SALIDA					RESPONSABLE			A. CHAMBI	
ELABORADO POR:	JUAN ANTONIO SUCLLA BENAVENTE					APROBADO POR			ING. ARTURO DIAZ URQUIZO	
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO						OBSERVACIONES
	u	m	M	○	➡	□	▭	▽	⊗	
1. Planificar la preparación y montaje de guiado.			0:30	X						
2. Verificar disponibilidad de guías.			0:20			X				
3. Generar orden de mantenimiento en SAP.			0:10	X						
4. Retirar consumibles de almacén.			0:20	X						
5. A zona de preparación de guiado.		2	0:05		X					
6. Preparación de guiado de entrada y salida.	1 guiado		1:00	X						
7. Verificar el correcto montaje y registro de horas.			0:10						X	
8. A almacén de casetas.	2 guiados	5	0:05		X					
9. Montaje de guiado en casetas horizontales.	2 guiados		0:15	X						
10. Verificar correcto montaje de guiado en casetas.			0:05			X				
11. Emitir programa de cambio y rendimiento de guías.			0:10	X						

Fuente: Elaboración Propia

En el esquema 23, se aprecia las actividades de guiado de entrada y salida del subproceso de cilindros y guiados, consta de 6 operaciones, 2 transportes, 2 inspecciones y 1 operación-inspección; como se puede observar se agrega las actividades de transporte al almacén de casetas y montaje de guiado en casetas horizontales con el objetivo de eliminar las paradas imprevistas por falta de guiado durante el cambio de producción o perfil.

Esquema 24 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Calentamiento de Palanquillas

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
EMPRESA	ACEROS AREQUIPA S.A.					PAGINA		1/1		
PROCESO	LAMINACIÓN					FECHA		DICIEMBRE 2015		
SUBPROCESO	CALENTAMIENTO DE PALANQUILLAS					METODO DE TRABAJO		PROPUESTO		
PRODUCTO	PALANQUILLAS CALIENTES					RESPONSABLE		M. SALAS		
ELABORADO POR:	JUAN ANTONIO SUCLLA BENAVENTE					APROBADO POR		ING. ARTURO DIAZ URQUIZO		
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO						OBSERVACIONES
	u	m	M	○	➡	□	▭	▽	⊗	
1. Planificar recursos			0:15	X						
2. Programar personal.			0:15	X						
3. Gestionar suministros.			0:10	X						
4. Coordinar características de palanquillas.			0:10	X						
5. Inspeccionar recepción de palanquillas	8 palanquillas		0:10			X				
6. A mesa de acondicionado de palanquilla.		9	0:03		X					
7. Acondicionar palanquillas.	53 barras		1:00	X						
8. Verificar peso y longitud de palanquilla.			0:01			X				
10. A mesa de enhornamiento de palanquillas.	8 barras	4	0:05		X					
11. Ingresar palanquillas acondicionadas al horno	53 barras		1:00	X						
12. Inspeccionar avance de horno y palanquillas.	53 barras		1:00			X				
13. Descargar palanquilla a 1200 °C	53 barras		1:00	X						

Fuente: Elaboración Propia

En el esquema 24, se muestra el subproceso de calentamiento de palanquillas, consta de 7 operaciones, 2 transportes y 3 inspecciones, para hacer más eficiente el subproceso se implementó estándares para acondicionado de palanquillas y control de variables operacionales del horno, es por ello, que se eliminaron 2 demoras relacionadas al almacenaje y evacuación de palanquilla acondicionada.

Esquema 25 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Laminación y Corte de Barras

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
EMPRESA	ACEROS AREQUIPA S.A.					PAGINA			1/1	
PROCESO	LAMINACIÓN					FECHA			DICIEMBRE 2015	
SUBPROCESO	LAMINACIÓN Y CORTE DE BARRAS					METODO DE TRABAJO			PROPUESTO	
PRODUCTO	ÁNGULOS SEMITERMINADOS A 12 mm					RESPONSABLE			ING. ARTURO DIAZ URQUIZO	
ELABORADO POR:	JUAN ANTONIO SUCLLA BENAVENTE					APROBADO POR			ING. ARTURO DIAZ URQUIZO	
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO						OBSERVACIONES
	u	m	M	○	⇒	□	D	▽	⊗	
1. Planificar cumplimiento de programa de producción.			0:20	X						
2. A tren acabador.	9 casetas	25	0:30		X					
3. Coordinar y ejecutar el cambio de perfil.	9 casetas		1:20	X						
4. Pasar pruebas y calibrar tren.	9 casetas		0:20						X	
5. Verificar operatividad de equipos y ejecutar simulación del proceso.	1 barra		0:02						X	
6. Coordinar y autorizar la laminación de la primera barra.	1 barra		0:05	X						
7. Calibrar y verificar acierto de medidas.	1 barra		0:05						X	
8. Verificar calidad superficial	1 barra		0:05			X				
9. Coordinar y autorizar la laminación continua.			0:03	X						
10. Regular y controlar el proceso.	53 barras		1:00	X						
11. Cambiar canales, casetas y guías según rendimiento.	1		0:20	X						
12. Empaquetado, verificar y ajustar consumos y horas en las órdenes de proceso en el sistema SAP	18 paquetes		1:00						X	
13. Entregar ángulos semiterminados a acabados.	18 paquetes		1:00	X						
14. A almacén de acabados.	4 paquetes	18	0:08		X					
15. Almacén de acabados.	4 paquetes		0:02					X		
16. Realizar ensayos de calidad y liberar producto semiterminado.	1 ensayo		0:10						X	

Fuente: Elaboración Propia

El esquema 25 muestra el subproceso de laminación y corte de barras, consta de 7 operaciones, 2 transportes, 1 inspección, 5 operación-inspección y 1 almacenaje; con las mejoras propuestas se eliminan 6 demoras relacionadas a paradas por falta de guiado, por montaje de guías en línea de producción, por generación de producto no conforme, por paradas imprevistas, por disminución de ritmo por placa de enfriamiento y por cambio de canales y/o casetas.

Esquema 26 Análisis de diagrama de procesos propuesto – Acabado de Barras

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO										
EMPRESA	ACEROS AREQUIPA S.A.				PAGINA		1/1			
PROCESO	LAMINACIÓN				FECHA		DICIEMBRE 2015			
SUBPROCESO	ACABADO DE BARRAS				METODO DE TRABAJO		PROPUESTO			
PRODUCTO	ÁNGULOS TERMINADOS A 6 mm				RESPONSABLE		JUAN SUCLLA BENAVENTE			
ELABORADO POR:	JUAN ANTONIO SUCLLA BENAVENTE				APROBADO POR		ING. ARTURO DIAZ URQUIZO			
ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLO						OBSERVACIONES
	u	m	M	○	➡	□	▭	▽	⊗	
1. Planificar cumplimiento de programa de producción.			0:25	X						
2. Asignar recursos.			0:10	X						
3. Coordinar y ejecutar cambios y regulaciones de equipos.			0:30	X						
4. Verificar operatividad de equipos.			0:15			X				
5. Verificar liberación de producto por calidad y trasladar a almacén lógico.			0:05						X	
6. Recepcionar lotes en almacén lógico en SAP.			0:05	X						
7. A mesa de alimentación.	4 paquetes	20	0:08		X					
8. Enderezar, marcar y cortar.	6.3 TM		1:00	X						
9. Empaquetar lotes.	6 paquetes		1:00	X						
10. A balanza de pesado.	4 paquetes	4	0:05		X					
11. Pesar, notificar lotes y verificar cantidad de varillas y condiciones de paquete.	4 paquetes		0:05						X	
12. A estacionamiento de camiones.	4 paquetes	35	0:05		X					
13. Cargar camiones.	4 paquetes		0:05	X						
14. A almacén logístico 1111.	16 paquetes	50	0:30		X					
15. Notificar consumo de insumos y materiales.			0:05	X						
16. Notificar y coordinar cierre de orden de proceso.			0:05	X						

Fuente: Elaboración Propia

En el esquema 26, se muestra el subproceso de acabados de barras propuesto, consta de 9 operaciones, 4 transportes, 1 inspección y 2 operación-inspección, se eliminaron 5 demoras por producto no liberado en SAP, por disminución de ritmo por puntas deformes, por generación de producto no conforme, por almacenaje en planta por falta de camión y por exceso de manipuleo dentro de planta.

5.3.4. Plan de capacitaciones

5.3.4.1. Objetivo general

Incrementar los conocimientos de laminación y enderezado de ángulos de 20 mm del personal desarrollando sus habilidades, actitudes y fortalezas, fomentando el crecimiento laboral y personal con el objetivo de generar eficiencias y fabricar un producto de calidad a bajo costo.

5.3.4.2. Objetivos específicos

- Aumentar la eficiencia del personal de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa.
- Fomentar la comunicación y mejora continua de los procesos.
- Reducir los errores durante producción.
- Fortalecer la comunicación y cumplimiento de los objetivos de la empresa.
- Agilizar la toma de decisiones y solución de problemas.
- Incrementar la productividad y calidad.

5.3.4.3. Metodología a utilizar

Se definen las siguientes etapas:

Identificar la necesidad:

La necesidad es la reducción del costo de transformación de ángulos estructurales de 20 mm en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, es por ello, que se abarcara las propuestas planteadas en el punto 4.3.

Diseño del programa de capacitación:

En primero lugar se define los recursos y métodos necesarios para el desarrollo de la capacitación y se cumpla con el objetivo.

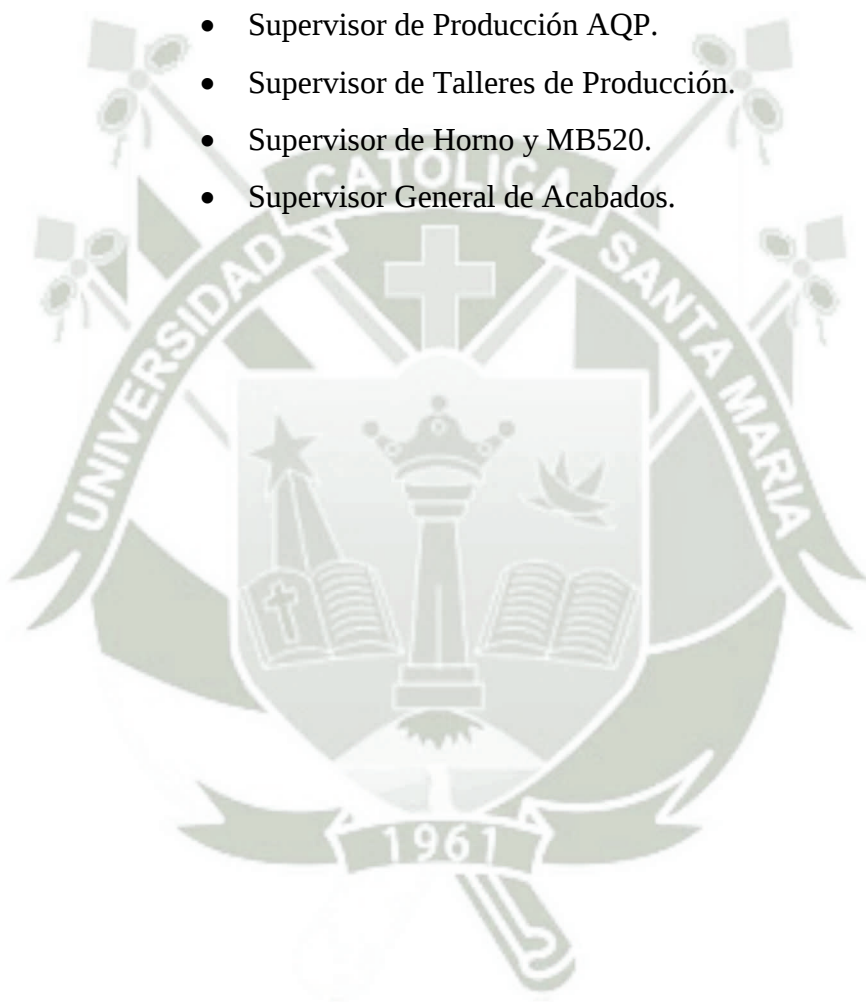
Los temas a tratar son:

- a. Hoja de procesos de ángulos estructurales de 20 mm.
- b. Controles e inspecciones en mecanizado de cilindros.
- c. Manuales de funciones (nuevas tareas).
- d. Controles e inspecciones en montaje de guiado.
- e. Estándar de acondicionamiento de palanquilla y manejo de plantilla.

- f. Variables de operación del horno para ángulos estructurales.
- g. Controles de calibración antes y durante la laminación.
- h. Estándar y uso de pretroceo en línea.
- i. Estándar y control de estratos en placa de enfriamiento.
- j. Montaje de guiado de entrada y salida en casetas.
- k. Manipulación de grúa puente.

Las capacitaciones, estarán a cargo de:

- Jefe de Laminación.
- Supervisor de Producción AQP.
- Supervisor de Talleres de Producción.
- Supervisor de Horno y MB520.
- Supervisor General de Acabados.



El tiempo de capacitación se detalla a continuación y se realizara en una semana completa:

Cuadro 51 Plan de capacitaciones

CAPACITACIÓN	HORAS REQUERIDAS		DIA 01	DIA 02	DIA 03	DIA 04	DIA 05	DIA 06	DIA 07
a. Hoja de procesos de ángulos estructurales de 20 mm.	TEORIA	8.00	X						
	PRÁCTICA	0.00							
b. Controles e inspecciones en mecanizado de cilindros.	TEORIA	2.00		X					
	PRÁCTICA	1.00							
c. Manuales de funciones (nuevas tareas).	TEORIA	2.00		X					
	PRÁCTICA	0.00							
d. Controles e inspecciones en montaje de guiado.	TEORIA	2.00			X				
	PRÁCTICA	1.00							
e. Estándar de acondicionado de palanquilla y manejo de plantilla.	TEORIA	1.00			X				
	PRÁCTICA	1.00							
f. Variables de operación del horno para ángulos estructurales.	TEORIA	1.00				X			
	PRÁCTICA	4.00							
g. Controles de calibración antes y durante la laminación.	TEORIA	2.00					X		
	PRÁCTICA	2.00							
h. Estándar y uso de pretroceo en línea.	TEORIA	1.00					X		
	PRÁCTICA	3.00							
i. Estándar y control de estratos en placa de enfriamiento.	TEORIA	1.00						X	
	PRÁCTICA	2.00							
j. Montaje de guiado de entrada y salida en casetas.	TEORIA	1.00						X	
	PRÁCTICA	3.00							
k. Manipulación de grúa puente.	TEORIA	1.00							X
	PRÁCTICA	5.00							

Fuente: Elaboración Propia

Evaluación y seguimiento:

La validación de las capacitaciones teóricas y prácticas se realizara mediante exámenes teóricos y prácticos, como la supervisión efectiva durante la práctica. A su vez, se analizara su efectividad contrastando los resultados con el cumplimiento de ratios de producción.

5.3.4.4.Costo aproximado

Las capacitaciones estarán dadas por personal de la empresa y las instalaciones están a la disposición de las actividades. Los principales costos que se incurrirán serán el material didáctico y refrigerios, que se detalla a continuación:

Cuadro 52 Costo aproximado - Plan de capacitaciones

MATERIAL	COSTO
Hojas, lapiceros y copias.	S/.250.00
Refrigerios.	S/.700.00
TOTAL	S/.950.00

Fuente: Elaboración Propia

El costo total de la capacitación será de S/. 950.00 nuevos soles, para capacitar a todo el personal en la laminación y enderezado de ángulos estructurales a un hilo con el objetivo de reducir el costo de transformación y hacerlo más competitivo.

5.3.5. Hoshin Kanri

5.3.5.1.Definición de políticas de la empresa

Durante el año 2015 debido al ingreso de perfiles chinos al mercado peruano, el margen de ganancia en perfiles laminados de la Corporación Aceros Arequipa se vio disminuido y en muchos casos se tuvo como resultado márgenes negativos, debido a que la planta 1 – Arequipa, se convierte netamente en perfilera y considerando que el perfil que tiene mayor participación en el mix de producción, la superintendencia de planta plantea como principal objetivo para el año 2016, lo siguiente:

Cuadro 53 Objetivos 2016 – Hoshin Kanri

OBJETIVO TRAZADO	RAZÓN DEL OBJETIVO
Reducción del costo de transformación de laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20 mm en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa	Por el ingreso de fierro chino subvencionado, se requiere ofrecer ángulos estructurales de 20 mm de calidad y un costo de transformación competitivo.

Fuente: Elaboración Propia

Se trabajara con un objetivo concreto, ya que según la coyuntura actual del ingreso de fierro subvencionado que genera pérdidas económicas y de mercado en la corporación.

5.3.5.2. Generación de estrategias

En base al objetivo, se plantea planes de acción claves a distribuir en todos los niveles de la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa.

Cuadro 54 Generación de estrategias 2016 – Hoshin Kanri

OBJETIVO TRAZADO	ESTRATEGIAS DE ACCIÓN
Reducción del costo de transformación de laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20 mm en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa	• Estandarizar calibración a un hilo. • Control de mecanizado. • Control de montaje de guías. • Control de temperaturas. • Control de peso palanquilla acondicionada. • Control de peso y longitud de palanquilla. • Control de calibración. • Control de estratos en placa de enfriamiento. • Montaje de guiado en talleres de producción.

Fuente: Elaboración Propia

Se partirán de las estrategias planteadas para el desarrollo de los planes de acción.

5.3.5.3.Desarrollo de los planes de acción

Cuadro 55 Planes de acción 2016 – Hoshin Kanri

HOSHIN	ELEMENTOS CLAVES	ACCIONES CONCRETAS	RESPONSABLE	OBJETIVO
Estandarizar calibración a un hilo.	Diseñar calibración a un hilo de ángulos de estructurales de 20 mm.	Simular calibración a un hilo de ángulos estructurales de 20 mm.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	Reducir el costo de transformación en 25.84 \$/tonelada.
		Probar calibración a un hilo en línea de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	Supervisor de Producción AQP	
	Determinar requerimientos de cilindros y guiados.	Determinar requerimiento de cilindros por pasada.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción	
		Determinar requerimiento de casetas por pasada.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción	
		Determinar requerimiento de guiado y embudos.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción	
		Preparar cilindros y guiados para laminación.	Supervisor de Talleres de Producción	
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción	
	Determinar set up de producción.	Estandarizar variables de peso de corte de palanquilla.	Supervisor de Horno y MB520	
		Estandarizar variables de operación de horno.	Supervisor de Horno y MB520	
		Estandarizar variables de operación de trenes de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	
		Estandarizar variables de operación de placa de enfriamiento.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	
Control de mecanizado.	Eliminar las paradas imprevistas por canales mal torneados y dañados.	Inspección de mecanizado de canales utilizando plantillas.	Supervisor de Talleres de Producción	Reducir el costo de transformación en 25.84 \$/tonelada.
		Implementar hoja de evaluación de cilindros para inspección de canales.	Supervisor de Talleres de Producción	
		Evaluación de canales con líquidos penetrantes.	Supervisor de Talleres de Producción	
		Pintado de canales operativos e inoperativos.	Supervisor de Talleres de Producción	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 56 Planes de acción 2016 – Hoshin Kanri

HOSHIN	ELEMENTOS CLAVES	ACCIONES CONCRETAS	RESPONSABLE	OBJETIVO
Control de montaje de guías.	Eliminar la sobrecarga de trabajo en talleres de producción, especialmente en la preparación de guiado de entrada y salida.	Sinergias entre las áreas de Laminación y Acabados que permitan cumplir con los plazos de entrega de guiado de entrada y salida.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados	Reducir el costo de transformación en 25.84 \$/tonelada.
	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a guiado de entrada y salida.	Implementar hojas de guiados por producto, donde especifique las medidas y tipo de guiado a utilizar.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción	Reducir el costo de transformación en 25.84 \$/tonelada.
		Incidir en la inspección de guiado de entrada y salida antes del montaje.	Supervisor de Talleres de Producción	
		Convertir las actividades externas de montaje de guiado de entrada y salida en internas.	Supervisor de Talleres de Producción	
Control de temperaturas.	Mantener el ratio de consumo de gas natural comprimido en 19.0 m3/tonelada.	Eliminar las paradas imprevistas implementando controles en el mecanizado de cilindros, controles en el montaje de guiados, controles de calibración y mejorar los tiempos de cambio de producto o perfil.	Jefe de Laminación / Supervisor de Horno y MB20	Reducir el costo de transformación en 32.23 \$/tonelada.
		Establecer un procedimiento para disminuir el consumo al mínimo durante paradas de planta.	Supervisor de Horno y MB520	
	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a temperatura de palanquilla.	Implementar hoja de estándar de variables de operación del horno.	Jefe de Laminación / Supervisor de Horno y MB20	
		Implementar macro de control de variables del horno en línea.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20	
Control de peso y longitud de palanquilla.	Aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado.	Implementar plantilla de cálculo para balance de carga en la línea de producción.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20	Reducir el costo de transformación en 19.51 \$/tonelada.
		Implementar control de peso y longitud de palanquilla acondicionada.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20	
		Implementar hoja de especificaciones estándar de peso y longitud de palanquilla por producto.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20	
		Solicitar lote de prueba de 2000 TM de palanquilla para pruebas.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 57 Planes de acción 2016 – Hoshin Kanri

HOSHIN	ELEMENTOS CLAVES	ACCIONES CONCRETAS	RESPONSABLE	OBJETIVO
Control de calibración.	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a la calibración.	Implementar formato de verificación de calibración por pasada antes de arranque de producción.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	Reducir el costo de transformación en 52.79 \$/tonelada.
		Establecer método de control de calibración durante laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	
		Establecer instructivo de identificación de errores en calibración durante laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	
Control de estratos en placa de enfriamiento.	Aumentar el ritmo trabajado de laminación y enderezado.	Activar el pretroceo en línea de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP	Reducir el costo de transformación en 52.79 \$/tonelada.
		Establecer control de pretroceo en línea de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados	
		Establecer estándar de estratos por palanquilla acondicionada.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados	
		Implementar rodillo para acomodo de estratos antes de corte a medida.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados	
Montaje de guiado en talleres de producción.	Cumplir con los tiempos planificados de cambio de producción	Montar guiado de entrada y salida en talleres de producción.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción	Reducir el costo de transformación en 25.84 \$/tonelada.
		Implementar herramientas de trabajo por caseta.	Supervisor de Talleres de Producción	
		Implementar programa de cambio de perfil y medida.	Supervisor de Talleres de Producción	
		Implementar criticidad de uso de grúa puente por caseta.	Supervisor de Talleres de Producción	

Fuente: Elaboración Propia

Con el planteamiento de todas las acciones concretas en base a los elementos claves y los hoshin, se busca mitigar todos los problemas identificados en el Capítulo 3, la inversión de la propuesta no es muy alta, ya que se cuenta con los recursos necesarios para desarrollar las mejoras propuestas.

5.3.6. CRONOGRAMA DE LA PROPUESTA

A continuación se representa el cronograma de cumplimiento de las acciones concretas a realizar con sus respectivos responsables para la implementación de las mejoras propuestas:

Esquema 27 Cronograma de la propuesta

HOSHIN	ELEMENTOS CLAVES	ACCIONES CONCRETAS	RESPONSABLE	CRONOGRAMA - DIAS											
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Estandarizar calibración a un hilo.	Diseñar calibración a un hilo de ángulos de estructurales de 20 mm.	Simular calibración a un hilo de ángulos estructurales de 20 mm.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Probar calibración a un hilo en línea de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	Supervisor de Producción AQP												
		Determinar requerimiento de cilindros por pasada.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción												
	Determinar requerimientos de cilindros y guiados.	Determinar requerimiento de casetas por pasada.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción												
		Determinar requerimiento de guiado y embudos.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción												
		Preparar cilindros y guiados para laminación.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción												
	Determinar set up de producción.	Estandarizar variables de peso de corte de palanquilla.	Supervisor de Horno y MB520												
		Estandarizar variables de operación de horno.	Supervisor de Horno y MB520												
Control de mecanizado.	Eliminar las paradas imprevistas por canales mal torneados y dañados.	Estandarizar variables de operación de trenes de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Estandarizar variables de operación de placa de enfriamiento.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Inspección de mecanizado de canales utilizando plantillas.	Supervisor de Talleres de Producción												
Control de montaje de guías.	Eliminar la sobrecarga de trabajo en talleres de producción, especialmente en la preparación de guiado de entrada y salida.	Implementar hoja de evaluación de cilindros para inspección de canales.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Evaluación de canales con líquidos penetrantes.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Pintado de canales operativos e inoperativos.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Sinergias entre las áreas de Laminación y Acabados que permitan cumplir con los plazos de entrega de guiado de entrada y salida.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados												
Control de temperaturas.	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a guiado de entrada y salida.	Implementar hojas de guiados por producto, donde especifique las medidas y tipo de guiado a utilizar.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción												
		Incidir en la inspección de guiado de entrada y salida antes del montaje.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Convertir las actividades externas de montaje de guiado de entrada y salida en internas.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Eliminar las paradas imprevistas implementando controles en el mecanizado de cilindros, controles en el montaje de guiados, controles de calibración y mejorar los tiempos de cambio de producto o	Jefe de Laminación / Supervisor de Horno y MB20												
Control de peso y longitud de palanquilla.	Aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado.	Establecer un procedimiento para disminuir el consumo al mínimo durante paradas de planta.	Supervisor de Horno y MB520												
		Implementar hoja de estándar de variables de operación del horno.	Jefe de Laminación / Supervisor de Horno y MB20												
		Implementar macro de control de variables del horno en línea.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20												
		Implementar plantilla de cálculo para balance de carga en la línea de producción.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20												
Control de calibración.	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a la calibración.	Implementar control de peso y longitud de palanquilla acondicionada.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20												
		Implementar hoja de especificaciones estándar de peso y longitud de palanquilla por producto.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20												
		Solicitar lote de prueba de 2000 TM de palanquilla para pruebas.	Supervisor General de Acabados / Supervisor de Horno y MB20												
		Implementar formato de verificación de calibración por pasada antes de arranque de producción.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
Control de estratos en placa de enfriamiento.	Aumentar el ritmo trabajado de laminación y enderezado.	Establecer método de control de calibración durante laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Establecer instructivo de identificación de errores en calibración durante laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Activar el pretroceo en línea de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor de Producción AQP												
		Establecer control de pretroceo en línea de laminación.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados												
Montaje de guiado en talleres de producción.	Cumplir con los tiempos planificados de cambio de producción	Establecer estándar de estratos por palanquilla acondicionada.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados												
		Implementar rodillo para acomodo de estratos antes de corte a medida.	Jefe de Laminación / Supervisor General de Acabados												
		Montar guiado de entrada y salida en talleres de producción.	Jefe de Laminación / Supervisor de Talleres de Producción												
		Implementar herramientas de trabajo por caseta.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Implementar programa de cambio de perfil y medida.	Supervisor de Talleres de Producción												
		Implementar criticidad de uso de grúa puente por caseta.	Supervisor de Talleres de Producción												

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el periodo para implementar todas las mejoras propuestas es de 15 días, se desarrollara un plan de seguimiento en base al cumplimiento y resultados de las acciones concretas.



VI. CAPITULO VI ANALISIS DE LA PROPUESTA

6.1. COSTO DE LA PROPUESTA

A continuación se muestra el costo de la propuesta asociado a las acciones concretas a realizar para su implementación:

Cuadro 58 Costo de la propuesta

HOSHIN	ELEMENTOS CLAVES	ACCIONES CONCRETAS	COSTO DE LA PROPUESTA	OBSERVACIONES
Estandarizar calibración a un hilo.	Diseñar calibración a un hilo de ángulos de estructurales de 20 mm.	Simular calibración a un hilo de ángulos estructurales de 20 mm.	\$0.00	- Se cuenta con el simulador de calibraciones de laminación.
		Probar calibración a un hilo en línea de laminación.	\$0.00	- Se cuenta con los recursos necesarios para la ejecución.
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
	Determinar requerimientos de cilindros y guiados.	Determinar requerimiento de cilindros por pasada.	\$24,000.00	- Se ingresa a operación 6 pares de cilindros para acabadores.
		Determinar requerimiento de casetas por pasada.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Determinar requerimiento de guiado y embudos.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Preparar cilindros y guiados para laminación.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
	Determinar set up de producción.	Estandarizar variables de peso de corte de palanquilla.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Estandarizar variables de operación de horno.	\$3,020.00	- Inversión en hermetizado de horno.
		Estandarizar variables de operación de trenes de laminación.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Estandarizar variables de operación de placa de enfriamiento.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Estandarizar calibración en hoja de proceso.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
Control de mecanizado.	Eliminar las paradas imprevistas por canales mal torneados y dañados.	Inspección de mecanizado de canales utilizando plantillas.	\$4,200.00	- Adquisición de plantillas por pasada de tren acabador.
		Implementar hoja de evaluación de cilindros para inspección de canales.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Evaluación de canales con líquidos penetrantes.	\$0.00	- Se cuenta con stock en almacenes.
		Pintado de canales operativos e inoperativos.	\$0.00	- Se cuenta con stock de pintura en almacenes.
Control de montaje de guías.	Eliminar la sobrecarga de trabajo en talleres de producción, especialmente en la preparación de guiado de entrada y salida.	Sinergias entre las áreas de Laminación y Acabados que permitan cumplir con los plazos de entrega de guiado de entrada y salida.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Implementar hojas de guiados por producto, donde especifique las medidas y tipo de guiado a utilizar.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a guiado de entrada y salida.	Incidir en la inspección de guiado de entrada y salida antes del montaje.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Convertir las actividades externas de montaje de guiado de entrada y salida en internas.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.

Control de temperaturas.	Mantener el ratio de consumo de gas natural comprimido en 19.0 m3/tonelada.	Eliminar las paradas imprevistas implementando controles en el mecanizado de cilindros, controles en el montaje de guiados, controles de calibración y mejorar los tiempos de cambio de producto o perfil.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Establecer un procedimiento para disminuir el consumo al mínimo durante paradas de planta.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a temperatura de palanquilla.	Implementar hoja de estándar de variables de operación del horno.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Implementar macro de control de variables del horno en línea.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
Control de peso y longitud de palanquilla.	Aumentar el rendimiento metálico igual o por encima del planificado.	Implementar plantilla de cálculo para balance de carga en la línea de producción.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Implementar control de peso y longitud de palanquilla acondicionada.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Implementar hoja de especificaciones estándar de peso y longitud de palanquilla por producto.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Solicitar lote de prueba de 2000 TM de palanquilla para pruebas.	\$0.00	- Solicitud de abastecimiento de palanquilla con nuevas especificaciones.
Control de calibración.	Eliminar las paradas imprevistas asociadas a la calibración.	Implementar formato de verificación de calibración por pasada antes de arranque de producción.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Establecer método de control de calibración durante laminación.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Establecer instructivo de identificación de errores en calibración durante laminación.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
Control de estratos en placa de enfriamiento.	Aumentar el ritmo trabajado de laminación y enderezado.	Activar el pretroceo en línea de laminación.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Establecer control de pretroceo en línea de laminación.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Establecer estándar de estratos por palanquilla acondicionada.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Implementar rodillo para acomodo de estratos antes de corte a medida.	\$2,500.00	- Fabricación de estructura y mecanizado de rodillo.
Montaje de guiado en talleres de producción.	Cumplir con los tiempos planificados de cambio de producción	Montar guiado de entrada y salida en talleres de producción.	\$14,000.00	- Fabricación de 14 barrones para casetas acabadoras.
		Implementar herramientas de trabajo por caseta.	\$3,000.00	- Adquisición de herramientas faltantes por pasada.
		Implementar programa de cambio de perfil y medida.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
		Implementar criticidad de uso de grúa puente por caseta.	\$0.00	- No requiere inversión, mejora de método.
Capacitación propuesta en 4.3.6			\$300.00	- Capacitación en laminación.
TOTAL DE INVERSIÓN			\$51,020.00	

Fuente: Elaboración Propia

El costo total de la propuesta de mejora de procesos en la laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20 mm en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa, es de \$51,020.00.

6.2. BENEFICIOS DE LA PROPUESTA

6.2.1. ESTIMACIÓN DE MEJORA DE INDICADORES

La estimación de mejora de indicadores en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20 mm, se plantea en la reunión del equipo de alto desempeño de la planta 1 Arequipa y se muestra a continuación:

Cuadro 59 Costo de la propuesta

Indicador		Medición Actual	Estimación de mejora de indicadores
LAMINACIÓN	Rendimiento metálico	93.24%	95.00%
	Ritmo trabajado	23.33 TM/hora	26.00 TM/hora
	% Paradas imprevistas	14.01%	7.00%
	Consumo gas natural	48.95 m ³ /TM	38.00 m ³ /TM
	Chatarra producida	4.62%	2.80%
	Consumo de energía	187.06 KWH/TM	166.00 KWH/TM
	Tiempo cambio de perfil	5.00 horas	2.00 horas
	Costo de transformación	169.02 \$/TM	126.21 \$/TM
ACABADOS	Rendimiento metálico	97.04%	97.80%
	Ritmo trabajado	5.79 TM/hora	6.50 TM/hora
	Cortos	1.25%	0.20%
	Chatarra producida	1.65%	0.50%
	Costo de transformación	60.13 \$/TM	40.00 \$/TM

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. BENEFICIOS CUANTITATIVOS

El beneficio cuantitativo más importante, es la reducción del costo de transformación en la laminación y enderezado de ángulos estructurales, el objetivo es tener como resultado una sumatoria de 166.21 \$/toneladas en la laminación y enderezado de ángulos; este costo va de la mano de la eficiencias en los indicadores de rendimiento metálico 95.00%; ritmo trabajado de 26.00 TM/hora; mantener las paradas imprevistas por debajo de 7.00%; un ratio de consumo de gas natural comprimido de 38.00 m³/tonelada; la chatarra producida en 2.80%; un consumo de energía de 166.00 KWH/tonelada y los cambios de perfil y medida en 2.00 horas; de igual forma; estas eficiencias permitirán mantener los indicadores de acabados en un rendimiento metálico por encima de 97.80%; ritmo trabajado de enderezado igual o por encima de 6.50

toneladas/hora; reducir los cortos de enderezado a 0.20% y la chatarra producida en 0.50%.

Considerando un costo de la materia prima entre 350 a 450 \$/tonelada más el costo de transformación de laminación y enderezado objetivo de 166.21 \$/tonelada y finalmente un costo logístico y de distribución entre 40 a 60 \$/tonelada; nos da una sumatoria de 676.21 \$/tonelada; obteniendo un margen de ganancia de 23.79 \$/tonelada; y en el escenario ideal dependiendo mucho del costo de materia prima, un margen de ganancia de 143.79 \$/tonelada. Considerando que en el año 2015, el costo acumulado en fabricar y distribuir una tonelada de ángulos estructurales era de 736.00 \$/tonelada; obteniendo un margen negativo de 36.00 \$/tonelada.

6.2.3. BENEFICIOS CUALITATIVOS

En lo que respecta a beneficios cualitativos, la producción de ángulos estructurales de 20 mm a un hilo, nos permitirá:

- Cumplir con la visión de la empresa ofreciendo soluciones de acero a nuestros clientes, a través de la innovación y la mejora continua.
- Posicionarnos como líderes del mercado siderúrgico peruano, siendo una empresa rentable.
- Ofrecer ángulos estructurales de 20 mm de calidad a bajo precio, ya que al disminuir el costo de transformación nos permitirá ser más competitivos frente al ingreso de hierro importado.
- Disminuir la generación de chatarra y consumo de recursos energéticos.
- Mayor posicionamiento en el mercado de ángulos estructurales de 20 mm para carpintería metálica gracias a que podemos ofrecer un producto a menor precio.

6.3. ANALISIS COSTO - BENEFICIO

Durante el año 2015 se produjo 8264.00 toneladas de ángulos estructurales de 20 mm en la planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa; en lo que respecta al año 2016, el plan laminador nos proyecta la fabricación de 7410.00 toneladas. En lo que respecta al ahorro generado en los indicadores de laminación y enderezado producto de las eficiencias en las mejoras propuestas, se muestra a continuación:

Cuadro 60 Costos unitarios por sobreconsumo por ratio

INDICADOR	Costo unitario por sobreconsumo
L1 Rendimiento metálico de laminación (%)	7.68 \$/tonelada
L2 Ritmo trabajado de laminación (TM/hora)	11.37 \$/tonelada
L3 Paradas imprevistas laminación (%)	5.53 \$/tonelada
L4 Consumo gas natural comprimido (m3/TM)	10.12 \$/tonelada
L5 Chatarra de laminación producida (%)	-10.57 \$/tonelada
L6 Consumo de energía eléctrica (KWH/TM)	1.71 \$/tonelada
L7 Tiempo de cambio de perfil (horas)	6.40 \$/tonelada
A1 Rendimiento metálico de enderezado (%)	3.29 \$/tonelada
A2 Ritmo trabajado de enderezado (TM/hora)	2.51 \$/tonelada
A3 Cortos generados (%)	9.17 \$/tonelada
A4 Chatarra de enderezado producida (%)	5.58 \$/tonelada
TOTAL	52.79 \$/tonelada

Fuente: Costos de producción acumulados - 2015

Según el proyectado del año 2016, y considerando el cuadro 60 el ahorro generado gracias a las propuestas de mejoras planteadas sería de \$391,173.90. Como se aprecia en el punto 5.1. la inversión para la implementación de las mejoras propuestas sería de \$51,020.00, entonces:

$$B/C = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo(Inversión)}}$$

$$B/C = \frac{\$391,173.90}{\$51,020.00}$$

$$B/C = 7.667$$

Dando como resultado en la ecuación de beneficio/costo que $7.667 > 1$; esto quiere decir que por 1 dólar invertido se genera una ganancia de \$6.667 originando que las propuestas de mejora implementadas en la fabricación de ángulos estructurales de 20 mm son totalmente rentables.

6.4. ANALISIS DE LA HIPOTESIS

Es factible evaluar, proponer e implementar mejoras en el proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales en la Planta 1 de la Corporación Aceros Arequipa 2016 para reducir el costo de transformación y hacerlo más competitivo porque al implementar las mejoras propuestas se reduce el costo de transformación en 52.79 \$/tonelada obteniendo márgenes positivos.



VII CONCLUSIONES

PRIMERA: Las variables que miden la eficiencia del proceso actual de laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20 mm en la Planta 1 Arequipa, están determinadas por el rendimiento metálico, ritmo trabajado, porcentaje de paradas imprevista, consumo de gas natural comprimido, chatarra producida, porcentaje de cortos producidos, consumo de energía, tiempo de cambio de perfil y medida, costo de transformación.

SEGUNDA: Al analizar las variables del proceso de laminación y enderezado de ángulos estructurales de 20 mm en la Planta 1 Arequipa, durante el periodo 2015, lo planificado versus ejecutado, los resultados obtenidos muestran claramente que en ninguno de los procesos se cumplieron los estándares propuestos.

TERCERA: El sobreconsumo de energía y gas natural comprimido, las demoras en el cambio de perfil y medida, paradas imprevistas de planta, incumplimiento en el ritmo de producción y rendimiento metálico, son problemas que influyen directamente en el proceso de laminación determinando el aumento del costo de transformación en 42.81 dólares/tonelada.

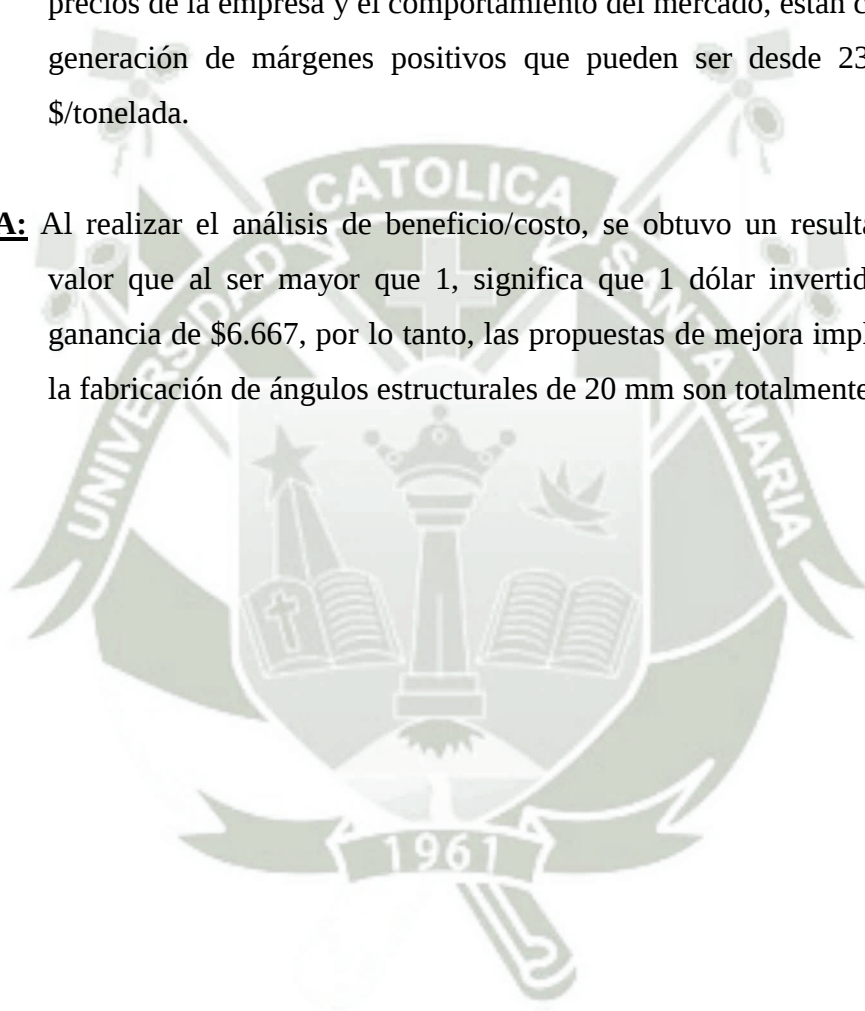
CUARTA: En el proceso de enderezado el aumento del costo de transformación en un 14.97 dólares/tonelada se debe al incumplimiento del ritmo trabajado, utilizando mayor cantidad de horas efectivas, generación de cortos, los que se comercializan por debajo del costo de transformación y el incumplimiento del rendimiento metálico.

QUINTA: Las mejoras implementadas en el proceso de laminación de ángulos estructurales en la Planta 1 Arequipa, con la finalidad de reducir el costo de transformación, son: estandarizar la calibración de laminación a un hilo, mejorar los controles en el mecanizado de cilindros, montaje de guías de entrada y salida, temperaturas del horno de recalentamiento de palanquillas, peso y longitud de palanquilla, calibración de laminación, estratos en la placa de enfriamiento y montaje de guiado en talleres de producción; generando en el acumulado, una reducción del costo de transformación en 52.79 dólares/tonelada.

SEXTA: La inversión realizada para la implementación de las mejoras en este proceso como la activación de cilindros de laminación, hermetizado de horno de recalentamiento, elaboración de plantillas y contraplantillas para la inspección de cilindros, fabricación de rodillo para acomodo de estratos, fabricación de barrones para casetas de laminación y adquisición de herramientas por casetas para cambios de producción y medida asciende a un total de \$ 50,720.00.

SÉPTIMA: Los beneficios a obtener con estas mejoras, teniendo en cuenta las políticas de precios de la empresa y el comportamiento del mercado, están centrados en la generación de márgenes positivos que pueden ser desde 23.79 a 143.79 \$/tonelada.

OCTAVA: Al realizar el análisis de beneficio/costo, se obtuvo un resultado de 7.667, valor que al ser mayor que 1, significa que 1 dólar invertido genera una ganancia de \$6.667, por lo tanto, las propuestas de mejora implementadas en la fabricación de ángulos estructurales de 20 mm son totalmente rentables.



RECOMENDACIONES



PRIMERO: Actualmente, existe gran competitividad en la industria siderúrgica a nivel mundial, con la aparición de dumping desleal, se requiere que las empresas siderúrgicas peruanas sean más competitivas, es por ello, que es necesario que el pensamiento de trabajo tenga como pilar la mejora continua.

SEGUNDO: Todas las propuestas de mejoras planteadas en la presente tesis se pueden implementar en todo el mix de producción de la planta 1 y 2 de la corporación Aceros Arequipa.





IX. BIBLIOGRAFÍA.

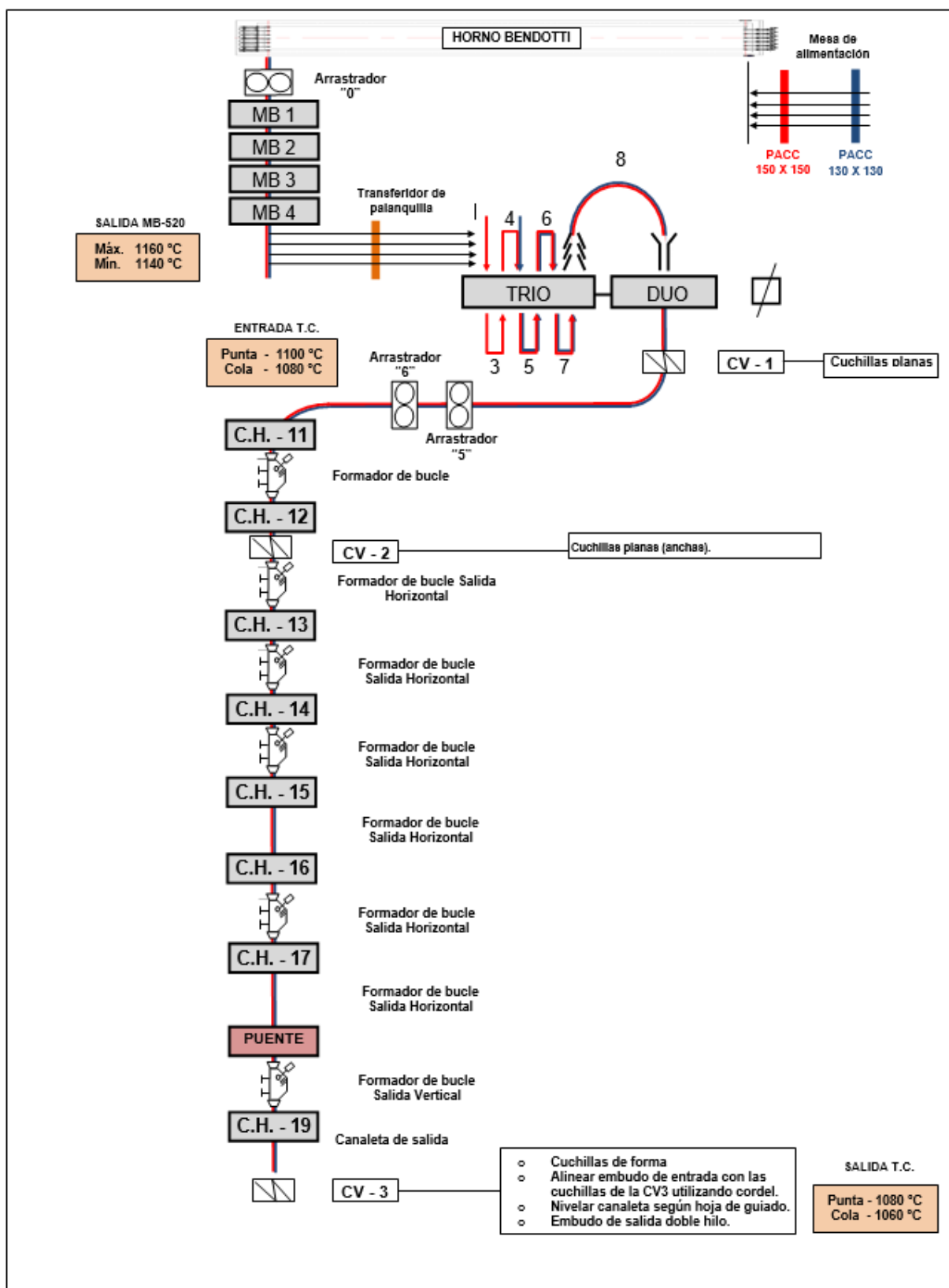
- **Asociación Latinoamérica del Acero.** (2015) *El acero subsidiado desde China pone en riesgo el empleo de miles de latinoamericanos. Llamamos a nuestros Gobiernos a actuar con urgencia y asegurar una competencia leal [en línea]* Chile. Recuperado el 15 de Julio del 2015, de: http://www.alacero.org/sites/default/files/u16/carta_abierta_es_0.pdf
- **Blake, A.** (1982). *Diccionario de planeación y planificación*. México: Editorial Edicol.
- **Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F. & Noriega, M.** (2010) *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas*. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- **Corporación Aceros Arequipa** (2016). *Catálogo de Productos [en línea]*. Recuperado el 07 de Setiembre del 2016, del sitio web de la Corporación Aceros Arequipa: <http://www.acerosarequipa.com/productos.html>
- **Chang, R.** (1996) *Mejora Continua de Procesos: Guía Práctica para mejorar procesos y lograr resultados medibles* (1a. ed.). Barcelona: Ediciones Granica S.A.
- **Chiavenato, I.** (2005). *Introducción a la Teoría de la Administración* (7a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- **Decenzo, D. & Robbins, S.** (2001). *Administración de recursos humanos* (1a. ed.). México: LIMUA
- **Eyssautier de la Mora, M.** (2002). *Metodología de la Investigación* (4a. ed.). México: Editorial Ecafsa Thomson Learning.
- **Groover, M.** (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna* (3a. ed.). México D.F. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO.
- **Horngren, C., Datar, S. & Rajan, M.** (2012). *Introducción a los términos y propósitos de los costos. En contabilidad de costos: un enfoque gerencial*. (14a. ed.). Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
- **IDEA** (2017). *Técnicas de los cinco por qué [en línea]*. Recuperado el 21 de Octubre del 2017, de: www.idea.edu.pe/herramientas/7taherramientadecalidad5W2H.doc
- **Koontz, H. & Weihrich, H.** (2004). *Administración una perspectiva global* (12a. ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.

- **Koperlman, R.** (1998). *Administración de la productividad* (1a. ed.) McGrawhill
- **Machado, M.** (1999). *La gestión de calidad total en la administración pública* (1a. ed.) España: Díaz de Santos
- **PDCAHOME** (2017). *Poka Yoke – Diseño a prueba de errores [en línea]*. Recuperado el 21 de Octubre del 2017, de:
<https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>
- **Pérez, J.** (2010). *Gestión por Procesos* (4ª. ed.). Madrid: ESIC.
- **PROARGEX** (2008). *Formas de comercio desleal [en línea]*. Recuperado el 17 de Setiembre del 2008, de:
http://www.proargex.gob.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=25
- **Robbins, S. & Coulter, M.** (2005). *Administración* (8a. ed.). Mexico: Pearson Educación.
- **Sosa Pulido, D.** (2013). *Conceptos y herramientas para la mejora continua* (2a. Ed.) México; LIMUA

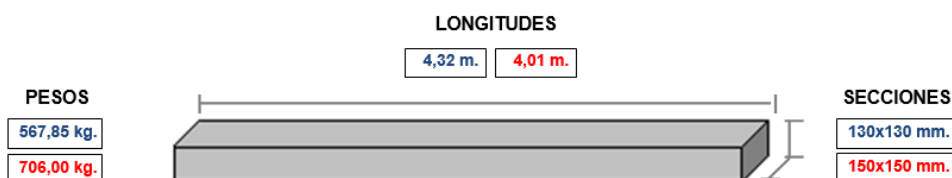
ANEXO

HOJA DE PROCESO – ÁNGULO 20.0 X 2.0 A UN HILO

1. Diagrama de Laminación.



2. Palanquilla.



CALIDAD DE PALANQUILLA	NORMA	COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)										CALIDAD COLOR
		C	Mn	Si	P máx.	S máx.	Cr máx.	Ni máx.	Mo máx.	Cu máx.	Sn máx.	
1020 P3/1	ASTM A36 / A36M-08	0.12	0.60	0.15	0.040	0.045	0.25	0.25	0.04	0.35	0.080	
		-	-	-								
		0.17	0.70	0.30								

Las palanquillas que se alimentarán al Horno, no deberán tener Pinholes, grietas, escorias y rebabas (producto del corte de la palanquilla).

3. Horno de recalentamiento Bendotti

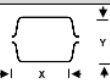
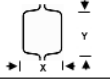
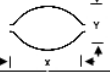
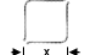
3.1. Parámetros de Control

PARÁMETRO	PALANQUILLA 130 x 130 mm.	PALANQUILLA 150 x 150 mm.
Ritmo de deshornamiento (Barras/hr)	80	70
Ratio de consumo estimado (m ³ /Tm)	34 – 36	34 – 36
Apertura del damper de la chimenea (%)	65 – 70	65 – 70
Carrera de vigas galopantes (mm)	210	235
Temperatura del aire de combustión (°C)	320 – 330	320 – 330
Presión del horno (mm H ₂ O)	9,0 – 1,0	9,0 – 1,0

Zonas	PALANQUILLA 130 x 130 mm.			PALANQUILLA 150 x 150 mm.		
	Igualación	Calentamiento	Pre - Calentamiento	Igualación	Calentamiento	Pre - Calentamiento
N° de quemadores	6	6	3	6	6	6
Quemadores apagados	–	–	# 1, 2, 6	–	–	# 1, 2, 6
Relación Aire-Combustible	10 / 1	10 / 1	10 / 1	10 / 1	10 / 1	10 / 1
Temperatura (° C) ± 5°C	1210	1200	1060	1230	1230	1060

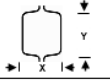
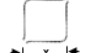
4. Calibración y regulación de tren desbastador MB520.

4.1. Palanquilla 130 mm X 130 mm.

TREN	CASETA	FORMA	DIMENSIONES							TALLADO DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO
			Nominal (mm)	Area (mm ²)	Reducción (%)	Elongación	Luz (mm)				
							IBARRA	OBARRA			
MB - 520	MB - 1		148,9 x 98,6 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	13865,23	17,79	1,216	5,6	7,6	Cajón 132,5 x 46,5	Inicio de Turno	
	MB - 2		106,6 x 119,3 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	12068,84	12,96	1,149	16,6	18,6	Canto 106,7 x 45,0	Inicio de Turno	
	MB - 3		135,0 x 83,1 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	8291,55	31,29	1,455	11,1	13,1	Óvalo 135,0 x 36,0	Inicio de Turno	
	MB - 4		79,5 Diagonal: 102,5 Tolerancia: X = ± 2,0 mm	6197,89	25,25	1,338	8,3	10,3	Cuadrado 79,5 x 47,1	Inicio de Turno	

PORCENTAJE DE CARGA (%)	MB 1	MB 2	MB 3	MB 4
	80 - 85	80 - 85	95 - 100	60 - 65

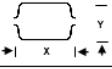
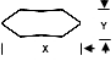
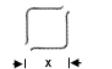
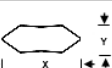
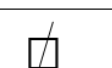
4.2. Palanquilla 150 mm X 150 mm

TREN	CASETA	FORMA	DIMENSIONES						TALLADO DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO
			Nominal (mm)	Area (mm ²)	Reducción (%)	Elongación	Luz (mm)			
							B/BARRA	C/BARRA		
MB - 520	MB - 1		170,9 x 121,4 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	19172,20	14,46	1,169	14,7	16,7	Cajón 152,0 x 53,4	Inicio de Turno
	MB - 2		117,0 x 136,9 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	14899,18	22,29	1,287	13,5	15,5	Canto 122,4 x 51,6	Inicio de Turno
	MB - 3		154,9 x 97,5 Tolerancia: X,Y = ± 2,0 mm	11844,11	20,50	1,258	18,5	20,5	Óvalo 154,9 x 41,3	Inicio de Turno
	MB - 4		91,8 Diagonal: 118,4 Tolerancia: X = ± 2,0 mm	8286,58	30,04	1,429	10,5	12,5	Cuadrado 91,8 x 54,0	Inicio de Turno

PORCENTAJE DE CARGA (%)	MB 1	MB 2	MB 3	MB 4
	80 - 85	80 - 85	95 - 100	60 - 65

5. Calibración y regulación de tren Trio-Dúo 520

5.1. Palanquilla 130 mm X 130 mm.

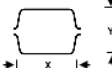
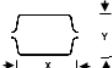
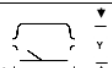
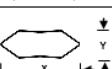
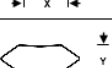
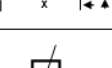
TREN	CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO
			Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción (%)	Elongación	Luz (mm)		
TRIO	5 ^{to} Pase		88,9 x 60,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	4612,25	25,58	1,344	11,0	Cajón 82,0 x 24,5	Inicio de turno
	6 ^{to} Pase		105,8 x 39,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	3031,75	36,27	1,569	8,2	Óvalo sueco 99,0 x 14,0	Inicio de turno
	7 ^{mo} Pase		45,3 Diagonal: 55,3 Tolerancia: X = ± 1,0 mm	2052,17	32,31	1,477	11,4	Cuadrado 47,0	Inicio de turno
	8 ^{vo} Pase		60,8 x 23,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	1263,95	38,41	1,624	7,2	Óvalo sueco 62,0 x 7,0	Inicio de turno
DUO	Dúo		29,5 Diagonal: Tolerancia: X = ± 0,5 mm	894,27	29,25	1,413	5,8	Cuadrado de 28	Inicio de turno

AMPERAJE
MAX - PICO (A)

Trio

110

5.2. Palanquilla 150 mm X 150 mm.

TREN	CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO
			Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción (%)	Elongación	Luz (mm)		
TRIO	3 ^{er} Pase		108,6 x 73,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	7113,06	14,16	1,165	10,0	Cajón 97,5 x 31,5	Inicio de turno
	4 ^{to} Pase		108,8 x 57,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	5963,37	16,16	1,193	7,0	Cajón 100,0 x 25,0	Inicio de turno
	5 ^{to} Pase		88,9 x 60,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	4612,25	22,66	1,293	11,0	Cajón 82,0 x 24,5	Inicio de turno
	6 ^{to} Pase		105,8 x 39,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	3031,75	36,27	1,569	8,2	Óvalo sueco 99,0 x 14,0	Inicio de turno
	7 ^{mo} Pase		45,3 Diagonal: 55,3 Tolerancia: X = ± 1,0 mm	2052,17	32,31	1,477	11,4	Cuadrado 47,0	Inicio de turno
	8 ^{vo} Pase		60,8 x 23,0 Tolerancia: X,Y = ± 1,0 mm	1263,95	38,41	1,624	7,2	Óvalo sueco 62,0 x 7,0	Inicio de turno
DUO	Dúo		31,8 Diagonal: 40,2 Tolerancia: X = ± 0,5 mm	894,27	29,25	1,413	5,8	Trébol de 30,0	Inicio de turno

AMPERAJE
MAX - PICO (A)

Trio

110

6. Calibración y regulación de tren acabador Pomini.

TREN	CASETA	FORMA	DIMENSIONES					TALLADO DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO
			Nominal (mm)	Área (mm ²)	Reducción	Elongación	Luz (mm)		
TREN CONTINUO POMINI	Caseta 11		44,5 x 15,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	561,14	35,7	1,579	4,0	Ovalo de 55 x 5,5	Inicio de turno
	Caseta 12		21,6 Diag. 26,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	424,3	24,07	1,322	3,0	Cuadrado de 18	Inicio de turno
	Caseta 13		34,5 x 11,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	347,95	34,51	1,527	3,0	Ovalo de 32 x 3,2	Inicio de turno
	Caseta 14		16,8 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	254,46	21,8	1,28	2,0	Redondo de 18	Inicio de turno
	Caseta 15		25,0 x 11,3 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	180,09	29,13	1,41	3,0	Primera forma Angulo de 20	Inicio de turno
	Caseta 16		28,4 x 4,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	138,25	25,0	1,30	2,0	Segunda forma Angulo de 20	Inicio de turno
	Caseta 17		29,5 x 3,1 Tolerancia: X,Y = ± 0,3 mm	127,86	5,9	1,08	2,0	Tercera forma Angulo de 20	Inicio de turno
	Caseta 19		20,0 x 2,0 Tolerancia: X,Y = ± 0,1 mm	110,41	13,65	1,158	4,2	Acabador Angulo de 20	Inicio de turno

PORCENTAJE DE CARGA (%)	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C - 16	C-17	C - 19
	70 - 75	60 - 65	55 - 60	45 - 50	45 - 50	45 - 50	55 - 60	85 - 90

6.1 Frecuencia de cambio de canales tren acabador Pomini.

CASETA	Dúo	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C-16	C - 17	C - 19
FORMA	cuadrado	ovalo	cuadrado	ovalo	redondo	1ra forma	2da forma	3ra forma	acabador
TONELADAS	1800	650	650	250	250	250	150	150	150
	2000	800	800	350	350	350	200	200	200

7.1. Palanquilla de 130 mm X 130 mm.

159

7.2. Palanquilla de 150 mm X 150 mm

PERFIL: ANGULO 20 A HILO

Pqlla. 150 x 150

FECHA : 22/02/2016

REVISIÓN : 01

Ultima producción : 27 / 08 / 2015

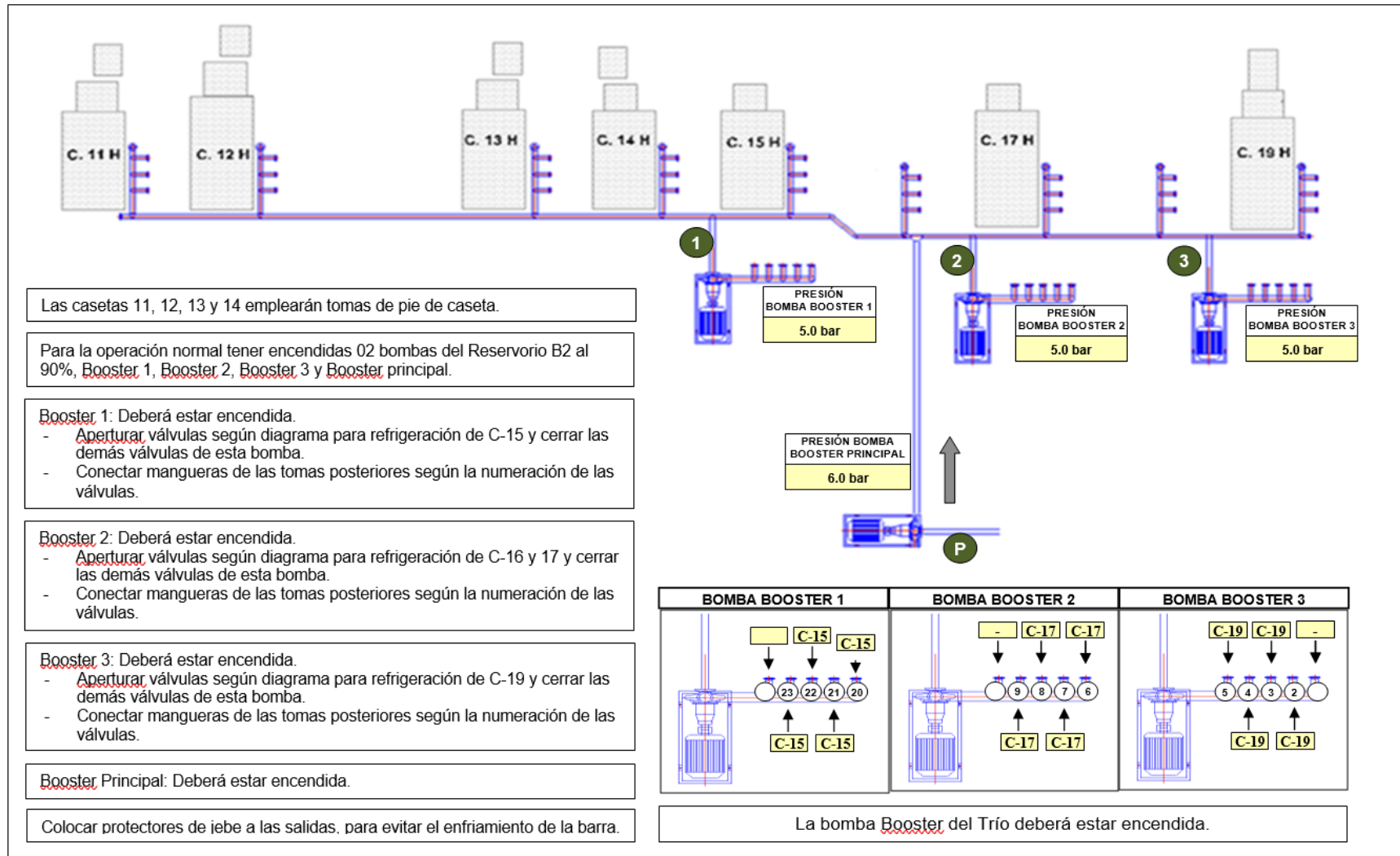
Calibración			Cajas de entrada							Cajas de salida							Guardas						
T 520	forma	dimensiones	T 520	a	b	tipo	código			T 520	a	b	tipo	código			T 520	a	b	forma	tipo	luz/cód	
C-1		170.9x121.4	C-1	174	200	fija				C-1	340	243	c/soporte				C-1	204	67		c/soporte		
C-2		117 x 136.9	C-2	140	210	fija				C-2	340	243	c/soporte				C-2	163	68		c/soporte		
C-3		154.9 x 97.5	C-3	134	190	fija				C-3	340	243	c/soporte				C-3	184	53		c/soporte		
C-4		91.8 x 91.8	C-4	100	200	Ac/rodillos				C-4	340	243	c/soporte				C-4	128	58		c/soporte		
1C.3P		108.6 x 73	1C.3P	108	180	fija				1C.3P	222	180	c/contraguías				1C.3P	92	509		c/contraguías		
1C.4P		108.8 x 57	1C.4P	120	220	fija				1C.4P	222	180	c/contraguías				1C.4P	98	509		c/contraguías	134	
1C.5P		88.9 x 60	1C.5P	62	100	Bc/rodillos				1C.5P	222	180	c/contraguías				1C.5P	71	115		c/contraguías	100	
1C.6P		99 x 36	1C.6P	100	220	fija				1C.6P	190	70	con tubo				1C.6P	134	22.5		torsión	134	
1C.7P		46.5 x 46.5	1C.7P	45	180	fija				1C.7P	136	80	con tubo				1C.7P	100	100		con tubo	100	
1C.8P		62 x 25	1C.8P	60	220	fija				1C.8P	136	80	con tubo				1C.8P	85	15		torsión	30	
2C.1P		29.5 x 29.5	2C.1P	15	100	c/guías	30			2C.1P	136	80	con tubo				2C.1P	76	76		con tubo	78	
T 360	forma	dimensiones	T 360	a	b	tipo	código			T 360	a	b	tipo	código			T 360	a	b	forma	tipo	luz/cód	
2C.1P			2C.1P							2C.1P							2C.1P						
1C.1P			1C.1P							1C.1P							1C.1P						
Pomini	forma	dimensiones	Pomini	a	b	tipo	código			Pomini	a	b	tipo	código			Pomini	a	b	forma	tipo	luz/cód	
C 11		48.7 x 15.3	C 11	22	44	c/guías	94			C 11	40	70	de torsión	RT0-18			C 11	58	13		De torsión	58 70 RT018	
C 12		20.8 x 20.8	C 12	19	65	c/rodillos	morgan			C 12	90	30	con tubo				C 12	30	30		De torsión	24 70 RT018	
C 13		31.5 x 15.0	C 13	15.0	30	c/guías	53			C 13	77	95	Con tubo				C 13	40	10		De torsión	45 70 RT018	
C 14		18	C 14	40	55	c/rodillos	holteck			C 14	77	95	Con tubo				C 14	30	-----		Con tubo	----- 30	
C 15		25.5 x 12.3	C 15	12	40	c/guías	17			C 15	77	95	Con tubo				C 15	34	9		De torsión	----- RT018	
C 16		28.8 x 4.5	C 16	28.0	50	c/guías	46			C 16							C 16	36	10		De torsión	----- RT018	
C 17		29.0 x 3.5	C 17	30	48	c/guías	45			C 17	77	95	Con tubo				C 17	40	11		Con tubo	Separador 31	
C 18		PUENTE	C 18							C 18							C 18						
C 19		20 x 3	C 19	42	60	c/rodillos	holteck			C 19	110	85	C/puente				C 19	50	38		C/puente	Separador 38	

Observaciones : 1° En la salida del 8 P (Trio) del tope a la mitad del tubo mide 49 mm
 Luz casquillos: (caja 12 - guía 18 x 34 desahogo 4 x 48) (Nariz C-17 y C-19 luz34)
 Montaje de salvavidas a C-16
 Nota. Luz Guías de 33 mm para canaleta CV 3 cambió guías a 31mm C.CH.26/06/2011

Cuchillas CV-3

Caja	Torsión	Luz entre rodillos
11	13°	4 mm
12	6°	0.5 mm
13	13°	4 mm
15	13	0.5
16	13	0.5

8. Perfil de refrigeración de canales en casetas de tren continuo Pomini:

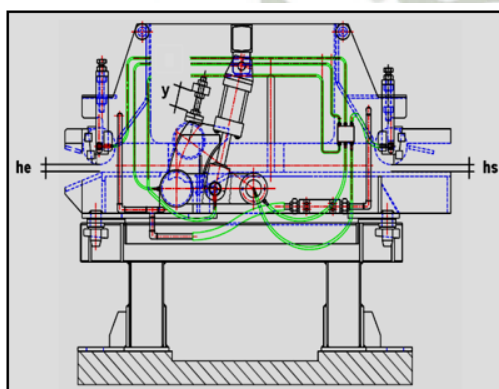


9. Regulación de equipos auxiliares.

9.1 Cizallas.

CIZALLA	CV1	CV2	CV3	CORTE EN FRIO
ESTADO	Habilitada	Habilitada	Habilitada	Habilitada
TIPO DE CUCHILLAS	Planas	Planas - Anchas	De forma	De forma
SOBREVELOCIDAD (%)	0	8,0	-8,5	-
MODO VOLANTE	-	-	Excluido	-
CORTE DE CABEZA	Si	Si	-	-
CORTE DE COLA	Si	Si	-	-
PRE-TROCEO	-	Si	-	-
LONGITUD DE CORTE (m)	-	-	48	-
LONGITUD DE TOPE (m)	-	-	-	6,05
TOPE POSTIZO (m)	-	-	-	-
VARILLAS POR ESTRATO	-	-	-	16
VARILLAS POR PAQUETE	-	-	-	-

9.2. Formadores de bucle del tren acabador Pomini.



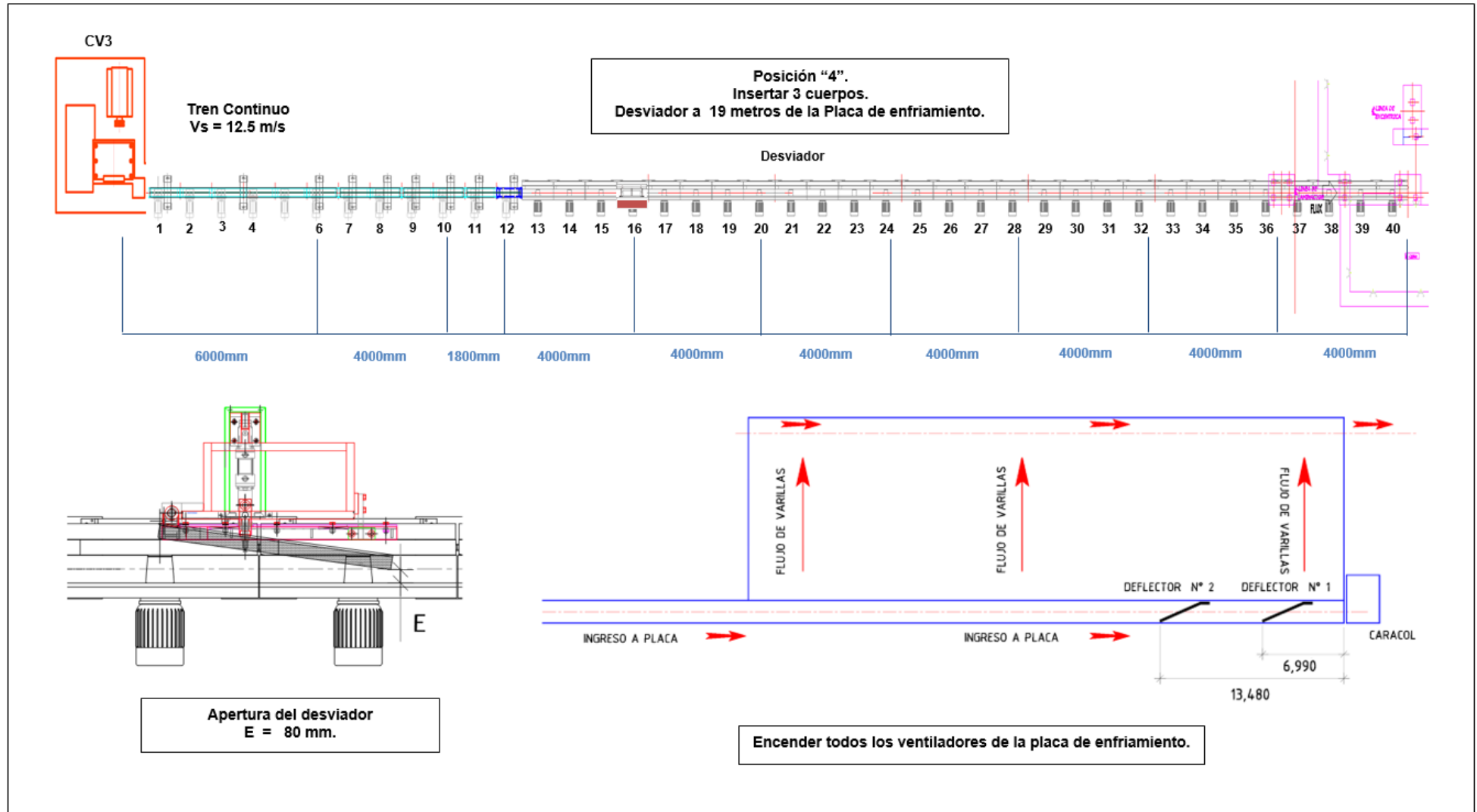
POSICION	ALTURA DE RODILLOS DE FORMADOR DE BUCLE		DISTANCIA SOPORTE Y BASE DE TOPE (y)
	ENTRADA (he)	SALIDA (hs)	
11 - 12	66	66	110
12 - 13	65	60	110
13 - 14	71	71	110
14 - 15	70	86	110
15 - 16	70	86	110
16 - 17	70	85	110
17 - 18	-	-	-
18 - 19	70	85	110

DISPOSITIVO	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C - 16	C - 17	C - 18	C - 19
ALTURA DE BUCLE (%) $\pm 1\%$	29	31	36	30	30	31	33	34	-
FUNCION	Caja	Caja	Caja	Caja	Caja	caja	Caja	Excluido	Caja
SOBREVELOCIDAD	0	0	2,0	4,0	4,0	4,0	5,0	0	4,5

9.3. Arrastradores.

ARRASTRADOR	0	1	2	3	4	5	6
ESTADO	ACTIVO	ACTIVO	NO ACTIVO	NO ACTIVO	NO ACTIVO	ACTIVO	ACTIVO
REGULACION (mm)	125	-	-	-	-	26	26

10. Diagrama de montaje de desviador de varillas.

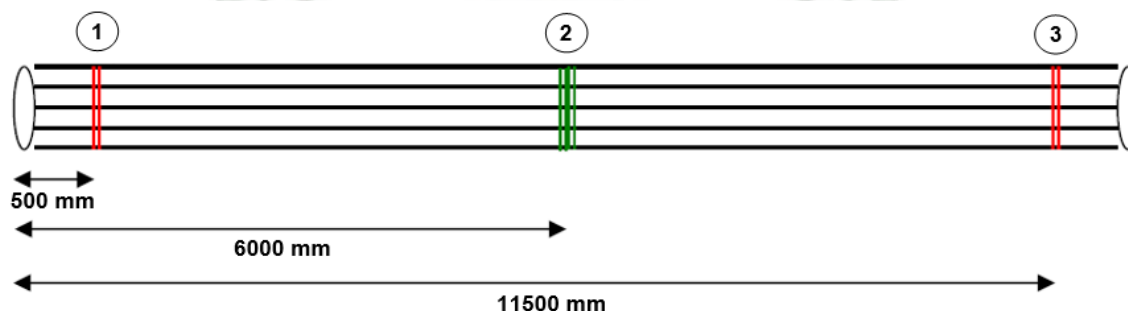


11. Regulación de parámetros del área de corte en frío.

Rodillos emparejadores # 1	Inserted
Rodillos emparejadores # 2	Inserted
Rodillos emparejadores # 3	Inserted
Rodillos emparejadores # 4	Inserted
Rodillos emparejadores # 5	Inserted
Rodillos emparejadores # 6	Off
Rodillos emparejadores # 7	Inserted
# Barras por ciclo en rastrillos	2
# Varillas por estrato	46
# Estratos normales	4
Barras por estrato diferente	20

Habilitación del pisador	Habilitado
Velocidad rodillos de salida de la placa (m/s)	2,3
Medida del corte (mm)	12000
Corrección de la medida del corte (mm)	85
Ajuste del último corte (mm)	120
Medida del corte de cabeza (mm)	120
N° de varillas por paquete	-

12. Regulación de parámetros para el atado de paquetes.



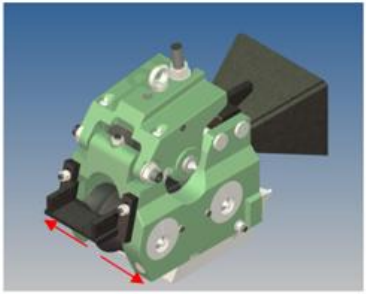
Posición	Distancia de la amarra (mm)	Tipo de atado	Apriete del atado
1	500	Single	Apretado
2	6000	Single	Apretado
3	11500	Single	Apretado

13. Consideraciones para el arranque de línea.

Se deberá tomar en cuenta las siguientes reducciones de RPM en cascada para un arranque de producción o después de un cambio de canal (reducción de RPM a las pasadas que se cambiaron de canal):

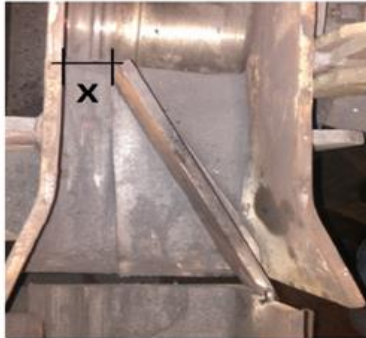
		CASETA CON CANAL NUEVO									
		C - 18	C - 17	C - 16	C - 15	C - 14	C - 13	C - 12	C - 11		
CASETAS A LAS QUE SE LES REDUCIRAN LAS RPM	C - 19	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	RPM A DISMINUIR EN CASCADA	
	C - 17	30	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
	C - 16	30	30	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
	C - 15	25	25	25	↓	↓	↓	↓	↓		
	C - 14	25	25	25	25	↓	↓	↓	↓		
	C - 13	20	20	20	20	20	↓	↓	↓		
	C - 12	20	20	20	20	20	20	↓	↓		
	C - 11	15	15	15	15	15	15	15	15		

14. Regulación de guía de entrada REA-0B y ubicación del deflector para montaje de varillas:



Desplazamiento Lateral

Una vuelta equivale a	4.4 mm
Media vuelta equivale a	2.2 mm
Una cara del Hexágono equivale a	0.73 mm



Apertura del deflector:
X = 32 mm.

Ubicación del deflector:
Antes del primer rodillo cónico. Posición "13".