

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TÍTULO  
ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS PARA  
LA PLANTA BIA ALAMBRES BEKAERT COSTA  
RICA, 2017**

**SUSTENTANTE:  
ANA KAREN ARROYO CAMPOS**

**FACILITADOR:  
MANUEL MÉNDEZ**

**II CUATRIMESTRE, 2017**

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 16 de Marzo de 2018

Miembros del comité de Trabajos Finales de Graduación.

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante ANA KAREN ARROYO CAMPOS , cédula de identidad número 2-0717-0135, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "ESTANDARIZACION DE PROCESOS PARA LA PLANTA BIA ALAMBRES BEAKERT COSTA RICA, 2017", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial. En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	26%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		90

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Ing. Manuel Alejandro Méndez Flores, MSc.

1-1113-0022

IPI:18990

Heredia, 16 de abril de 2018.

**Señores**

**Registro**

**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

La estudiante Ana Karen Arroyo Campos, cédula de identidad 2-0717-0135 me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS PARA LA PLANTA BIA ALAMBRES BEAKERT COSTA RICA, 2017", el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

Firma.....

**Nombre del profesor...Federico Salazar Jiménez.**

**Cédula...1-0914-0803**

**Carné del Colegio 1782.**

Cartago, 30 de abril de 2018

Señores:

Universidad Hispanoamericana

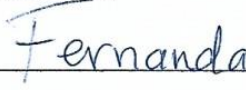
Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

***Estandarización de procesos para la planta BIA Alambres Bekaert Costa Rica, 2017***

Dicho documento fue elaborado por Ana Karen Arroyo Campos. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_

María Fernanda Sanabria Coto  
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225  
Colypro. Código 75402  
fernanda.sanabria@filologos.cr



## Índice

CAPÍTULO I .....	XIV
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	XIV
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	14
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....	15
1.2.1 Identificación general de la empresa .....	16
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa .....	19
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	25
1.3.1 Idea del problema .....	25
1.3.2 Definición del problema .....	26
1.3.3 Justificación del problema .....	26
1.3.4 Justificación de la empresa .....	28
1.3.5 Pregunta del problema .....	29
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
1.4.1 Objetivo general .....	29
1.4.2 Objetivos específicos .....	29
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	30
1.5.1 Alcances .....	30
1.5.2 Limitaciones .....	30
CAPÍTULO II .....	32
MARCO TEÓRICO .....	32
2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA .....	33
2.1.1 ¿Qué es un proceso? .....	33
2.1.2 Tipos de procesos .....	34
2.1.3. ¿Qué es un subproceso? .....	36
2.1.4 Estandarización de procesos .....	36
2.1.5 Necesidad de la estandarización de procesos .....	37
2.1.6 Pasos para la estandarización de procesos .....	38
2.1.7 Fundamentos por conocer para la estandarización de la empresa .....	39
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DE PROYECTOS .....	41
2.2.1 Seis Sigma .....	41

2.2.1.1 Principios de seis sigmas .....	42
2.2.2 El modelo de mejora DMAIC de Seis Sigma .....	46
2.2.3 Diagrama Pareto .....	48
2.2.3.1 Etapas para el diseño.....	49
2.2.4. Diagrama de causa- efecto .....	50
2.2.5. Diagrama de Gantt .....	51
2.2.6 Estudio de tiempos.....	54
2.2.6.1 Equipo para el Estudio de tiempos.....	55
2.2.6.2 Cronometro .....	55
2.2.6.3 Tablero de Estudio de tiempos.....	56
2.2.6.4 Formas para el Estudio de tiempos.....	57
2.2.7 Análisis de Métodos .....	59
2.2.8 Análisis del flujo de proceso.....	61
2.2.9 SIPOC. Mapa de proceso a alto nivel .....	62
2.2.10 Matriz operacionalización de variables.....	63
2.2.11. Técnica Grupo nominal .....	64
2.3 ANTECEDENTES DE TEORIAS O PROYETOS.....	66
CAPÍTULO III .....	68
MARCO METODOLÓGICO .....	68
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	69
3.1.1 Tipo de investigación.....	69
3.1.2 Finalidad del proyecto .....	69
3.1.3 Dimensión del proyecto.....	69
3.1.4 Marco del proyecto.....	70
3.1.5 Naturaleza del proyecto .....	70
3.1.6 Carácter del proyecto .....	72
3.1.7 Investigación descriptiva .....	73
3.1.8 Sujetos de la investigación .....	73
3.1.9. Observación .....	74
3.1.10 La entrevista.....	74
3.1.11 Fuentes de información.....	75
3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO .....	76

3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	77
CAPÍTULO IV .....	80
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....	80
4.1. Productos y especificaciones.....	81
4.1.1. Proceso de Galvanizado .....	81
4.1.1.2 Proceso de Trefilación.....	82
4.2. Diagrama de Ishikawa .....	84
4.3 Entrevistas .....	91
4.3.1 Entrevista mixta aplicada al superintendente Rusbell Ulloa .....	91
4.3.2 Entrevista mixta aplicada al operario de Galvanizado Daniel Rojas.....	93
4.4. SIPOC.....	96
4.5 Técnica Grupo Nominal .....	101
4.6. Diagrama de Pareto.....	104
4.7. Diagramas de flujo .....	106
4.8. Tiempos y movimientos.....	110
4.9 Análisis de flujo .....	124
4.10 Indicadores Planta BIA Alambres.....	129
4.11 Resumen de hallazgos .....	138
CAPÍTULO V .....	141
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	141
5.1. Desarrollo de las alternativas de implementación propuesta.....	142
5.2 Implementación de la propuesta en los procesos de Galvanizado y Trefilado ..	145
5.2.1 Descripción de la propuesta de implementación .....	145
5.2.2 Implementación de la propuesta .....	145
5.2.3 Propuesta de capacitación .....	152
5.2.4 Indicador capacitación.....	158
5.2.5 Gemba estandarización .....	160
5.2.6 Planes de Control.....	162
5.2.7 Análisis de flujo de la propuesta implementada .....	172
5.2.8 Indicadores 2018.....	179
5.2.9 Resumen de resultados .....	185
CAPÍTULO VI .....	186
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	186

6.1 Conclusiones.....	187
6.2 Recomendaciones .....	190
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	191
APÉNDICES.....	192



**Índice de figuras**

Figura 1 .....	16
Figura 2 .....	21
Figura 3 .....	22
Figura 4 .....	23
Figura 5 .....	24
Figura 6 .....	25
Figura 7 .....	34
Figura 8 .....	47
Figura 9 .....	51
Figura 10 .....	56
Figura 11 .....	62
Figura 12 .....	70
Figura 13 .....	85
Figura 14 .....	97
Figura 15 .....	99
Figura 16 .....	106
Figura 17 .....	108
Figura 18 .....	146
Figura 19 .....	149
Figura 20 .....	161

**Índice de tablas**

Tabla 1 .....	53
Tabla 2 .....	58
Tabla 3 .....	61
Tabla 4 .....	64
Tabla 5 .....	66
Tabla 6 .....	78
Tabla 7 .....	79
Tabla 8 .....	101
Tabla 9 .....	102
Tabla 10 .....	103
Tabla 11 .....	115
Tabla 12 .....	119
Tabla 13 .....	125
Tabla 14 .....	127
Tabla 15 .....	152
Tabla 16 .....	153
Tabla 17 .....	156
Tabla 18 .....	157
Tabla 19 .....	168
Tabla 20 .....	171
Tabla 21 .....	172
Tabla 22 .....	176
Tabla 23 .....	177
Tabla 24 .....	178

## Índice de gráficos

Gráfico 1.....	27
Gráfico 2.....	49
Gráfico 3.....	104
Gráfico 4.....	131
Gráfico 5.....	132
Gráfico 6.....	135
Gráfico 7.....	136
Gráfico 8.....	137
Gráfico 9.....	158
Gráfico 10.....	179
Gráfico 11.....	180
Gráfico 12.....	181
Gráfico 13.....	182
Gráfico 14.....	183
Gráfico 15.....	184

## Índice de anexos

Anexo 1.....	122
Anexo 2.....	129
Anexo 3.....	133

## Índice de apéndices

Apéndice 1.....	192
Apéndice 2.....	192
Apéndice 3.....	193
Apéndice 4.....	193
Apéndice 5.....	194
Apéndice 6.....	194
Apéndice 7.....	195
Apéndice 8.....	196
Apéndice 9.....	196

## **Dedicatoria**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. Gracias porque, en cada momento de debilidad en el que me sentía abrumada, ahí estuviste dándome paciencia y fortaleza para continuar. Por ser el superior al que le debo donde estoy y lo que he logrado a la fecha.

### **A mi madre Ana Yansy.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero, más que nada, por su amor.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a mi tutor Manuel Méndez, por todo el apoyo para lograr la realización del proyecto, así como la cordialidad de revisar mis avances a tiempo y asistir a las tutorías en el tiempo conveniente.

## **CAPÍTULO I**

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**



## **1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Conforme han pasado los años, los procesos han estado en continuo desarrollo desde sus inicios y hoy en día la competitividad exige actualización por parte de todos y cada uno de los recursos dentro de una empresa. En este proyecto, se estudia la estandarización de los procesos de las principales áreas de transformación del metal: galvanizado y trefilado de la planta BIA Alambres, Bekaert.

El presente proyecto busca identificar, analizar y proponer una estrategia para crear y gestionar los estándares de galvanizado y trefilado, con el fin de estabilizar cada proceso, hacerlo más medible, predecible, controlable y, por ende, reproducible. En el desarrollo del primer capítulo, se logra identificar el problema que se pretende solucionar con el estudio y su respectiva justificación. Además, se detalla un poco de la historia de la organización y se plantean los objetivos del proyecto, junto con los alcances y sus limitaciones.

En el segundo capítulo, se muestra el marco teórico de la investigación, donde se detallan las diferentes teorías que sirvieron de referencia para el desarrollo de las nuevas implementaciones. Así mismo, el tercer capítulo se compone del marco metodológico de la investigación, el cual es de gran beneficio para entender la forma en que se desarrolla el proyecto investigativo.



El cuarto capítulo muestra el estado actual del proceso por investigar, por lo cual, se sienta un diagnóstico de la forma de realizar las labores. Por su parte, en el quinto capítulo se procede al desarrollo de las nuevas propuestas de implementación, con sus respectivas soluciones planteadas. Finalmente, en el sexto capítulo se realizan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

La selección y planteamiento del método de estandarización sentaron un precedente para continuar con la operación y realización de los procesos de las líneas productivas de la planta BIA Alambres y, a la vez, servirán como referencia para lograr los objetivos fundamentales de la organización, los cuales se basan en seguridad, calidad y productividad.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

BIA Alambres Costa Rica

Grupo Bekaert es una sociedad constituida por dos empresas: Bia Alambres Costa Rica S.A. y Bekaert Costa Rica S.A. La misma cuenta con el respaldo de uno de los grupos de más alto nivel profesional: Bekaert, principal grupo industrial de transformación del acero en el mundo.

Con el respaldo de este grupo, la empresa evoluciona hacia un nuevo concepto que asocia: altos estándares en sus procesos de fabricación, mejores servicios y

tecnología de última generación, con una clara filosofía empresarial que se funda en el desarrollo sostenible y la responsabilidad social de la organización.

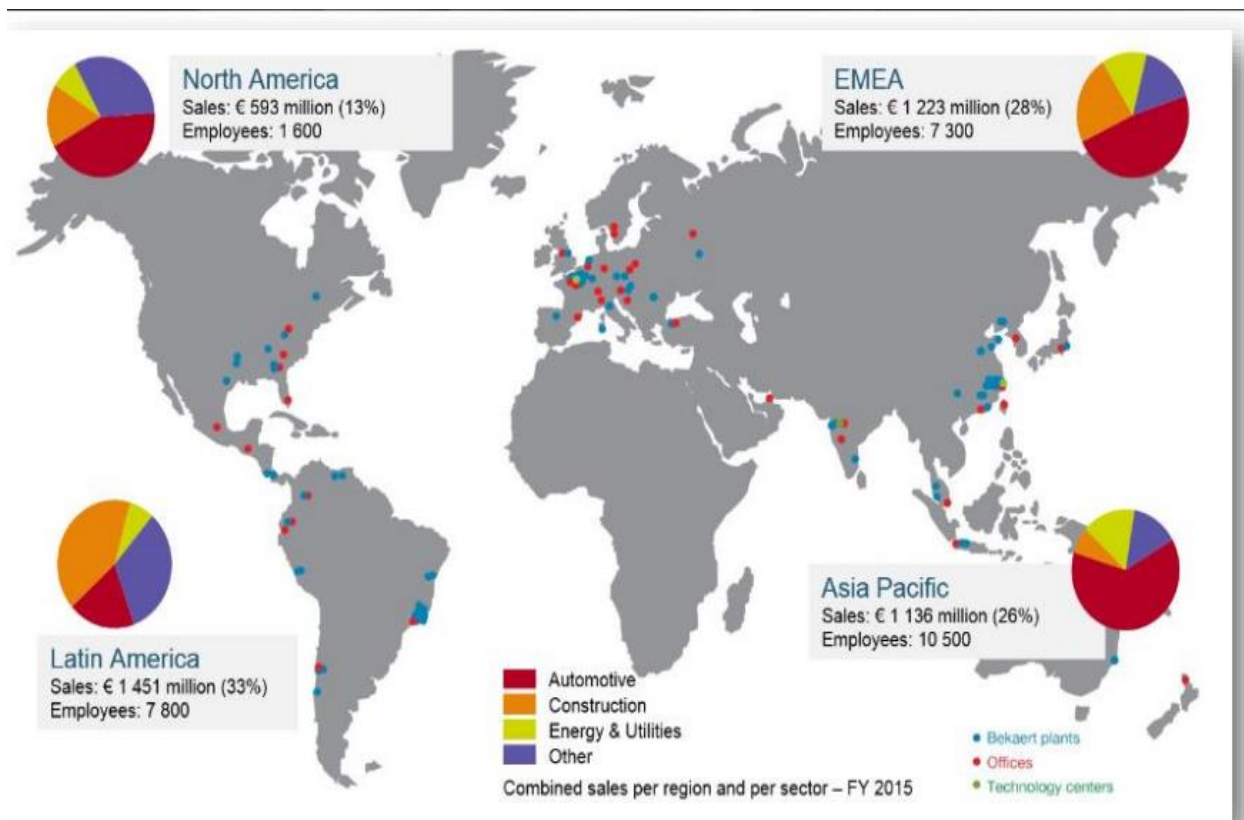


Figura 1. Distribución de Bekaert a nivel mundial

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

### 1.2.1 Identificación general de la empresa

#### Visión

“Salvaguardar el futuro de nuestra compañía a través del crecimiento rentable y sostenible” (Bekaert CR, 2014 ).

“Ser reconocidos como líder mundial en nuestros segmentos de negocios seleccionados, ofreciendo a nuestros clientes (como su proveedor preferido) productos y servicios innovadores y de alta calidad” (Bekaert CR, 2014).

“Mantener nuestra posición como un empleador escogido para el mejor talento al proveer oportunidades de crecimiento profesional y recompensas competitivas, reflejando así el valor que colocamos en la diversidad mundial” (Bekaert CR, 2014).

### Misión

“En Bekaert nos enfocamos en el crecimiento rentable y sostenible” (Bekaert CR,2014).

Realizamos todo esto por todo el mundo de manera responsable y profesional al implementar nuestro mercado mundial y estrategia de liderazgo tecnológico dentro de los segmentos de negocios y mercados en donde somos activos al trabajar conjuntamente hacia el éxito con nuestros clientes, proveedores y otros socios comerciales dentro de nuestra organización y a lo largo de las divisiones y regiones. (Bekaert CR, 2014)

### Política de calidad

Esta aspiración ha sido formalizada en los estatutos de TQM de Bekaert:

- Queremos que nuestros clientes nos consideren como su proveedor preferido.

- Requerimos de la pasión y del compromiso de todos nuestros empleados a nivel regional.
- La excelencia operativa es lo que conecta al cliente satisfecho con el empleado de alto rendimiento.
- La calidad es esencial para el logro de la misión y de las creencias del Grupo Bekaert.
- El principal enfoque de la calidad total es la comprensión y satisfacción de las necesidades futuras de los clientes y de los mercados.
- Cada persona en el Grupo Bekaert cuenta con un cliente ya sea interno o externo.
- Cada departamento y cada persona en el Grupo Bekaert debe continuamente buscar niveles más altos de excelencia a través del respeto de las normas y participando en los esfuerzos de mejora continua.

A fin de brindar soporte a lo anterior, el Grupo Bekaert:

- No tomará decisiones o realizará acciones que podrían rebajar de forma alguna el nivel establecido de calidad o de satisfacción del cliente.
- Desarrollará los talentos, la cooperación y la experiencia de sus empleados.
- Proveerá la capacitación, los equipos, los materiales y los procedimientos necesarios.
- Luchará por establecer relaciones entre sus empleados basadas en integridad, confianza, trabajo en equipo y resolución conjunta de problemas.

- El Grupo Bekaert reconoce que su futuro está relacionado con el futuro de sus clientes y proveedores. Por tanto, se busca una relación mutuamente beneficiosa resultando en la creación de valor para ambos.
- La buena calidad solamente puede ser obtenida dentro de un entorno que implementa la seguridad, la limpieza, el orden y las normas ambientales. Por tanto, todo empleado de Bekaert debe asegurar que estas condiciones sean siempre satisfechas. (Bekaert CR, 2014)

### **1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa**

Inicialmente, en 1962 se instala en San José la primera empresa en Costa Rica especializada en la fabricación de varillas de acero: Laminadora Costarricense, creada por el Grupo Pujol. En 1974, se funda Trefilería Colima, también en San José. En el año 2000, entra en operación la nueva planta Trefilería ubicada en la Ceiba de Orotina y para el 2003, emprende operaciones la nueva planta de productos laminados ubicada en Guápiles.

Asimismo, en el 2006, El Grupo Empresarial Belgo, ArcelorMittal-BRASIL adquiere el 50 % de las acciones de las sociedades: Laminadora Costarricense y Trefilería Colima. En agosto del 2006 el Grupo Arcelor y Mittal Steel se unen creando al nuevo líder indiscutible del acero: el Grupo ArcelorMittal.

Por su parte, en el año 2007, Laminadora y Trefilería Costarricense pasan a llamarse ArcelorMittal Costa Rica. En el 2008, ArcelorMittal adquiere el 50 % de las

acciones restantes de Laminadora Costarricense y Trefilería Colima, tomando el control absoluto de ambas compañías. Además, ese mismo año, se firma el acuerdo comercial con Invercalma/Didelco en el Salvador.

Actualmente, ArcelorMittal también se encuentra en una posición de liderazgo en otros mercados mundiales, como lo es el de los automóviles, la construcción, los electrodomésticos y los envases.

En el 2014, ArcelorMittal le cede la mayor parte de sus acciones de la planta Trefilería al Grupo Bekaert líder en productos trefilados, por lo que la planta Trefilería pasa a llamarse BIA Alambres de Costa Rica, donde BIA significa Bekaert Ideal ArcelorMittal. En 2015, se inaugura una nueva planta ubicada en el mismo plantel Industrial donde está ubicada la anterior, llamada Bekaert C.R; esto en calidad de zona franca para la realización de nuevos productos para la construcción. Actualmente, las dos plantas están conformadas y consolidadas con todo el respaldo mundial que implica el Grupo Bekaert.

#### Ubicación geográfica

- Oficinas corporativas de ventas:

Edificio número 01, FORUM Santa Ana, segundo piso.

- Planta BIA Alambres C.R y Bekaert C.R:

Las plantas se sitúan en La Ceiba de Orotina, a 6 km de Puerto Caldera en la provincia de Alajuela. Para BIA, su extensión abarca los 22.000 m<sup>2</sup> y su capacidad instalada se establece en 100.000 toneladas métricas al año aproximadamente; para Bekaert, su extensión abarca los 20.000 m<sup>2</sup> y su capacidad instalada se establece en 25.000 toneladas métricas al año aproximadamente.

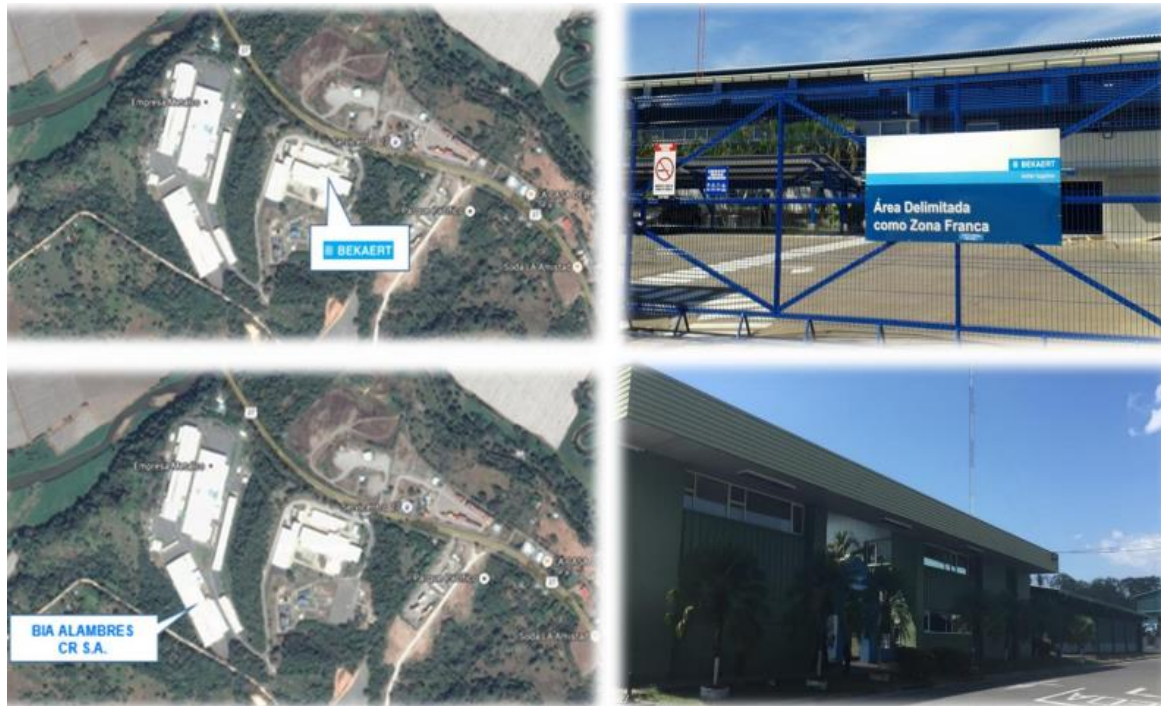


Figura 2. Ubicación geográfica en Costa Rica

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

### Estructura organizativa

En el organigrama representado en la figura 2, se exhibe la estructura organizativa en términos absolutos del equipo gerencial de Bekaert: BIA Alambres C.R./Bekaert C.R.

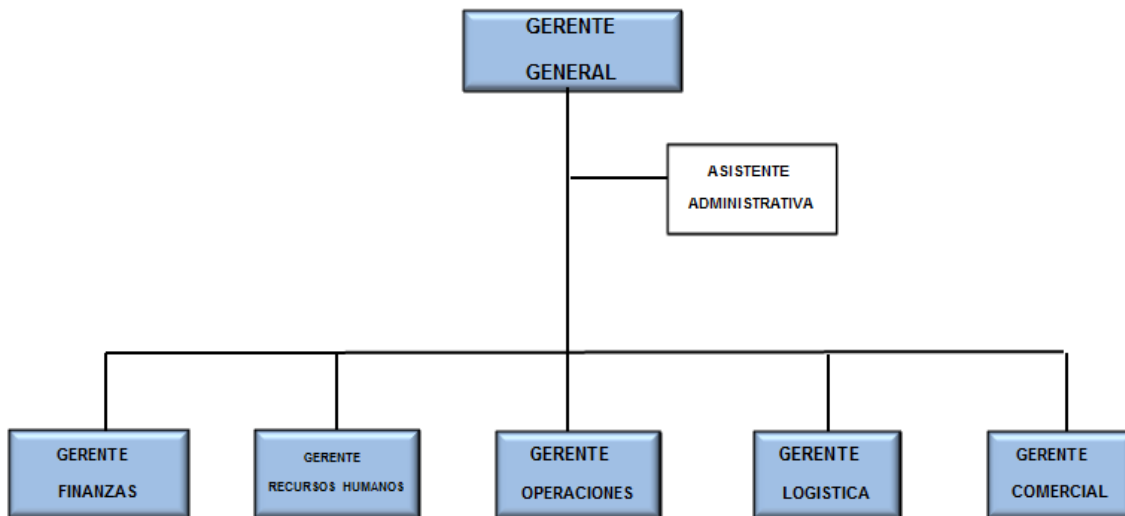


Figura 3. Organigrama empresarial

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

#### Tipos de productos

En relación con los tipos de productos y sus características generales, se consideró lo siguiente:

De productos para la construcción tiene varillas deformadas y grafiladas, mallas electrosoldadas, mallas tejidas, alambres para construcción y clavos.

De productos para el agro hay grapas galvanizadas, alambres de púas y galvanizado recocido de alta resistencia.



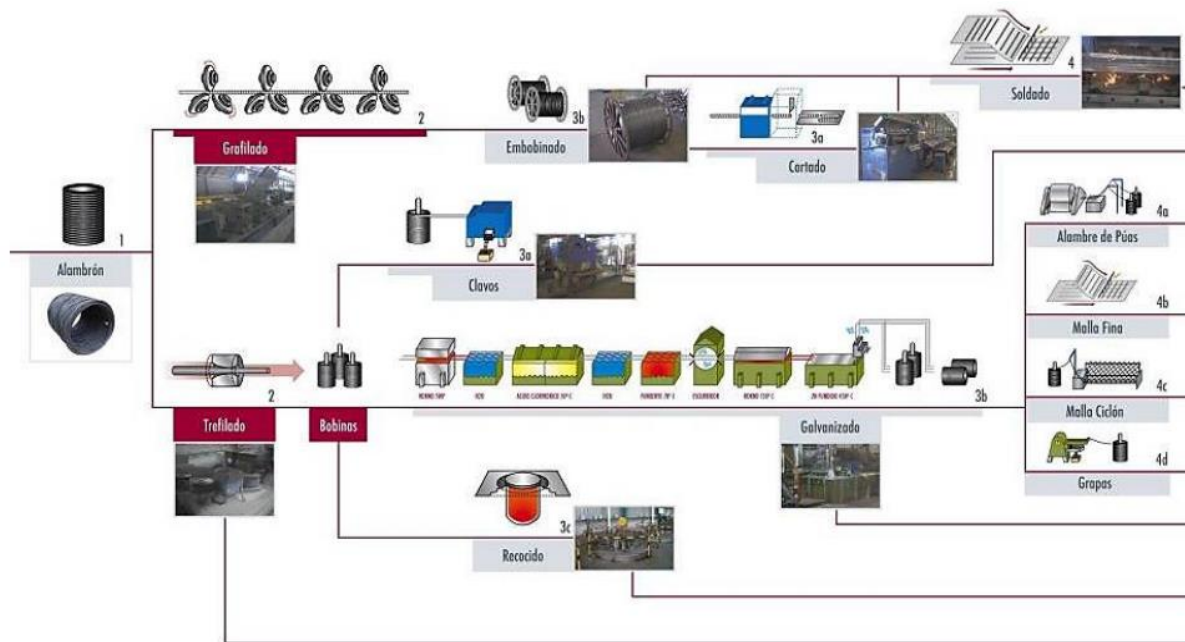


Figura 4. Cadena de proceso de productos

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

La planta BIA Alambres se dedica a la transformación del metal iniciando con la materia prima más importante, la cual es el alambroón, a través de dos mecanismos para llegar a su producto final. El primer mecanismo pasa por el proceso de grafilado para ser desgastado y previamente embobinado, cortado y soldado; en el segundo mecanismo, el alambroón pasa por el proceso de trefilado, bobinas y puede ser llevado al departamento de galvanizado para producir: alambre de púas, malla fina, malla ciclón, grapas, o bien, pasa al proceso de recocido para otros fines.

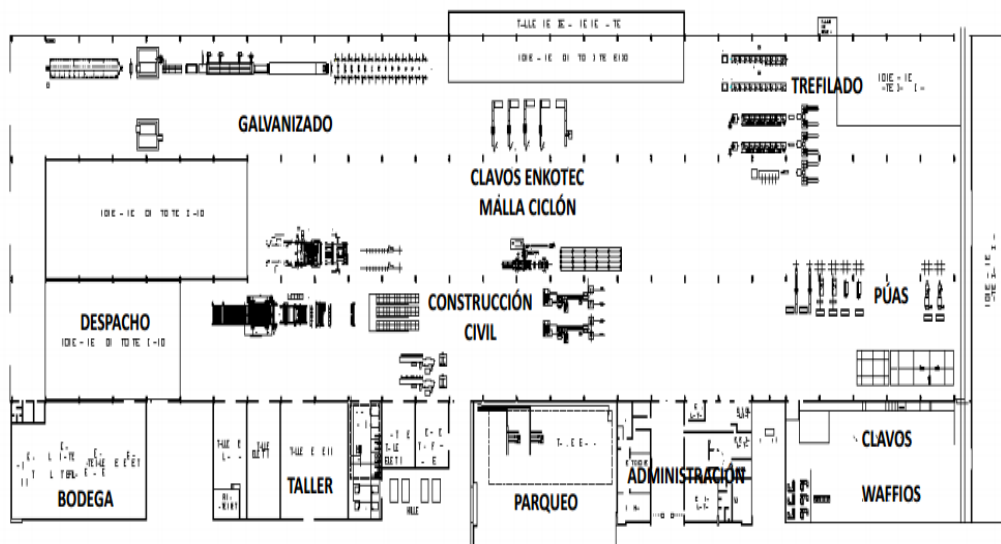


Figura 5. Distribución de planta BIA Alambres

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

En la figura anterior, se puede observar la distribución de la planta BIA Alambres con los diferentes departamentos de producción con los que cuenta.

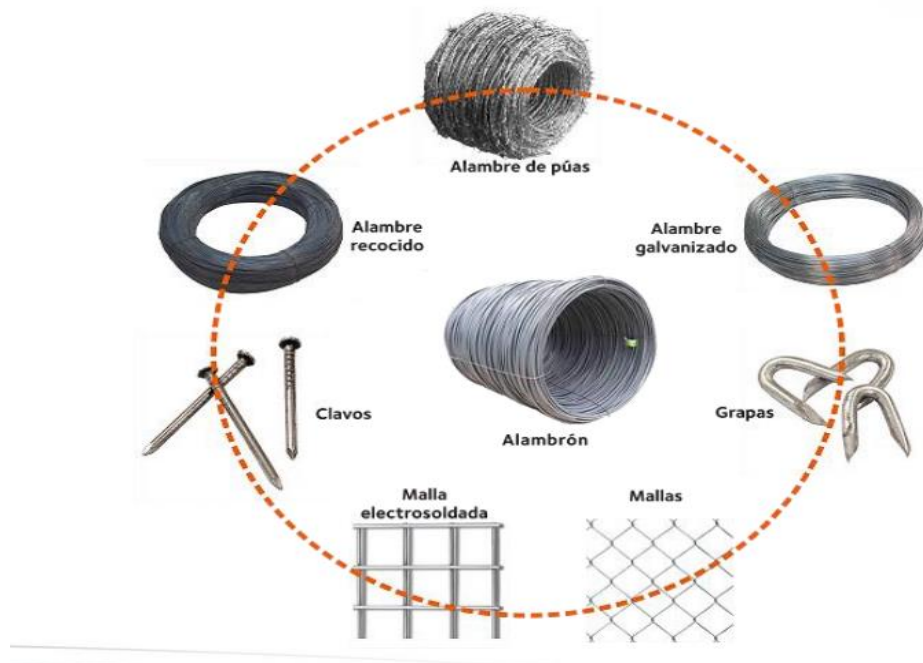


Figura 6. Tipos de productos

Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Bekaert C.R.

La figura 6 muestra los tipos de producto que se llevan a cabo en los diferentes departamentos de producción de la planta BIA Alambres, con el fin de ilustrar el producto terminado.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.3.1 Idea del problema

La planta BIA Alambres ha venido reestructurando el modelo de trabajo de las áreas de galvanizado y trefilado, lo que ha promovido una modificación de los estándares para una efectiva productividad.

La ausencia de una mejora continua de los estándares y la desactualización llevan a que los procesos de la empresa se vean afectados y, del mismo modo, la efectividad disminuya, debido a que se encuentran maneras de trabajar estáticas, experiencia y creatividad sin explotar por parte del personal, además, se da una forma de trabajo individualizada y falta de conocimiento sobre procesos comunes.

### **1.3.2 Definición del problema**

El problema definido es la desactualización de los estándares de producción de las áreas de Galvanizado y Trefilado en la planta BIA Alambres, las cuales muestran ineficiencia en la mano de obra y, a la vez, problemas en la manufactura.

### **1.3.3 Justificación del problema**

Los procesos deben estabilizarse a través de la estandarización, con el fin de que sean medibles, predecibles, controlables y, por lo tanto, reproducibles.

El ambiente de producción constituye una multitud de elementos diferentes que interactúan entre ellos. Definir “estándares” es la única manera de controlar la interacción entre diferentes elementos. Es necesario saber cuándo un proceso está fuera de control y qué hacer para controlarlo. De esta manera, la actualización de los estándares lleva a que todo el personal trabaje conjuntamente y para un mismo beneficio y fin.

Todos deben saber qué se espera de ellos, deben ser capaces de medir la calidad de su trabajo y, en caso de ser necesario, deben ser capaces de corregirlo. Entre los aportes que brinda la estandarización de los procesos se encuentran:

- Diferenciar entre situaciones normales y anormales que puedan surgir a raíz de diferencias o problemas.
- Enfocar, preservar y facilitar la comunicación de los conocimientos existentes en la organización.
- Facilitar la comunicación con los clientes y proveedores a través de los estándares de producto y de proceso.
- Reducir la variabilidad y los desechos, generando así un trabajo confiable, seguro, rápido y fácil.
- Se es más eficiente en las actividades diarias y se puede dedicar más tiempo y recursos a mejorar y a realizar actividades innovadoras.

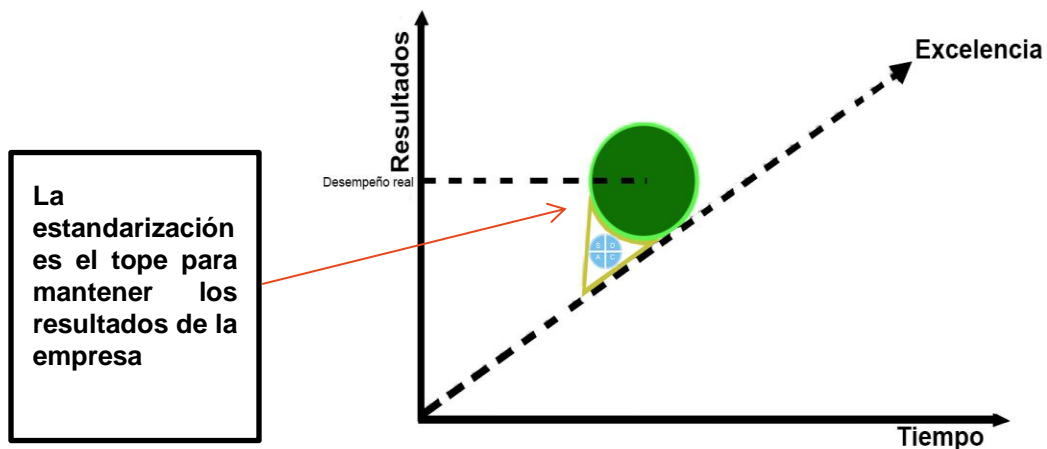


Gráfico 1. Finalidad del proceso de estandarización.

Fuente: elaboración propia.

A nivel de gestión empresarial, con la estandarización que se llevará a cabo en el presente trabajo, la empresa logrará:

- Promover el trabajo en equipo y la participación de los operadores, al crear y mejorar estándares.
- Todos los niveles de gestión participarán activamente en el seguimiento de los estándares.
- Los operadores son responsables de trabajar de acuerdo con los estándares.
- Los problemas se exponen y se abordan de inmediato.

Los estándares deben crearse para todos los ítems críticos y principios de la empresa como tal, con el fin de mejorar la seguridad, calidad y productividad/costo (cultura de la mejora continua).

#### **1.3.4 Justificación de la empresa**

La planta BIA Alambres C.R ha evidenciado problemas en la manufactura de sus productos a través de quejas de sus clientes, devoluciones y rechazos de calidad; el desperdicio de materia prima ha aumentado y el departamento de despacho presenta tardías en la entrega de producto.

El problema mencionado anteriormente ha llevado a la Gerencia a centrarse en el ¿por qué la materia final está siendo elaborada ineficientemente? y se ha concluido que uno de los problemas centrales es la desactualización de los estándares de las principales áreas de producción: Galvanizado y Trefilado; y, por ende, la falta de entrenamiento de estas para el personal.

### **1.3.5 Pregunta del problema**

¿De qué manera se pueden estandarizar los procesos de las áreas de Galvanizado y Trefilado para la planta BIA Alambres Bekaert Costa Rica?

Se implementará la estandarización del proyecto en las principales áreas de transformación del metal para la elaboración de los diferentes productos de la planta BIA Alambres: Galvanizado y Trefilado, para el segundo semestre de 2017 e inicios de 2018.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

Rediseñar los procesos para las principales áreas de transformación del metal: Galvanizado y Trefilado, por medio de la estandarización de las actividades para el mejoramiento de la productividad de la planta BIA Alambres, Bekaert C.R.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar las causas que generan la desactualización de los estándares de los procesos de Galvanizado y Trefilado, por medio de un estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia de la mano de obra.
- Rediseñar los procesos de Galvanizado y Trefilado por medio de un estudio de métodos para optimizar el flujo.
- Implementar el nuevo proceso de estandarización en el área de Galvanizado y Trefilado, mediante la capacitación de los nuevos estándares.

- Evaluar el desempeño de la estandarización mediante pruebas del personal y muestras del producto final, para verificar la calidad y eficiencia de estos.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El alcance de este proyecto implica proponer un flujo de estandarización como tal en las áreas de Galvanizado y Trefilado para la planta BIA Alambres. Lo anterior con el fin de que esta logre el desarrollo de sus diferentes actividades de una manera eficaz y eficiente.

La finalidad del presente proyecto consiste en desarrollar una adecuada técnica de estandarización y capacitar al personal para que las operaciones del proceso sean entendibles y abarquen los objetivos de la empresa en aspectos de seguridad, calidad, ambiente y desarrollo de tareas; el modelo que se va a desarrollar se va a enfocar en las principales líneas de producción de la planta BIA Alambres: Galvanizado y Trefilado, ubicada en la Ceiba de Orotina.

El tiempo que abarca la investigación es de seis meses, empezando en el mes de setiembre y culminando en el mes de febrero del año 2018.

### **1.5.2 Limitaciones**



Una de las limitaciones más grandes es el tiempo con el que se cuenta para la realización del proyecto, ya que ha provocado que la presente investigación se enfoque en las dos principales áreas de producción de la empresa.

Por otra parte, la estandarización como tal de cada proceso de la empresa debe ser revisada y aprobada jerárquicamente. Además, se puede dar la resistencia al cambio por parte de los colaboradores, los operarios establecen propias técnicas de trabajo lo que dificulta cualquier cambio en procesos. Por último, la rotación del personal dificulta la estabilidad en el aprendizaje de los nuevos estándares.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

### 2.1.1 ¿Qué es un proceso?

Según Aurora Martínez y su colega Juan Gabriel Cegada Navarra (2014), en su libro *Gestión por procesos*, un proceso se dice que es un conjunto de actividades que están interrelacionadas y cuya característica es que consumen materias y tareas particulares, las cuales dan lugar a la creación de valor añadido en esas materias iniciales (*input*) con el objetivo de conseguir unos resultados (*output*).

Existen diversos modos de denominarlo, también se puede definir a un proceso considerándolo como la gestión de todas las actividades de la compañía que generan un valor añadido o también se puede denominar como un conjunto de actividades que interactúan y, de este modo, transforman las entradas en los resultados (Martínez & Cegada, 2014, p. 40).

Analizando el concepto anterior de proceso se entiende que, mediante la transformación de materia prima tomando en cuenta la mano de obra directa e indirecta con la que cuenta la empresa, se llega a un resultado de valor agregado para la misma (producto), logrando el objetivo que se desea y por el cual se trabaja.

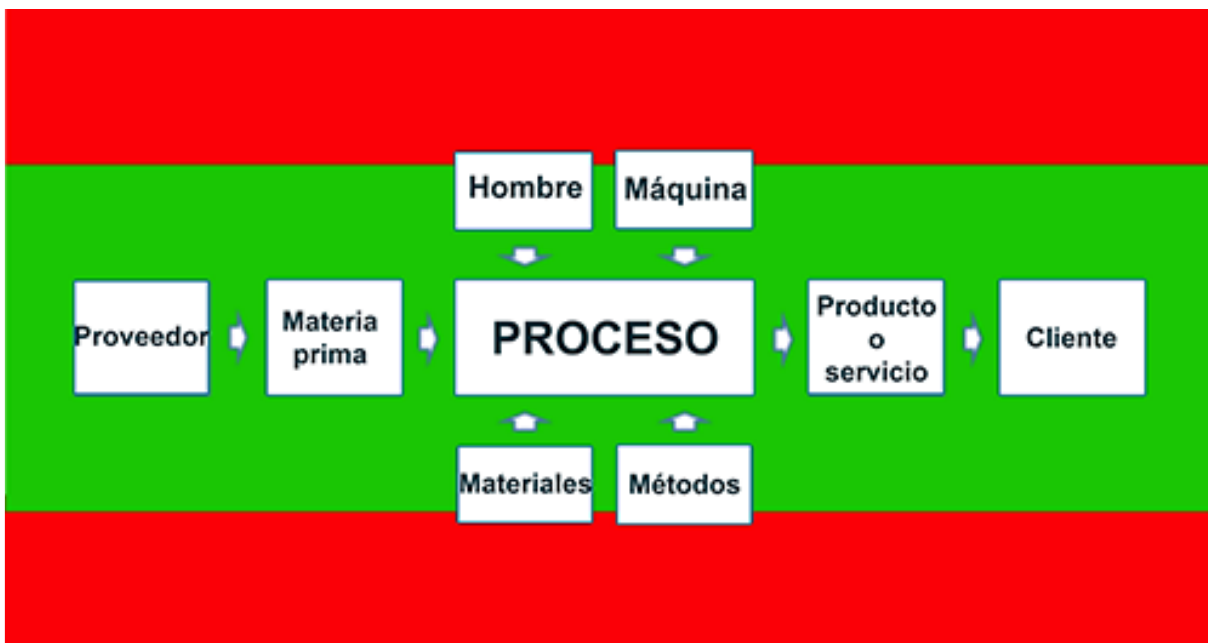


Figura 7 Mapeo de proceso

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar mediante la figura 8 el mapeo de proceso como tal, en el cual, dentro del proceso, se ingresan los insumos y la mano de obra directa e indirecta para crear un producto en sí y satisfacer las necesidades del cliente.

### 2.1.2 Tipos de procesos

Los procesos de una organización se pueden agrupar en tres tipos:

- **Proceso estratégico:** son los que se establecen para dar dirección y gestión a la compañía. Definen y controlan las metas de la organización, sus políticas y estrategias, estando en relación muy directa con la misión/visión de esta. En este sentido, de ellos depende la dirección y gestión de los procesos operativos y de los de apoyo y soporte.

- **Procesos operativos:** son los procesos que tienen relación directa con el cliente externo. Necesarios para realizar el producto o servicio, a partir de ellos, el cliente percibirá y valorará la calidad. Se les puede denominar también como clave, ya que operan directamente con la demanda del cliente. Son una secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una entrada, para conseguir un resultado que logre cumplir los objetivos y las necesidades del cliente. Una de las características principales que normalmente intervienen en los procesos relevantes es que estos son interfuncionales, siendo capaces de cruzar de forma vertical y horizontal la organización.

- **Procesos de apoyo o de soporte:** son los procesos que se ocupan de suministrar a la empresa todos los recursos necesarios en lo relativo a personas, materia prima y maquinaria, con el fin de poder generar el valor añadido deseado para los clientes. Producen *outputs* imparables para el cliente externo, pero fundamentales para la gestión eficiente de la compañía. Tienden a estar muy estandarizados y son muy buenos candidatos para el *outsourcing*. Sus clientes son clientes internos (Martínez & Cegada, 2014, pp. 40-41).

- **Proceso estratégico:** se entiende como proceso estratégico al conjunto de objetivos, valores, cimientos y estrategias que se desarrollan para dar valor o lograr fines importantes para la empresa.

- **Proceso operativo:** todas aquellas actividades que se llevan a cabo dentro de la empresa para la satisfacción del cliente.

- **Proceso de apoyo o de soporte:** conjunto de departamentos que trabajan entre sí para satisfacer las necesidades de la empresa.

### 2.1.3. ¿Qué es un subproceso?

Los subprocesos son procesos de menor jerarquía, debido a que, bien de manera individual o colectiva, estos también hacen uso de los recursos transformándolos o añadiéndoles valor dentro del sistema de gestión. Son partes que se encuentran bien definidas en un proceso (Martínez & Cegada, 2014, p. 45).

Del párrafo anterior, se entiende como subproceso a todas aquellas actividades de transformación que se llevan a cabo dentro de los procesos de la empresa, con el fin de llegar a crear otros productos agregando valor.

### 2.1.4 Estandarización de procesos

Definición:

Según Aurora Martínez y su colega Juan Gabriel Cegada Navarra (2014), en su libro *Gestión por procesos*, organización horizontal se define como un mecanismo de coordinación, que proyectará toda su eficacia, principalmente, en que los productos finales son repetitivos. La estandarización de procesos facilita las comunicaciones sobre cómo opera el negocio, permite transmisiones en los límites de los procesos y posibilita indicadores para comparar el desempeño, fomenta el aprendizaje cruzado y facilita un profundo conocimiento de la empresa (Martínez & Cegada, 2014, p. 80).

La estandarización se define como una manera de llevar a cabo una tarea que se basa en los mejores métodos actuales, los que se mejoran y perfeccionan, y que asegura

operaciones y trabajo individual más seguros, efectivos, a tiempo y con una entrega eficaz, principal base para el proceso de mejora continua.

### **2.1.5 Necesidad de la estandarización de procesos**

Con la finalidad de lograr los objetivos estratégicos, interviene la estandarización de procesos. Al hablar de estandarización de procesos, un paso previo, para estudiar este concepto, debe ser definir qué es y qué no es estandarizaciones. La estandarización o normalización se denomina al proceso de elaborar, emplear y optimizar las reglas que se aplican a distintas actividades tanto de carácter científico como industrial o económico, con la finalidad de concretarlas y mejorarlas. La estandarización es siempre un mecanismo de coordinación, que proyectará toda su eficacia en los siguientes casos:

- Cuando un producto o servicio final es repetitivo. En este segmento se engloban todos los bienes de consumo, de una gran parte de los productos industriales y de una buena parte de los servicios de transporte-
- Cuando el entorno externo (clientes, tecnología, competidores) sea bastante predecible, es decir, fácil de predecir su evolución y, en consecuencia, el trabajo por realizar sea fácil planificarlo; así mismo, las tareas por realizar deben ser simples, esto significa que sean fácilmente comprensibles por la persona que las realiza. En este grupo, se encuentran gran parte de las áreas productivas y administrativas (Martínez & Cegada, 2014, pp. 81-82).

En este proyecto, se encuentra la estandarización en un área productiva y dentro de las necesidades del porqué llevar acabo la estandarización se pueden mencionar:

- Diferenciar entre situaciones normales y anormales que puedan surgir a raíz de diferencias o problemas
- Enfocar, preservar y facilitar la comunicación de los conocimientos existentes en la organización
- Facilitar la comunicación con los clientes y proveedores a través de los estándares de producto y de proceso.
- Reducir la variabilidad y los desechos, generando así un trabajo confiable, seguro, rápido y fácil.
- Se es más eficiente en las actividades diarias y se puede dedicar más tiempo y recursos a mejorar y a realizar actividades innovadoras

### **2.1.6 Pasos para la estandarización de procesos**

Según Aurora Martínez y su colega Juan Gabriel Cegada Navarra (2014), en su libro *Gestión por procesos*, los pasos necesarios para llevar a cabo la estandarización de procesos son los siguientes:

- Definir los macroprocesos. Los macroprocesos son los bloques grandes de actividades que de forma habitual identifican las operaciones que se realizan en las diferentes áreas de la empresa. Al definir los macros procesos se podrá tener concreta y claramente los procesos implicados en cada área de la organización.
- Identificar los procesos. Para identificar los procesos implicados en cada uno de los macroprocesos, se deberá comprender que todos los procesos tienen una entrada y una salida.



- Definir los subprocesos. Cada uno de los procesos pueden ser detallados en los subprocesos. Se debe comprender que cada subproceso está formado por un conjunto de actividades que se pueden identificar de forma independiente (Martínez & Cegada, 2014, pp. 90-91)

De lo anterior, se comprende que, para poder llevar a cabo la estandarización de procesos, es vital conocer el funcionamiento con el que cuenta la empresa para la elaboración de sus productos y la finalidad con que se llevan a cabo; para esto se resume lo siguiente:

- Es necesario involucrar al personal operativo.
- Investigar y determinar la mejor forma para alcanzar el objetivo del proceso.
- Documentar con fotos, diagramas y descripción breve.
- Capacitar y adiestrar al personal.
- Implementar formalmente el estándar.
- Chequear los resultados.
- Si el resultado se apega al estándar, continuar la implementación, si no, analizar la brecha y tomar acción correctiva.

### **2.1.7 Fundamentos por conocer para la estandarización de la empresa**

Productividad:

Según Humberto Gutiérrez Pulido en su libro *Calidad total y productividad* (2005), la productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso en un

sistema, por lo que incrementar la productividad es mejorar los resultados considerando los recursos empleados para generarlos.

Es usual ver la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia. La primera es simplemente la relación entre el resultado alcanzado y los recursos empleados; mientras que la eficacia es el grado en el que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados (Gutiérrez, 2005, p. 21).

#### Calidad:

La calidad la define el cliente, ya que es el juicio que este tiene sobre un producto o servicio que por lo general es la aprobación o rechazo. Un cliente queda satisfecho si se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Así, la calidad es ante todo la satisfacción al cliente.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DE PROYECTOS

### 2.2.1 Seis Sigma

Definición:

Según los autores Humberto Gutiérrez Pulido y su colega Román de la Vara Salazar (2009), en su libro *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, se define: “como una estrategia de mejora continua enfocada al cliente que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos” (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

“Otra forma de definir Seis Sigma es como un esfuerzo de cambio de cultura radical para posicionar a una empresa de manera que satisfaga mejor a los clientes y hacerla más productiva y competitiva” (Pande, Peter, Neuman, & Cavanagh, 2002).

Según los autores Peter, Pande, Neuman y Cavanagh (2002), en su libro *Las claves de Seis sigma: la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial*, Seis sigma es un sistema completo y flexible para conseguir, mantener y maximizar el éxito en los negocios. Seis Sigma funciona especialmente gracias a una comprensión total de las necesidades del cliente, del uso disciplinado del análisis de los hechos y datos, y de la atención constante a la gestión, mejora y reinención de los procesos empresariales (Pande, Peter, Neuman, & Cavanagh, 2002).

Después de estudiar los diferentes criterios expertos, se logra concluir que el método Seis sigma ayuda a las organizaciones a tener un mayor control de sus procesos,

tomando en cuenta los diferentes factores que influyen dentro de la cadena productiva, logrando dar el mayor beneficio económico y la mejor satisfacción del cliente final.

### **2.2.1.1 Principios de seis sigmas**

Estos principios, apoyados por las muchas herramientas y métodos Seis Sigma, ayudarán a tener una visión preliminar de cómo van a ayudar a que Seis Sigma funcione en las organizaciones.

#### **Principio uno: Auténtica orientación al cliente**

Durante el gran impulso de la Calidad Total, en los años ochenta y noventa, docenas de empresas redactaron políticas y misiones encaminadas a satisfacer o sobrepasar las expectativas y necesidades de los clientes. Sin embargo, por desgracia, pocas empresas hicieron verdaderos esfuerzos para mejorar su comprensión de las necesidades o expectativas de los clientes. Incluso cuando lo hicieron, la recogida de datos de clientes fue generalmente una iniciativa aislada o de corta duración, que ignoró la naturaleza dinámica de las necesidades del cliente (¿Cuántos de sus clientes quieren lo mismo que hace cinco años? ¿O que hace dos? ¿O que el mes pasado?).

En Seis Sigma, la orientación al cliente se convierte en prioridad número uno. Por ejemplo, las medidas de rendimiento Seis Sigma empiezan con el cliente. Las mejoras Seis Sigma se definen por su impacto en la satisfacción del cliente y por su valor. Se observará por qué y cómo su empresa puede definir las necesidades del cliente, medir el rendimiento frente a ellas y mantenerse en la cumbre de los nuevos desarrollos y de la atención de necesidades insatisfechas.

**Principio dos: Gestión orientada a datos y hechos**

Seis Sigma lleva el concepto de dirección por hechos a un nivel nuevo y más potente. A pesar de la atención prestada en los últimos años a las medidas, a los sistemas mejorados de información, a la gestión del conocimiento, etc., no debe sorprenderle saber que muchas decisiones empresariales todavía se basan en opiniones y suposiciones. La disciplina Seis Sigma empieza por esclarecer qué medidas son las fundamentales para valorar el rendimiento del negocio; luego aplica los datos y el análisis para comprender las variables clave y optimizar los resultados. En un nivel más bajo, Seis Sigma ayuda a los directivos a responder a dos preguntas esenciales que apoyan las decisiones y soluciones basadas en hechos:

1. ¿Qué datos/información necesito realmente?
2. ¿Cómo debo utilizar esos datos e información para obtener el máximo beneficio?

**Principio tres: Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos**

En Seis Sigma, la acción está en los procesos. Ya se trate del diseño de productos y servicios, de medir el rendimiento, de mejorar la eficacia y la satisfacción del cliente o incluso de hacer que la empresa funcione, Seis Sigma sitúa al proceso como vehículo clave del éxito. Uno de los logros más notables de los esfuerzos de Seis Sigma hasta la fecha ha sido convencer a los líderes y a los directivos, especialmente en las actividades y mercados basados en servicios, de que dominar los procesos no es un mal necesario, sino realmente una forma de construir ventajas competitivas y en la entrega de valor a

los clientes. Hay mucha más gente que convencer, con enormes oportunidades económicas unidas a tales actividades.

#### **Principio cuatro: Gestión proactiva**

Por decirlo de una forma sencilla, ser proactivo significa anticiparse a los acontecimientos, lo opuesto a ser reactivo. En la vida real, la gestión proactiva significa hacer un hábito de una serie de prácticas empresariales que, muy a menudo, son ignoradas: definir objetivos ambiciosos y revisarlos frecuentemente; establecer las prioridades de forma clara; centrarse en la prevención de problemas en vez de en apagar fuegos; plantearse por qué se hacen cosas en vez de defenderlas ciegamente con un aquí las cosas se hacen así.

Ser realmente proactivo, lejos de ser aburrido o excesivamente analítico, es realmente un punto de partida para la creatividad y el cambio efectivo. La actuación reactiva de saltar de una crisis a otra da mucho trabajo y la falsa impresión de que uno está por encima de las cosas. En realidad, es una señal de que la dirección o la organización han perdido el control. Seis Sigma, como se observará, abarca herramientas y prácticas que reemplazan los hábitos reactivos por un estilo de gestión dinámico, sensible y proactivo.

#### **Principio cinco: Colaboración sin fronteras**

Sin fronteras es uno de los mantras de Jack Welch para el éxito empresarial. Años antes de poner en marcha Seis Sigma, el presidente de GE trabajaba para romper las barreras y mejorar el trabajo en equipo, hacia arriba, hacia abajo y a través de las líneas

de la organización. Las oportunidades disponibles a través de una mejor colaboración dentro de las empresas y con sus distribuidores y clientes son enormes. Cada día quedan sobre la mesa (o en el suelo) miles de millones de dólares, debido a la desconexión y a la competencia entre grupos que deberían trabajar para una causa común: proporcionar valor a los clientes.

Como se ha indicado anteriormente, Seis Sigma amplía las oportunidades de colaboración a medida que el personal aprende cómo encajan sus roles en la imagen global y puede reconocer y medir la interdependencia de las actividades en todas las partes de un proceso. La colaboración sin fronteras en Seis Sigma no significa un sacrificio desinteresado, pero requiere una comprensión tanto de las necesidades reales de los usuarios finales como del flujo del trabajo en un proceso o en una cadena de suministro. Además, requiere una actitud que impulse a utilizar el conocimiento de los clientes y procesos para beneficiar a todas las partes. Por tanto, el sistema Seis Sigma puede crear un entorno y unas estructuras de gestión que den soporte a un verdadero trabajo en equipo.

### **Principio seis: Búsqueda de la perfección; tolerancia a los errores**

Este último principio puede parecer contradictorio. ¿Cómo es posible encaminarse hacia la perfección y al mismo tiempo tolerar los errores? En esencia, sin embargo, ambas ideas son complementarias. Ninguna empresa llegará cerca de Seis Sigma sin lanzar nuevas ideas y métodos, que siempre suponen un riesgo. Si la gente que ve una posible vía hacia un mejor servicio, costes más bajos, nuevas capacidades, etc. (es decir, formas acercarse a la perfección), tiene demasiado temor a las consecuencias de sus

errores, nunca lo intentará. El resultado será: estancamiento, putrefacción y muerte. (Bastante desagradable, ¿verdad?). Por suerte, las técnicas que se van a revisar para mejorar el rendimiento comprenden una dosis significativa de gestión del riesgo (si va a equivocarse, cometa fallos seguros).

La idea fundamental, sin embargo, es que, en cualquier empresa que haga de Seis Sigma, su objetivo tendrá que impulsarse constantemente para ser cada vez más perfecta (puesto que la definición de perfecto para el cliente estará en constante cambio), al mismo tiempo que estar dispuesta a aceptar y gestionar errores ocasionales. (Pande, Peter, Neuman, & Cavanagh, 2002, pp. 13-15)

### **2.2.2 El modelo de mejora DMAIC de Seis Sigma**

Ha habido muchos modelos de mejora aplicados a procesos durante años, desde que se inició el movimiento de la calidad. La mayoría de ellos se basaron en los procedimientos que introdujo W. Edwards Deming en su método Planificar-Hacer-Comprobar-Actuar o P-D-C-A (*Plan-Do-Check-Act*), que describe la lógica básica de la mejora de procesos basados en datos.

Planificar: revise el rendimiento actual para descubrir problemas y deficiencias. Reúna datos sobre los problemas principales. Identifique y apunte a las causas raíz de los problemas. Instrumente posibles soluciones y planifique una prueba de implantación de las soluciones con más alto potencial.

Hacer: realice una prueba piloto de la solución planificada.



Comprobar (o estudiar): mida los resultados de la prueba para ver si se han alcanzado los objetivos deseados. Si surgen problemas, busque las barreras que están interfiriendo en sus trabajos de mejora.

Actuar: basándose en la solución y evaluación sugeridas por la comprobación, perfeccione e implante la solución para que sea permanente; incorpore el nuevo método donde sea aplicable. Vuelva a empezar (Pande, Peter, Neuman, & Cavanagh, 2002, p. 32).

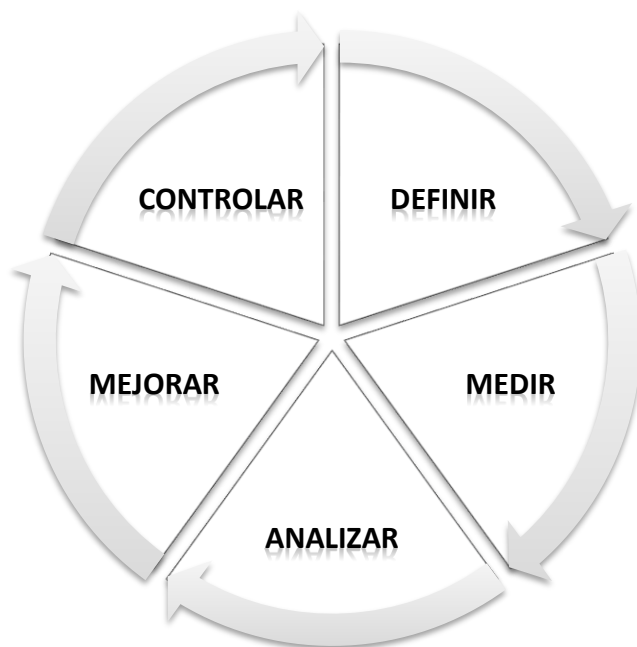


Figura 8

El modelo de mejora DMAIC de Seis sigma

Fuente: elaboración propia.

La figura número 8 ilustra las cinco etapas del modelo de mejora del DMAIC que se aplicarán en el presente proyecto.

### 2.2.3 Diagrama Pareto

De acuerdo con Humberto Gutiérrez y Román de la Vara Salazar, en su obra *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, el diagrama Pareto es “un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas” (52).

La viabilidad y utilidad general del diagrama están respaldadas por el llamado principio de Pareto, conocido como ley 80-20 o pocos vitales, muchos triviales; en el cual se reconoce que pocos elementos (20 %) generan la mayor parte del efecto (80 %) y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Para el autor Joaquín Deulofeu Aimar, en su libro *Gestión de calidad total en Retail*, el diagrama de Pareto es todo aquello que permite identificar objetivamente los problemas graves que se tienen delante en la actualidad y acometer los verdaderamente importantes como cuestión de política. En el área de control de inventarios, es utilizado como la regla de 80:20 o principio ABC, que explica que el 20 % de las mercaderías constituyen el 80 % de los costes de compra totales, caso muy común en el sector del *retail* (Deulofeu, 2012).

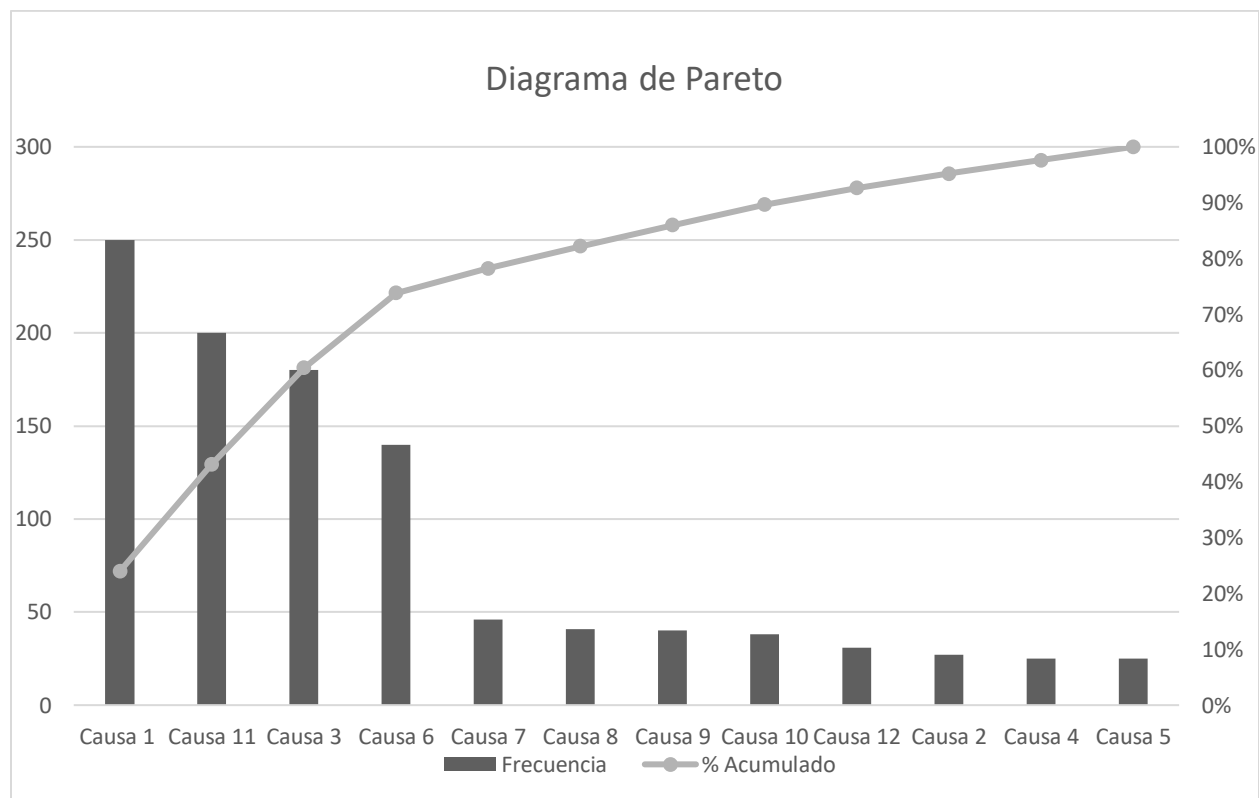


Gráfico 2

## Diagrama Pareto

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.3.1 Etapas para el diseño

Para construir un diagrama de Pareto, se deben seguir diversos pasos:

1. Se identifican las causas que producen el efecto estudiado.
2. Se realiza una recogida de datos con las frecuencias de cada causa.
3. Se realiza el gráfico de barras ordenando las frecuencias de mayor a menor.
4. Se realiza la línea de las frecuencias acumuladas.
5. El diagrama debe contener todos los datos, porcentajes, descripciones de causas y títulos de identificación.

6. Si las causas tienen una traducción a costos, se puede realizar una gráfica de costos acumulados para mostrar los impactos relativos (Deulofeu, 2012).

#### **2.2.4. Diagrama de causa- efecto**

En la mejora de un proceso o resolución de un problema, siempre existe algún objetivo por alcanzar o problema por resolver, el cual se denomina efecto. Para alcanzar ese efecto, será preciso definir las causas que provocan el problema o que evitan conseguir el objetivo, intentando reducirlas o eliminarlas y así obtener la mejora deseada. Por tanto, el empleado o equipo de trabajo que desee mejorar un proceso o eliminar un problema deberá estudiar, obligatoriamente, la relación causa-efecto.

El diagrama de causa-efecto, o también denominado diagrama de Ishikawa, es una técnica de resolución de problemas desarrollada por Ishikawa en 1943 como respuesta a la confusión de los obreros por el número de factores que afectaban a un proceso y que les dificultaba resolver diversos problemas. Es una herramienta muy útil para organizar los factores principales que influyen en la calidad de un proceso y ayuda a centrar dónde enfocar los esfuerzos para mejorarlo o solucionar un problema. El diagrama se representa en forma de espina de pescado (Deulofeu, 2012, p. 150).

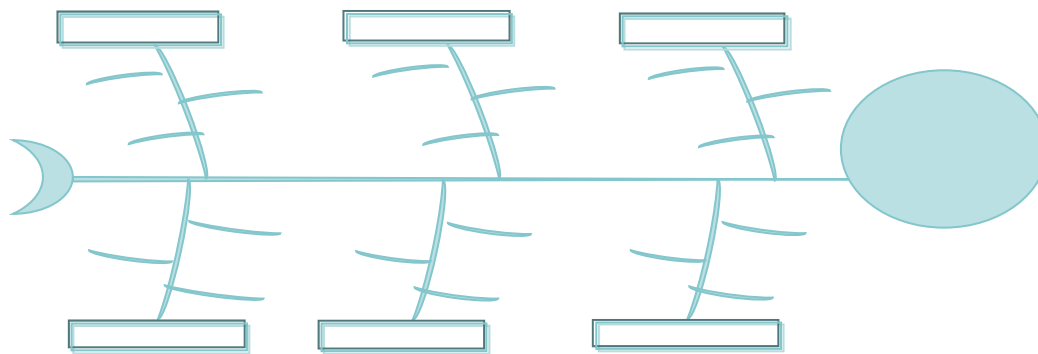


Figura 9

Ejemplo de Diagrama Ishikawa

Fuente: elaboración propia.

La figura 9 representa un ejemplo de un diagrama de Ishikawa que se elaborará en el proyecto, con el fin de solventar la información.

### 2.2.5. Diagrama de Gantt

El Diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de proyectos que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente, de una manera simple, las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal.

Los tiempos reales de terminación se muestran mediante el sombreado de barras adecuadamente. Si se dibuja una línea vertical en una fecha determinada, se podrá determinar qué componentes del proyecto están retrasados o adelantados.

El diagrama de Gantt se puede utilizar también para organizar la secuencia de las actividades de las máquinas en la planta. El diagrama basado en la máquina puede incluir actividades de reparación y mantenimiento marcando el periodo en el que estas se llevan a cabo (Freivalds & Niebel, 2009, p. 150).

**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES**

Empresa:					Actividad:																									
Realizado por:					Fecha:																									
Actividades	Semana 1 18/04-22/04					Semana2 25/04-29/04					Semana3 02/05-06/05					Semana4 09/05-13/05					Semana5 16/05-20/05					Semana6 23/05-27/05				
	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V	L	K	M	J	V

Tabla 1

Ejemplo de Diagrama de Gantt

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6 Estudio de tiempos

Según los autores Benjamín W. Niebel y su colega Andris Freivalds, en su libro *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, para desarrollar el centro de trabajo eficiente es necesario el establecimiento de estándares de tiempo, los cuales pueden determinarse mediante el uso de estimaciones, registros históricos y procedimientos de medición del trabajo.

Con el método de registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados anteriormente. En la práctica diaria, el trabajador perfora una tarjeta en un reloj o dispositivo recolector de datos cada vez que inicia un nuevo trabajo y la perfora, otra vez, después de terminar el trabajo. Esta técnica indica cuánto tomó, realmente, en realizar un trabajo, pero no cuánto debió haber tardado. Algunos trabajos incluyen retrasos personales, evitables e inevitables, en un grado mucho mayor del que se debería, mientras que otros no incluyen proporciones adecuadas de tiempos de retrasos.

Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, mientras que los estándares mal establecidos conducen a costos altos, inconformidades del personal y posiblemente fallas de toda la empresa, aunque cabe resaltar que es mejor tener estándares mal establecidos que no tenerlos del todo. Esto puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio (Freivalds & Niebel, 2009).



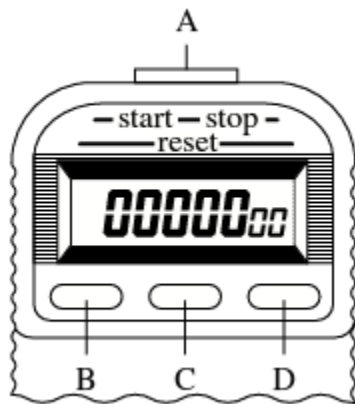
### **2.2.6.1 Equipo para el Estudio de tiempos**

El equipo mínimo requerido para realizar un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, un tablero de estudio de tiempos, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo. Un equipo de videograbación también puede ser muy útil.

### **2.2.6.2 Cronometro**

Un cronómetro es un reloj de precisión que se utiliza para medir fracciones de tiempo muy pequeñas. Estos proporcionan una resolución de 0.001 segundos y una exactitud de  $\pm 0.002$  por ciento. Pesa alrededor de cuatro onzas y mide aproximadamente 4\*2\*1 pulgadas (ver figura 10). Permiten tomar el tiempo de cualquier número de elementos individuales, mientras sigue tomando el tiempo total transcurrido.

De esta forma, proporcionan tanto tiempos continuos como regresos a cero (botón C). Para operar el cronómetro, se presiona el botón superior (botón A). Cada vez que se presiona este botón aparece una lectura mecánica. Al presionar el botón de memoria (botón B), se recuperan las lecturas anteriores (Freivalds & Niebel, 2009).



Cronómetro

A: Inicio/detención

B: Recuperación de memoria

C: Modo (continuo/regreso a cero)

D:

Otras

Figura 10. Cronómetro

Fuente: Freivalds & Niebel (2009, p. 30).

### 2.2.6.3 Tablero de Estudio de tiempos

Cuando se usa un cronómetro, los analistas encuentran conveniente tener un tablero adecuado para sostener el estudio de tiempos y el cronómetro. El tablero debe ser ligero, de manera que no se canse el brazo, ser fuerte y suficientemente duro para proporcionar el apoyo necesario para la forma de estudio de tiempos. Entre los materiales adecuados se incluyen el triplay y el plástico liso de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

El tablero debe tener contactos para el brazo y el cuerpo, con el propósito de que el ajuste sea cómodo y resulte fácil escribir mientras se sostiene. Para un observador derecho, el reloj debe estar montado en la esquina superior derecha de la tabla. Un broche de resorte a la izquierda mantiene la forma para el estudio de tiempos en su lugar. De pie, en la posición adecuada, el analista de tiempos puede ver la estación de trabajo

por encima de la tabla y seguir los movimientos del operario, al mismo tiempo que mantiene el reloj y la forma dentro de su campo visual inmediato.

#### **2.2.6.4 Formas para el Estudio de tiempos**

Todos los detalles del estudio se registran en una forma de estudio de tiempos. La forma proporciona espacio para registrar toda la información pertinente sobre el método que se estudia, las herramientas utilizadas, etc. La operación en estudio se identifica mediante información como nombre y número del operario, nombre y número de máquina, herramientas especiales usadas y sus números respectivos, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo prevalecientes. Es mejor proporcionar demasiada información concerniente al trabajo estudiado que tener muy poca.

Turno	
Operador	
Máquinas	
Producto	
Velocidad	
Otros	

Actividades	Producto	Tiempos							Promedio min./seg.		Área	Suma

Tabla 2  
Mecanismo para el estudio de tiempos  
Fuente: elaboración propia.

La tabla 2 ilustra un mecanismo para el estudio de tiempos. Es suficientemente flexible para usarse en cualquier tipo de operación. En este mecanismo, en la primera columna se registran las diferentes actividades de la operación, en la segunda columna el tipo de producto, en la tercera los tiempos, consecutivamente, un promedio de los mismos, en la cuarta columna se especifica el área y, por último, se observa la suma de los tiempos obtenidos de la toma.

### 2.2.7 Análisis de Métodos

Según los autores Benjamín W. Niebel y su colega Andris Freivalds, en su libro *Ingeniería industrial de Niebel*, la ingeniería de métodos implica el análisis en dos tiempos diferentes durante la historia de un producto. Primero, el ingeniero de métodos es responsable del diseño y desarrollo de varios centros de trabajo donde el producto será fabricado. Segundo, ese ingeniero debe estudiar continuamente estos centros de trabajo, con el fin de encontrar una mejor forma de fabricar el producto o mejorar su calidad (Freivalds & Niebel, 2014, pp. 5-8).

Los ingenieros de métodos utilizan un procedimiento sistemático para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto y ofrecer un servicio.

Etapas del análisis de métodos:

1. Seleccione el proyecto: por lo general, los proyectos seleccionados representan ya sea nuevos productos o productos existentes que tienen un alto costo de manufactura y una baja ganancia. También, los productos que actualmente experimentan dificultades para conservar la calidad y tienen problemas para ser competitivos son proyectos aptos para aplicar la ingeniería de métodos.
2. Obtenga y presente los datos: integre todos los hechos relevantes relacionados con el producto o servicio. Esta actividad incluye diagramas.
3. Analice los datos: utilice los principales análisis de operaciones para decidir qué alternativa dará como resultado el mejor producto o servicio.

4. Desarrolle el método ideal: seleccione el mejor procedimiento para cada operación, inspección y transporte considerando las diversas restricciones asociadas con cada alternativa.

5. Presente e implemente el método: explique el método propuesto a detalle a las personas responsables de su operación y mantenimiento.

6. Desarrolle un análisis del trabajo: lleve a cabo un análisis del trabajo del método instalado

7. Establezca estándares de tiempo: determine un estándar justo y equitativo para el método instalado.

8. Dele seguimiento al método: a intervalos regulares, audite el método instalado con el fin de determinar si se está alcanzando la productividad y la calidad planeada.

### 2.2.8 Análisis del flujo de proceso

En este formato, se apunta, para cada paso, si se trata de una operación, una inspección, un transporte, una espera o un *stock*. De esta forma tan visual se pueden ver los procesos que realmente aportan valor añadido al producto. A continuación, se muestra en la siguiente figura:













Supervisor:	Actividad	Tiempo Min	Simbología	Actual	Propuesto			
Fecha:	Operación							
Analista:	Inspección							
Empresa:	Operación- Inspección							
Proceso:	Transporte							
	Demora							
Operario: Manuel Vargas	Almacenamiento							
No	Actividad	Min						
1								
2								
3								
4								
5								

Tabla 3

Ejemplo de Análisis de flujo de proceso

Fuente: elaboración propia.

Paralelamente, se toma nota de los datos numéricos asociados a cada parte del proceso como, por ejemplo, el tiempo necesario, la distancia recorrida, la superficie ocupada, la cantidad de piezas en *stock*, etc.

### 2.2.9 SIPOC. Mapa de proceso a alto nivel

Según Sandrine Santiago consultora Senior Black Bel Six Sigma y Lean en su blog *6 Sigma, Lean y Kaizen*, SIPOC es un diagrama de flujo de alto nivel y, a su vez, es el primer paso para la realización de un flujo detallado (flujograma de proceso). Permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso definiendo claramente sus entradas, proveedores y clientes. Es una herramienta de gran utilidad para identificar el proceso por investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC (Santiago, s.f.).

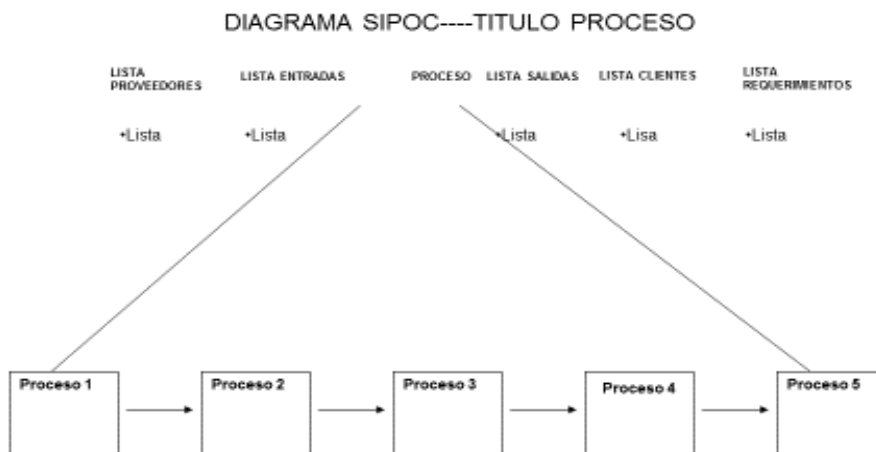


Figura 11  
Ejemplo de Diagrama SIPOC  
Fuente: elaboración propia.



### **2.2.10 Matriz operacionalización de variables**

Según Roberto Marroquín Peña en su informe para la Universidad de Educación Enrique Guzmán y Valle, la matriz operacional de la variable permite construir con tenacidad y rigor científico los problemas, objetivos e hipótesis generales y específicas en función a la relación de la variable I o II o la variable independiente o dependiente (causa y efecto). Además, consolida los elementos claves del inicio de la investigación científica, el grado de coherencia, concatenación e interrelación de una variable con otra, de una dimensión con otra, conexión lógica que se expresa desde el título, el problema, los objetivos e hipótesis.

Es útil para construir no solo los problemas, objetivos e hipótesis generales y específicas, sino también para desarrollar el constructo del marco teórico o las bases teóricas de un proyecto de investigación y la tesis, en concatenación a las variables, dimensiones e indicadores y la construcción de los instrumentos de investigación (Marroquín, 2012).

TITULO				
OBJETIVO GENERAL:				
OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	MÉTODO

Tabla 4

Ejemplo de Matriz operacional de variables.

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11. Técnica Grupo nominal

Según Jose Sánchez Fernández en su blog *Módulo I, Visión, misión y competencias del gestor TI*, correspondiente al Máster universitario en Gestión Integral de Tecnologías de la Información, la técnica de grupo nominal le permite a un equipo obtener un consenso rápido acerca de cuestiones, problemas, soluciones o proyectos que son importantes para el equipo. Esta técnica toma en cuenta la importancia relativa que cada cuestión tiene para los participantes individualmente.

Delbecq y Andrew Van de Ven desarrollaron la *Nominal Group Technique* (NGT) y la dieron a conocer en 1968, con la finalidad de suministrar una ayuda técnica para mejorar el rendimiento de las reuniones, sobre todo aquellas en las que se solicita la opinión de expertos (Sánchez, 2010).

Según el artículo de Aiteco Consultores sobre la Técnica de grupo nominal, la aplicación de la técnica de grupo nominal se lleva a cabo en las fases siguientes:

1. Definir la tarea: en forma de pregunta, por escrito, de manera visible para el grupo, asegurando que la cuestión sea comprendida por todos.

2. Generar ideas: trabajando en silencio, los miembros del equipo escriben sus ideas en tarjetas, a razón de una idea por tarjeta, durante un tiempo limitado.

3. Registrar ideas: una vez finalizada la fase anterior, el facilitador de la técnica recoge las tarjetas y lee cada una de las ideas aportadas. Cada idea se escribe en una pizarra u otro dispositivo.

4. Clarificar ideas: se da oportunidad a los participantes de explicar las ideas aportadas y de solicitar aclaraciones sobre aquellas expresadas por otros miembros del grupo.

5. Hacer la selección: una vez que se cuenta con una relación de ideas definitiva, es el momento de llevar a cabo la votación que dará lugar a su jerarquización.

6. Determinar la prioridad: se procede a la suma de las puntuaciones otorgadas a cada idea. La que posee una puntuación mayor será la considerada como más importante por el grupo. Es la que tiene mayor prioridad (Consultores Aiteco, s.f.).

Tabla resumen:

PROBLEMA	TOTAL

Tabla 5

Tabla de resultados Técnica Grupo Nominal  
Fuente: elaboración propia.

## 2.3 ANTECEDENTES DE TEORIAS O PROYETOS

El estado del arte del presente trabajo es el estudio de la estandarización de procesos para algún fin de mejora específico en la empresa que se desea implantar. Según lo investigado en proyectos o tesis relacionadas con el tema, se logra concluir lo siguiente:

Los autores Ronald Alberto Escobar Orellana, Mary del Carmen Guardado Cardoza y Luz Elena Núñez Mancía, en su proyecto de tema *Consultoría sobre estandarización de los procesos de producción con establecimiento de un sistema de costos, para la empresa Agroindustrias Buenavista, S.A. de C.V.*, determinaron mediante el proceso de estandarización un Manual de Procedimientos y un Manual de Modelación de Costo que permiten llegar a un presupuesto para que la empresa pueda hacer la implementación de los mismos.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En este capítulo, se presenta la metodología que permitió desarrollar el presente estudio. Se muestran aspectos como el tipo de investigación, así como las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo dicha investigación.

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

Este proyecto se clasifica en tipo exploratorio, ya que no existen estudios anteriores acerca de cómo estandarizar, mediante un manual de procesos, las operaciones de una planta, en este caso planta BIA Alambres. Se pretende identificar, analizar y proponer la mejor estrategia para la creación de un manual que permita gestionar los estándares de los diferentes procesos de producción, con el fin de estabilizar cada proceso y hacerlo más medible, predecible, controlable y, por ende, reproducible.

#### **3.1.2 Finalidad del proyecto**

Este proyecto se establece como una finalidad aplicada, dado que busca estandarizar los procesos de una forma eficiente y eficaz en beneficio tanto de los objetivos de la empresa como de todos los integrantes, velando por su bienestar y calidad de trabajo.

#### **3.1.3 Dimensión del proyecto**

Este trabajo comprende una dimensión temporal longitudinal, ya que, mediante la observación de las actividades en los diferentes procesos, se distinguirán los cambios

que se llevarán a cabo en corto, mediano y largo plazo, para poder observar la tendencia y comportamiento del antes de la estandarización y el después, mediante el seguimiento y el análisis de los procesos.

### 3.1.4 Marco del proyecto

A nivel estructural, este trabajo abarca los tres niveles jerárquicos de Bekaert, por lo que se clasifica en mega, macro y micro; el nivel I identifica la planta en general, el nivel II es la gestión de procesos de la empresa y en el nivel III se identifican las actividades, procesos y estandarización como tal.

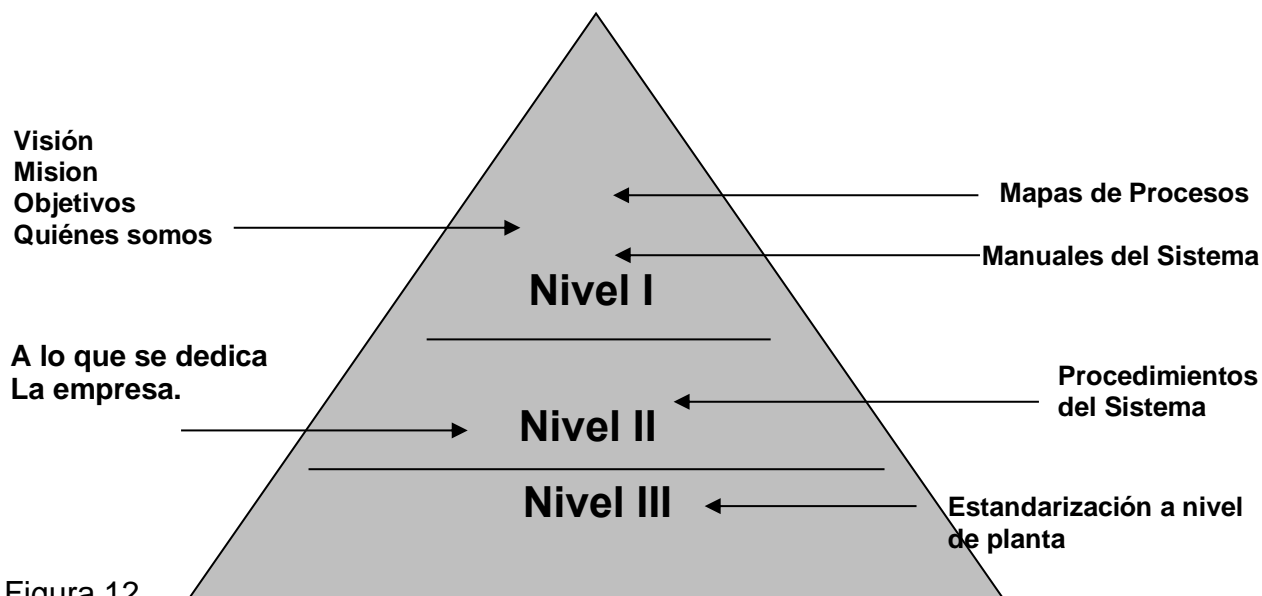


Figura 12

Clasificación mega, macro y micro

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.5 Naturaleza del proyecto

Paradigma de investigación, investigación cualitativa- cuantitativa

Un paradigma de investigación es el punto de partida donde se ubica el investigador. En otras palabras, la concepción de ciencia, de investigación, de objeto y



de método para abordar el conocimiento del objeto. Todos esos conceptos pueden variar según el paradigma donde se ubique el investigador.

El paradigma de investigación determina el diseño, el método de recolección de datos y el tipo de análisis que se realiza con los datos. Al ser una investigación basada en procesos y en la eficiencia y eficacia de cada actividad, se considera que la investigación será cualitativa- cuantitativa (mixta), ya que viene dictada por la lógica del investigador mismo: la solidez de la argumentación, de sus deducciones, de sus razonamientos y de las relaciones que pueda encontrar en cada proceso.

Según Roberto Hernández Sampieri, en su libro *Metodología de la Investigación*, la investigación de tipo cuantitativa representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se pueden brincar o eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables, se desarrolla un plan para probarlas (diseño), se miden las variables en un determinado contexto, se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos) y se establece una serie de conclusiones al respecto de las hipótesis (Hernández, 2010, p. 4).

Este mismo autor menciona el tipo cualitativo, el cual utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Hernández, 2010, p. 7).

La crítica debe permanecer constante en todo trabajo de investigación. En el caso de las investigaciones cualitativas, la objetividad y veracidad siempre deben primar en los resultados obtenidos; no obstante, los resultados obtenidos en todo trabajo de investigación únicamente reflejan una situación puntual dentro del conjunto de factores que lo delimitan y determinan. Por lo cual, para obtener un análisis crítico deben colocarse sobre la mesa todas aquellas interrogantes de las cuales se espera obtener un resultado que, en primer lugar, muestre la realidad del objeto estudiado y, a su vez, muestren los posibles elementos por mejorar o sugerir.

### **3.1.6 Carácter del proyecto**

En este proyecto se usa el carácter causal, ya que se busca encontrar si la estandarización de los procesos puede llevar a cabo una mejora en determinada área beneficiando de una forma efectiva las actividades y, por ende, el producto final teniendo como prioridad los objetivos fundamentales de la empresa (calidad, seguridad, ambiente).

Se basa en una investigación exploratoria, ya que se va a realizar un estudio detallado de las actividades de cada proceso en las diferentes áreas de producción, para

poder observar y determinar la forma en que se llevan a cabo las técnicas y poder implementar las mejoras y cambios requeridos para la estandarización.

Del mismo modo, se habla de que el proyecto tiene un carácter prospectivo, ya que se va a evaluar y analizar la información de los datos y procesos actuales, para encontrar un sistema de trazabilidad con el fin de mejorar los procesos.

### **3.1.7 Investigación descriptiva**

El objetivo de la investigación descriptiva es especificar las propiedades del objeto o fenómeno que se va a estudiar y dar un panorama lo más exacto posible de este. Es necesario, por lo tanto, seleccionar los rasgos o conceptos del fenómeno y determinarlos, cada uno de forma independiente, con la mayor precisión posible.

En la investigación descriptiva, no hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural.

### **3.1.8 Sujetos de la investigación**

Para el desarrollo de cualquier investigación se debe hacer uso de sujetos y fuentes de información que ayudarán a recopilar los datos necesarios para poder concluir con el trabajo investigativo. Se entiende como sujetos a aquellas personas y entidades que participaron en el desarrollo el trabajo.

Dentro de los sujetos utilizados como fuente de información están los siguientes:

-Supervisores de la planta BIA Alambres.

- Operarios de Producción.
- Gerencia general de Bekaert.

### **3.1.9. Observación**

Debido al tipo de investigación por realizar, una de las principales variables de esta es la observación, ya que se tratan de observar los diferentes procesos, cuantificar el tiempo y ver la eficiencia y productividad de los mismos.

La función principal de la observación es recoger toda aquella información que se desarrolla durante el proceso productivo, en la presente investigación aclara el camino, ya que esta información es requerida para el procedimiento de mejora continua. En este proceso, será una herramienta muy utilizada, específicamente en la planta BIA Alambres donde se desarrolla el estudio.

### **3.1.10 La entrevista**

En referencia a la investigación, la entrevista es uno de los instrumentos que más se deben aplicar, ya que de esta se obtiene la información necesaria para el diseño de los procesos y sus componentes. Todas las preguntas de la entrevista deben buscar responder los objetivos planteados en la investigación, así como conocer información relevante para que esta sea todo un éxito y aclare todas las dudas posibles, obteniendo mayor flujo de información.

### **3.1.11 Fuentes de información**

Para la obtención de los datos, se utilizarán fuentes primarias y secundarias, las cuales son definidas como aquellas que hacen referencia a materiales, tales como archivos, obras de autor, estadísticas, periódicos, artículos, entre otros.

#### **3.1.11.1 Fuentes de información primaria.**

En lo que concierne a este estudio, se utilizará como información primaria la suministrada por el superintendente de planta, ingeniero de Procesos, técnico de Calidad, así como la encargada de Seguridad y Salud Ocupacional, a través de instrumentos como la observación y la entrevista.

#### **3.1.11. 2 Fuentes de información secundaria.**

Como fuentes de información secundaria, se ubican los libros, artículos, revistas, páginas web, en los que se refieren a procesos, estandarización, productividad, tiempos y movimientos.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO**

La metodología desarrollada en el presente proyecto para la propuesta de estandarización de procesos es DMAIC, la cual permite el desarrollo de la investigación. Se seleccionan herramientas como SIPOC, análisis Causa-Raíz, estudio de tiempos y movimientos, análisis multivoto, diagramas de flujo y estudio de métodos, las cuales permitirán el alcance de los objetivos del estudio.

Como metodología de mejora continua, se emplea el Clico de Deming, con el fin de desarrollar la estandarización de procesos, el cual es el objetivo principal de la investigación, definiendo los pasos por llevar a cabo.

Las metodologías mencionadas anteriormente se seleccionaron teniendo en cuenta la finalidad de cada una y presentando el mejor desarrollo para la investigación. La aplicación de estas en empresas, corporaciones o proyectos a nivel mundial trae consigo un conjunto de beneficios para la resolución de problemas o mejoramiento continuo, por lo que, en el presente trabajo, se tomará como referencia el éxito de implantación para lograr el objetivo.

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

La implementación de la metodología DMAIC en este proyecto se verá desarrollada bajo la gestión de procesos de la empresa, la cual se rige a partir de las normas ISO 9000, ISO 14000 e ISO 31000. Se utilizará el ciclo de Deming para el planteamiento de desarrollo del proceso de estandarización.

La propuesta del trabajo y elaboración del mismo será supervisada por el Departamento de Operaciones de la empresa, el cual se encarga de la gestión de procesos y mejora continua de la misma. Este departamento brindará la información necesaria sobre las actividades de los procesos y objetivos principales, así como problemas y necesidades.

Para determinar las variables por estudiar durante el proyecto, se desarrolló una matriz de operacionalización de variables, la cual permite identificar el indicador por medir de cada objetivo propuesto y el método para llevarse a cabo.


				
Definir (1)	Medir (2)	Analizar (3)	Mejorar (4)	Controlar (5)
<p>Determinar las prioridades de la organización.</p> <p>Establecer el problema central.</p> <p>Establecer los objetivos y alcances.</p> <p>Buscar referencias de apoyo de criterios expertos.</p> <p>Documentar el proceso.</p>	<p>Determinó el método más eficiente de estandarizar .</p> <p>Medir los tiempos de los procesos.</p>	<p>Análisis de información mediante herramientas de Ingeniería industrial como SIPOC, análisis Causa-Raíz, estudio de tiempos y movimientos, análisis multivoto, diagramas de flujo y estudio de métodos.</p> <p>Determinar las (X) más relevantes del proyecto mediante la herramienta. Matriz operacionalización de variables.</p>	<p>Desarrollar y cuantificar las mejoras del proceso.</p> <p>Se genera un plan de reducción de desperdicios.</p> <p>Levantamiento del proceso.</p> <p>Desarrollo del plan de entrenamiento .</p>	<p>Verificó el cumplimiento de los objetivos.</p>

Tabla 6

Objetivos DMAIC

Fuente: elaboración propia.



<b>ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS PARA LA PLANTA BIA ALAMBRES BEAKERT COSTA RICA, 2017.</b>				
<b>OBJETIVO GENERAL: Rediseño de procesos para las principales áreas de transformación del metal; Galvanizado y Trefilado por medio de estandarización de las actividades para el mejoramiento de la productividad de la planta BIA Alambres, Bekaert C.R.</b>				
<b>OBJETIVO</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>MÉTODO</b>
Identificar las causas que genera la desactualización de los estándares de los procesos de Galvanizado y Trefilado por medio de un estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia de la mano de obra	Estandarización de los procesos	Documento en el cual se definen las actividades del flujo de trabajo.	SOP	SIPOC, Analisis Causa-Raiz, Estudio de tiempos y movimientos, Analisis Multi voto, diagramas de flujo actuales
Rediseño de los procesos de Galvanizado y trefilado por medio de un estudio de métodos para optimizar el flujo.	Estudio de métodos	Aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.	Rediseño de SOP	Estudio de metodos
Implementar el nuevo proceso de estandarización en el área de Galvanizado y Trefilado mediante la capacitación de los nuevos estándares	Capacitación y oficialización	Implementar el nuevo proceso de estandarización en el área de Galvanizado y Trefilado	# personas certificadas en el nuevo proceso	Capacitación personal, ofiialización por parte del sistema de gestión
Evaluar el desempeño de la estandarización mediante pruebas del personal y muestras del producto final para verificar la calidad y eficiencia de los mismos	Desempeño	Evaluar el desempeño de la estandarización	Eficiencia, Calidad	Gemba de estandarización

Tabla 7

Cuadro de Operacionalización de variables

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## **4.1. Productos y especificaciones**

### **4.1.1. Proceso de Galvanizado**

La planta BIA Alambres, a través del proceso de Galvanizado, lleva a cabo cuatro tipos de productos para la comercialización:

- Galvanizado comercial recocido
- Galvanizado alta resistencia comercial
- Galvanizado III capa alta resistencia
- Galvanizado III capa recocido

Para los productos anteriores, se identifican variables o atributos del proceso, entre ellas:

- Identificación
- Medición
- Verificación horno recocido
- Temperatura pila HCl
- Manchas en el alambre
- Temperatura en la pila lavado
- Adherencia de la capa de zinc y manchas en el alambre
- Temperatura del Zaclón
- PH Zaclón

- Densidad del Zaclón
- Temperatura pila zinc
- Grumos
- Brillo
- Recubrimiento de WAX
- Recubrimiento de zinc
- Diámetro alambre galvanizado
- Clamado
- Resistencia a la tracción
- Presentación/Embalaje

Todas las variables mencionadas anteriormente cuentan con especificaciones técnicas de producción, ya sea de proceso o de calidad que permiten que se lleve a cabo.

#### **4.1.1.2 Proceso de Trefilación**

En el caso del Trefilado, la materia prima (alambrón) se desgasta por medio de trefiladoras para llegar a diámetros requeridos para otros procesos, por ejemplo, galvanizado. Entre las variables de proceso se definen:

- Etiqueta de identificación de materia prima
- Diámetro y ovalidad de la materia prima
- Acabado superficial de la materia prima
- SAE del acero

- Diámetro y ovalidad del alambre
- Acabado superficial del alambre
- Ralladuras
- Espaciamiento máximo de resalte del alambre
- Altura mínima de resalte del alambre
- Calmado y alineado

## 4.2. Diagrama de Ishikawa

Esta herramienta se aplica con el criterio experto del superintendente de la planta BIA Alambres, ingeniero de Procesos, técnico de Calidad y supervisora de Seguridad y Salud Ocupacional; además de la colaboración de un operario para cada proceso.

1. Superintendente: Rusbell Ulloa.
2. Ingeniero de Procesos: Gerardo Torres.
3. Técnico de Calidad: Mauricio Campos.
4. Supervisora de Seguridad y Salud Ocupacional: Adriana Mora.
5. Operario Galvanizado: Daniel Rojas.
6. Operario Trefilado: Juan Rojas.

Se utiliza este diagrama para describir posibles causas que ocasionan la desactualización de los estándares de producción en las áreas de Galvanizado y Trefilado de la planta BIA Alambres, las cuales evidencian ineficiencia en la mano de obra y, a la vez, problemas en la manufactura.

Se analizan los factores, desde el método de las 6M, los cuales se mencionan a continuación:

1. Mano de obra
2. Materiales.
3. Medio ambiente.
4. Maquinaria
5. Medición
6. Método de trabajo

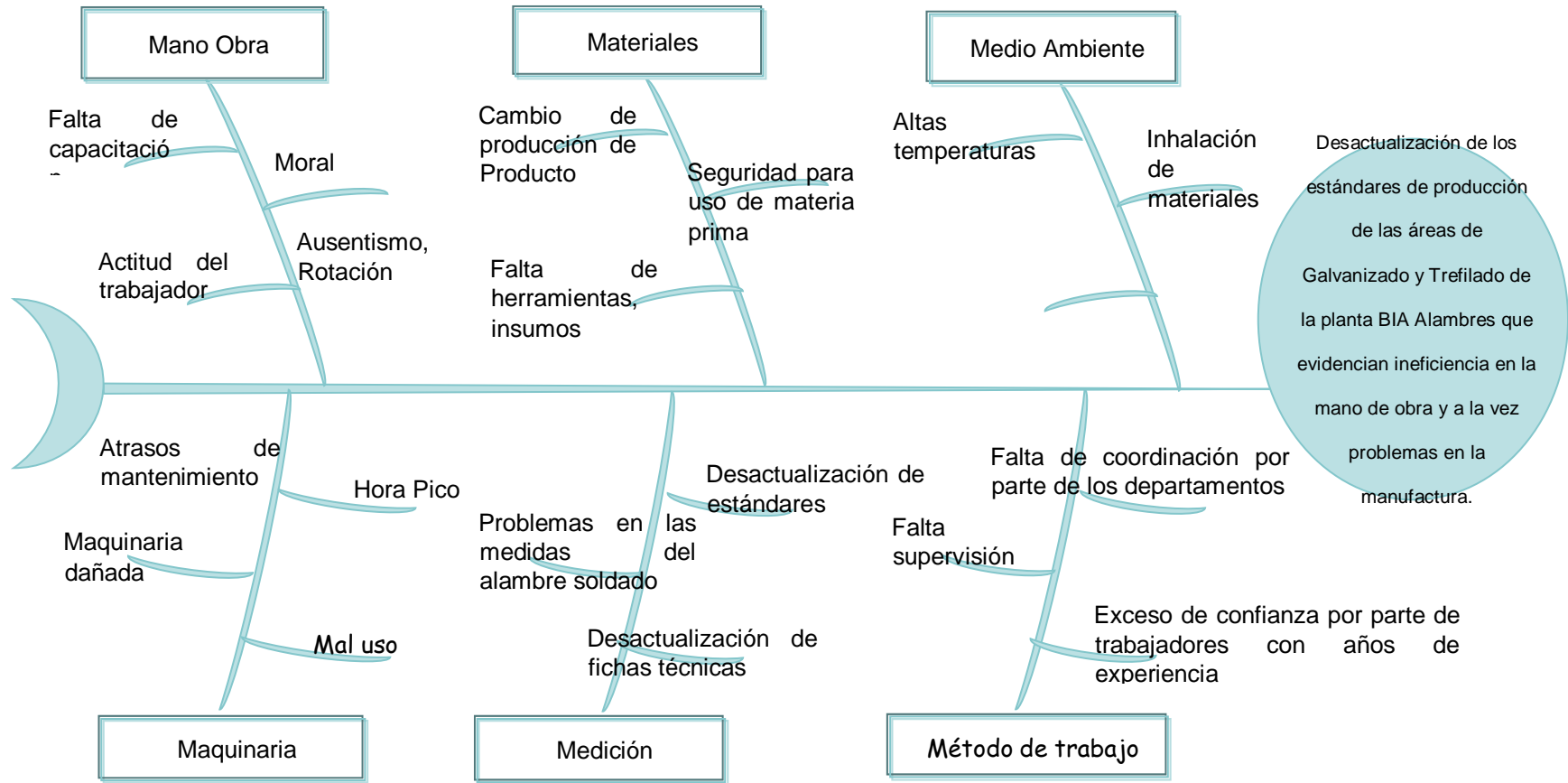


Figura 13

Diagrama de Ishikawa

Fuente: elaboración propia.

Como resultado del Diagrama de Ishikawa anterior, se obtiene una serie de factores que afectan directa e indirectamente la productividad en la línea productiva de Galvanizado y Trefilado. Seguidamente, se detallan las causas para cada uno de los factores que se analizan.

1. Mano de obra: esta rama se enfoca en analizar las posibles causas que hacen que el desempeño del personal se vea afectado. Es de suma importancia que los colaboradores de la planta cuenten con las condiciones idóneas para desempeñar su trabajo, porque este es el principal recurso con el que cuenta la empresa para que la organización marche de la mejor manera. A continuación, se mencionan causas que pueden influir en el desempeño de las labores:

- Falta de capacitación.
- Actitud del trabajador.
- Moral.
- Ausentismo/Rotación.

Debido a lo indispensable que resulta este recurso en la planta de procesos, es necesario que cuente con los factores ergonómicos idóneos, además de promover la motivación en el personal; esto es de gran importancia para un óptimo desempeño de cada uno de los colaboradores, en la medida en que las labores que realizan puedan asistirse con las herramientas adecuadas, se disminuyen las posibilidades de perder la actitud positiva del trabajador.



Es fundamental consultar a los colaboradores directamente relacionados con el proceso, sobre posibles mejoras que se puedan realizar, ya que no debe olvidarse que los encargados de asistir el proceso son quienes conocen mejor cada una de las operaciones y cómo desempeñarlas de la mejor manera.

2. Materiales: en esta rama se conoce cómo influye la variabilidad de la materia prima dentro del proceso productivo. Una causa que puede afectar el índice de productividad es:

- Cambio de producción de producto.
- Seguridad para uso de materia prima.
- Falta de herramientas e insumos.

El material que se requiere para el producto debe cumplir con una serie de especificaciones establecidas por la empresa. Cuando se realizan cambios de material, se tienen que ajustar, a su vez, todas las operaciones, debido a que se debe encontrar la mejor manera de trabajar el nuevo material, cuando este, por alguna circunstancia, deba ser cambiado; se toman en cuenta los estándares técnicos dependiendo de las especificaciones solicitadas por el cliente.

Durante el proceso, se debe contar con las herramientas en buen estado para el desarrollo de las actividades operarias, además de su debida capacitación y los requerimientos de seguridad, tanto para la maquinaria como para el personal.

3. Medio ambiente: en este apartado se analizan las condiciones ambientales que presenta la planta de procesamiento, con el fin de identificar posibles causas que pueden afectar el aumento de la productividad. Seguidamente, se mencionan las causas que se identificaron:

- Inhalación de partículas
- Alta temperatura (calor).

Un medio ambiente adecuado para desempeñar las labores es vital tanto para el bienestar de los trabajadores como para el buen funcionamiento del proceso; por lo tanto, debe procurarse mantener estas condiciones dentro de los márgenes permitidos, con lo cual se evita fatiga en los colaboradores y posibles enfermedades por la exposición a condiciones no idóneas.

Un ambiente con altas temperaturas puede ocasionar que el rendimiento de los trabajadores se reduzca, siempre tomando en cuenta que la ubicación de la planta productiva es en una zona que por naturaleza es de un clima seco-caliente, sin dejar de lado que dentro de la planta de proceso existen tostadoras que hacen que las temperaturas se eleven.

Las líneas productivas cuentan con hidratación permanente y ventilación, así como tiempos de desgaste para actividades pesadas.

4. Maquinaria: junto con la mano de obra, este recurso es de gran importancia en un proceso, debido a que, además de facilitar el trabajo de los operarios, contribuye a la eficiencia de las operaciones. En esta rama, se mencionan algunas causas que interfieren con un aumento en la productividad de esta línea de fabricación:

- Atrasos de mantenimiento.
- Hora pico.
- Maquinaria dañada.
- Mal uso.

La maquinaria en ambos procesos debe contar con mantenimiento preventivo como revisión de calibres y ajustes en cada arranque de línea; el departamento de mantenimiento lo lleva a cabo. El mal uso de la maquinaria ha provocado ineficiencia en las labores, así como riesgos operativos.

5. Medición: este recurso es de gran relevancia dentro de la cadena productiva, debido a que establece estándares de medición de las partes involucradas, en este caso, existe una desactualización del método de medición, lo cual provoca la falla en su proceso, dando paso a reproceso dentro de la cadena, esto incrementa el tiempo de proceso final.

6. Método de trabajo: en esta rama es fundamental analizar de qué manera se realiza el trabajo, debido a que los procedimientos definidos son claves en el buen funcionamiento del proceso. Las posibles causas que conducen a una baja productividad de la mano de obra son:

- Falta de coordinación por parte de los departamentos.
- Falta de supervisión de las actividades por realizar.
- Exceso de confianza por parte de trabajadores con años de experiencia.

Las líneas productivas de Galvanizado y Trefilado tienen como finalidad la transformación del metal (desgaste en diferentes diámetros) a partir de la materia prima, alambión, dando como producto terminado rollos de alambre de diferentes pesos para ser llevados a otros procesos productivos.

Ambas son simples para el operario, ya que en su mayoría la transformación se lleva a cabo a partir de la maquinaria; las actividades son repetitivas y requieren de mucho cuidado y seguridad. En gran parte, se realizan en cada cambio de línea de producción, esto debido a que el arranque de línea y sus especificaciones las realiza el operario de manera manual.

El proceso debe ser meramente vigilado y en caso de alguna falla mecánica o ruptura de alambre, se deben realizar las tareas a fin de solucionarlo y que la línea no se vea afectada.

### **4.3 Entrevistas**

Después del análisis realizado con el estudio de diferentes autores, se tomó la decisión de aplicar la entrevista que más se adapte a las necesidades de la presente investigación, por este motivo, se aplica la entrevista mixta, la cual consta de preguntas tanto abiertas como cerradas.

#### **4.3.1 Entrevista mixta aplicada al superintendente Rusbell Ulloa**

Tema: Desactualización de los estándares de producción de las áreas de Galvanizado y Trefilado en la planta BIA Alambres que evidencian ineficiencia en la mano de obra y, a la vez, problemas en la manufactura.

Fecha: 28 de setiembre 2017.

Nombre del entrevistado: Rusbell Ulloa.

Puesto: Superintendente.

Empresa: BIA Alambres, Bekaert.

Objetivo: Conocer la problemática que afecta las líneas de producción Galvanizado y Trefilado, con el propósito de dar soporte e implementar alternativas de solución que acaben con la misma.

Preguntas:

1. ¿Cómo considera usted que es el flujo de proceso de las líneas de Galvanizado y Trefilado?

“Las líneas productivas son un poco ineficientes por errores de mano de obra o por parte de mantenimiento” (R. Ulloa, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

2. ¿Existen quejas por parte de los clientes?

Sí

3. ¿Cuáles son las quejas por parte de los clientes?

Rechazos por calidad

Entregas tardías

4. ¿Cuáles factores cree usted que afectan en el proceso de transformación del metal?

La medición y el método de trabajo es uno de los factores en los que se debe trabajar, ya que se utilizan estándares obsoletos que hacen que la mano de obra sea ineficiente. Además, el personal no tiene un cronograma de capacitación que los ayude a mejorar y el departamento de mantenimiento no da abasto o requiere la espera o compra de repuestos para solucionar los problemas. (R. Ulloa, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018)

5. ¿Existe resistencia al cambio por parte de la empresa?

“Un poco, debido a que existe personal de muchos años de trabajar y el cambio de Arcelor Mittal a Bekaert fue drástico” (R. Ulloa, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

#### **4.3.2 Entrevista mixta aplicada al operario de Galvanizado Daniel Rojas.**

Tema: Causas de la problemática en la eficiencia de la línea productiva de Galvanizado

Fecha: 28 de setiembre de 2018.

Nombre del entrevistado: Daniel Rojas.

Puesto: operario de Producción.

Empresa: BIA Alambres, Bekaert, C.R.

Objetivo: Conocer las causas que evidencian una problemática en la línea productiva de Galvanizado que afectan la eficiencia del proceso, con el propósito de dar soporte e implementar alternativas de solución que acaben con la problemática.

Preguntas:

1. ¿Qué le interesó de esta organización para que la haya tomado en cuenta como una opción laboral?

“Es una empresa multinacional, con oportunidades de crecimiento y por la ubicación, en Puntarenas, no se cuenta con muchas fuentes de empleo. Estos factores hicieron que me interesara por una opción laboral y ya tengo más de 12 años en el puesto como operario” (D. Rojas, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

2. ¿Qué hace usted para mejorar los métodos de trabajo?

“Mi nivel de escolaridad es bajo, yo sigo las recomendaciones del supervisor y los años de experiencia me han permitido conocer el proceso de tal manera que puedo ayudar a nuevos operarios” (D. Rojas, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

3. ¿Cuáles factores cree usted que afectan en el proceso de transformación del metal?

Algunas de las máquinas no trabajan de la mejor manera, hay maquinaria vieja y mantenimiento tarda horas en poner a funcionar lo que se daña. Nos falta capacitación y refrescamiento para las actividades que han cambiado y para los nuevos operarios se necesita actualización de los estándares. (D. Rojas, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018)

4. ¿Alguna vez ha recibido capacitación por parte de la empresa?

“Pocas veces, solo en caso de que se esté implementado algún proyecto” (D. Rojas, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

5. ¿Cómo observa el desempeño de sus superiores?

“El superintendente (Rusbell Ulloa) es muy exigente y los supervisores intentan mantener funcionando la línea productiva, en algunos momentos es bastante



complicado más que todo por el cumplimiento de la productividad” (D. Rojas, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

6. ¿Usted como trabajador se encuentra satisfecho con la maquinaria de la empresa? Justifique

“No, porque la mayoría de maquinaria no se encuentra en buen estado, es por eso que ocurren muchos inconvenientes y para la maquinaria nueva no existen estándares actualizados que nos permitan utilizarla bien” (D. Rojas, comunicación personal, 28 de setiembre de 2018).

#### 4.4. SIPOC

El SIPOC es un diagrama que permite analizar el proceso de una manera más detallada reconociendo al respectivo proveedor, así como identificando todas las entradas y salidas del proceso, además, permite determinar a los clientes vinculados a cada paso del proceso. Mediante la implementación del SIPOC, se obtendrá la respectiva información:

- ¿Quién provee los materiales o insumos para las actividades?
- ¿Qué requisitos y especificaciones se requieren para dar inicio a las actividades?
- ¿Quiénes son los clientes de los procesos?
- ¿Qué requisitos y especificaciones tienen los clientes del proceso?

Se desarrollaron diagramas SIPOC para la representación de los procesos de Galvanizado y Trefilado, los cuales se muestran a continuación:

## Diagrama SIPOC - Proceso Galvanizado

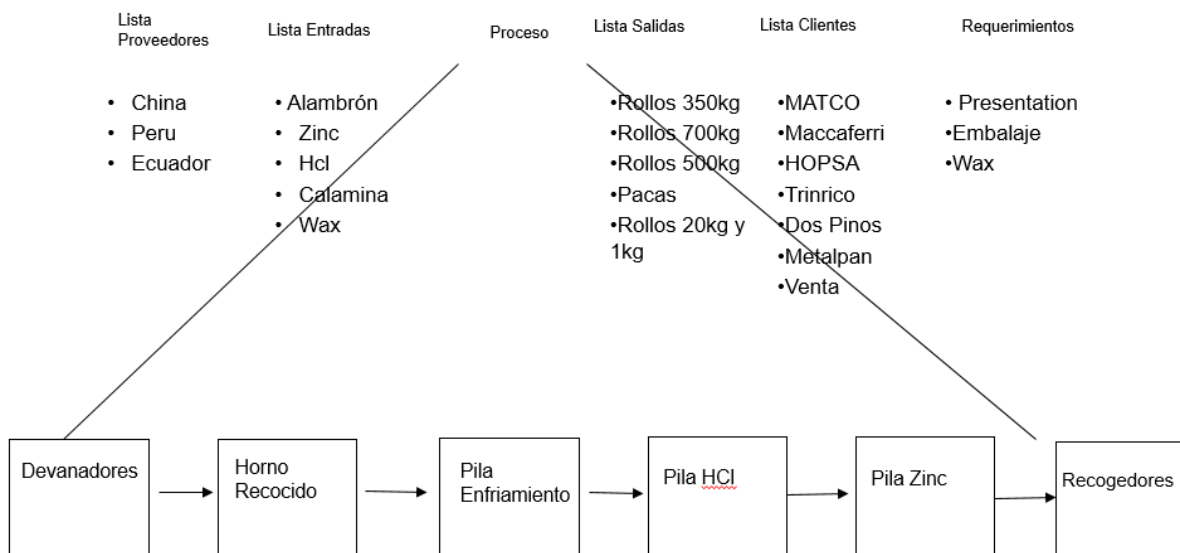


Figura 14

Diagrama SIPOC Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

La figura 14 permite entender el funcionamiento del proceso de galvanizado, se detectaron los proveedores, entradas, el flujo de proceso, las salidas y los clientes como tal.

Se detalla de la siguiente manera:

1. Lista de proveedores: para la transformación del metal en el proceso de Galvanizado, en la planta BIA Alambres se obtiene la materia prima de proveedores principalmente de China, Perú y Ecuador.
2. Lista de entradas: la materia prima empleada durante el proceso de Galvanizado es alambρόn, zinc, HCl, calamina, wax,
3. Proceso: se identifican las principales áreas del proceso iniciando en devanadores, horno recocido, pila enfriamiento, pila HCL, pila zinc y finalizando en el área de recogedores.
4. Lista salidas: se definen como producto final rollos de alambre de 1 kg, 20 kg, 350, 500, 700 y pacas.
5. Lista de clientes: dentro de los principales clientes de alambre galvanizado están: Matco, Maccaferri, HOPSA, Trinrico, Dos Pinos, Metalpan y venta interna.
6. Requerimientos: se definen como requerimientos de los clientes: alambre galvanizado con wax, embalaje y presentación; se entiende como presentación calibres y peso definidos.

## Diagrama SIPOC ----Proceso Trefilado

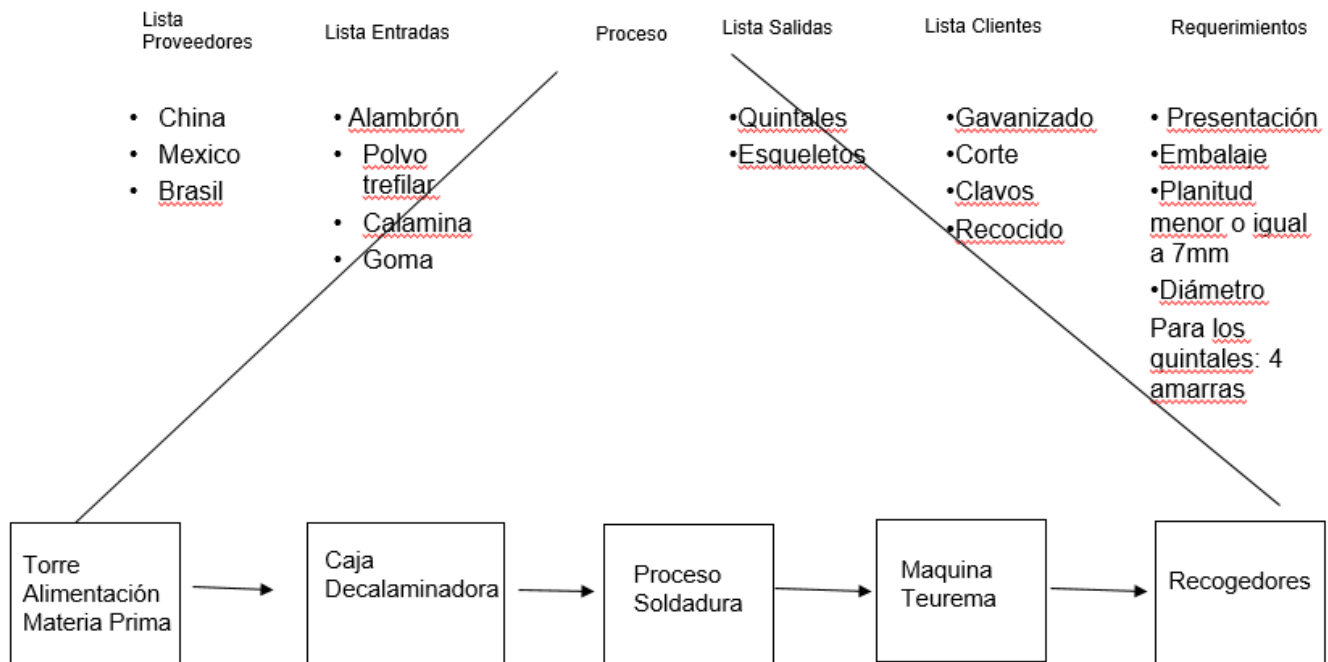


Figura 15

Diagrama SIPOC Trefilado

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la figura 15 del diagrama SIPOC de Trefilado se detalla de la siguiente manera:

1. Lista de proveedores: para la transformación del metal en el proceso de Trefilado, en la planta BIA Alambres se obtiene la materia prima de proveedores principalmente de China, México y Brasil.
2. Lista entradas: la materia prima empleada durante el proceso de Trefilado es alambión, polvo trefilar, calamina y goma.

3. Proceso: se identifican las principales áreas del proceso iniciando en la Torre de alimentación de materia prima, seguido por la Caja decalaminadora, Proceso de soldadura, Máquina Teurema y finalizando en Recogedores.

4. Lista salidas: se definen como producto final: alambre en quintales y en esqueletos.

5. Lista de clientes: dentro de los principales clientes de alambre Trefilado se tiene: galvanizado, corte, clavos y recocido; estos son otras áreas de transformación del metal para el desarrollo de productos de la compañía.

6. Requerimientos: dentro de los requerimientos de producción de alambre trefilado se tiene la presentación, ya sea en quintales o en esqueletos, el embalaje, la planitud y el diámetro.

## 4.5 Técnica Grupo Nominal

La Técnica de Grupo Nominal se aplica con el criterio experto del técnico de Calidad, superintendente, ingeniero de Procesos, encargada de Seguridad y Salud Ocupacional, con el fin de priorizar las causas definidas en el diagrama de Ishikawa, figura 18.

Técnico Calidad: Mauricio Campos.

Superintendente: Rusbell Ulloa.

Ingeniero de Procesos: Gerardo Torres.

Encargada de Seguridad y Salud Ocupacional: Adriana Mora.

A	Falta de Capacitación
B	Moral
C	Actitud del trabajador
D	Ausentismo, Rotación
E	Cambio de producción de producto
F	Falta de herramientas, insumos
G	Seguridad para uso de materia prima
H	Altas temperaturas
I	Inhalación de materiales
J	Atrasos de mantenimiento
K	Hora pico
L	Maquinaria dañada
M	Mal uso de maquinaria
N	Desactualización de estándares
Ñ	Desactualización de fichas técnicas
O	Problemas en las medidas del alambre soldado
P	Falta de coordinación por parte de los departamentos
Q	Falta de supervisión
R	Exceso de confianza por parte de los trabajadores con años de experiencia

Tabla 8

Formato de Lluvia de ideas

Fuente: elaboración propia.

La tabla 8 muestra el total de causas definidas para el problema del proyecto: Desactualización de los estándares de producción de las áreas de Galvanizado y Trefilado de la planta BIA Alambres, que evidencian ineficiencia en la mano de obra y a la vez problemas en la manufactura.

	Mauricio	Rusbell	Gerardo Torres	Adriana	Total
A	14	17	17	12	60
B	1	1	1	1	4
C	16	15	16	11	58
D	6	16	2	10	34
E	8	6	7	9	30
F	15	4	11	13	43
G	11	14	14	17	56
H	3	3	4	2	12
I	2	2	3	3	10
J	7	8	8	14	37
K	5	7	5	4	21
L	13	13	15	15	56
M	10	9	13	8	40
N	19	19	19	19	76
Ñ	18	18	18	18	72
O	9	10	9	7	35
P	12	12	10	6	40
Q	17	11	12	16	56
R	4	5	6	5	20

Tabla 9

Tabla de Calificación en orden de importancia.  
Fuente: elaboración propia.

Mediante la tabla 9 se establece un orden a criterio de cada persona de las causas descritas en la tabla 8, tomando como referencia una calificación de 19 puntos a la causa principal y descendiendo con el mismo patrón hasta el puntaje de 1 que sería la causa de menor impacto.



PROBLEMA	TOTAL
Falta de capacitación	60
Moral	4
Actitud del trabajador	58
Ausentismo, Rotación	34
Cambio de producción de producto	30
Falta de herramientas, insumos	43
Seguridad para uso de materia prima	56
Altas temperaturas	12
Inhalación de materiales	10
Atrasos de mantenimiento	37
Hora pico	21
Maquinaria dañada	56
Mal uso de maquinaria	40
Desactualización de estándares	76
Desactualización de fichas técnicas	72
Problemas en las medidas del alambre soldado	35
Falta de coordinación por parte de los departamentos	40
Falta de supervisión	56
Exceso de confianza por parte de los trabajadores con años de experiencia	20

Tabla 10

Tabla de resultados Técnica Grupo Nominal

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra el resultado de la calificación adquirida en la tabla 9, donde evidencia como principales causas la desactualización de los estándares con un puntaje de 76, la desactualización de fichas técnicas con 72 y la falta de capacitación con un resultado de 60 puntos.

## 4.6. Diagrama de Pareto

Las causas contempladas para verificar la problemática del proyecto se representan en el siguiente diagrama de Pareto, conocido como ley 80-20 o pocos vitales, muchos triviales; en el cual se reconoce que pocos elementos (20 %) generan la mayor parte del efecto (80 %), lo cual permite identificar objetivamente los problemas graves que se tienen delante en la actualidad y acometer los verdaderamente importantes

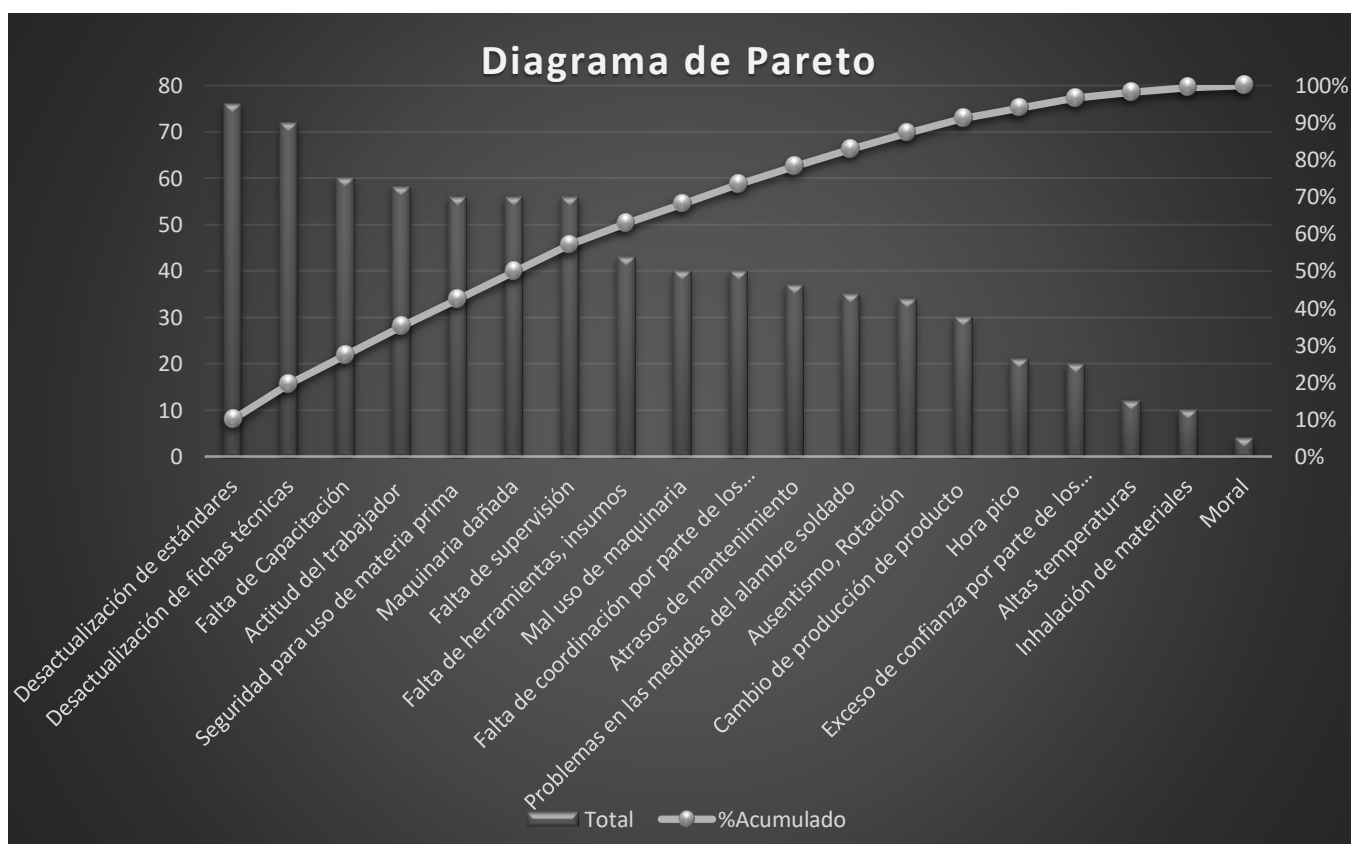


Gráfico 3

Diagrama Pareto

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el Diagrama de Pareto, las principales causas de la desactualización de los estándares de producción en las áreas de Galvanizado y Trefilado de la planta BIA Alambres, que evidencian ineficiencia en la mano de obra y a la vez problemas en la manufactura son:

- Desactualización de los estándares
- Desactualización de fichas técnicas
- Falta de capacitación

## 4.7. Diagramas de flujo

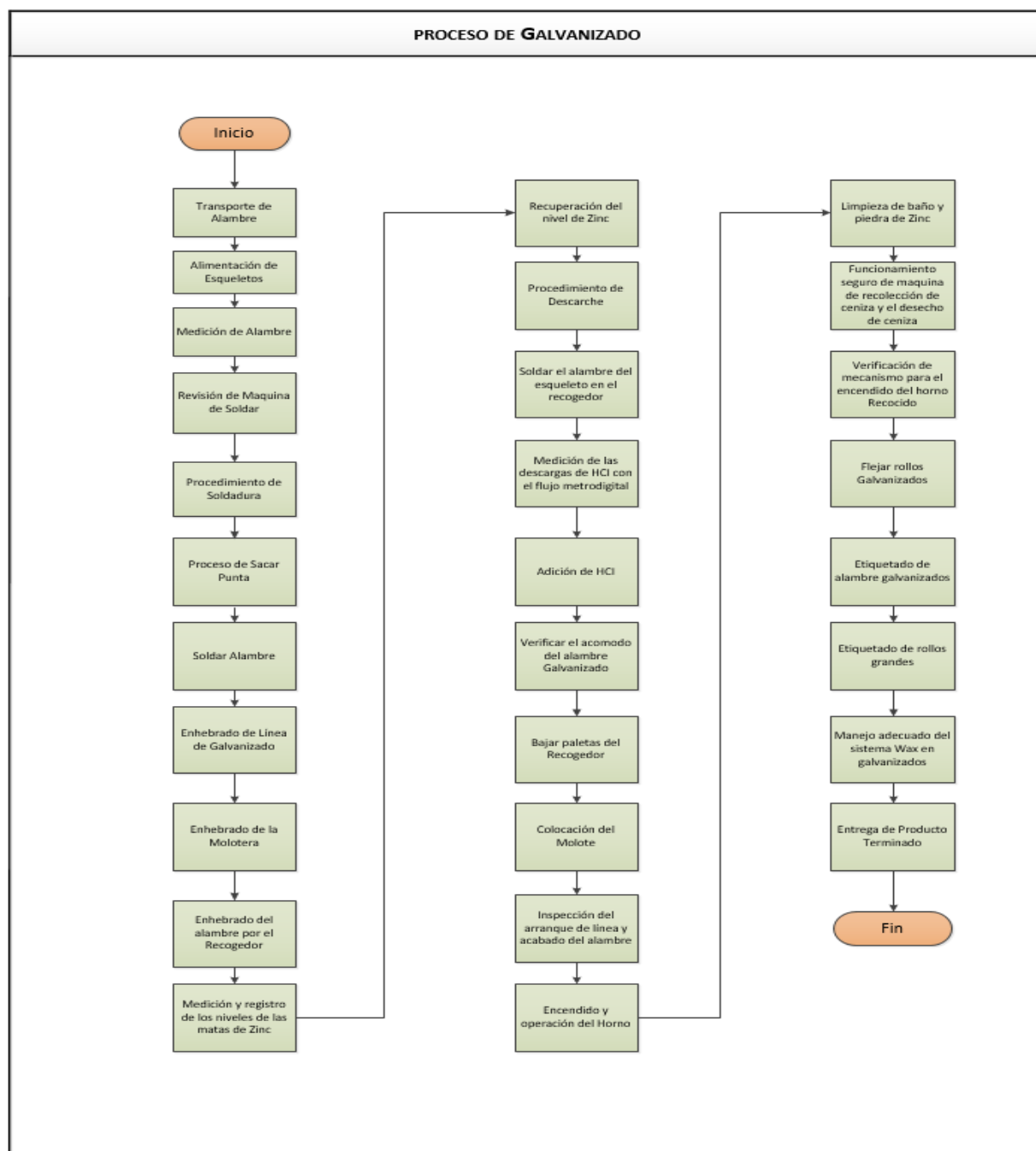


Figura 16

Diagrama de flujo Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

Se presenta mediante diagrama de flujo, de acuerdo con la figura 16, el proceso de galvanizado con las actividades respectivas según los estándares diseñados en la empresa Arcelor Mittal; los mismos se han utilizado desde el 2015 hasta la fecha, sin actualización tanto en diseño como en función del proceso, según la planta BIA Alambres Bekaert, actual empresa.

Se visualiza un total de 29 estándares empleados para el desarrollo del proceso de Galvanizado, dando inicio con el transporte de la materia prima (alambrón) y finalizando con la entrega de producto terminado.

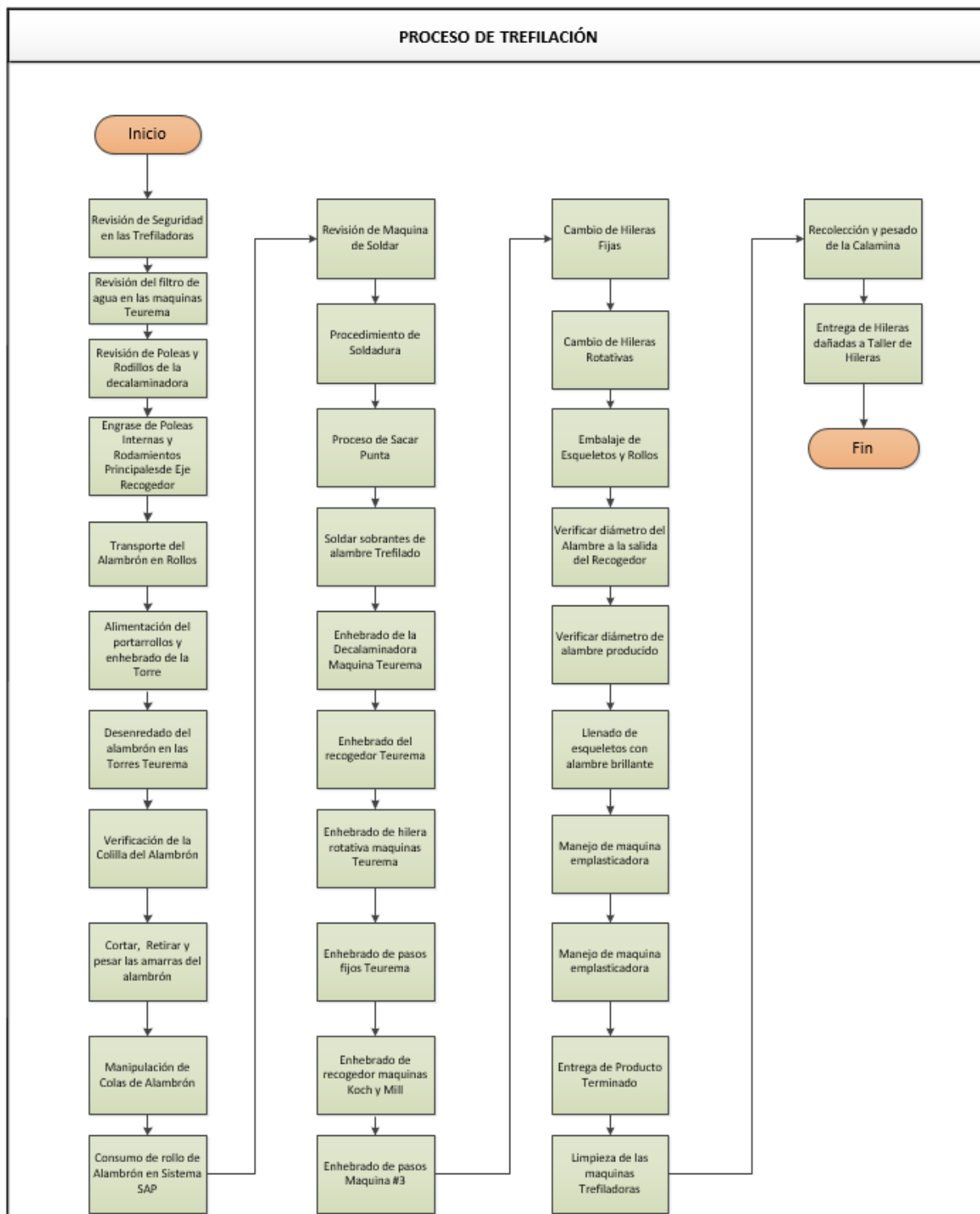


Figura 17

Diagrama de flujo de Trefilado

Fuente: elaboración propia.

La figura 17 muestra el Diagrama de flujo del proceso de Trefilado con un total de 33 estándares, dando inicio al proceso con la revisión de la trefiladora (máquina utilizada para el desgaste del metal) y finalizando con la entrega de hileras dañadas al taller.

Los diagramas representados anteriormente en las figuras 17 y 18 muestran la desactualización de los estándares tomando en consideración varios puntos:

1. Se utilizan los estándares diseñados por la anterior empresa Arcelor Mittal.
2. A nivel global, Bekaert está obligado a actualizar formatos y codificación.
3. Los procesos han sido reestructurados y se han empleado mejoras en los procesos tomando en cuenta aspectos de seguridad, calidad y productividad, datos que no se visualizan en el diseño actual.
4. Los estándares actuales no muestran un orden específico en el flujo del proceso como tal.

#### 4.8. Tiempos y movimientos

Mediante el estudio de tiempos aplicado al proceso de Galvanizado, se definen los tiempos aplicados a cada una de las labores en el arranque de línea, desarrolladas por los operarios de producción seleccionados. Este proceso servirá de parámetro para definir el tiempo estipulado para una orden de producción, donde se pueda analizar el tiempo de una corrida de 32 hilos (esqueletos), con el fin de realizar propuestas de implementación que ayuden a la reducción del tiempo de proceso final.

Actividades	Producto	Tiempos						Promedio min./seg.			Suma						
Transporte de spider vacío de devanado	2.20mm III Capa Recocido	0,30	0,52	0,39				0,40	D1	Devanado Estático							
	3mm III Capa Recocido	0,41	0,53	0,48				0,47									
	1,60 Recocido Comercial	0,52	0,39	0,32	0,48			0,43									
Soldar el alambre del esqueleto en uso con el de cambio	2.20mm III Capa Recocido	1,02	1,16	0,55	0,50	0,51		0,75			D1	Devanado Estático					
	3mm III Capa Recocido	1,46	1,28	1,43	1,39			1,39									
	1,60 Recocido Comercial	1,38	1,42	1,44	1,39			1,41									
Realizar cambio de devanado del esqueleto vacío al lleno	3mm III Capa Recocido	1,00	1,00	1,00	0,55			0,89					D1	Devanado Estático			
	Incluye acomodar el brazo de devanado y cambio de sombrero	3mm III Capa Recocido	0,58	1,00	0,56	0,53										0,67	
	1,60 Recocido Comercial	0,49	0,52	1,02	0,58			0,65							D1	Devanado Estático	
Control el correcto devanado para evitar enredos o rupturas	2.20mm III Capa Recocido	0,07	0,08	0,22	0,26	0,29	0,18	0,18									
	1,40 Recocido Comercial	0,30	0,45	0,15	0,22	0,18	0,26	0,26									
	1,60 Recocido Comercial	0,22	0,36	0,18	0,24	0,15	0,24	0,23									



<b>Control de temperaturas del horno</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	1,10	0,27					0,69	Control de procesos	
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,54	0,22					0,38		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,54	0,02					0,28		
	<b>Control temperatura &amp; Ph pila de enfriamiento</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,14	0,20						
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,22	0,10					0,16		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,22	0,10					0,16		
<b>Control cortinas, temperatura y Ph de la tina de acido</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,25	0,26					0,26		
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,28	0,34					0,31		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,28	0,34					0,31		
<b>Control Ph, altura y temperatura de la tina de enjuague</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,10	0,14					0,12		
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,15	0,15					0,15		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,15	0,15					0,15		
<b>Control densidad, temperatura, Ph de tina de flux</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,25	0,31					0,28		
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,22	0,27					0,25		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,22	0,27					0,25		
<b>Control temperatura secador</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,20	0,05					0,13		
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,15	0,10					0,13		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,15	0,10					0,13		
<b>Control de la temperatura</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,30	0,08					0,19	Tina de zinc	
	<b>1.60 Recocido Comercial</b>	0,24	0,06					0,15		
	<b>1.40Recocido Comercial</b>	0,24	0,06					0,15		

<b>Agregar zinc</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	2,37	2,03	3,03				2,48			
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	4,28						4,28			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	4,28						4,28			
<b>Cambiar pad después una rotura:</b>	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	2,38	1,15	1,15	2,40	1,48		1,71	Pad Wipe		
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	2,27	1,15	1,15	2,40	1,48		1,69			
	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	2,27	1,15	1,15	2,40	1,48		1,69			
<b>Limpiar superficie (manual)</b>	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	8,78	2,40	3,02	4,15			4,59			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	8,78	2,40	3,02	4,15			4,59			
<b>Cambiar pad (consumo normal)</b>	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	2,38	1,15	1,15	2,40	1,48		1,71			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	2,27	1,15	1,15	2,40	1,48		1,69			
	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	2,27	1,15	1,15	2,40	1,48		1,69			
<b>Ajustar pad</b>	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	0,15	0,27	0,24	0,22	0,33		0,24			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	0,22	0,27	0,24	0,22	0,33		0,26			
	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	0,22	0,27	0,24	0,22	0,33		0,26			
<b>Cambiar carbón después una rotura</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,18	1,06	0,20	0,40			0,46	Vertical carbón wipe		
	<b>3mm III Capa Recocido</b>	0,18	1,06	0,20	0,40			0,46			
<b>Limpiar superficie (manual)</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	1,20	1,00	1,02	1,13			1,09			
	<b>3mm III Capa Recocido</b>	1,20	1,00	1,02	1,13			1,09			
<b>Cambiar carbón (consumo normal) preparar</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	1,34	1,30	1,20	1,30			1,29			

	<b>3mm III Capa Recocido</b>	1,34	1,30	1,20	1,30			1,29			
<b>Enhebrar en caso de rotura u parada</b>	<b>3mm III Capa Recocido</b>	0,55						0,55		Recogedor Rollos	
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	2,00						2,00			
<b>Amarar rollo y controlar peso</b>	<b>3mm III Capa Recocido</b>	1,35	1,55	2,41	1,35	1,24		1,58			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	2,02	1,57	3,02	2,48	2,52	3,15	2,55			
<b>Identificar</b>	<b>3mm III Capa Recocido</b>	0,40	0,43	0,48				0,44			
<b>Enhebrar en caso de rotura u parada</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,45						0,45			Recogedor Spiders
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	3,25						3,25			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	2,00	2,16					2,16			
<b>Pesar e identificar</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	1,48	1,40					1,44			
	<b>3mm III Capa Recocido</b>	1,45						1,45			
<b>Mover, amarar y sacar spyder</b>	<b>2,20 mm III Capa Recocido</b>	4,00	4,35	6,30	5,20	10,22	8,02	6,35		Compactado	
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	6,25	7,28	8,32	8,25	7,39		7,50			
	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	9,22	9,45	8,37	7,25			8,57			
<b>Rotura en devanado</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,46	0,58					0,52		Roturas proceso	
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	1,42						1,42			
<b>Rotura en horno</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	2,07	1,57					1,82			

	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	1,52						1,52			
<b>Rotura en tina de ácido</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,48						0,48			
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	1,02						1,02			
<b>Rotura en tina de zinc</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	1,05						1,05			
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	0,42						0,42			
<b>Rotura en recogedor</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	0,55						0,55			
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	3,25						3,25			
	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	2,00						2,00			
<b>Manejar chatarra de procesos (ceniza de zinc)</b>	<b>2.20mm III Capa Recocido</b>	3,30						3,30			
<b>Enhebrado del devanador</b>	<b>1,60 Recocido Comercial</b>	1,11	1,47	1,14	1,16	1,23		1,22			
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	0,40	0,49	1,23	0,53	0,50		0,63			
	<b>2,20 mm III Capa Recocido</b>	1,15						1,15			
<b>Enhebrado Horno Recocido</b>	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	2,51	2,00					2,26			
	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	2,00	1,15	1,30	1,45			1,48			
	<b>2,20 mm III Capa Recocido</b>	2,07	1,57					1,82			
<b>Enhebrado Pila Enfriamiento</b>	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	0,45	1,17	1,28	1,54			1,11			
	<b>2,20 mm III Capa Recocido</b>	2,55	0,58					1,57			
	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	1,02	0,55					0,79			
<b>Enhebrado Pila HCL</b>	<b>2,20 mm III Capa Recocido</b>	0,48	0,54					0,51			

	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	1,26	1,52	1,07	1,05			1,23
	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	2,02	0,34					1,18
<b>Enhebrado Pila Zaclón y Horno Secado</b>	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	3,25	0,57	1,02	0,47			1,33
	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	2,13	1,48					1,81
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	1,45						1,45
<b>Enhebrado Pila zinc</b>	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	0,15	0,16	0,28	0,24			0,21
	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	1,07	0,49					0,78
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	0,42						0,42
<b>Enhebrado Molotera</b>	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	1,05	1,24	1,15	1,32			1,19
	<b>2,41 Recocido Comercial</b>	1,38	1,15					1,27
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	0,42						0,42
<b>Enhebrado Recogedor</b>	<b>3,05 Recocido Comercial</b>	3,15	3,35					3,25
	<b>1,40 Recocido Comercial</b>	3,25						3,25

Tabla 11

Tabla tiempos y movimientos proceso Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

Mediante la tabla 11, se presenta una toma de tiempos durante el proceso de galvanizado, tomando como referencia las actividades desarrolladas por el operario, en este caso se contó con el apoyo de Daniel Rojas, trabajador de experiencia en el área.

A continuación, se presenta un resumen de los datos obtenidos:

Actividad	Actividad/ Material	Promedio tiempos
Transporte de spider vacío de devanado	Transporte de spider vacío de devanado 2.20mm III Capa Recocido	0.40
	Transporte de spider vacío de devanado 3mm III Capa Recocido	0.47
	Transporte de spider vacío de devanado 1,60 Recocido Comercial	0.43
Soldar el alambre del esqueleto en uso con el de cambio	Soldar el alambre del esqueleto en uso con el de cambio 2.20mm III Capa Recocido	0.75
	Soldar el alambre del esqueleto en uso con el de cambio 3mm III Capa Recocido	1.39
	Soldar el alambre del esqueleto en uso con el de cambio 1,60 Recocido Comercial	1.41
Realizar cambio de devanado del esqueleto vacío al lleno	Realizar cambio de devanado del esqueleto vacío al lleno 3mm III Capa Recocido	0.89
Incluye acomodar el brazo de devanado y cambio de sombrero	Incluye acomodar el brazo de devanado y cambio de sombrero 3mm III Capa Recocido	0.67
	Incluye acomodar el brazo de devanado y cambio de sombrero 1,60 Recocido Comercial	0.65
Control el correcto devanado para evitar enredos o rupturas	Control el correcto devanado para evitar enredos o rupturas 2.20mm III Capa Recocido	0.18
	Control el correcto devanado para evitar enredos o rupturas 1,40 Recocido Comercial	0.26
	Control el correcto devanado para evitar enredos o rupturas 1,60 Recocido Comercial	0.23
Control de temperaturas del horno	Control de temperaturas del horno 2.20mm III Capa Recocido	0.69
	Control de temperaturas del horno 1.60 Recocido Comercial	0.38
	Control de temperaturas del horno 1.40 Recocido Comercial	0.28
Control temperatura & Ph pila de enfriamiento	Control temperatura & Ph pila de enfriamiento 2.20mm III Capa Recocido	0.17
	Control temperatura & Ph pila de enfriamiento 1.60 Recocido Comercial	0.16
	Control temperatura & Ph pila de enfriamiento 1.40 Recocido Comercial	0.16
Control cortinas, temperatura y Ph de la tina de ácido	Control cortinas, temperatura y Ph de la tina de ácido 2.20mm III Capa Recocido	0.26
	Control cortinas, temperatura y Ph de la tina de ácido 1.60 Recocido Comercial	0.31
	Control cortinas, temperatura y Ph de la tina de ácido 1.40 Recocido Comercial	0.31
Control Ph, altura y temperatura de la tina de enjuague	Control Ph, altura y temperatura de la tina de enjuague 2.20mm III Capa Recocido	0.12
	Control Ph, altura y temperatura de la tina de enjuague 1.60 Recocido Comercial	0.15
	Control Ph, altura y temperatura de la tina de enjuague 1.40 Recocido Comercial	0.15
Control densidad, temperatura, Ph de tina de flux	Control densidad, temperatura, Ph de tina de flux 2.20mm III Capa Recocido	0.28
	Control densidad, temperatura, Ph de tina de flux 1.60 Recocido Comercial	0.25

	Control densidad, temperatura, Ph de tina de flux 1.40Recocido Comercial	0.25
Control temperatura secador	Control temperatura secador 2.20mm III Capa Recocido	0.13
	Control temperatura secador 1.60 Recocido Comercial	0.13
	Control temperatura secador 1.40Recocido Comercial	0.13
Control de la temperatura tina zinc	Control de la temperatura tina flux 2.20mm III Capa Recocido	0.19
	Control de la temperatura tina flux 1.60 Recocido Comercial	0.15
	Control de la temperatura tina flux 1.40Recocido Comercial	0.15
Agregar zinc	Agregar zinc 2.20mm III Capa Recocido	2.48
	Agregar zinc 1.60 Recocido Comercial	4.28
	Agregar zinc 1.40Recocido Comercial	4.28
Cambiar pad después una rotura (Molotes)	Cambiar pad después una rotura 1,40 Recocido Comercial	1.71
	Cambiar pad después una rotura 1,60 Recocido Comercial	1.69
	Cambiar pad después una rotura 3,05 Recocido Comercial	1.69
Limpiar superficie (manual) (Molotes)	Limpiar superficie (manual) 3,05 Recocido Comercial	4.59
	Limpiar superficie (manual) 1,60 Recocido Comercial	4.59
Cambiar pad (consumo normal) (Molotes)	Cambiar pad (consumo normal) 1,40 Recocido Comercial	1.71
	Cambiar pad (consumo normal) 1,60 Recocido Comercial	1.69
	Cambiar pad (consumo normal) 3,05 Recocido Comercial	1.69
Ajustar pad (Molotes)	Ajustar pad 1,40 Recocido Comercial	0.24
	Ajustar pad 1,60 Recocido Comercial	0.26
	Ajustar pad 3,05 Recocido Comercial	0.26
Cambiar carbón después una rotura Carbón Wipe	Cambiar carbón después una rotura 2.20mm III Capa Recocido	0.46
	Cambiar carbón después una rotura 3mm III Capa Recocido	0.46
Limpiar superficie (manual) Carbón Wipe	Limpiar superficie (manual) 2.20mm III Capa Recocido	1.09
	Limpiar superficie (manual) 3mm III Capa Recocido	1.09
Cambiar carbón (consumo normal) preparar Carbón Wipe	Cambiar carbón (consumo normal) preparar 2.20mm III Capa Recocido	1.29
	Cambiar carbón (consumo normal) preparar 3mm III Capa Recocido	1.29
Enhebrar en caso de rotura u parada (Quintales)	Enhebrar en caso de rotura u parada 3mm III Capa Recocido	0.55
	Enhebrar en caso de rotura u parada 1,60 Recocido Comercial	2.00
Amarar rollo y controlar peso (Quintales)	Amarar rollo y controlar peso 3mm III Capa Recocido	1.58

	Amarar rollo y controlar peso 1,60 Recocido Comercial	2.55
Identificar (Quintales)	Identificar 3mm III Capa Recocido	0.44
Enhebrar en caso de rotura u parada (Spiders)	Enhebrar en caso de rotura u parada 2.20mm III Capa Recocido	0.45
	Enhebrar en caso de rotura u parada 1,60 Recocido Comercial	3.25
	Enhebrar en caso de rotura u parada 1,40 Recocido Comercial	2.16
Pesar e identificar (Spiders)	Pesar e identificar 2.20mm III Capa Recocido	1.44
	Pesar e identificar 3mm III Capa Recocido	1.45
Mover, amarar y sacar spyder	Mover, amarar y sacar spyder 2,20 mm III Capa Recocido	6.35
	Mover, amarar y sacar spyder 1,60 Recocido Comercial	7.50
	Mover, amarar y sacar spyder 2,41 Recocido Comercial	8.57
Rotura en devanado	Rotura en devanado 2.20mm III Capa Recocido	0.52
	Rotura en devanado 1,40 Recocido Comercial	1.42
Rotura en horno	Rotura en horno 2.20mm III Capa Recocido	1.82
	Rotura en horno 1,40 Recocido Comercial	1.52
Rotura en tina de acido	Rotura en tina de ácido 2.20mm III Capa Recocido	0.48
	Rotura en tina de ácido 1,40 Recocido Comercial	1.02
Rotura en tina de zinc	Rotura en tina de zinc 2.20mm III Capa Recocido	1.05
	Rotura en tina de zinc 1,40 Recocido Comercial	0.42
Rotura en recogedor	Rotura en recogedor 2.20mm III Capa Recocido	0.55
	Rotura en recogedor 1,40 Recocido Comercial	3.25
	Rotura en recogedor 1,60 Recocido Comercial	2.00
Manejar chatarra de procesos (ceniza de zinc)	Manejar chatarra de procesos (ceniza de zinc) 2.20mm III Capa Recocido	3.30
Enhebrado del devanador	Enhebrado del devanador 1,60 Recocido Comercial	1.22
	Enhebrado del devanador 1,40 Recocido Comercial	0.63
	Enhebrado del devanador 2,20 mm III Capa Recocido	1.15
Enhebrado Horno Recocido	Enhebrado Horno Recocido 2,41 Recocido Comercial	2.26
	Enhebrado Horno Recocido 3,05 Recocido Comercial	1.48
	Enhebrado Horno Recocido 2,20 mm III Capa Recocido	1.82
Enhebrado Pila Enfriamiento	Enhebrado Pila Enfriamiento 3,05 Recocido Comercial	1.11
	Enhebrado Pila Enfriamiento 2,20 mm III Capa Recocido	1.57



	Enhebrado Pila Enfriamiento 2,41 Recocido Comercial	0.79
Enhebrado Pila HCL	Enhebrado Pila HCL 2,20 mm III Capa Recocido	0.51
	Enhebrado Pila HCL 3,05 Recocido Comercial	1.23
	Enhebrado Pila HCL 2,41 Recocido Comercial	1.18
Enhebrado Pila Zaclón y Horno Secado	Enhebrado Pila Zaclón y Horno Secado 3,05 Recocido Comercial	1.33
	Enhebrado Pila Zaclón y Horno Secado 2,41 Recocido Comercial	1.81
	Enhebrado Pila Zaclón y Horno Secado 1,40 Recocido Comercial	1.45
Enhebrado Pila zinc	Enhebrado Pila zinc 3,05 Recocido Comercial	0.21
	Enhebrado Pila zinc 2,41 Recocido Comercial	0.78
	Enhebrado Pila zinc 1,40 Recocido Comercial	0.42
Enhebrado Molotera	Enhebrado Molotera 3,05 Recocido Comercial	1.19
	Enhebrado Molotera 2,41 Recocido Comercial	1.27
	Enhebrado Molotera 1,40 Recocido Comercial	0.42
Enhebrado Recogedor	Enhebrado Recogedor 3,05 Recocido Comercial	3.25
	Enhebrado Recogedor 1,40 Recocido Comercial	3.25

Tabla 12

Tabla resumen de tiempos y movimientos Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

La toma de tiempos se realizó mediante el proceso de diferentes productos, como se muestra en la columna de Actividad/Material de la tabla resumen anterior; esto debido a que se llevó a cabo en diferentes días y durante el proceso de planeación se estipulaba la producción de diferentes productos comerciales.

Se pueden observar tipos de productos como:

- 2.20 III Capa recocido
- 3mm III Capa recocido
- 1.60 Recocido comercial
- 1.40 Recocido comercial
- 3.05 Recocido comercial
- 2.41 Recocido comercial

Se promedian los tiempos para las actividades desarrolladas durante la toma y se obtiene un total de tres a dos tiempos por actividad, para poder observar la eficiencia del proceso, se muestra en la columna de promedio/tiempos de la tabla anterior.

WLM TREFILADO TEUREMA															
Información del Producto cliente interno:		Diámetro del alambre: 1.68 mm		Info. de la máquina máquina número: 9											
Linear density: 17.40 gr/m				(Standard) velocidad: 780 m/min											
cliente externo:				13 m/s											
Cantidad de la orden (antes el cambio a otro producto)				Devanado alambre											
Tonelaje de la orden:		38000 Kg		capacidad		2,000 kg									
Total tiempo necesario: (calculated with the expected efficiency)		53.5 horas		SAE		1006									
				Diámetro		5.50 mm									
Tiempo programado operador y máquina				Recogedor											
Tiempo de la máquina		480 min		Capacidad		500.00 kg									
tiempo del operador		435 min		longitud		28735 m									
tiempo de cambio de orden		130 min =2.2 hours		tipo		esqueleto									
<b>TIEMPO MÁQUINA PARA PRODUCIR UNA UNIDAD</b>				36.84 min											
<b>Actividades, frecuencias y tiempos de trabajo para producir una unidad</b>				<b>Número de eventos por tonelada</b>		<b>Número de eventos por unidad recogedor</b>		<b>Tiempo del operador por evento (min)</b>		<b>Tiempo total por unidad recogedor (min)</b>		<b>% distribución del tiempo de trabajo</b>		<b>PARA UNA ACTIVIDAD CON LA MÁQUINA PARADA &gt;&gt; "P"</b>	
CAMBIAR ALAMBRÓN						0.25		8.34		2.09		11.8%			
tiempo parado en casa de trefilar rollos						0.00		0.00		0.00		0.0%		P 0.0%	
CAMBIO DE ESCELETO (SPYDER)						1.00		1.12		1.12		6.4%			
CONTROLAR DIÁMETRO						2.00		0.45		0.90		5.1%			
AJUSTAR ALAMBRE EN SPYDER (bajar paquete)						3.00		0.34		1.02		5.8%			
CAMBIO DE ROLLO (pesar, amarrar)						0.00		1.70		0.00		0.0%			
AMARAR ROLLOS EN SPYDER (10 unidades)						0.00		1.47		0.00		0.0%			
CONTROLAR DIÁMETRO						0.00		0.45		0.00		0.0%			
CONTROL DEL PROCESO															
CONTROL OF WINDING PICK-UP (C&P)						0.00		0.00		0.00		0.0%			
MEZCLAR LUBRICANTES				1.09		0,5				1.69		9.6%			

INTERRUPCIONES DEL PROCESO	MEDIR TODA LA SERIA DE DADOS		0.85	2,6			0.25	1.4%		
	ROTURAS			0.250	0.13	10.77	1.35	7.6%	P	25.1%
	CAMBIO DE DADO POR DESGASTE			0.800	0.40	10.01	4.00	22.7%	P	74.5%
	ALAMBRÓN CRUZADO /ROTURA (devanado alambón)			0.010	0.01	4.55	0.02	0.1%	P	0.4%
	LIMPIEZA GENERAL			10	8		0.97	5.5%		
	LIMPIEZA MÁQUINA TOTAL (Y/N)		no	0	8		0.00	0.0%		
	SHIFT ADMINISTRACIÓN			19.5	8		1.89	10.7%		
	CHECKLIST ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO		no	0	8		0.00	0.0%		
	RUTINA MANTENIMIENTO PREVENTIVO AUTÓNOMO		no	0	8		0.00	0.0%		
	CHANGE OVER (SI/NO)		no	0			0.00	0.0%		
Sub-total:							15.31	87.0%	Total	100%
SIDE ACTIVITIES				%		0.00	0.0%			
DISTANCE (WALKING) LOSSES				%		0.00	0.0%			
Perdidas organizacionales			3.00	%		0.46	2.6%			
REST AND PERSONAL CARE			12.00	%		1.84	10.4%			
TIEMPO DEL OPERADOR PARA PRODUCIR UNA UNIDAD							17.60	min		
PERFORMANCE ESPERADA BAJA CONDICIONES NORMALES										
Esperada eficiencia de la máquina						87.3	%			
Esperado volumen de producción						10.31	unidades	5152.5	kg	
Ocupación total del operador						37.8	%			
Horas hombre / ton						0.59	horas hombre/ton	644 KG/HOUR		
Horas máquina / ton						1.41	horas máquina/ton	15458 KG/DAY		

Anexo 1

WLM Trefilado

Fuente: BIA Alambres, Bekaert C. R.

De acuerdo con una medición reciente de la empresa, en el anexo 1 se evidencian los siguientes resultados:

Para las siguientes actividades, se realizó una toma de tiempos de la cual se obtuvo:

1. Cambiar el alambón: 8.34min
2. Cambio de esqueleto (Spyder): 1.12 min
3. Control de diámetro: 0.45 min
4. Ajustar alambre en spyder (bajar paquete): 0.34min
5. Cambio de rollo (pesar, amarrar): 1.70 min
6. Amarrar rollos en spyder: 1.47min
7. Controlar diámetro: 0.45 min
8. Mezclar lubricantes: 1.09 min
9. Limpieza general: 10min
10. Administración: 19.5 min

Estos datos analizados permiten conocer la eficiencia de las actividades operativas y así poder implementar mejoras, con el fin de lograr un mejor y eficiente desempeño de la línea de Trefilado.

#### **4.9 Análisis de flujo**

Mediante el análisis de flujo, se observará la situación actual para el desarrollo de Galvanizado y Trefilado, se pueden identificar con claridad todos los elementos que afectan la elaboración de estos, paso por paso. Para esto, se desarrolla un diagrama que identifique la transformación, desde la alimentación de la materia prima hasta el empaque o entrega del producto.

Las siguientes gráficas de flujo representan todos los movimientos, operaciones e inspecciones realizadas actualmente por los colaboradores durante la jornada laboral común, esto para el arranque de la línea.













Supervisor: Rusbell Ulloa		Actividad	Tiempo Min	Simbología					
Fecha: 29/09/2017		Operación	83min						
Analista: Ana Karen Arroyo		Inspección	43min						
Empresa: Bia Alambres Bekaert		Operación- Inspección	35min						
Proceso: Galvanizado		Transporte	15						
		Demora	170min						
Operario: Daniel Rojas		Almacenamiento	0min						
No	Actividad	Min							
1	Transporte de alambre	5				X			
2	Alimentación de esqueletos	10	X						
3	Medición de alambre	5	X						
4	Revisión de máquina de soldar	3		x					
5	Procedimiento de soldadura	5	X						
6	Proceso de sacar punta	5	X						
7	Soldar alambre	5	X						
8	Enhebrado de la línea de galvanizado	10	X						
9	Enhebrado de la molotera (en caso de llevar molotes)	15			X				
10	Enhebrado del recogedor	10							
11	Medición y registro de los niveles de zinc	10		X					
12	Recuperación del nivel de zinc	10	X						
13	Procedimiento de Descarche	60					X		
14	Medición de las descargas de HCl	15		X					
15	Adición de HCl	40					X		
16	Verificar el acomodo del alambre galvanizado	5		X					
17	Bajar paletas del recogedor	10	X						
18	Inspección del arranque de línea y acabado del alambre	10		X					
29	Encendido y operación del horno	20			X				
20	Limpieza del baño y piedra de zinc	40					X		
21	Funcionamiento seguro de recolección de ceniza	10	X						
22	Flejar rollos galvanizados	15	X						
23	Etiquetado alambre galvanizado	3	X						
24	Manejo adecuado del sistema de wax (en caso de requerirlo)	30					x		
25	Entrega de producto terminado	10				X			

Tabla 13

Análisis de flujo proceso de Galvanizado  
Fuente: elaboración propia.

La tabla 13 presenta un resumen de los resultados obtenidos en el cursograma analítico realizado a la mano de obra en la línea de Galvanizado de la planta BIA Alambres. Se obtiene que, del total de 25 actividades, 170 min se dan en demoras, seguido de 83 min empleados en operaciones, 43 min en inspección, para operación-inspección 35 min y transporte 15 min.



Supervisor: Rusbell Ulloa		Actividad	Tiempo Min	Simbología					
Fecha: 29/09/2017		Operación	166min						
Analista: Ana Karen Arroyo		Inspección	39						
Empresa: Bia Alambres Bekaert		Operación Inspección	18						
Proceso: Trefilado		Transporte	24						
		Demora	15						
Operario: Juan Rojas		Almacenamiento	10						
No	Actividad	Min							
1	Revisión de seguridad en las trefiladoras	10		x					
2	Revisión de filtro de agua	5		x					
3	Revisión de poleas y rodillos de la decalaminadora	10		x					
4	Engrase de poleas internas y rodamientos del recogedor	8			x				
5	Transporte del alambón	7				x			
6	Alimentación del portarrollos y enhebrado de la torre	7	x						
7	Desenredado del alambón	5			x				
8	Verificación de la colilla del alambón	3		x					
9	Cortar, Revisar y pesar las amarras del alambón	6			x				
10	Manipulación de la cola de alambón	5	x						
11	Consumo de rollo de alambón en el sistema SAP	10					x		
12	Revisión de máquina de soldar	5		x					
13	Procedimiento de soldadura	15	x						
14	Proceso de sacar punta	7	x						
15	Soldar sobrantes de alambre trefilado	15	x						
16	Enhebrado de la decalaminadora	7	x						
17	Enhebrado del recogedor	7	x						
18	Enhebrado de la hilera rotativa	7	x						
19	Enhebrado pasos fijos	7	x						
20	Enhebrado del recogedor máquinas KOCH y MILL	7	x						
21	Enhebrado de pasos máquina KOCH y MILL	7	x						
22	Cambio de hileras fijas	7	x						
23	Cambio de hileras rotativas	15	x						
24	Embalaje de rollos y esqueletos	5	x						
25	Verificar diámetro a la salida del recogedor	3		x					
26	Verificar diámetro del alambre producido	3		x					
27	Llenado de esqueletos	5					x		
28	Manejo de máquina emplastadora	15	x						
29	Entrega de producto terminado	10				x			
30	Limpieza de máquinas trefiladoras	15	x						
31	Recolección y pesado de la calamina	7				x			
32	Entrega de hileras dañadas al taller de hileras	10						x	

Tabla 14

Análisis de flujo proceso de Trefilado

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis representado en la tabla 14 sobre el proceso de Trefilado, se obtiene que, del total de 32 actividades, 166 min corresponden a operación, seguido de 39 min empleados en actividades de inspección, 24 min de transporte, 18 min de operación-inspección y en demora un total de 15 min.

Esta herramienta es de vital importancia, ya que de manera visual se logra observar cuáles actividades generan mayor importancia durante toda la cadena productiva, de esta manera se identifican aquellos focos de posible mejora dentro de la transformación del producto.

#### 4.10 Indicadores Planta BIA Alambres

	VOLUMEN PROD ton			DESPERDICIOS			RECHAZO		
	Acumulado	Prod/Pres TON	Meta	Acumulado promedio	Desperdicios	Meta ≤ 0.8 %	Acumulado promedio	Rechazos	Meta ≤ 0,18 %
<b>Definir meta</b>			<b>29630</b>			<b>0,8%</b>			<b>0,18%</b>
<b>2017</b>	27.866		33.288,00	1,03%		0,8%	0,92%		0,18%
				ton desperdicios			ton rechazos		
<b>ENE</b>		2.348,40	2.774	28,48	1,21%	0,8%	38,00	0,75%	0,18%
<b>FEB</b>		2.266,01	2.774	22,53	0,99%	0,8%	16,00	0,32%	0,18%
<b>MAR</b>		2.642,26	2.774	22,58	0,85%	0,8%	34,00	0,68%	0,18%
<b>ABR</b>		2.340,87	2.774	24,45	1,04%	0,8%	26,00	0,49%	0,18%
<b>MAY</b>		2.419,10	2.774	16,40	0,68%	0,8%	7,09	0,15%	0,18%
<b>JUN</b>		2.304,05	2.774	21,38	0,93%	0,8%	22,70	0,99%	0,18%
<b>JUL</b>		2.546,70	2.774	29,89	1,17%	0,8%	25,30	0,99%	0,18%
<b>AGO</b>		2.492,29	2.774	26,61	1,07%	0,8%	28,10	1,13%	0,18%
<b>SEP</b>		2.529,00	2.774	26,30	1,04%	0,8%	33,30	1,32%	0,18%
<b>OCT</b>		2.265,31	2.774	35,06	1,55%	0,8%	25,46	1,12%	0,18%
<b>NOV</b>		1.893,12	2.774	17,37	0,92%	0,8%	27,60	1,46%	0,18%
<b>DIC</b>		1.819,25	2.774	17,48	0,96%	0,8%	30,30	1,67%	0,18%

Anexo 2

Resultados de indicadores 2017

Fuente: BIA Alambres.

La empresa Bekaert, planta BIA Alambres, define indicadores para controlar la eficiencia de sus labores, el anexo 2 evidencia dos indicadores medibles para el Departamento de Producción; el primero es el porcentaje de desperdicios, el cual estableció para el 2017 una meta  $\leq 0.8$  y obtuvo como único resultado positivo el mes de mayo con el cumplimiento sobre su meta durante todo el año. Para el indicador de porcentaje Rechazo, se definió una meta de  $\leq 0,18 \%$  y se obtuvo de igual manera positivo sobre su meta en el mes de mayo, con un resultado de  $0,15 \%$ .

Estos indicadores se basan en la productividad de las líneas de Galvanizado y Trefilado, evidenciando así la problemática existente en los procesos y el deseo de la empresa de actualizar los estándares, con el fin de contrarrestar los resultados obtenidos para el presente año 2018.

Se representan los resultados de los indicadores mencionados, mediante los siguientes gráficos:

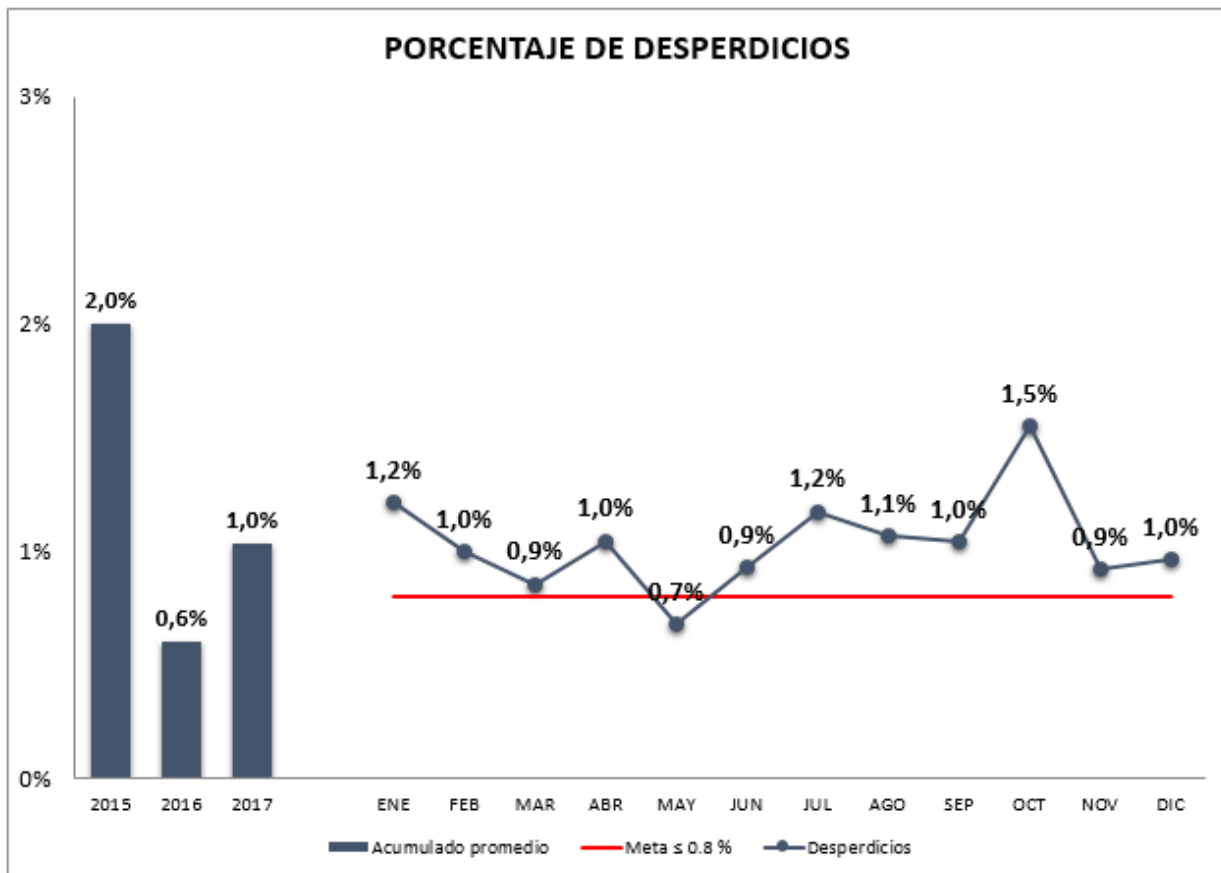


Gráfico 4

Gráfico indicador del porcentaje de desperdicios

Fuente: Bekaert, Planta BIA Alambres.

Se logra observar el movimiento del mes de diciembre de los últimos tres años, 2015, 2016 y 2017, analizado con más detalle gracias al proyecto por desarrollar. En la línea roja se representa la meta que debió estar por debajo de 0,18, donde se evidencia el mes de mayo como único mes de cumplimiento.

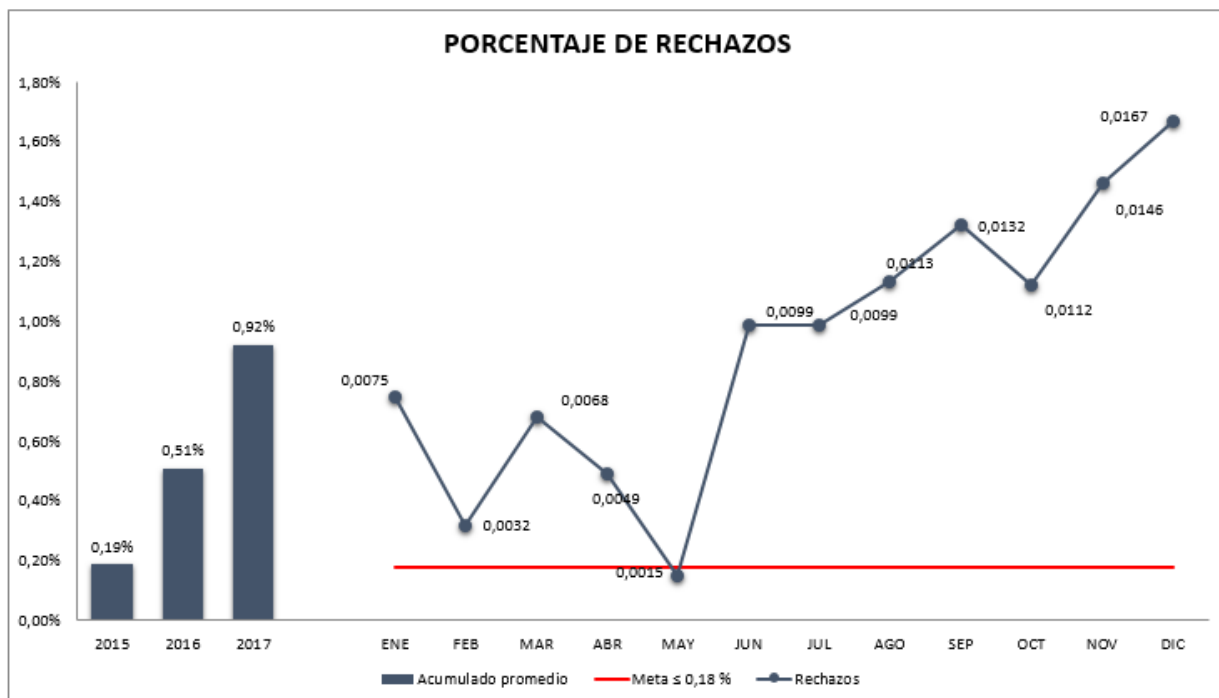


Gráfico 5

Título: Gráfico indicador del porcentaje de rechazos

Fuente: Bekaert, planta BIA Alambres.

De los datos obtenidos de la planta BIA Alambres, se observa en el gráfico 5 el movimiento del porcentaje de rechazos; de igual manera que el porcentaje de desperdicios, el mes de mayo fue el único con cumplimiento de la meta por debajo de 0,18 con un resultado de 0,15 %.

LOGÍSTICA									
	GRADO DE SERVICIO AL CLIENTE (%)			TIEMPO DE ENTREGA/ LEAD TIME (días)			ENTREGAS TARDÍAS (%)		
	Acumulado promedio	Servive degree %	Meta ≥ 90 %	Acumulado promedio	Lead Time (días)	Meta ≤ 4 días	Acumulado promedio	Entregas tardías %	Meta ≤ 3 %
<b>Definir meta</b>			<b>90%</b>			<b>4</b>			<b>3%</b>
<b>2015</b>	88%			4,00			3,36%		
<b>2016</b>	97%			2,00			0,50%		
<b>2017</b>	90,47%		90%	7,28		4	5,78%		
<b>ENE</b>		98%	90%		2,00	4		0,57%	3%
<b>FEB</b>		96%	90%		2,00	4		0,40%	3%
<b>MAR</b>		90%	90%		3,97	4		3,00%	3%
<b>ABR</b>		84%	90%		3,90	4		3,70%	3%
<b>MAY</b>		90%	90%		4,00	4		2,50%	3%
<b>JUN</b>		83%	90%		5,22	4		3,90%	3%
<b>JUL</b>		92%	90%		12,48	4		7,60%	3%
<b>AGO</b>		83%	90%		16,30	4		16,7%	3%
<b>SEP</b>		87%	90%		12,70	4		13,0%	3%
<b>OCT</b>		93%	90%		12,20	4		6,60%	3%
<b>NOV</b>		98%	90%		5,50	4		2,1%	3%
<b>DIC</b>		91%	90%		7,10	4		9,3%	3%

## Anexo 3

Indicadores de Departamento de Logística planta BIA Alambres

Fuente: BIA Alambres.

El anexo 3, representado en el cuadro anterior, hace referencia a tres indicadores medibles en el Departamento de Logística de la planta BIA Alambres, los cuales se definen como:

- Grado de servicio al cliente
- Tiempo de entrega
- Entregas tardías

Estos indicadores permiten que el Departamento de Logística controle la eficiencia de sus labores, del mismo modo, representa tres causas que afectan los procesos por estudiar en el proyecto: Galvanizado y Trefilado, y permite entender el comportamiento de los resultados de las causas para un mejor entendimiento del porqué la necesidad de mejora.

En los siguientes gráficos, se representa de una manera más visible el movimiento de los indicadores en el año 2017.



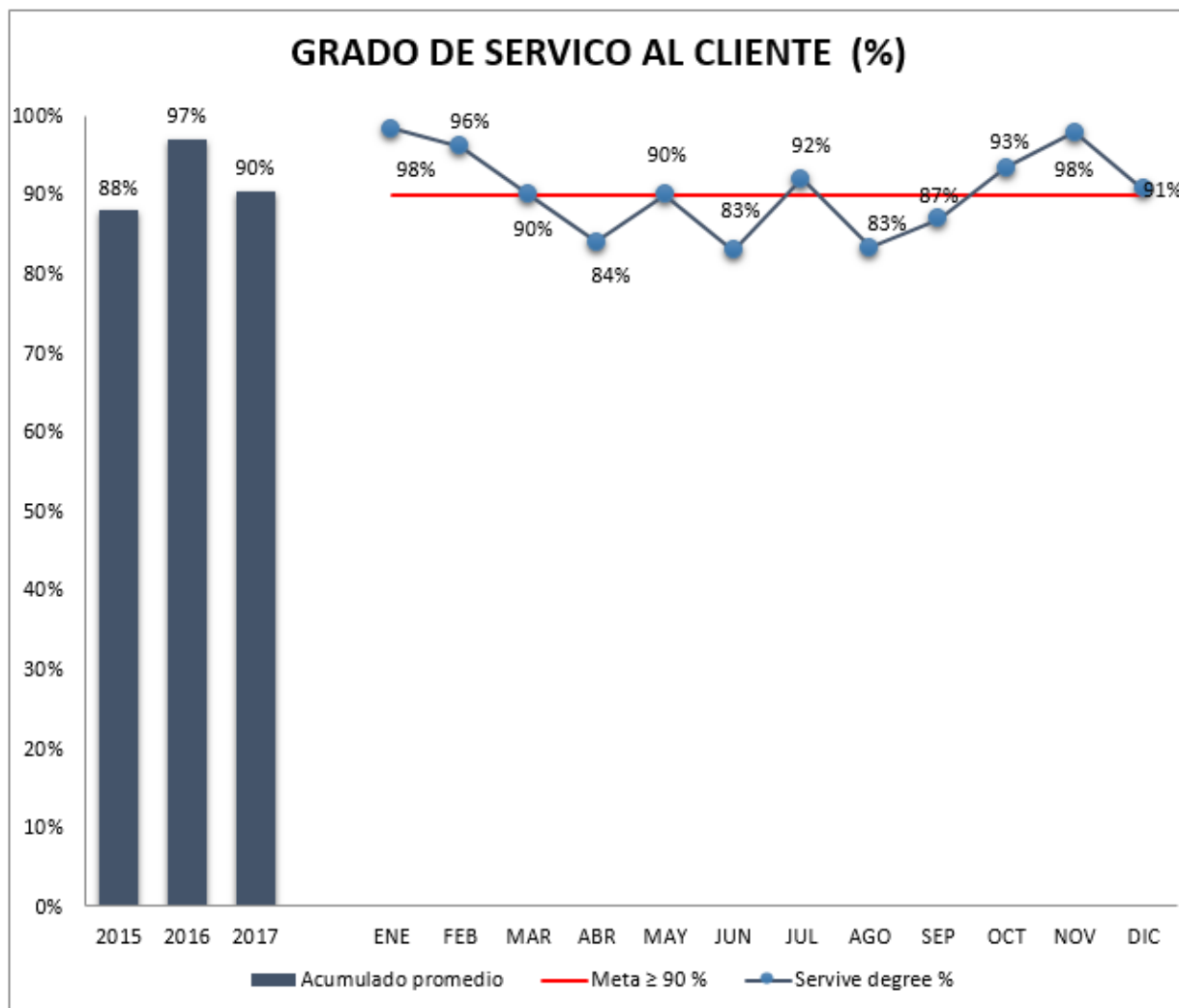


Gráfico 6

Gráfico indicador de logística grado de Servicio al Cliente  
 Fuente: Bekaert, planta BIA Alambres.

Se observa el movimiento del grado de servicio al cliente durante el año 2017, siendo el mes de julio cuando se inicia el estudio. La meta definida para este indicador es de  $\geq$  90 %, se obtuvieron como resultados positivos durante el año los meses de enero, febrero, marzo, mayo, junio, julio, octubre, noviembre y diciembre, con

resultados por encima del 90 %; así como resultados negativos durante el mes de abril con un 84 %, junio 83 %, agosto 83 % y setiembre con un 87 %.

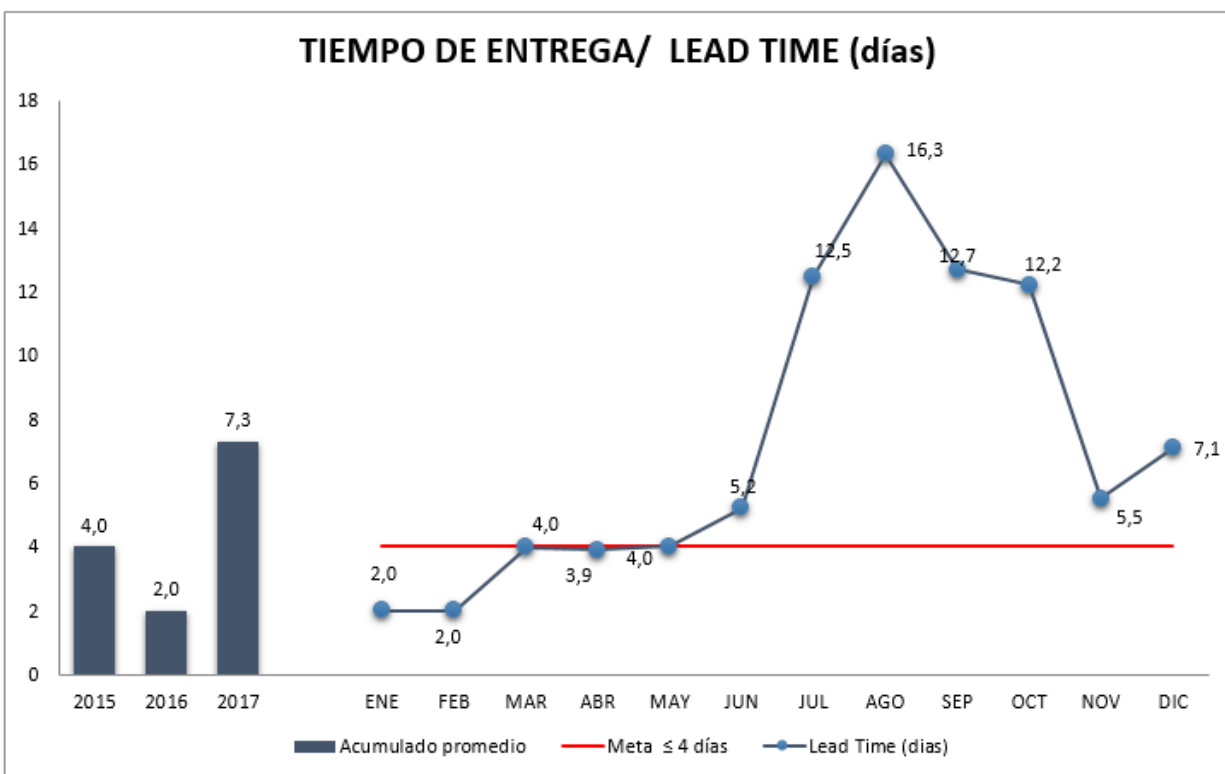


Gráfico 7

Gráfico indicador de logística Tiempo de Entrega

Fuente: Bekaert, planta BIA Alambres.

Para el indicador representado en el gráfico anterior Tiempo de Entrega, se observa que, a partir del mes de junio, los resultados en la eficiencia de este se vieron afectados de manera negativa, por debajo de la meta definida  $\leq 4$  días; teniendo un máximo en entrega de 16 días.

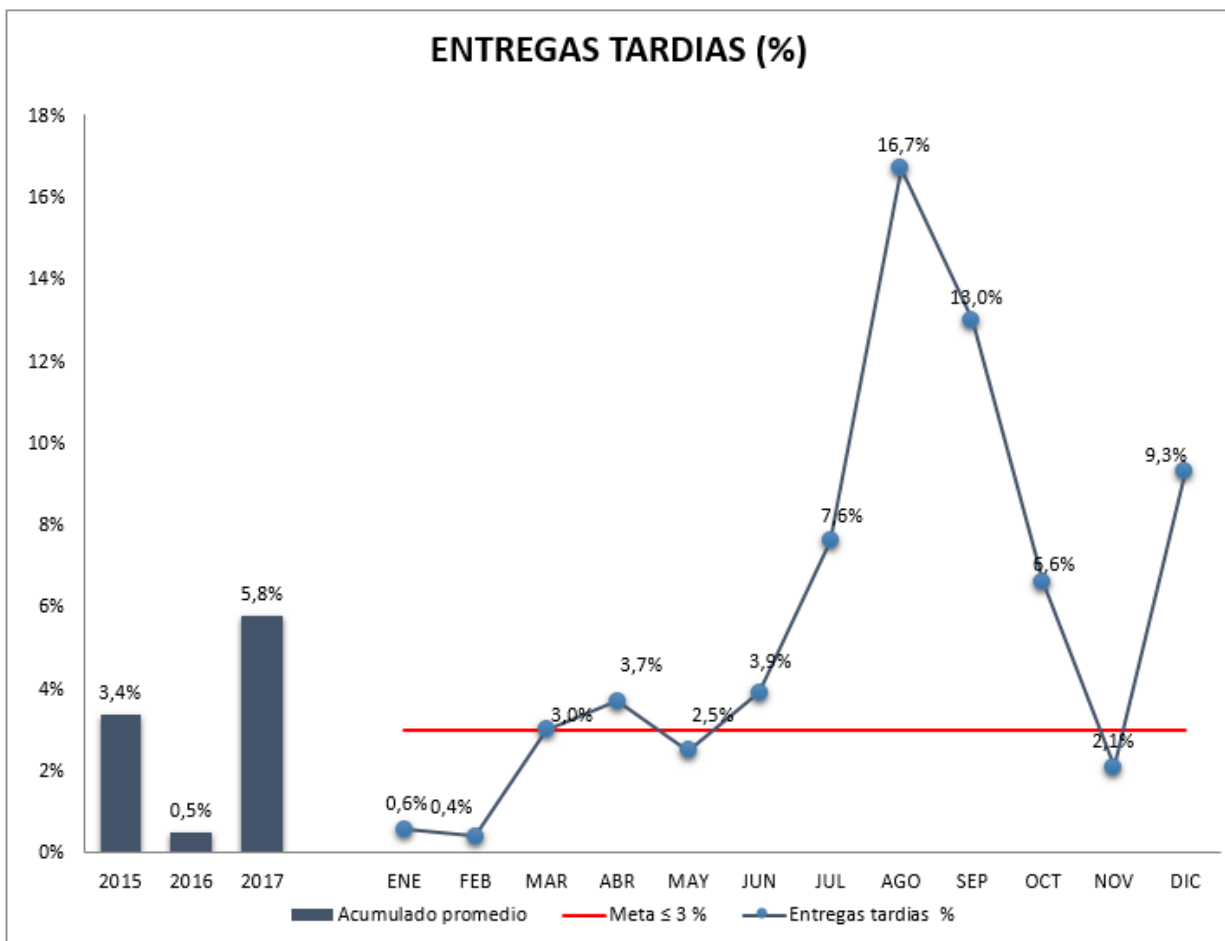


Gráfico 8

Gráfico indicador de logística Entregas Tardías  
Fuente: Bekaert, planta BIA Alambres.

El gráfico de entregas tardías tiene una meta definida de  $\leq 3\%$ , en el cual se observa que los únicos meses donde se cumplió el objetivo fueron enero, febrero, marzo, mayo, noviembre; obteniendo así un 58 % de incumplimiento durante el año 2017.

## 4.11 Resumen de hallazgos

- Se utilizó el método de las 6M: mano de obra, materiales, medio ambiente, maquinaria, medición y método de trabajo, para evaluar las causas que pueden contrarrestar el problema principal del análisis de este proyecto: desactualización de los estándares de producción del proceso de Galvanizado y Trefilado.
- Se aplicaron dos entrevistas: una al superintendente: Rusbell Ulloa y una al operario galvanizado: Daniel Rojas, para conocer el criterio personal, experto y subjetivo de la problemática que afecta las líneas de producción, donde se evidencian algunas de las causas analizadas en el diagrama de Ishikawa, tales como:
  - a) Medición: desactualización de los estándares y fichas técnicas.
  - b) Maquinaria: maquinaria dañada y atrasos en mantenimiento.
  - c) Mano obra: falta de capacitación.
  - d) Método trabajo: exceso de confianza y resistencia al cambio.
- Mediante la herramienta SIPOC se analizaron ambos procesos: Galvanizado y Trefilado, donde se conoció el proceso desde: lista de proveedores, entradas, actividades del proceso, salidas, clientes y requerimientos.
- Se aplicó la técnica de grupo nominal según el criterio experto de:

Técnico de Calidad: Mauricio Campos

Superintendente: Rusbell Ulloa

Ingeniero de Procesos: Gerardo Torres

Encargada de Seguridad y Salud Ocupacional: Adriana Mora

La técnica consistió en clasificar las causas analizadas en el diagrama de Ishikawa y se obtuvo con un puntaje mayor las más importantes, en este caso: desactualización de estándares, desactualización de fichas técnicas y falta de capacitación.

- Mediante el 80/20 (Diagrama de Pareto) se retrataron las causas analizadas; y se obtuvieron como principales: desactualización de estándares, desactualización de fichas técnicas y falta de capacitación.
- Los diagramas de flujo desarrollados evidencian el desorden del flujo de proceso tal como la cantidad de estándares por estudiar, para un total de 29 para el proceso de Galvanizado y 33 Trefilado.
- Se realizó una toma de tiempos para el proceso de galvanizado tomando como referencia diámetros de 2,20 mm, 3 mm, 1,60 mm, 1,40 mm, 3,05 mm y 2,41mm para dos clases de productos: III capa recocido y recocido comercial; la línea de estudio se basó en los productos de mayor venta.
- Mediante la toma de tiempos realizada para Galvanizado, se pudo realizar el análisis de flujo de proceso de Galvanizado y se obtuvo un total de 83 min como actividades de operación, 43 min inspección, 35min combinadas (operación, inspección), 170 min demora y 0 min almacenamiento. Mientras que, para el análisis de Trefilado, se tomó como referencia los tiempos mencionados en los estándares desactualizados (empresa Arcelor Mittal), donde se define un tiempo específico para cada estándar, como resultados en el análisis desarrollado se da un total de 166 min operación, 39min inspección, 18 min actividades combinadas, 24 min transporte, 15 min demora y 10 min almacenamiento.

- La planta BIA Alambres evalúa su desempeño a partir de indicadores, los cuales permiten conocer el estatus y problemática existente.

Para el Departamento de Producción se analizaron:

1. Desperdicios: observando un incumplimiento durante el año 2017 de un 91,67%, siendo el mes de mayo el único que logró la meta.
2. Porcentaje de rechazos: de igual manera que el indicador de desperdicios, se observa un incumplimiento del 91,67 %, siendo el mes de mayo, igualmente, el único que logró la meta.

Para el Departamento de Logística se analizaron:

1. Grado servicio al cliente: se observa un incumplimiento sobre este indicador de un 75 % sobre la meta.
2. Tiempo de entrega: se observa un incumplimiento de la meta en un 58,33 %, siendo los meses de junio a diciembre los afectados.
3. Entregas tardías: para este indicador se obtiene un 41,67 % de cumplimiento sobre meta.

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## **5.1. Desarrollo de las alternativas de implementación propuesta**

Según los datos analizados en el diagnóstico actual, en el capítulo IV de los procesos de Galvanizado y Trefilado, se logran detectar debilidades tanto en el sistema productivo de la empresa como en el sistema de gestión. Por medio del estudio detallado de estas, se logran desarrollar alternativas de solución.

Primeramente, se desarrolla el diagnóstico actual, esto con el fin de brindar un amplio panorama del desarrollo de las diversas actividades dentro de los procesos productivos, logrando así implementar alternativas de mejora, las cuales lleven a la organización a una mayor viabilidad productiva y de gestión, por medio de la estandarización de los procesos de Galvanizado y Trefilado, áreas definidas como principales afectadas.

Se establece una reunión con las partes involucradas para dar a conocer a la gerencia los resultados obtenidos en la presente investigación y, al mismo tiempo, dar a conocer las diferentes alternativas de solución, las cuales serán de gran ayuda para mejorar el sistema productivo y de gestión de la empresa BIA Alambres C.R.

Las diferentes alternativas de solución se presentan en los procesos de Galvanizado y Trefilado. Para ambos procesos, se analizaron los estándares obsoletos y se detectaron los puntos de mejora para el desarrollo de las actividades operarias. Por medio del estudio de tiempos, se detectaron las actividades con pérdida de tiempo



y las causas, también se detectó que los estándares existentes no poseían un flujo de proceso adecuado y el personal no cuenta con capacitación para los mismos.

Se propone una reestructuración de los estándares de proceso con los cuales las actividades puedan conllevar un flujo dinámico para la línea productiva, disminuyendo la cantidad de estándares al igual que migrando a una nueva codificación para el sistema de gestión, requisito para Bekaert a nivel global.

Se implementa un plan de capacitación para la propuesta establecida, en el que se tomarán en cuenta los tres turnos operativos: de 6:00 a.m.-2:00 p.m., 2:00 p.m.-10:00 p.m., 10:00 p.m.-6:00 a.m., con el fin de abarcar a todo el personal con el nuevo flujo de proceso. El proceso de capacitación consiste en primero capacitar al personal en los SOP (estándares de proceso) y después se realizan las actividades descritas con supervisión de los supervisores de producción y facilitadores.

Se desarrolla un certificado de operaciones a cargo de supervisores, facilitadores e ingeniero de Procesos para aplicarlo a los operarios una vez entrenados, con el fin de evaluar el desempeño de las actividades capacitadas. Se toman en cuenta aspectos de calidad, seguridad y ambiente. A nivel gerencial, se establece un indicador que permite evaluar el desempeño de la capacitación y del sistema de gestión como tal.

Como proceso de mejora, se desarrolla una caminata Gemba, aplicada para supervisores de todos los departamentos, con el fin de encontrar puntos débiles y errores para mantenerse en mejora continua.

Se define un Plan de Control y Cartas de Control tanto para Galvanizado como Trefilado, con el fin de estructurar en un solo documento todo lo descrito en el proceso, donde se plasmarán las variables del proceso, el encargado, la especificación para el desarrollo, la frecuencia de medición de la variable, el instrumento por emplear, la frecuencia de verificación del instrumento y la acción por realizar en caso de una no conformidad. Esto con el fin de que el operario pueda, a partir de un solo documento, entender el proceso productivo y su importancia, además, que pueda migrar a otros documentos a partir de enlaces y anexos como estándares técnicos y cartas de control.

Las cartas de control se proponen con el fin de verificar el cumplimiento, una vez por turno, de la actividad afín, estructuradas con la especificación exacta para desempeñar la labor a criterio del ingeniero de Procesos.

## **5.2 Implementación de la propuesta en los procesos de Galvanizado y Trefilado**

### **5.2.1 Descripción de la propuesta de implementación**

El diseño planteado para los procesos de Galvanizado y Trefilado es una alternativa de solución de mejora propuesto para desarrollarse durante el año 2018. Este es planteado bajo la tutela de la gerencia de la organización, con el aporte del estudiante, basados en trabajar en una necesidad por parte de la empresa.

Con el estudio realizado anteriormente del diagnóstico actual de los procesos, se logran identificar, mediante la observación y diversas herramientas aplicadas, las principales carencias que se dan con el método actual.

### **5.2.2 Implementación de la propuesta**

Una vez que se analizan los estándares obsoletos y se observa la necesidad, se llevó a cabo la reestructuración y codificación de los mismos, con el fin de beneficiar el sistema productivo y de gestión.

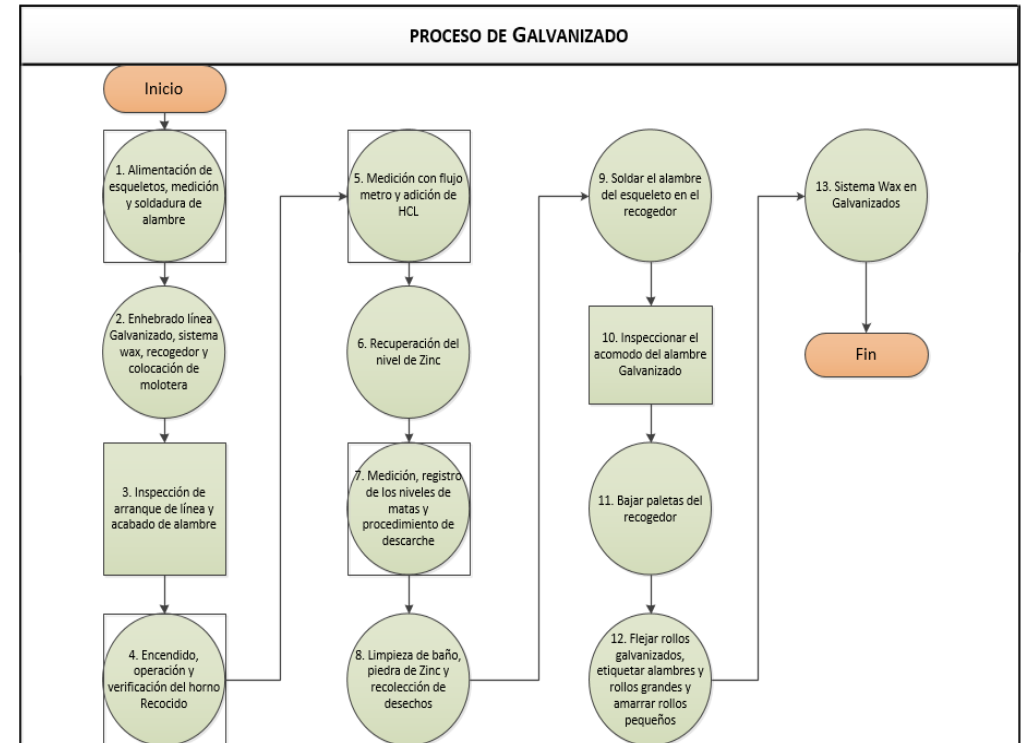
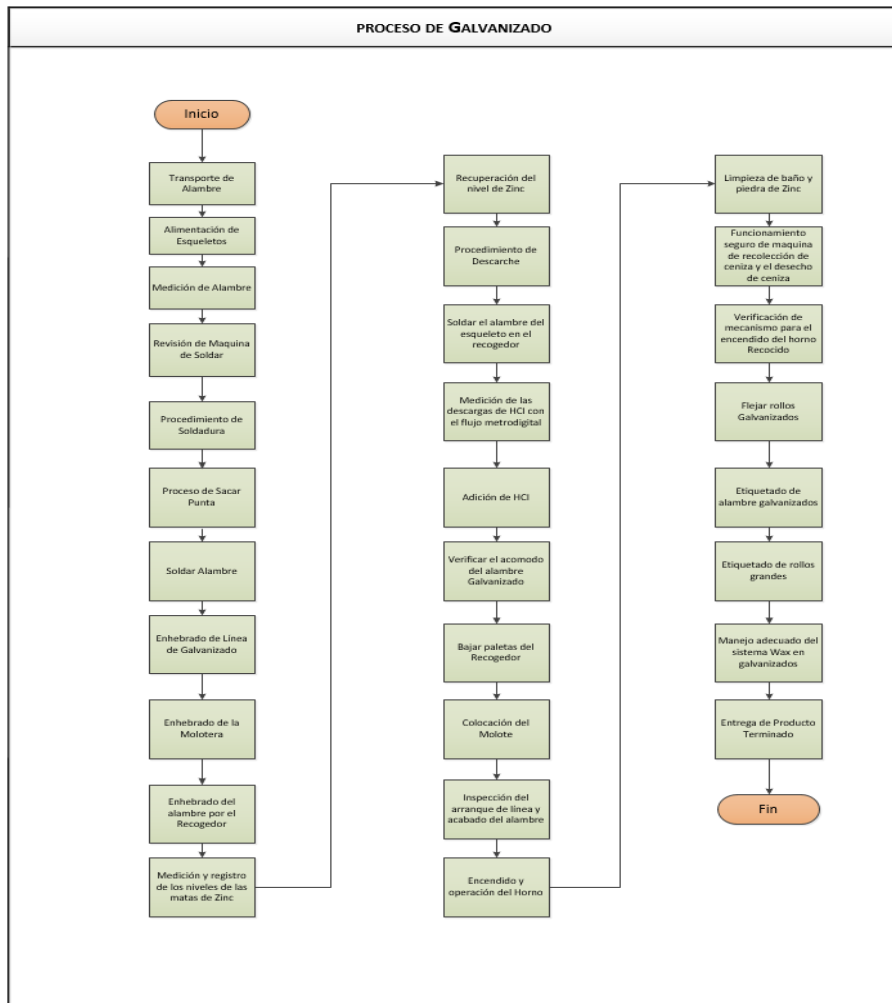


Figura 18

Diagrama de flujo Galvanizado versus Diagrama de flujo propuesto para Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

Los códigos obsoletos de Galvanizado tenían como referencia una codificación

SI-O-42201-BIA donde:

SI: Sistema de Gestión

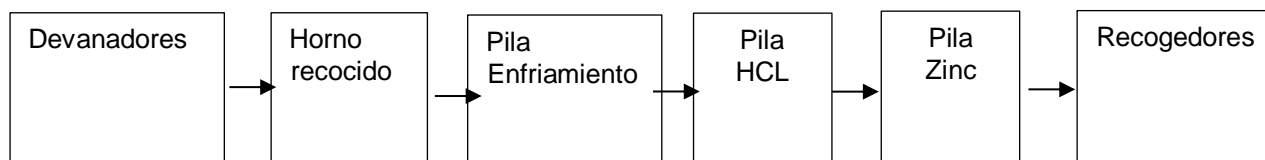
O: Operativos

42200: Código correspondiente para el área de Galvanizado

BIA: Planta

Estos códigos serán migrados a la codificación SI-O-42500-BIA, donde el último número es el que cambia en consecutivo.

En la primera imagen de la figura anterior, se observan los estándares obsoletos con un total de 29 y en la imagen del lado, la propuesta implementada en un total de 13 estándares; a continuación, se explica más detalladamente:



- El flujo de proceso da inicio en el devanador, donde se establece como estándar la alimentación de esqueletos, medición y soldadura de alambre como uno solo.
- Para el segundo estándar, se define el enhebrado de la línea de galvanizado, recogedores, sistema wax y colocación de la molotera; esta actividad se desarrolla durante toda la línea productiva.

- El número 3 consiste en la inspección del arranque de línea y acabado de alambre, de igual modo que el anterior, consiste en realizar una inspección de inicio a fin del proceso.
- El encendido, operación y verificación del horno de recocido se coloca de número 4, ya que, una vez enhebrada e inspeccionada la línea, se procede a encender para dar inicio al proceso de transformación del metal en el proceso de Galvanizado.
- Se realiza la medición y adición del HCl.
- Se procede a recuperar los niveles de zinc.
- Medición y registro de los niveles de las matas y el procedimiento de descarche.
- Limpieza de baño y piedra de zinc, recolección de desechos.
- Y una vez que el proceso llega a los recogedores, se establece el estándar de soldado de alambre.
- Se verifica el acomodo del alambre galvanizado una vez producido en los recogedores.
- Se bajan las paletas de los recogedores para proceder a realizar el flejado de rollos.
- Y, por último, se establece el estándar de sistema de wax, en caso de que el cliente especifique el requisito.

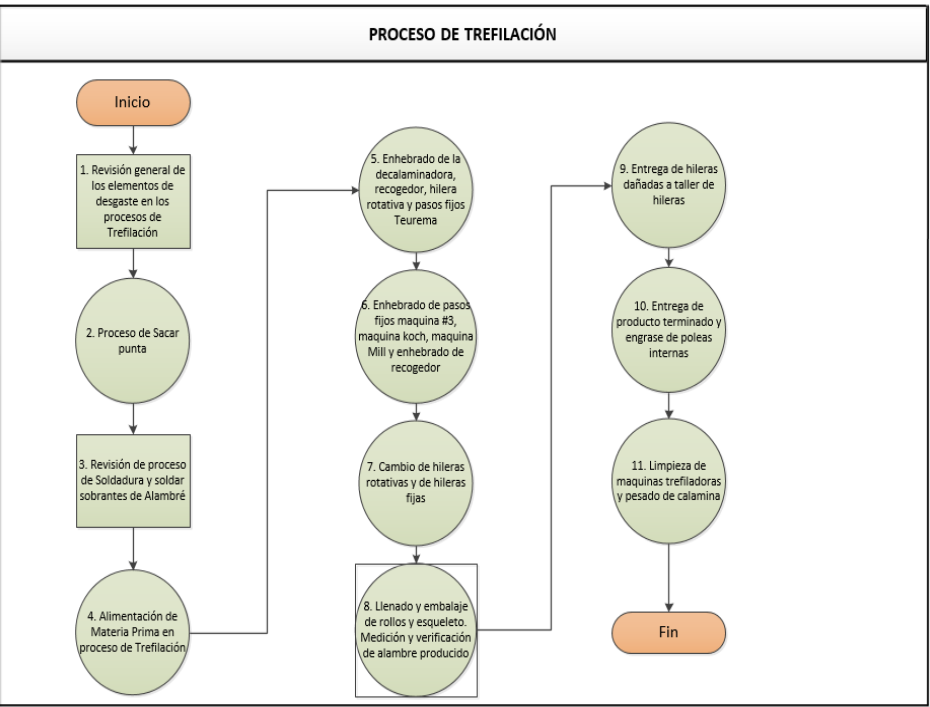
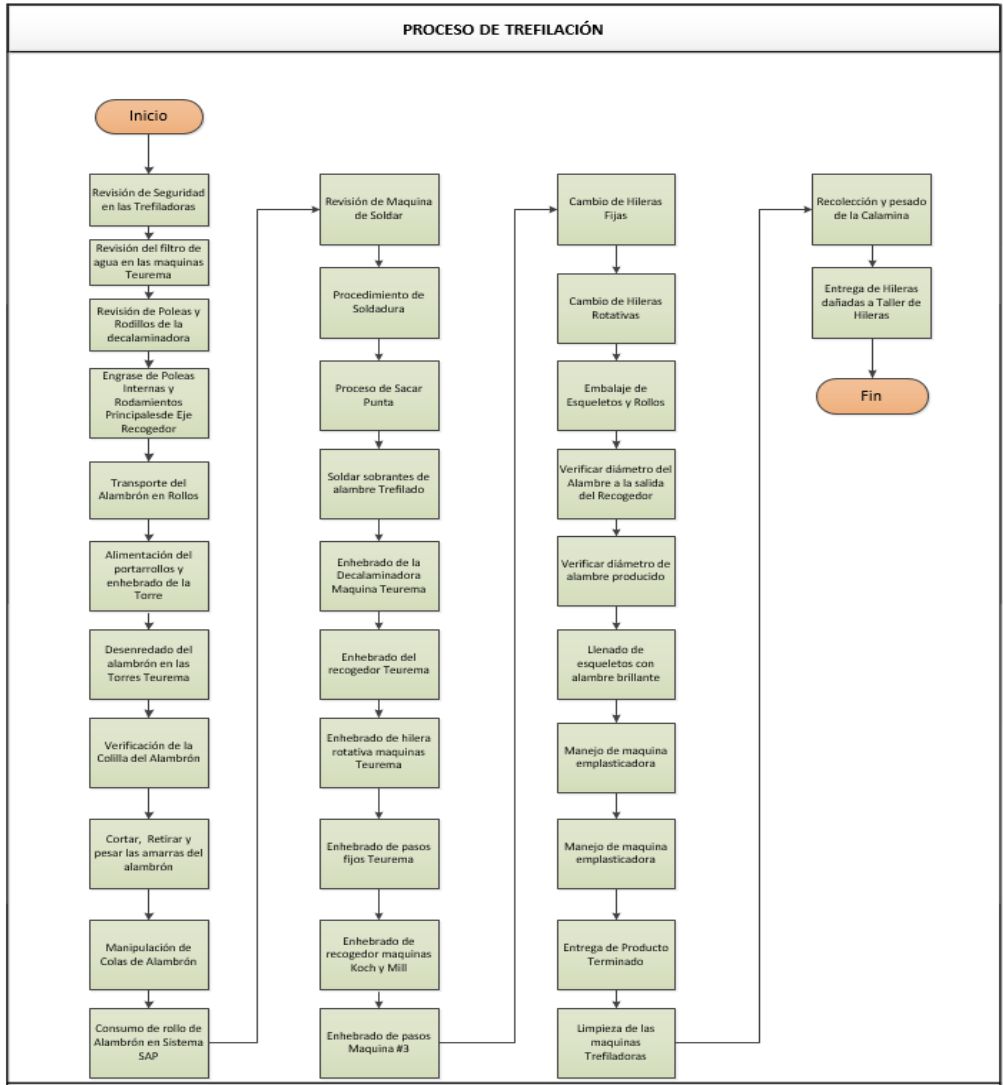


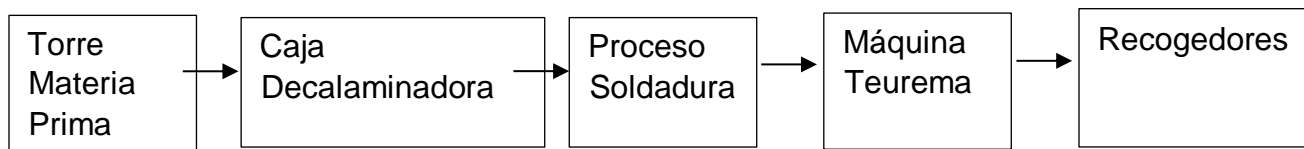
Figura 19

Diagrama de flujo de Trefilado versus Diagrama de flujo propuesto para Trefilado

Fuente: elaboración propia.

En el caso del proceso de Trefilado, en el análisis de la situación actual, se evidencia un total de 33 estándares, para la propuesta de implementación se plantean 11. La codificación para esta área asignada será: SI-O-42100-BIA, con la misma referencia del descrito anteriormente.

El proceso de Trefilación varía un poco en la consecución al flujo de proceso, esto debido a que se lleva a cabo a partir de máquinas Teurema o Koch y Mill encargadas del desgaste del metal para producir diámetros requeridos en otros procesos.



Se detalla:

- Como estándar número uno se define la revisión general de elementos de desgaste en el proceso de Trefilación.
- Seguimiento del Proceso de sacar punta.
- Revisión, procedimiento de soldadura.
- Como número 4 se define la alimentación de la materia prima para el proceso de Trefilación.
- Se procede al enhebrado de la decalaminadora, recogedor, pasos fijos para la máquina Teurema.



- Para la máquina Koch y Mill, se establece otro estándar de enhebrado, ya que es diferente.
- Luego se establece el estándar de cambio de hileras fijas y rotativas.
- Finalizando se define el llenado y embalaje de rollos, esqueletos, la medición y verificación del diámetro.
- Se realiza la entrega de hileras dañadas.
- Entrega de producto terminado.
- Y, por último, se define un estándar para la limpieza de las máquinas trefiladoras y la recolección, pesado de la calamina.

### 5.2.3 Propuesta de capacitación

	Responsable	Inicio (01/01/2018)	Final (23/02/2018)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				01.01	08.01	15.01	22.01	29.01	05.02	12.02	19.02	26.02	05.03	12.03	19.03	26.03
<b>Acciones</b>																
Alimentación de esqueletos, medición y soldadura del alambre.	Ana Karen, Ing. Proceso	15/01/18	19/01/18													
Enhebrado de la línea de galvanizado, colocación y enhebrado de la molotera, enhebrado del sistema wax y del recogedor.	Ana Karen, Ing. Proceso	15/01/18	19/01/18													
Inspección del arranque de línea y acabado del alambre.	Ana Karen, Ing. Proceso	15/01/18	19/01/18													
Encendido, operación y verificación del horno.	Ana Karen, Ing. Proceso	22/01/18	26/01/18													
Medición HCL y Adición.	Ana Karen, Ing. Proceso	22/01/18	26/01/18													
Medición y registro de los niveles de matas y procedimiento de descarche.	Ana Karen, Ing. Proceso	22/01/18	26/01/18													
Recuperación del nivel de zinc.	Ana Karen, Ing. Proceso	29/01/18	02/02/18													
Limpieza de baño y piedra de zinc, recolección de desechos.	Ana Karen, Ing. Proceso	29/01/18	02/02/18													
Soldar el alambre del esqueleto en el recogedor.	Ana Karen, Ing. Proceso	05/02/18	09/02/18													
Verificar el acomodo del alambre galvanizado.	Ana Karen, Ing. Proceso	05/02/18	09/02/18													
Bajar paletas del recogedor.	Ana Karen, Ing. Proceso	12/02/18	16/02/18													
Flejar rollos galvanizados.	Ana Karen, Ing. Proceso	12/02/18	16/02/18													
Sistema Wax Galvanizado.	Ana Karen, Ing. Proceso	19/02/18	23/02/18													

Tabla 15

Cronograma de capacitación de Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

	Responsable	Inicio (01/01/2018)	Final (23/02/2018)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				01.01	08.01	15.01	22.01	29.01	05.02	12.02	19.02	26.02	05.03	12.03	19.03	26.03
<b>Acciones</b>																
Alimentación de esqueletos, medición y soldadura del alambre.	Ana Karen, Ing. Proceso	15/01/18	19/01/18													
Revisión general de proceso de desgaste en proceso de trefilación.	Ana Karen, Ing. Proceso	15/01/18	19/01/18													
Proceso de sacar punta.	Ana Karen, Ing. Proceso	15/01/18	19/01/18													
Revisión, procedimiento de soldadura.	Ana Karen, Ing. Proceso	22/01/18	26/01/18													
Alimentación de materia prima.	Ana Karen, Ing. Proceso	22/01/18	26/01/18													
Enhebrado de la decalaminadora, pasos fijos, hilera rotativa, recogedor.	Ana Karen, Ing. Proceso	22/01/18	26/01/18													
Enhebrado para máquina KOCH y Mill.	Ana Karen, Ing. Proceso	29/01/18	02/02/18													
Cambio de hileras fijas y rotativas.	Ana Karen, Ing. Proceso	29/01/18	02/02/18													
Llenado, embalaje, medición, verificación del diámetro.	Ana Karen, Ing. Proceso	05/02/18	09/02/18													
Entrega de hileras dañadas al taller de hileras.	Ana Karen, Ing. Proceso	05/02/18	09/02/18													
Limpieza de máquinas trefiladoras, recolección y pesado de la calamina	Ana Karen, Ing. Proceso	12/02/18	16/02/18													
Ajuste de Casting y Helix.	Ana Karen, Ing. Proceso	12/02/18	16/02/18													
Preparación de las máquinas para pedidos especiales.	Ana Karen Ing. Proceso	19/02/18	23/02/18													

Tabla 16

Cronograma de entrenamiento de Trefilado

Fuente: elaboración propia.

Se propone un plan de capacitación para los operarios de las áreas de Galvanizado y Trefilado abarcando los tres turnos operativos, como responsables se definen los supervisores de cada turno, ingeniero de Procesos, superintendente y la investigadora de este estudio.

Supervisores: Adrián Bonilla, Cristian Muñoz, Donald Ortiz

Ingeniero de Procesos; Gerardo Torres.

Superintendente: Rusbell Ulloa

Investigadora: Ana Karen Arroyo

Esto con el fin de migrar a la propuesta implementada, al igual que crear el plan y cultura de capacitación para las demás áreas de la planta, mínimo una vez al año. Con esta capacitación se garantiza atacar las causas analizadas en el capítulo IV y aumentar el desempeño de las actividades de los procesos.

El plan de capacitación de estándares consta de dos pasos:

1. Capacitación de los estándares en físico.
2. El desarrollo de las actividades descritas en piso.

El desarrollo de las actividades en piso se realiza de igual manera, como diferencia se propone aplicar una evaluación con el nombre de certificación de las operaciones, la cual consta de evaluar al operario en aspectos de SOP, seguridad, calidad y ambiente.

Al ser evaluado se evidencian los puntos débiles de cada operador para así determinar cuáles necesitan apoyo, al igual que el personal apto para las actividades. Se plantea que estas evaluaciones se gestionen a nivel de recursos humanos para llevar un control de capacitación del personal.

A continuación, se presenta el formato para la misma con su respectiva codificación.

<b>CERTIFICACIÓN DE OPERACIONES GALVANIZADO</b>	<b>SI-O-42002-F01-BIA</b>
---	---------------------------

Nombre y apellido del trabajador:			Firma:	
Nombre y apellido del facilitador:			Firma:	
Máquina/Proceso: Galvanizado				
Fecha Inicio:		Fecha Finalización:		Total de Horas:
<b>Evaluación</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Alimentación, Medición y Soldadura del alambre SI-O-42501-BIA				
Enhebrado de la línea de galvanizado, molotera y del alambre por el recogedor SI-O-42502-BIA				
Inspección del arranque de línea y acabado del alambre SI-O-42503-BIA				
Verificación, encendido y operación de horno de recocido SI-O-42504-BIA				
Medición de las descargas de HCl con el flujómetro y adición HCl SI-O-42505-BIA				
Recuperación del nivel de zinc SI-O-42506-BIA				
Medición y registro de los niveles de las matas y procedimiento de descarche SI-O-42507-BIA				
Limpieza del baño y piedra de zinc SI-O-42508-BIA				
Soldar el alambre del esqueleto en el recogedor SI-O-42509-BIA				
Verificar el acomodo del alambre galvanizado SI-O-42510-BIA				
Bajar paletas del recogedor SI-O-42511-BIA				
Flejar rollos galvanizados, etiquetado de alambres galvanizados y rollos grandes SI-O-42512-BIA				
<b>Seguridad</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Cumple los lineamientos del sistema de gestión				
Conoce los aspectos del Plan de Emergencia				
Usa los equipos de protección personal				
Reporta sobre cualquier situación de riesgo				
<b>Calidad</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Cumple los lineamientos del sistema de gestión				
Control estadístico de Proceso				
Gráfico de Control				
<b>Ambiente</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Cumple los lineamientos del sistema de gestión				
Mantiene el área de trabajo limpio y ordenado				
Clasifica los desechos				

Tabla 17

Certificación de operaciones Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

CERTIFICACIÓN DE OPERACIONES TREFILADO				SI-O-42002-F02-BIA
Nombre y apellido del trabajador:			Firma:	
Nombre y apellido del facilitador:			Firma:	
Máquina/Proceso: Línea de Trefilado				
Fecha Inicio:		Fecha Finalización:		Total de Horas:
<b>Evaluación</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Revisión general de elementos de desgaste y filtro de agua en proceso de trefilación SI-O-42101-BIA				
Proceso de sacar punta SI-O-42102-BIA				
Revisión, procedimiento de soldadura y soldadura de sobrantes de alambres SI-O-42103-BIA				
Enhebrado de la decalaminadora, pasos fijos, hilera rotativa y del recogedor de máquina teurema SI-O-42104-BIA				
Alimentación de materia prima SI-O-42105-BIA				
Enhebrado de pasos y enhebrado del recogedor máquinas koch y mil SI-O-42106-BIA				
Cambio de hilera rotativa e hilera fija SI-O-42107-BIA				
Llenado y embalaje de rollos y esqueletos, medición, verificación del alambre SI-O-42108-BIA				
Entrega de hileras dañadas al taller de hileras SI-O-42109-BIA				
Limpieza de las máquinas trefiladoras y recolección de la calamina SI-O-42110-BIA				
Preparación de las máquinas #11 y #12 para pedidos especiales SI-Q-42100-BIA				
Ajuste de casting y hélix SI-Q-42101-BIA				
<b>Seguridad</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Cumple los lineamientos del sistema de gestión				
Conoce los aspectos del Plan de Emergencia				
Usa los equipos de protección personal				
Reporta sobre cualquier situación de riesgo				
<b>Calidad</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Cumple los lineamientos del sistema de gestión				
Control estadístico de Proceso				
Gráfico de Control				
<b>Ambiente</b>				
Tareas	Muy bueno	Bueno	Regular	Comentario
Cumple los lineamientos del sistema de gestión				
Mantiene el área de trabajo limpio y ordenado				
Clasifica los desechos				

Tabla 18. Certificación operaciones Trefilado

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.4 Indicador capacitación

La empresa Bekaert evalúa el desempeño de sus labores a partir de indicadores, por lo cual se propone llevar un indicador para garantizar el desempeño de la estandarización de los procesos.

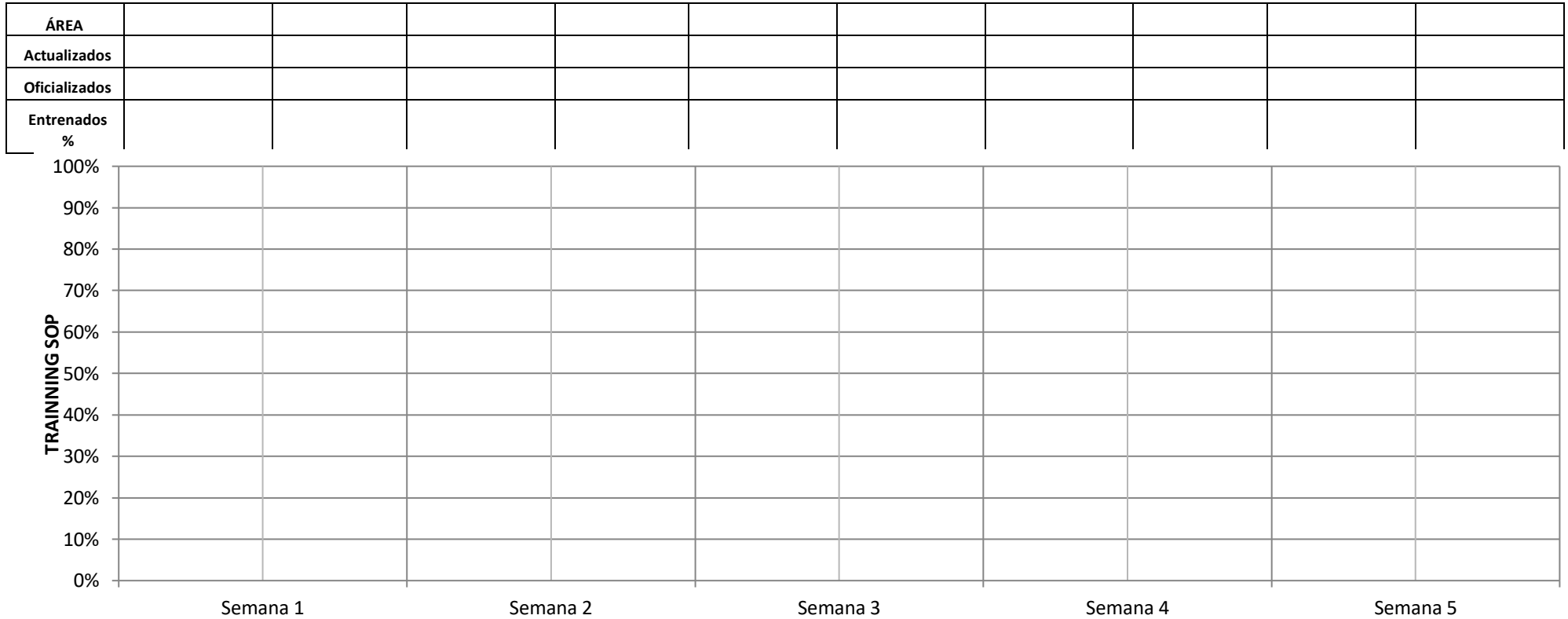


Gráfico 9

Indicador de Estandarización/Capacitación  
 Fuente: elaboración propia.



El gráfico Indicador de Estandarización/Capacitación permite a nivel de gerencia llevar un estatus del desempeño de la propuesta por implementar, en el cual se evaluará de la siguiente manera:

Total de estándares del área\* total de personas (3 turnos) = #total equivalente al 100 %.

El desempeño se reflejará semanalmente en la reunión de operaciones y se evaluarán tres aspectos:

- Actualizados
- Oficializados en el sistema de gestión
- Entrenados

A nivel empresarial, existe la necesidad de la estandarización y capacitación en todas las áreas, por lo que se propone tomar como base la estrategia implementada para lograr llevarla a cabo.

### **5.2.5 Gemba estandarización**

El Proyecto BMS (Bekaert Manufacturing System) tiene un elemento de estudio, el cual se conoce como Caminata Gemba; esta consiste en realizar una caminata a nivel de planta seleccionando un área específica para desarrollar un estudio a nivel de aspectos de seguridad. Se evalúa tanto el personal del área como los requerimientos del área de trabajo, esto con el fin de realizar mediante la observación un análisis detallado de las acciones inseguras y poder atender las necesidades a tiempo, evitando accidentes u acciones inseguras.

Con el fin de aprovechar la cultura del personal administrativo de realizar la caminata Gemba de seguridad, se propone realizar una caminata Gemba de Estandarización, en la cual se verifican la capacitación del personal, el acceso a los estándares de trabajo, la revisión del procedimiento y aprendizaje, así como garantizar la mejora continua del proyecto.

Esta caminata se aplicará para un personal seleccionado con conocimiento en el proyecto: supervisores de área, superintendente, ingeniero de Procesos.

A continuación, se muestra el formato propuesto:


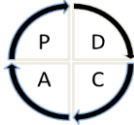
Evaluación SDCA SOP		Evaluación SDCA SOP		
				
<b>Preparación</b>		<b>Observaciones</b>	<b>Resultados:</b>	
Nombre: ..... Fecha: ..... SOP: .....		<ul style="list-style-type: none"> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> </ul>		
<b>Ítems de evaluación</b>				
	<b>OK</b>			<b>NOK</b>
1 Operario tiene acceso al SOP?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
2 Procedimiento (SOP) fue revisado al menos 1 vez en el último año?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
3 Procedimiento (SOP) tiene un buen nivel de visulización y es fácil de entender?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
4 Procedimiento (SOP) claramente indica puntos de Seguridad para asegurar que el trabajo se realiza de manera segura?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
5 Procedimiento (SOP) claramente indica puntos de Calidad para asegurar que el trabajo es realizado de manera correcta asegurando la calidad del producto?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
6 Procedimiento (SOP) claramente indica puntos de Productividad para asegurar que el trabajo se realice de manera eficiente (meta por turno)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
7 Tarea crítica 1 es realizada de acuerdo al estándar? (anexos de control operacional en seguridad)	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
8 Tarea crítica 2 es realizada de acuerdo al estándar? (autocontrol de calidad)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9 Tarea crítica 3 es realizada de acuerdo al estándar? (equipos de medición y seguimiento)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10 Tarea crítica 4 es realizada de acuerdo al estándar? (controles operacionales de medio ambiente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<b>Acción correctiva inmediata / Ideas de mejora / Acciones propuestas</b>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> </ul>		

Figura 20

Gemba Estandarización  
 Fuente: elaboración propia.

### 5.2.6 Planes de Control

Durante el desarrollo de la implementación de la propuesta, surge la necesidad de crear un plan de control tanto para Galvanizado como para Trefilado. El objetivo de este es llevar al operario de una forma más resumida las necesidades y requerimientos del proceso como tal.

Un documento donde se encuentren:

- Variables o atributos del proceso
- Variable por medir
- Responsable de medición especificación: donde se encontrará si existe un

estándar técnico

- Frecuencia de medición
- Instrumento de medición
- Frecuencia de verificación del instrumento
- Acción en caso de no conformidad

Llegar al operario de una manera más visible y entendible, donde pueda encontrar en un solo documento toda la información, permite garantizar un proceso más eficiente y eficaz. Este documento tendrá de igual forma validez en el sistema de gestión y se codificará de la misma manera que los estándares de área.

Los planes de control estarán incluidos en el programa de capacitación, una vez que sean ingresados al sistema de gestión; para ello se envían a consenso donde son revisados por el ingeniero de Procesos, superintendente, supervisores y gerente de Operaciones.

Se detalla para Galvanizado:

Variables / Atributos del producto	Variables de proceso	Responsable de medición	Especificación	Frecuencia de medición	Equipo de Medición		Acción en caso de No Conformidad
					Instrumento	Frecuencia de verificación	
Identificación	N/A	Operador	DS-42100-BIA	Cada vez que ingresa esqueleto a devanado	Visual	N/A	En caso de que no traiga la información correspondiente comunicarle, al facilitador o al supervisor y no montar el rollo.
Medición	Diámetro	Operador	DS-42100-BIA	Realizar medición al alambre sobre su circunferencia en 5 partes diferentes del esqueleto	Micrómetro	Anual	Reportar en el sistema SAP el PNC y comunicar al Supervisor de Calidad
<b>Horno de Recocido</b>							
Verificación	Temperatura Horno Recocido	Hornero	Ver Anexo#1	Llenar Carta Cada arranque de la línea	Visual	N/A	Regular quemadores
<b>Pila HCL</b>							
Temperatura	Temperatura HCL	Operario	Temperatura (°C) 40°±5°	Llenar carta control una vez por turno	Termómetro	N/A	Cambiar el agua(descarga PTA)
Manchas	Concentración de ácido clorhídrico	Operador	Concentración Min=55°C Max=120°C	Llenar carta de Control una vez por turno	Test de Titulación	N/A	Realizar las recargas de ácido clorhídrico o agua necesarias

Pila de Lavado							
Temperatura	Temperatura Pila Lavado	Operario	Temperatura(°C)35°±10°	Llenar carta de Control una vez por turno	Termómetro	N/A	Cambiar el agua(descarga PTA)
Adherencia de la capa de zinc y manchas en el alambre	Ph de agua Pila Lavado	Operador	Acidez(PH) >3<8	Llenar carta de Control una vez por turno	Papel PH	N/A	Regular caudal de agua, si no hay entrada de agua, comunicar al jefe de Producción para realizar notificación de avería
Pila de Zaclón							
Adherencia de la capa de zinc y manchas en el alambre	Temperatura del Zaclón	Operador	Temperatura(°C)35°±5°	Llenar Carta de Control una vez por turno	Termómetro	N/A	N/A
	PH Zaclon	Operador	Acidez(PH) >6<8	Llenar Carta de Control una vez por turno	Papel PH	N/A	Si esta menor a 6, agregar una pastilla de zinc (una pastilla de zinc aumenta el PH aprox. en 2ptos) y si esta mayor a 8, agregar agua
	Densidad del flux	Operador	Densidad (°Bé): 6±0,5	Llenar Carta de Control una vez por turno	Hidrómetro	N/A	Si esta menor a 5.5, agregar 12 kg sal (12 kg equivale aprox. 1°Be) y si esta mayor a 6.5, agregar agua

Pila de zinc							
Adherencia de Zn	Temperatura del zinc	Operador	Temperatura(°C)455°±5°	Una vez por turno	Display digital en tableros de control	N/A	Verificar que los quemadores estén encendidos, caso contrario, comunicar al supervisor de Producción para realizar la notificación de avería.
Grupos <b>VER ANEXO #2</b> "GRUMOS"	Frecuencia para ajustar el molote (Galvanizado Comercial Recocido y Galvanizado Alta Resistencia Comercial)	Operador	SI-O-42503-F01-BIA	Llenar Carta Control cada 2 horas	Tacto y visual	N/A	Se aprieta según frecuencia de revisión
	Frecuencia de reposición del molote (Galvanizado Comercial Recocido y Galvanizado Alta Resistencia Comercial)		SI-O-42503-F02-BIA	Llenar Carta Control cuando sus 2 caras estén desgastadas			Informar al supervisor de producción
	Frecuencia para mover el carbón (Galvanizado III Capa Alta Resistencia y Galvanizado II Capa Recocido)		SI-O-42503-F03-BIA	Llenar Carta Control cada 15 min			Se deberá mover cada 15 minutos
Grupos <b>VER ANEXO #2</b> "GRUMOS"	Frecuencia de reposición del carbón (Galvanizado III Capa Alta Resistencia y Galvanizado III Capa Recocido)	Operador	SI-O-42504-F04-BIA	Llenar Carta Control Cada 30 min	Tacto y visual	N/A	Hacer reposiciones para recuperar ni
	Frecuencia del cambio total del carbón (Galvanizado III Capa Alta)			Llenar Carta Control cada 30 min			Cambio total del carbón



	Resistencia y Galvanizado II Capa Recocido)						
Brillo	Caudal de agua	Operador	Alambre debe tocar el agua de enfriamiento	Inicio de cada turno, cuando la hebra presente apariencia opaca, después de rotura de hebra	Visual	N/A	Regular caudal de agua, si no hay entrada de agua, comunicar al supervisor de Producción para realizar notificación de avería
<b>Pila de Wax</b>							
Recubrimiento de Wax	Temperatura	Operador	Temperatura(°C)65°±5°	Llenar Carta Control una vez por turno	Termómetro	N/A	Regular en Panel de Control la temperatura de operación en caso necesario
	Concentración	Operador	Concentración(°BR1X)2°±1°	Llenar Carta Control una vez por turno	Refractómetro	N/A	Adicionar WAX en caso necesario
<b>Recogedores</b>							
Recubrimiento de Zn	Velocidad de operación	Operador	SI-F-12001-BIA	Cada vez que Control de Calidad realiza reporte galvanizado	Panel de Control	N/A	Ajustar a velocidad requerida (Las velocidades del SI-F-12001-BIA son aproximadas pueden variar según control de temperatura del horno, o estado de la materia prima.
	*Capa de zinc (a implementar)	Operador	AS-42500-BIA	Cada vez que Control de Calidad realiza reporte galvanizado	Bureta Keller	N/A	Ajustar a velocidad requerida
			DS-42500-BIA	Cada vez que Control de Calidad realiza reporte galvanizado	Bureta Keller	N/A	Ajustar a velocidad requerida
Diámetro Alambre Galvanizado	N/A	Operador	AS-42500-BIA	Cada descarga de esqueleto	Micrómetro	Anual	Reportar en el sistema SAP el PNC y comunicar al supervisor de Calidad
			DS-42500-BIA	Cada descarga de esqueleto	Micrómetro	Anual	Reportar en el sistema SAP el PNC y comunicar al supervisor de Calidad

Tabla 19

Plan Control Galvanizado

Fuente: elaboración propia.

## Trefilado:

Variables / Atributos del producto	Variables de proceso	Responsable de medición	Especificación	Frecuencia de medición	Equipo de Medición		Acción en caso de No Conformidad
					Instrumento	Frecuencia de verificación	
Etiqueta de identificación materia prima	N/A	Operador	Materia Prima Requerida en OP	Cada unidad de materia prima por procesar	Visual	N/A	Cambiar a MP correcta
Diámetro y ovalidad de la materia prima	N/A	Operador	Ver anexo Ø MP tref	Cada unidad de materia prima por procesar	Micrómetro	Anual	Reportar al sistema SAP el PNC y comunicar al supervisor de Calidad
Acabado superficial de la materia prima	N/A	Operador	Ver anexo Tipos de materia prima	Cada unidad de materia prima por procesar	Visual	N/A	Reportar al sistema SAP el PNC y comunicar al supervisor de Calidad
*SAE del acero (a implementar)	N/A	Operador	Ver anexo SAE del acero	Cada unidad de materia prima por procesar	Esmeril	N/A	Reportar al sistema SAP el PNC y comunicar al supervisor de Calidad
Diámetro y ovalidad del alambre	Hileras (dados)	Operador	ESCALADOS MÁQUINAS #9 Y #10SI-F-11002-BIA -	Tres veces por turno	Micrómetro	Anual	Cambiar por hilera correcta
			ESCALADOS MÁQUINAS #11 Y #12PPS-TR-002-BIA				
			ESCALADOS MÁQUINA #3PPS-TR-003-BIA				

			<p>ESCALADOS TERRAMIXPPS-TR-004-BIA</p>				
			<p>ESCALADOS PARA ALAMBRES III CAPAPPS-TR-005-BIA</p>				
<p>Acabado superficial del alambre: Lubricante residual</p>	<p>Lubricante</p>	<p>Operador</p>	<p>Ver estándar lubricantes de trefilado HS-42100-BIA</p>	<p>Al inicio de cada orden de proceso y al inicio de cada turno</p>	<p>Visual</p>	<p>N/A</p>	<p>Realizar corrección, separar producción con sospecha de inconformidad comunicar al supervisor de Producción</p>
<p>Acabado superficial del alambre: Rayaduras</p>	<p>Hileras (dados)</p>	<p>Operador</p>	<p>ESCALADOS MÁQUINAS #9 Y #10SI-F-11002-BIA</p>	<p>Tres veces por turno</p>	<p>Micrómetro</p>	<p>Anual</p>	<p>Cambiar por hilera correcta</p>
			<p>ESCALADOS MÁQUINAS #11 Y #12PPS-TR-002-BIA</p>				
			<p>ESCALADOS MÁQUINA #3 PPS-TR-003-BIA</p>				
			<p>ESCALADOS TERRAMIXPPS-TR-004-BIA-</p>				
			<p>ESCALADOS PARA ALAMBRES III CAPAPPS-TR-005-BIA</p>				

	Agua de enfriamiento		Verificar que válvulas de paso de agua se encuentren abiertas y Temperatura sea la adecuada				
	Lubricante		Ver estándar lubricantes de trefilado HS-42100-BIA	Quando se detecte la no conformidad	Visual	N/A	Comunicar al supervisor de Producción, para aplicación de Procedimiento de PNC
	Piezas de Desgaste (polea, guía, base, rodillo)		Superficies sin desgastes				
Planitud	Ajuste de rodillos enderezadores, portadados, jaboneras		Ver estándar Técnico SI-F-11000-BIA	Al inicio de cada orden de proceso y al inicio de cada turno	Mesa de Planitud	N/A	Comunicar al supervisor de Producción, para aplicación de Procedimiento de PNC

Tabla 20

## Plan Control Trefilado

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.7 Análisis de flujo de la propuesta implementada













Supervisor: Rusbell Ulloa		Actividad	Tiempo Min	Simbología				
Fecha: 15/01/2018		Operación	109,05min					
Analista: Ana Karen Arroyo		Inspección	4,14min					
Empresa: Bia Alambres Bekaert		Operación- Inspección	13,03					
Proceso: Galvanizado		Transporte	0min					
		Demora	0min					
Operario: Daniel Rojas		Almacenamiento	0min					
No	Actividad	Min						
1	Alimentación de esqueletos, medición y soldadura de alambres	2,58			x			
2	Enhebrado de la línea galvanizado, sistema wax, recogedor y colocación de la molotera	11,18	X					
3	Inspección del arranque de línea y acabado del alambre	1,14		x				
4	Encendido, operación y verificación del horno de recocido	0,45			X			
5	Medición y adición del HCL	30min	X					
6	Recuperación del nivel de zinc	3,68	X					
7	Medición, registro de los niveles de matas y procedimiento de descarche	35min	X					
8	Limpieza del baño de zinc y recolección de desechos	15min	X					
9	Soldar el alambre en el recogedor	1,18min	X					
10	Inspeccionar el acomodo del alambre galvanizado	3min		X				
11	Bajar paletas del recogedor	3min	X					
12	Etiquetado y flejado de rollos (grandes, pequeños)	10min	X					
13	Sistema Wax en Galvanizado	10min			X			

Tabla 21

Análisis de flujo de Galvanizado propuesta implementada

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis realizado anteriormente, se toma como base la muestra de tiempos aplicada en el capítulo IV contemplando las actividades descritas para el nuevo diseño de flujo del proceso.

Se detalla:

Alimentación de esqueletos, medición y soldadura de alambres: se promedia la toma de tiempos en las actividades: transporte de spider vacío, soldar el alambre, realizar cambio de devanado, acomodar brazo y control del correcto devanado para evitar rupturas, se obtuvo un promedio de duración de 2,58 min.

Para enhebrado de la línea galvanizado, sistema wax, recogedor y colocación de la molotera: se promedian los tiempos de la actividad de enhebrado del devanador, horno recocido, pila enfriamiento, pila HCL, pila zablón y horno secado, pila zinc, molotera y recogedor; se obtuvo un tiempo aproximado de 11,18min.

Inspección del arranque de línea y acabado del alambre: se promedian las actividades de temperatura y PH pila enfriamiento; control de cortinas, temperatura y PH pila ácido; PH, altura y temperatura pila enjuague, control de densidad, temperatura y PH de tina de flux; control de temperatura del secador, control de la temperatura pila zinc y se obtiene un promedio de 1,14 min como duración para esta actividad en total.

Encendido, operación y verificación del horno de recocido: en el caso de esta actividad, se utiliza como base la toma de tiempos en la actividad de Control de temperaturas del horno y se obtiene un promedio de las tres muestras de una duración de 0,45 min.

Medición y adición del HCL: esa actividad no se pudo incluir en la toma de tiempos debido a que es una actividad que se realiza en caso de que las mediciones de HCL se encuentren por debajo de lo establecido en la especificación técnica, por lo que se procedió a preguntarle al operador de experiencia de la línea con supervisión del ingeniero de Procesos, los cuales definieron un tiempo para la actividad de 30 min.

Recuperación de nivel de zinc: se toma como base la toma de tiempos en la actividad de agregar zinc y se obtiene un promedio de las tres muestras realizadas de 3,68min.

Medición y registro de los niveles de matas y procedimiento de descarche: esta actividad se realiza los domingos, lo que fue una limitación para incluirla en la toma de tiempos realizada para el proyecto; por lo cual se definió un tiempo por Gerardo Torres y Daniel Rojas de 35 min.

El ingeniero de Procesos Gerardo Torres y el operario Daniel Rojas definieron también el tiempo para la actividad de limpieza de baño de zinc y recolección de desechos de 15 min.



Para la actividad 9 Soldar el alambre en el recogedor, se obtiene un resultado de 1,18 min promedio de la muestra de Soldar en alambre.

Las actividades 10, 11, 12 y 13 se definen a criterio experto con tiempos de:

Actividad 10: 3 min

Actividad 11: 3 min

Actividad 12: 10 min

Actividad 13: 10 min

De los resultados que se detallan, se obtiene un total de 109,05 min en actividades de operación, 4,14 min de inspecciones y 13,03 min de operación/inspección.

En comparación con el análisis detallado en el capítulo IV, se obtiene como resultados:













Supervisor: Rusbell Ulloa	Actividad	Tiempo Min	Simbología	Supervisor: Rusbell Ulloa	Actividad	Tiempo Min	Simbología
Fecha: 29/09/2017	Operación	83min		Fecha: 15/01/2018	Operación	109,05min	
Analista: Ana Karen Arroyo	Inspección	43min		Analista: Ana Karen Arroyo	Inspección	4,14min	
Empresa: Bia Alambres Bekaert	Operación- Inspección	35min		Empresa: Bia Alambres Bekaert	Operación- Inspección	13,03	
Proceso: Galvanizado	Transporte	15		Proceso: Galvanizado	Transporte	0min	
	Demora	170min			Demora	0min	
Operario: Daniel Rojas	Almacenamiento	0min		Operario: Daniel Rojas	Almacenamiento	0min	

Tabla 22

Análisis de Flujo Galvanizado antes de implementar propuesta versus Propuesta implementada

Fuente: elaboración propia.

Supervisor: Rusbell Ulloa		Actividad	Tiempo Min	Simbología					
Fecha: 15/01/2018		Operación	38min						
Analista: Ana Karen Arroyo		Inspección	13min						
Empresa: Bia Alambres Bekaert		Operación Inspección	10min						
Proceso: Trefilado		Transporte	8min						
		Demora	0						
Operario: Juan Rojas		Almacenamiento	0						
No	Actividad	Min							
1	Revisión general de los elementos de desgaste en el proceso de trefilación	10min		x					
2	Proceso de sacar punta	3min	x						
3	Revisión de proceso de soldadura y soldar sobrantes	3min		X					
4	Alimentación de materia prima	5min	X						
5	Enhebrado total	15mn	x						
6	Cambio de hileras rotativas e hileras fijas	5min	x						
7	Llenado, embalaje, medición y verificación alambre producido	10min			x				
8	Entrega de hileras dañadas al taller de hileras	3min				x			
9	Entrega de producto terminado y poleas internas	5min				x			
10	Limpieza de máquinas trefiladoras y pesado de calamina	10min	x						

Tabla 23

## Análisis de Flujo Trefilación propuesta implementada

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis representado anteriormente, se utiliza el criterio experto del ingeniero de Procesos Gerardo Torres y la experiencia del operario Juan Rojas, definiendo así los tiempos aproximados para las actividades descritas.

Se compara en relación con el análisis antes de implementar la propuesta, detallado en el capítulo IV:

Supervisor: Rusbell Ulloa	Actividad	Tiempo Min	Simbología
Fecha: 29/09/2017	Operación	166min	
Analista: Ana Karen Arroyo	Inspección	39	
Empresa: Bia Alambres Bekaert	Operación Inspección	18	
Proceso: Trefilado	Transporte	24	
	Demora	15	
Operario: Juan Rojas	Almacenamiento	10	







Supervisor: Rusbell Ulloa	Actividad	Tiempo Min	Simbología
Fecha: 15/01/2018	Operación	38min	
Analista: Ana Karen Arroyo	Inspección	13min	
Empresa: Bia Alambres Bekaert	Operación Inspección	10min	
Proceso: Trefilado	Transporte	8min	
	Demora	0	
Operario: Juan Rojas	Almacenamiento	0	

Tabla 24

Análisis de Flujo Trefilado antes de implementar propuesta versus Propuesta implementada  
Fuente: elaboración propia.

### 5.2.8 Indicadores 2018

En el capítulo IV se analizaron varios indicadores con el fin de evaluar el desempeño de los departamentos con respecto a las causas definidas por estudiar en el presente proyecto. En este capítulo, se evidenciará el resultado obtenido de los mismos durante el mes de enero y febrero implementando la propuesta de mejora.

El impacto del proyecto necesitará de un tiempo prolongado, debido a la magnitud de la empresa a nivel global y productivo. Por lo que, quizás, durante estos meses de análisis no se verá un cambio relevante a razón de los indicadores. Se detalla cada uno a continuación:

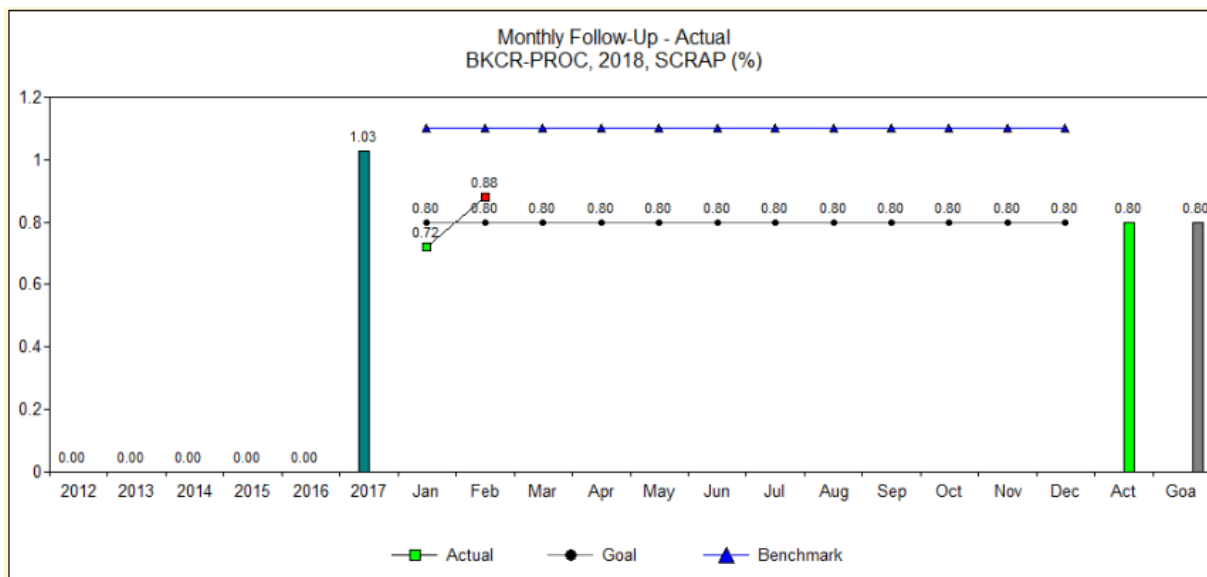


Gráfico 10

SCRAP (Porcentaje de Desperdicios)

Fuente: GPD Global Bekaert.

Para el caso del indicador porcentaje de desperdicios, se define una meta para el 2018 menor o igual a 0.80, se obtuvo en el mes de enero un cumplimiento de la meta

con un resultado de 0.72 y en el mes de febrero un incumplimiento por encima de 0.80 de 0.88.

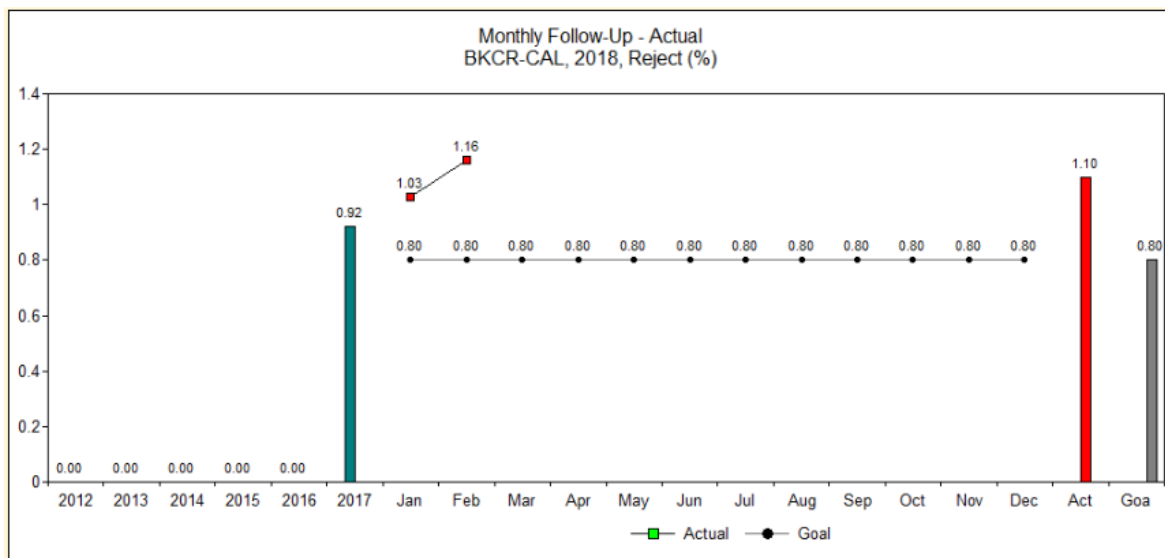


Gráfico 11

Reject (%) (Porcentaje de Rechazos)

Fuente: GPD Global Bekaert.

El gráfico 11 de porcentaje de rechazos demuestra un incumplimiento de la meta (0.80) en ambos meses de implementación de la propuesta.

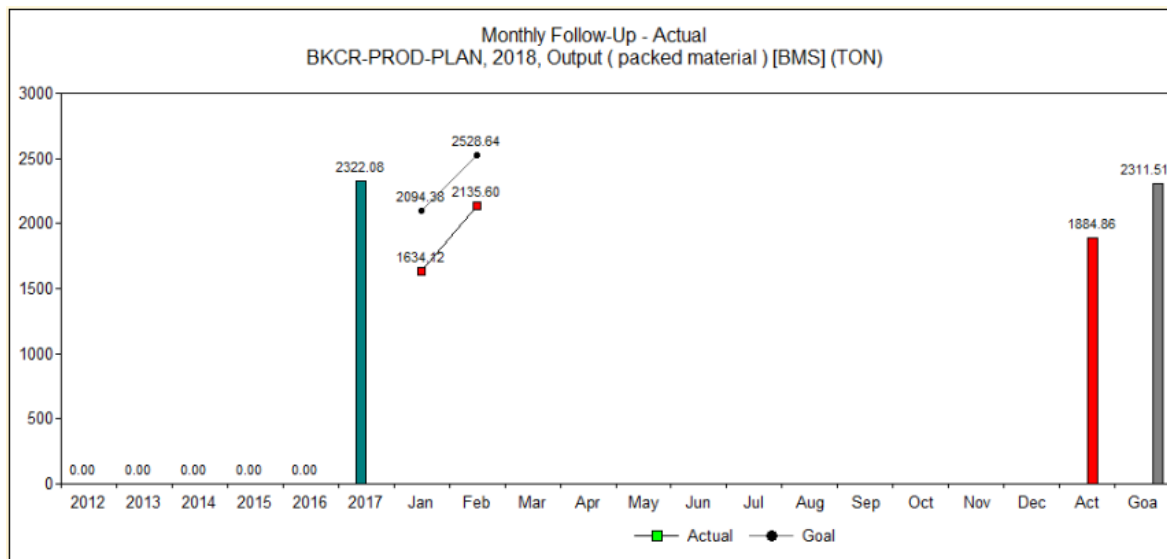


Gráfico 12

Output packed material (Volumen Producido)

Fuente: GPD Global Bekaert.

El gráfico 12 hace referencia al volumen producido, el cual no ha cumplido el objetivo sobre la meta durante enero-febrero; este indicador tiene una razón en particular de no cumplimiento, debido a que la materia prima (alambrón) se compró a otro proveedor y el mismo no cumplía con los requerimientos de producción, lo cual ha afectado las líneas productivas.

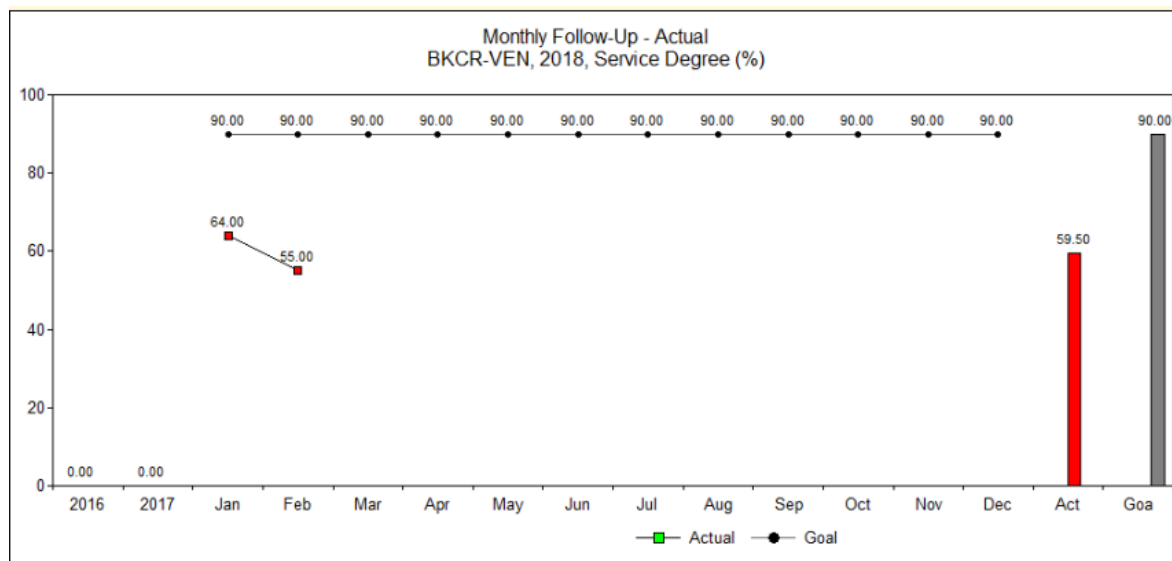


Gráfico 13

Service Degree (Grado Servicio al cliente)

Fuente: GPD Global Bekaert.

El indicador de Grado servicio al cliente se ve afectado por el que se analizó antes, Volumen producido, esto ya que, al no producir lo necesario, no se puede cumplir con el servicio al cliente, lo cual se evidencia en el gráfico 13 por debajo de la meta de 90 % durante los meses de enero-febrero.



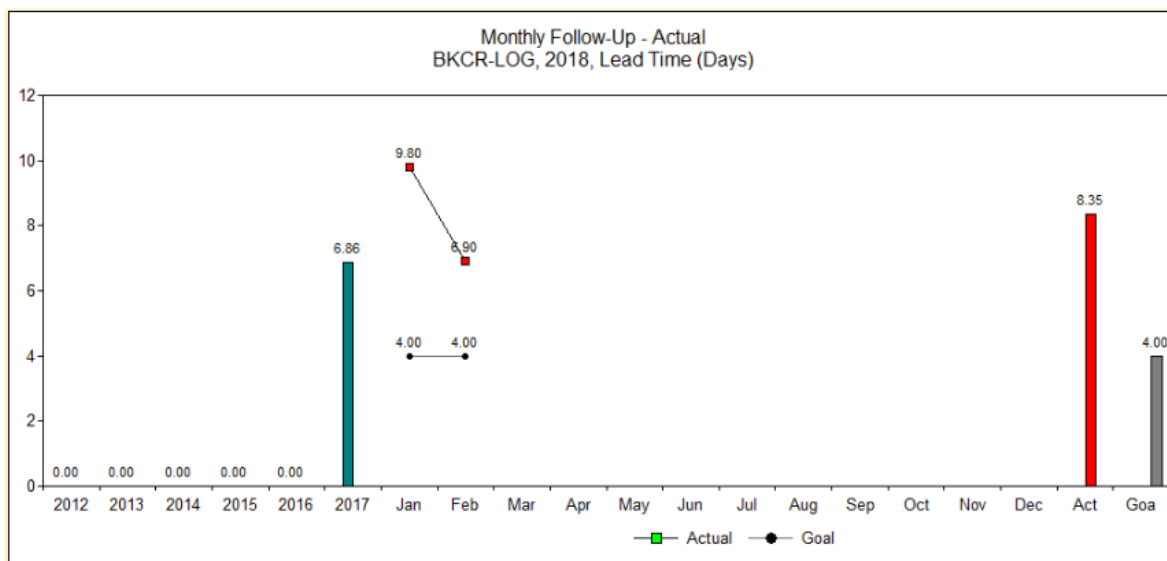


Gráfico 14

Tiempo de Entrega

Fuente: GPD Global Bekaert.

De igual manera, se ve afectado el indicador de Tiempo de Entrega, se evidencia en el gráfico 14 un incumplimiento sobre la meta de cuatro días.

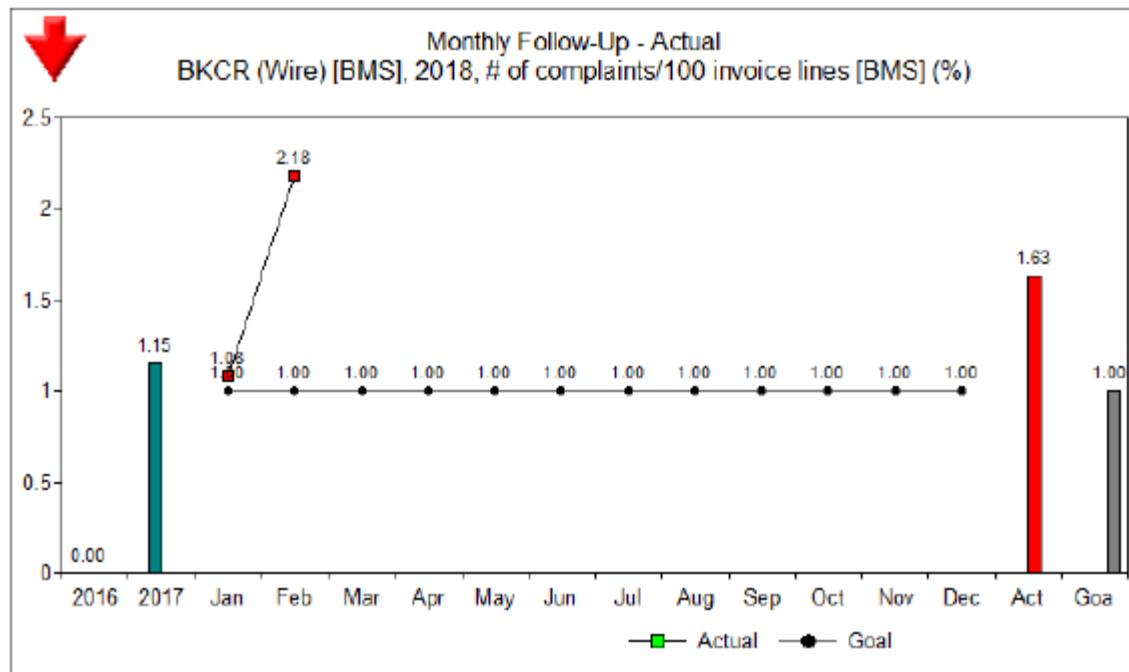


Gráfico 15

Número de rechazos por cada 100 líneas de producción  
Fuente: GPD Global Bekaert.

El gráfico 15 se estudia en este capítulo a diferencia del capítulo IV, ya que, dentro de los objetivos del estudio, está evidenciar, por medio de la calidad del producto, la eficiencia de la implantación del proyecto.

El mismo no cumple con la meta de 1.00(%) durante los meses de enero-febrero, por razones explicadas anteriormente con respecto al problema de la materia prima utilizada, la cual no cumplía con las especificaciones de producción solicitadas.

### 5.2.9 Resumen de resultados

Situación actual versus Propuesta implementada	
1. Total de estándares: Galvanizado 29, Trefilado 33	Total estándares: Galvanizado 13, Trefilado 11
2. Análisis flujo: a) Galvanizado: 83 min operación, 43 min inspección, 35 min operación-inspección, 15 min transporte, 170 min espera, 0 min almacenamiento. b) Trefilado: 166 min operación, 39 min inspección, 18 min operación-inspección, 24 min transporte, 15 min espera, 10 min almacenamiento.	Análisis flujo: a) Galvanizado: 109,05 min operación, 4,14 min inspección, 13,03 min operación-inspección, 0 min de transporte, 0 min espera, 0 min almacenamiento. b) Trefilado: 38 min operación, 13 min inspección, 10min operación-inspección, 8 min transporte, 0 min espera, 0 min almacenamiento.
3. Personal capacitado: 0 personas.	Personal capacitado: 16 personas Galvanizado, 9 personas Trefilado.
4. Herramientas de trabajo: estándares	Herramientas de trabajo: estándares y planes control.
5. Herramientas de verificación: 0	Herramientas de verificación: un Gemba de estandarización
6. Herramienta de evaluación: 0	Herramienta de evaluación: una certificación de operaciones
7. Indicador de evaluación de estandarización: 0	Indicador de evaluación de estandarización: un indicador de estandarización.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

1. La presente investigación permitió conocer el proceso de transformación del metal en las líneas productivas de Galvanizado y Trefilado, este se desarrolló, primeramente, generando un diagnóstico de la situación actual del proceso, con el fin primordial de conocer los focos de mejora del sistema productivo de la planta BIA Alambres Bekaert.
2. El proyecto inicio con la definición de las causas que generan la desactualización de los estándares de la panta BIA Alambres, Bekaert, los cuales estaban afectando la productividad y mano de obra de las líneas de Galvanizado y Trefilado, por medio de un estudio de tiempos y movimientos, análisis SIPOC, análisis Causa-Efecto, análisis multivoto y diagramas de flujo, por lo tanto, se cumple el primer objetivo específico.
3. En lo que respecta a los objetivos dos y tres del presente proyecto, se trabajó con un análisis de métodos para rediseñar los flujos de proceso, con el fin de optimizar el flujo por medio de un método más sencillo y eficiente que permita aumentar la productividad y tener un panorama más claro de los focos de atención, identificando claramente las causas que generan problemas dentro del proceso.
4. En el capítulo IV, quedó plasmada la deficiencia de la capacitación para las áreas, razón por la cual la efectividad del proceso se ve afectada.
5. El propósito primordial de toda organización es lograr un beneficio económico, el cual no sería posible con un sistema productivo deficiente, por ello, se plasma una propuesta en la que el flujo de proceso se ve beneficiado de manera detallada y simple para el operario.

6. En el presente proyecto, se desarrollaron propuestas de mejora, con el fin de lograr una solución al problema del estudio: desactualización de estándares, que a su vez atacaran las causas analizadas durante el capítulo IV, beneficiando la productividad y mano de obra.

7. Dentro de la propuesta de implementación, se reduce el flujo de proceso de galvanizado de 29 estándares a 13 estándares oficializados y entrenados; para el proceso de trefilado de 33 estándares a 11 estándares. Todos migrados al sistema de gestión de Bekaert, requisito a nivel global.

8. El rediseño de los estándares permitió, por medio de un análisis de flujo, disminuir los tiempos de las actividades, lo cual determinó:

a) Galvanizado: 109,05 min operación, 4,14 min inspección, 13,03 min operación-inspección, 0 min de transporte, 0 min espera, 0 min almacenamiento.

b) Trefilado: 38 min operación, 13 min inspección, 10 min operación-inspección, 8 min transporte, 0 min espera, 0 min almacenamiento.

9. Se evidenció a nivel gerencial una deficiencia del control revisión, y desactualización de los estándares, por lo cual se propone implementar un indicador de evaluación del desempeño en este aspecto, el cual se nombra: Indicador de estandarización y permite evaluar semanalmente los estandartes actualizados, oficializados en el sistema de gestión y entrenados.

10. El plan de capacitación se define con aprobación del ingeniero de Procesos para la implementación y al personal capacitado se le evaluará por medio de una certificación de operaciones, la cual estará a cargo del superintendente y supervisores en piso. El registro de estas se gestiona a nivel de Recursos Humanos.

11. Se propone una caminata Gemba de estandarización, la cual permitirá al personal administrativo evidenciar el cumplimiento de los objetivos con respecto al tema analizado y contribuirá a la mejora continua.

12. Después de haber alcanzado los objetivos específicos, se concluye satisfactoriamente en el logro del objetivo general de la investigación, el cual fue desarrollado bajo la metodología DMAIC, para atacar la desactualización de estándares de las líneas de Galvanizado y Trefilado, marcando una brecha de apertura al cambio, siempre en busca de la mejora continua.

## 6.2 Recomendaciones

1. Para contribuir a la mejora continua y a la eficiencia de la propuesta implementada, se plantea realizar una revisión de los estándares una vez al año utilizando la misma técnica aplicada.
2. El cronograma de capacitación se verá programado una vez realizada la revisión y actualización de estándares, con el fin de mantener al personal capacitado en la última versión.
3. La medición de estándares versus oficializados y capacitados se gestiona a nivel gerencial para contribuir a la eficiencia del proceso.
4. Se recomienda gestionar todas las acciones obtenidas de las caminatas Gemba de estandarización, con el fin de proporcionar cada vez un mejor desempeño.
5. Abarcar la misma estrategia de implementación utilizada en el proyecto para las demás líneas productivas, con el fin de garantizar la estandarización total de la planta y la forma de trabajar.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Consultores Aiteco. (s.f.). *Técnica Grupo Nominal*. Obtenido de <https://www.aiteco.com/tecnica-grupo-nominal/>
- Deulofeu, J. (2012). *Gestión Calidad Total en Reteil*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Freivalds, A., & Niebel, B. (2009). *Métodos, estándares y diseños del trabajo, Ingeniería Industrial*. México D.F: McGraw-Hill.
- Freivalds, A., & Niebel, B. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel*. McGraw-Hill Interamericana.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México D.F: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. México D.F: McGraw-Hill.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F: McGraw-Hill.
- Marroquín, R. (2012). *Matriz operacionalización de la variable y matriz de consistencia*. Universidad Nacional Enrique Gúzman y Valle Programa de Titulación.
- Martínez, A., & Cegada, J. (2014). *Gestión por procesos de negocio: organización horizontal*. España: Ecobook - Editorial del Economista.
- Mora, J. (2003). *Guía Metodológica para la Gestión Clínica de procesos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Pande, S., Peter, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2002). *Las claves de Seis Sigma. La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial*. Madrid: Mc Graw-Hill.
- Sánchez, J. (2010). *Reflexión sobre el proceso de negociación*. Obtenido de [http://sanchezmugiti.blogspot.com/?\\_sm\\_au\\_=iVVdFqj5TTrZNjBd](http://sanchezmugiti.blogspot.com/?_sm_au_=iVVdFqj5TTrZNjBd)
- Santiago, S. (s.f.). 6 Sigma, Lean, Kaizen. *Blog de Sandrine, Consultora Senior Black Belt Six Sigma y Lean*.

## APÉNDICES

- Línea galvanizado
- Recogedores



Apéndice 1

### Horno recocido



Apéndice 2

Pila enfriamiento



Apéndice 3

Pila HCL



Apéndice 4



Pila Zaclón



Apéndice 5

Pila zinc



Apéndice 6

## Recogedores



Apéndice 7



- Línea trefilado



Apéndice 8



Apéndice 9

