

Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



# **Análisis y propuesta para la reducción de Scrap en la planta productiva de cables y conductores eléctricos.**

**Caso: Nexans Chile S.A**

Por:

**Francisca Fernanda Seguel Muñoz**

**Francisco Felipe Vargas Villegas**

Trabajo de Título para optar al Grado de  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de  
Ingeniero Civil Industrial

Profesor: Aldo Cea Ramirez

Mayo, 2017

*Te dedicamos cada palabra de este proyecto a ti, porque desde que llegaste cambiaste el sentido de nuestras vidas, porque con cada risa, cada beso, cada abrazo y cada te amo recargaste ese motor que permitió llegar a este punto.*

*No cabe duda de que fuiste fundamental para nosotros en todo este proceso y que sin tu ayuda no estaríamos donde estamos hoy.*

*Emilia, esto es por y para ti. Te amamos.*

**Francisca Fernanda Seguel Muñoz**

**Francisco Felipe Vargas Villegas**

# AGRADECIMIENTOS

*A mis padres; Patricia y Rolando, por su amor sincero y su apoyo constante, por exigirme siempre a dar lo mejor de mí, por entregarme las herramientas que hoy me permiten culminar un ciclo importante de mi vida y por sobre todo, gracias porque nunca dejaron de creer en mí.*

*A mis hermanas, por su eterna preocupación, apoyo y ejemplo. A Claudia por su luz y por enseñarme que no importan las dificultades de la vida, lo importante es no rendirse nunca, A Patricia, por su generosidad y por enseñarme a perseguir nuestros sueños sin límites.*

*A mi hija; Emilia, por ser parte este proceso, por adaptarte a la vida universitaria siendo una bebé, por cada abrazo antes de una prueba, por muestras de cariño sinceras y espontáneas, por llenar mi vida de colores y porque gracias a ti, nunca me permití fallar.*

*A mi compañero de vida, mi amigo y futuro colega; Francisco, por crecer y aprender juntos, por tu amor desinteresado, por compartir mis momentos difíciles del mismo modo como lo haces con los momentos felices y por alentarme siempre en todo lo que me propongo.*

*A mi sobrina; Gabriela, por llenar de travesuras y alegría cada espacio, por su cariño y ternura.*

*A mi suegra, por cuidar con amor y paciencia a mi hija, por darme la tranquilidad de estudiar sin preocupaciones.*

*A mis amigos de universidad; Camila, Margarita y Salomón, porque compartimos momentos de aprendizaje, alegrías, consejos y apoyo, por ser parte de todo este camino de inicio a fin.*

*A los profesores que fueron parte de este proceso, cada consejo, cada enseñanza la llevo conmigo.*

*A quienes me miraron y cuidaron desde el cielo; a mis abuelos, porque sé que donde estén, están orgullosos de mí.*

*A todos quienes me ayudaron y fueron parte de estos años de estudio.*

**Francisca Fernanda Seguel Muñoz**

# AGRADECIMIENTOS

*A mis padres, Jorge y Mónica, por alentarme siempre a ser mejor y brindarme su apoyo incondicional. A ti, viejito, porque siempre hablas desde el corazón y entregas mucho amor con tus palabras. A ti, viejita, por cuidar más que a tu propia vida a Emilia y entregarle un amor sincero en todo momento.*

*A mis hermanos, a Jorge, por ser mi ejemplo desde un principio. Viviana, por enseñarme que la paciencia existe. A Antonio, por siempre estar pendiente y brindarme su confianza. Y a Oscar, siempre he admirado tu humildad y responsabilidad a la hora de trabajar.*

*A la dueña de mi corazón, Emilia, porque con sus caricias y palabras de éxito me alentó siempre a querer superarme. Gracias por llegar a mi vida y entregarle un nuevo sentido, sin duda eres más de lo que soñé.*

*A la persona que me ayudó a encontrar el camino y decidió recorrerlo conmigo, a ti, Francisca, mi futura colega, porque sabes que has sido fundamental durante este proceso. Porque eres mi compañera de vida, mi amiga y en quien más confié. Por acompañarme cuando más te necesité, porque nunca me dejaste caer y siempre me tendiste tu mano. Por tu amor completo y sincero. Gracias por regalarme mis mejores momentos y por ayudarme a creer en mí. Con estas palabras damos inicio a una nueva etapa en nuestras vidas, deseo con el corazón seguir acompañándote hoy y siempre.*

*A mis suegros y cuñadas, porque en ustedes encontré una segunda familia sin buscarla, por apoyarme cuando no tenían la obligación de hacerlo, porque siempre tienen las palabras precisas para ayudar.*

*A mis sobrinas Nathalie, Francisca y Javiera. Cuando lean esto, quiero que entiendan que en la vida nada es imposible y que los sueños hay que perseguirlos. Que nunca nadie les diga que algo no se puede lograr. Espero verlas en un momento como este cuando sean grandes.*

*A mis amigos y compañeros, quienes con gestos o palabras ayudaron para que llegara a este momento.*

*A mis profesores, por entregar su vida a la enseñanza, por ayudarnos a ser mejores personas y profesionales.*

**Francisco Felipe Vargas Villegas**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>12</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>
<b>1 CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>21</b>
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>1.5 ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>22</b>
1.5.1 GEOGRÁFICO .....	22
1.5.2 TEMPORAL .....	22
1.5.3 CONCEPTUAL .....	22
<b>1.6 LIMITACIONES DEL PROYECTO.....</b>	<b>23</b>
<b>1.7 RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>24</b>
<b>1.8 METODOLOGÍA GENERAL DE TRABAJO .....</b>	<b>24</b>
<b>2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS .....</b>	<b>26</b>
2.1.1 PLANTA PRODUCTIVA .....	26
2.1.2 SCRAP INDUSTRIAL.....	26

<b>2.2</b>	<b>METODOLOGÍAS .....</b>	<b>27</b>
2.2.1	SIX SIGMA .....	27
2.2.2	LEAN MANUFACTURING.....	28
2.2.3	LEAN SIX SIGMA .....	29
2.2.4	COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS .....	30
2.2.5	METODOLOGÍA SELECCIONADA: LEAN SIX SIGMA .....	31
2.2.5.1	ETAPAS PARA IMPLEMENTAR LEAN SIX SIGMA .....	32
<b>2.3</b>	<b>HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS .....</b>	<b>33</b>
2.3.1	HISTOGRAMA .....	33
2.3.2	DIAGRAMA DE PARETO.....	34
2.3.3	DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO.....	35
2.3.4	DIAGRAMA CONTROL DE PROCESOS .....	36
2.3.5	DIAGRAMA DE FLUJO .....	37
2.3.6	BIZAGI PROCESS MODELER.....	37
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 3: EMPRESA .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>NEXANS EN EL MUNDO.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>HISTORIA .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>VISIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.4</b>	<b>MISIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5</b>	<b>VALORES.....</b>	<b>40</b>
3.5.1	PENSAR EN EL CLIENTE .....	40
3.5.2	VALORAR A LAS PERSONAS .....	40
3.5.3	COMPROMETERSE CON LA EXCELENCIA.....	41
3.5.4	TOMAR LA INICIATIVA.....	41
3.5.5	SER RESPONSABLE .....	41
3.5.6	TRABAJAR GLOBALMENTE .....	41
<b>3.6</b>	<b>PARTICIPACIÓN DE MERCADO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.7</b>	<b>CLIENTES.....</b>	<b>43</b>
<b>3.8</b>	<b>PROVEEDORES.....</b>	<b>44</b>
<b>3.9</b>	<b>PRODUCTOS / SERVICIOS DE NEXANS.....</b>	<b>45</b>
3.9.1	CABLES PARA GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA.....	45
3.9.2	CABLES PARA USO RESIDENCIAL .....	46
3.9.3	CABLES COMERCIALES E INSTITUCIONALES.....	47
3.9.3.1	CABLES PARA INDUSTRIA .....	48
3.9.3.2	CABLES PARA OBRAS VIALES .....	49

3.9.3.3	CABLES PARA MINERÍA .....	50
<b>3.10</b>	<b>ORGANIGRAMA.....</b>	<b>51</b>
3.10.1	ORGANIGRAMA EMPRESA NEXANS CHILE S.A. ....	51
3.10.2	ORGANIGRAMA GERENCIA DE OPERACIONES .....	51
3.10.2.1	GERENTE DE OPERACIONES .....	52
3.10.2.2	INGENIERO DE PROCESOS .....	52
3.10.2.3	SUB GERENTE DE PRODUCCIÓN .....	53
3.10.2.4	JEFE DE MANTENIMIENTO .....	53
3.10.2.5	ANALISTA DE CONTROL DE GESTIÓN INDUSTRIAL .....	53
3.10.2.6	COORDINADOR DE SUPPLY CHAIN .....	54
3.10.2.7	JEFE DE BODEGA .....	54
3.10.2.8	SENIOR LEAN CHAMPION.....	55
3.10.2.9	COORDINADOR DE MEJORA CONTINUA .....	55
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 4: PROCESO PRODUCTIVO DE CABLES ELÉCTRICOS .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1</b>	<b>PROCESO GENERAL PARA LA FABRICACIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2</b>	<b>PROCESO PRODUCTIVO DE CABLES ELÉCTRICOS .....</b>	<b>58</b>
4.2.1	PROCESO DE TREFILADO.....	59
4.2.2	PROCESO DE CABLEADO DE FASES .....	60
4.2.3	PROCESO DE AISLAMIENTO .....	61
4.2.4	PROCESO DE CABLEADO .....	61
4.2.5	PROCESO DE APLICAR PROTECCIONES AUXILIARES .....	62
4.2.6	PROCESO DE APLICAR CUBIERTA EXTERIOR .....	64
4.2.7	PROCESO DE BOBINADO.....	64
4.2.8	PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD .....	65
<b>4.3</b>	<b>RÉGIMEN DE PRODUCCIÓN EN NEXANS CHILE S.A .....</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO 5: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....</b>	<b>67</b>
<b>5.1</b>	<b>DEFINIR EL PROBLEMA.....</b>	<b>67</b>
<b>5.2</b>	<b>MEDIR Y RECOPILAR DATOS.....</b>	<b>70</b>
5.2.1	DATOS A MEDIR.....	71
5.2.2	ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	71
5.2.3	MÁQUINAS PRODUCTIVAS .....	75
5.2.4	RELACIÓN MÁQUINAS Y ETAPAS PRODUCTIVAS CRÍTICAS.....	79
5.2.5	PROCESO ACTUAL, REGISTRO Y DESPACHO DE DESPUNTE (SCRAP). .....	81
5.2.6	COSTO RECUPERADO POR VENTA DE SCRAP.....	83
5.2.7	CLASIFICACIÓN DE SCRAP .....	84

5.2.8 COSTO SCRAP Y COSTO RECUPERADO .....	87
<b>5.3 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍCES .....</b>	<b>88</b>
5.3.1 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍCES .....	89
<b>5.4 MEJORAR EL PROCESO.....</b>	<b>91</b>
5.4.1 PROPUESTA DE SOLUCIONES Y VALIDACIÓN CON LA EMPRESA	91
5.4.2 DEFINICIÓN DE SOLUCIONES .....	91
5.4.2.1 REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	91
5.4.2.2 CAPACITACIÓN A OPERARIOS PARA CORTE DE DESPUNTE	92
5.4.3 PROGRAMACIÓN DE SOLUCIONES .....	92
5.4.4 HIPÓTESIS REDUCCIÓN DE SCRAP .....	93
5.4.5 REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	94
5.4.5.1 REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO ACTUAL .....	95
5.4.5.2 VENTAJAS DEL REDISEÑO DE PROCESOS .....	95
5.4.5.3 PROCESO DE TREFILAR .....	96
5.4.6 CAPACITACIÓN A OPERARIOS.....	97
5.4.6.1 CORTE DE DESPUNTE.....	98
5.4.6.2 VENTAJAS DEL TRABAJO ESTANDARIZADO .....	99
5.4.6.3 INSTRUCTIVO DE TRABAJO ESTÁNDAR.....	100
5.4.6.4 TOMA DE CONOCIMIENTO .....	101
<b>5.5 CONTROL DE MEJORAS .....</b>	<b>102</b>
5.5.1 DISCIPLINA.....	102
5.5.2 ESTANDARIZACIÓN .....	102
5.5.3 DOCUMENTACIÓN .....	102
5.5.4 MEDICIÓN PERMANENTE.....	103
<b>6 CAPÍTULO 6: IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>6.1 DESARROLLO DE SOLUCIONES .....</b>	<b>104</b>
<b>6.2 JORNADA “DISMINUCIÓN DE SCRAP”.....</b>	<b>105</b>
<b>7 CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>109</b>
<b>7.1 CUANTIFICACIÓN SCRAP GENERADO .....</b>	<b>109</b>
<b>7.2 COSTO RECUPERABLE POR VENTA DE SCRAP .....</b>	<b>109</b>
<b>7.3 COSTO DE OPORTUNIDAD .....</b>	<b>110</b>
<b>7.4 DISMINUCIÓN DE COSTOS.....</b>	<b>111</b>
<b>8 CAPÍTULO 8: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....</b>	<b>113</b>

<b>8.1</b>	<b>COSTO POR DESARROLLO.....</b>	<b>113</b>
<b>8.2</b>	<b>COSTO POR IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>115</b>
<b>8.3</b>	<b>COSTO POR SEGUIMIENTO.....</b>	<b>116</b>
<b>8.4</b>	<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>117</b>
<b>8.5</b>	<b>ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO .....</b>	<b>118</b>
<b>9</b>	<b>CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>10</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>121</b>
<b>11</b>	<b>REFERENCIAS DIGITALES .....</b>	<b>122</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>123</b>
<b>12.1</b>	<b>ANEXO 1: “Estructura del producto interno bruto” .....</b>	<b>123</b>
<b>12.2</b>	<b>ANEXO 2: “Estructura del PIB en la industria manufacturera” ..</b>	<b>124</b>
<b>12.3</b>	<b>ANEXO 3: “Carta compromiso Nexans Chile S.A” .....</b>	<b>125</b>
<b>12.4</b>	<b>ANEXO 4: “Participación de mercado Nexans Chile S.A.” .....</b>	<b>126</b>
<b>12.5</b>	<b>ANEXO 5: “Gama total de materiales usados en el proceso productivo de cables eléctricos”.....</b>	<b>128</b>
<b>12.6</b>	<b>ANEXO 6: “Sello de calidad” .....</b>	<b>129</b>
<b>12.7</b>	<b>ANEXO 7: “Etiquetas de clasificación de Scrap” .....</b>	<b>130</b>
<b>12.8</b>	<b>ANEXO 8: “Dólar observado SII”.....</b>	<b>131</b>
<b>12.9</b>	<b>ANEXO 9: “Carta validación propuesta” .....</b>	<b>132</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Proceso general de manufactura.....	16
Ilustración 1.2: Identificación del problema.....	19
Ilustración 1.3: Interacción de procesos internos Nexans Chile S.A .....	23
Ilustración 1.4: Metodología de trabajo .....	25
Ilustración 2.1: Six Sigma – DMAIC .....	27
Ilustración 2.2: Lean Manufacturing – PDCA .....	28
Ilustración 2.3: Lean Six Sigma .....	29
Ilustración 2.4: Metodología DMAIC aplicable a Lean Six Sigma.....	31
Ilustración 2.5: Histograma .....	33
Ilustración 2.6: Diagrama de Pareto.....	34
Ilustración 2.7: Diagrama causa - efecto .....	35
Ilustración 2.8: Diagrama control estadístico de procesos .....	36
Ilustración 2.9: Diagrama de Flujo.....	37
Ilustración 3.1: Nexans en el Mundo.....	38
Ilustración 3.2: Participación de mercado Nexans Chile S.A .....	42
Ilustración 3.3: Principales clientes de Nexans Chile S.A.....	43
Ilustración 3.4: Ejemplo de cable para generación y transmisión eléctrica .....	45
Ilustración 3.5: Ejemplo de cables eléctricos para uso residencial .....	46
Ilustración 3.6: Ejemplo de cables eléctricos para uso industrial.....	48
Ilustración 3.7: Ejemplo de cable eléctrico para uso en obras viales .....	49
Ilustración 3.8: Cables eléctricos para uso minero .....	50
Ilustración 3.9: Organigrama Nexans.....	51
Ilustración 3.10: Organigrama gerencia de operaciones.....	51
Ilustración 4.1: Proceso general de la fabricación de cables eléctricos.....	56
Ilustración 4.2: Proceso productivo de cables y conductores eléctricos .....	58
Ilustración 4.3: Cableado de fases.....	60
Ilustración 4.4: Diferentes cables multipolares.....	62
Ilustración 4.5: Protecciones eléctricas .....	63
Ilustración 4.6: Protecciones mecánicas.....	63
Ilustración 4.7: Cubierta exterior .....	64
Ilustración 4.8: Bobinado .....	65
Ilustración 4.9: Distribución de turnos planta productiva .....	66
Ilustración 5.1: Industrial Nexans Chile S.A.....	67
Ilustración 5.2: Gráfico, Kg producción v/s Scrap .....	69
Ilustración 5.3: Recopilación de datos.....	70

Ilustración 5.4: Scrap respecto a etapa de proceso productivo.....	73
Ilustración 5.5: Costo de Scrap v/s etapa de proceso productivo .....	74
Ilustración 5.6: Costo de Scrap v/s máquina .....	78
Ilustración 5.7: Costo de Scrap generado por máquinas críticas.....	79
Ilustración 5.8: Proceso de registro y despacho de despunte (Scrap).....	82
Ilustración 5.9: Clasificación de Scrap según su origen .....	86
Ilustración 5.10: Diagrama de Ishikawa .....	88
Ilustración 5.11: Identificación de la causa raíz del problema.....	90
Ilustración 5.12: Carta Gantt - Programación de acciones .....	92
Ilustración 5.13: Hipótesis reducción de Scrap .....	93
Ilustración 5.14: Rediseño del proceso productivo de Nexans Chile S.A.....	94
Ilustración 5.15: Ventajas del rediseño de procesos .....	95
Ilustración 5.16: Pantalla trefiladora - Ingreso de parámetros .....	96
Ilustración 5.17: Comparación de medidas de corte de despunte.....	98
Ilustración 5.18: Ventajas del trabajo estandarizado .....	99
Ilustración 5.19: SWI - Corte de Despunte .....	100
Ilustración 5.20: Toma de conocimientos trabajo estandarizado .....	101
Ilustración 5.21: Control de mejoras del proceso.....	103
Ilustración 6.1: Scrap - Jornada "Disminución de Scrap" .....	106
Ilustración 6.2: Comparación de Scrap .....	107
Ilustración 6.3: Clasificación de Scrap - Jornada "Disminución de Scrap" ....	108
Ilustración 7.1: Reducción de costos .....	111
Ilustración 7.2: Resumen evaluación económica .....	112

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Identificación del problema.....	19
Tabla 2.1: Comparación de metodologías .....	30
Tabla 3.1: Nexans Chile S.A.....	38
Tabla 3.2: Proveedores Nexans 2015.....	44
Tabla 5.1: Producción total V/S % SCRAP .....	68
Tabla 5.2: Datos e indicador a medir.....	71
Tabla 5.3: Costo Scrap v/s Proceso productivo.....	72
Tabla 5.4: Costo Scrap asociado a Máquinas de Nexans.....	77
Tabla 5.5: Máquinas críticas asociadas a etapas de proceso productivo.....	80
Tabla 5.6: Costo recuperado por venta de Scrap .....	83
Tabla 5.7: Clasificación de Scrap según su origen .....	84
Tabla 5.8: Costo de Oportunidad por generación de Scrap .....	87
Tabla 5.9: Herramienta de los 5 ¿Por qué? .....	89
Tabla 5.10: Resumen soluciones a desarrollar .....	91
Tabla 6.1: Reunión con área de operaciones .....	104
Tabla 6.2: Capacitación operarios - Trabajo estandarizado.....	104
Tabla 6.3: Jornada "Disminución de Scrap" .....	105
Tabla 6.4: Resumen producción - Jornada "Disminución de scrap" .....	105
Tabla 6.5: Clasificación de Scrap - Jornada "Disminución de Scrap" .....	106
Tabla 7.1: Cuantificación costo de Scrap.....	109
Tabla 7.2: Costo recuperado por venta de Scrap .....	109
Tabla 7.3: Costo de oportunidad por generación de Scrap .....	110
Tabla 7.4: Costo de oportunidad proyectado a 12 meses .....	110
Tabla 7.5: Disminución de Costos por generación de Scrap.....	111
Tabla 8.1: Costos por reuniones.....	113
Tabla 8.2: Costo por capacitaciones .....	114
Tabla 8.3: Costo por memoristas.....	114
Tabla 8.4: Costo por desarrollo del proyecto.....	115
Tabla 8.5: Costo por implementación .....	115
Tabla 8.6: Costos diarios por Seguimiento .....	116
Tabla 8.7: Costo total por Seguimiento.....	117
Tabla 8.8: Costo Total del Proyecto .....	117

# GLOSARIO

**Cable eléctrico:** Elemento que conduce la corriente eléctrica y puede ser de diversos materiales metálicos. Puede estar formado por uno o varios hilos

**Planta productiva:** Es una instalación física que posee todas las condiciones necesarias para la fabricación de diversos productos. Cada planta posee distintas dimensiones y distribución de acuerdo a la naturaleza de los productos que allí se quieran producir.

**Scrap industrial:** Scrap corresponde a un término inglés que significa desechos o chatarra. En el ámbito industrial, corresponde a todo el material defectuoso y sobrante del proceso de producción.

**Conductor eléctrico:** Conjunto de hilos de metal que se utilizan para la transmisión de energía eléctrica.

**Proceso de trefilar:** Corresponde a la operación que consiste en la reducción de sección de un alambre haciéndolo pasar a través de un orificio cónico.

**Proceso de aislar:** Proceso en el cual se envuelve el conductor para evitar la circulación de corriente eléctrica fuera cable eléctrico.

**Proceso de bobinar:** Proceso en el cual se enrolla en cable eléctrico según la medida requerida.

**SWI:** (*Standard work instruction*) Corresponde a un instructivo de trabajo estándar, mediante el cual se le entregan conocimientos esenciales para la correcta ejecución de una tarea en específico de la producción a los colaboradores de la empresa.

**DMAIC:** Herramienta de la metodología Six Sigma, enfocada en la mejora de procesos. Consta de 5 fases, las cuales son; Definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

# RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad la reducción de los índices de Scrap de la planta productiva de cables y conductores eléctricos Nexans Chile.

Llamamos Scrap a todos los productos no deseados producidos durante el proceso de fabricación de cables y conductores, es decir, a todos aquellos desechos que por la naturaleza del proceso o por errores en el mismo se provocan.

El nivel de Scrap esperado por la compañía es de 4,5%, durante el periodo de estudio que va desde mayo de 2015 a abril de 2016 el promedio de este índice fue de 6,19%, el objetivo principal del proyecto es lograr llevar este índice a un nivel que esté por debajo de lo esperado por la compañía.

Para lograr enfrentar la situación y cumplir con los objetivos, se propone la utilización de la metodología Lean Six Sigma, la cual busca disminuir los errores y mejorar el proceso de manera que la producción de Scrap se vea disminuida.

Las soluciones propuestas son por un lado un rediseño del proceso productivo, que busca re estructurar el actual proceso en búsqueda de la optimización y por otro lado realizar capacitación a los operarios para el corte del despunte, mediante un SWI (Standard Work Instruction) la idea es que todos los operarios estén en conocimiento de cómo se realiza este proceso, sin dejar espacio para interpretaciones personales que puedan afectar la generación de Scrap.

Se realizó una jornada de reducción de Scrap, en la cual se trabajó en base a la re estructuración del proceso y la estandarización del corte de despunte. El objetivo de la jornada se centra en la reducción de la producción de Scrap en las etapas de “Fin de Producción” y “Despunte”.

Al término de la jornada, la producción de Scrap del día fue de un 2,06%, lo que en términos monetarios da una suma de \$618.836 para el día señalado. Proyectado a un año, el dinero perdido por concepto de Scrap alcanza los \$225.875.140, generándose un ahorro de \$210.809.021 respecto a lo generado en el periodo de estudio, que representa una reducción de un 51% de los costos asociados a Scrap.

# **ABSTRACT**

The present project has the purpose to reduce the Scrap rates of the electrical cables and drivers factory Nexans Chile.

Scrap is all the product that do not meet the quality standards imposed by the company during the fabrication process of electrical cables and drivers.

The level of Scrap expected by the company is 4,5%, during the study period from May 2015 to April 2016 the average of this index was 6,19%, the main aim of this project is reduce this index to a level under the expected by the company.

To address this problem and achieve the objectives, it is proposed to use the Lean Six Sigma methodology, which seeks to reduce the mistakes and improve the process, so that the production of scrap is diminished

The first proposed solution are to redesign the productive process, which seeks restructure the current process looking for the optimization. The other proposed solution is provide training to the workforce on cut-off, through a SWI (Standard Work Instruction) the purpose is that all the operators are aware of how this process is performed, leaving no room for personal interpretations that may affect the Scrap generation.

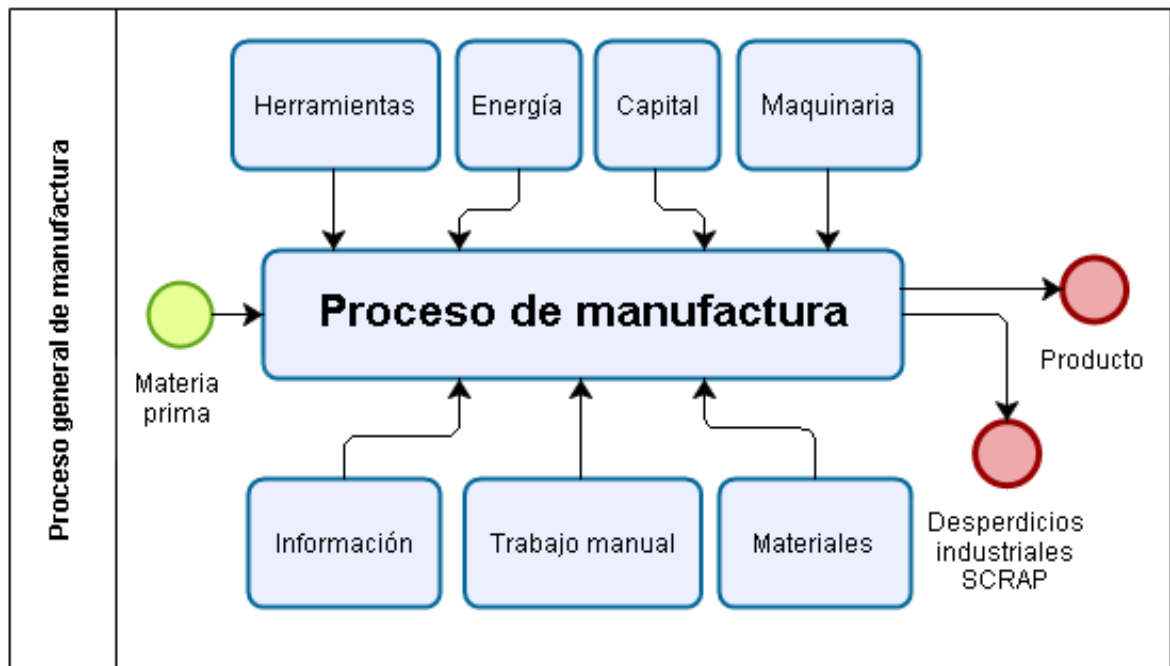
A day of Scrap reduction was carried out in which work was based on the restructuring of the process and the standardization of the cut-off. The objective of the day is focused on the reduction of production of Scrap in the stages of "End of Production" and "Crop".

At the end of the day, Scrap production was 2,06%, which in monetary terms gives an amount of \$618.836 for the day. Projected one year, the money lost by Scrap amounts to \$225.875.140, generating a saving of \$210.809.021 compared to the generated in the study period, representing a reduction of 51% of the cost associated with Scrap

# CAPÍTULO 1

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Es posible definir la manufactura como la transformación de entradas (materias primas, información, trabajo, herramientas, energía, capital, maquinaria) en productos tangibles. El principal objetivo de la manufactura, es la generación de un valor agregado en el producto, es decir, que los beneficios del producto obtenido luego de ocurrido el proceso de transformación sean mayores a los beneficios que nos entregan las entradas. (Kalpakjian, Schmid, & Espinoza Limón Jaime, 2011)



*Ilustración 1.1: Proceso general de manufactura*

Fuente: Elaboración propia

Chile es un país en el que la manufactura no posee un rol protagónico. Según cifras de la Sofopa del año 2014 (Web.sofopa.cl, 2014), el PIB se compone

en un 21,4% de otros servicios, que incluyen los servicios de vivienda, personales y de administración pública. Más abajo, con un 13,9% de participación en el PIB aparecen los servicios empresariales y recién en el tercer lugar, con un 11,3% de participación aparece la manufactura. (Ver anexo 1)

Según la Sofofa con datos entregados en el año 2014, la manufactura en Chile es ampliamente liderada por la industria de los alimentos, con una participación en el PIB de un 28,6%. Le sigue la industria de los Productos metálicos y Maquinaria, con una participación de un 15,1%. En tercer lugar encontramos la industria del Tabaco y las Bebidas con un 14,1%. (Ver anexo 2)

Nexans Chile participa en la industria de los Productos metálicos y la Maquinaria, dedicándose al tratamiento y preparación de metales para la posterior fabricación de cables eléctricos usables en diversas industrias.

La principal materia prima utilizada en la producción de los cables eléctricos es el cobre. Chile es el mayor productor de este mineral en el mundo y además las exportaciones de este metal representan cerca de la mitad de los envíos del país al extranjero. En el año 2015, Chile exportó US\$31.123 millones del metal rojo. (Web.sofofa.cl, 2014)

A pesar de esta aparente abundancia de cobre en nuestro país, la realidad de la industria es otra. En la manufactura del cobre se manejan cerca de 100.000 toneladas, un porcentaje bajo si lo comparamos con el total de las exportaciones del metal rojo.

Dentro del proceso de manufactura, además de obtener productos tangibles al final del proceso, por diversos motivos también se obtienen desechos y desperdicios. A estos desperdicios obtenidos durante la operación, les llamaremos Scrap. El problema del scrap se puede resumir en una pregunta: ¿Qué hacer con él? Surgen diversas alternativas en respuesta a la pregunta planteada, pero también existe la posibilidad de disminuir la generación de scrap cuando esta no es controlada y es ahí donde se pretende concentrar los esfuerzos.

La reducción de scrap trae beneficios que pueden ser mirados desde dos perspectivas. La primera de ellas tiene que ver con la sustentabilidad y la preocupación por el medio ambiente, dado que el hecho de generar menores

desperdicios implica que serán menos los kilogramos que se enviarán a los vertederos o a lugares de reciclaje por un precio menor al real del material.

Por otro lado, mirándolo desde el lado productivo existen beneficios en cuanto a la eficiencia, dado que el grado de pérdida de materiales es mucho menor lo que permite reducir los costos por pérdidas de materias primas, además de eliminar el costo de oportunidad por dejar de vender productos que se fabricaron con defectos y finalmente el costo de mantener en un espacio físico dicho Scrap previo a su envío al destino final.

En un periodo 12 meses, que comprende los meses que van desde mayo de 2015 a abril de 2016 Nexans Chile tuvo un promedio de generación de Scrap de un 6,19%, lo que se encuentra por sobre los resultados esperados que se establecen en un 4,5% como máximo.

Podemos definir el Scrap como los residuos generados durante la manufactura de algún producto, que no tienen valor económico o solo el valor de su material básico recuperable a través del reciclaje. En nuestro caso, el Scrap está configurado por los despuntes y desechos generados en la producción de los cables eléctricos.

El objetivo principal de este proyecto de título es Diseñar una propuesta que permita reducir el Scrap bajo el porcentaje máximo admitido por la empresa Nexans Chile S.A. (Ver anexo 3)

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo a un periodo de estudio que comprende 12 meses desde Mayo de 2015 a Abril de 2016 se logró apreciar que en 10 meses no se cumple con lo establecido por la compañía.

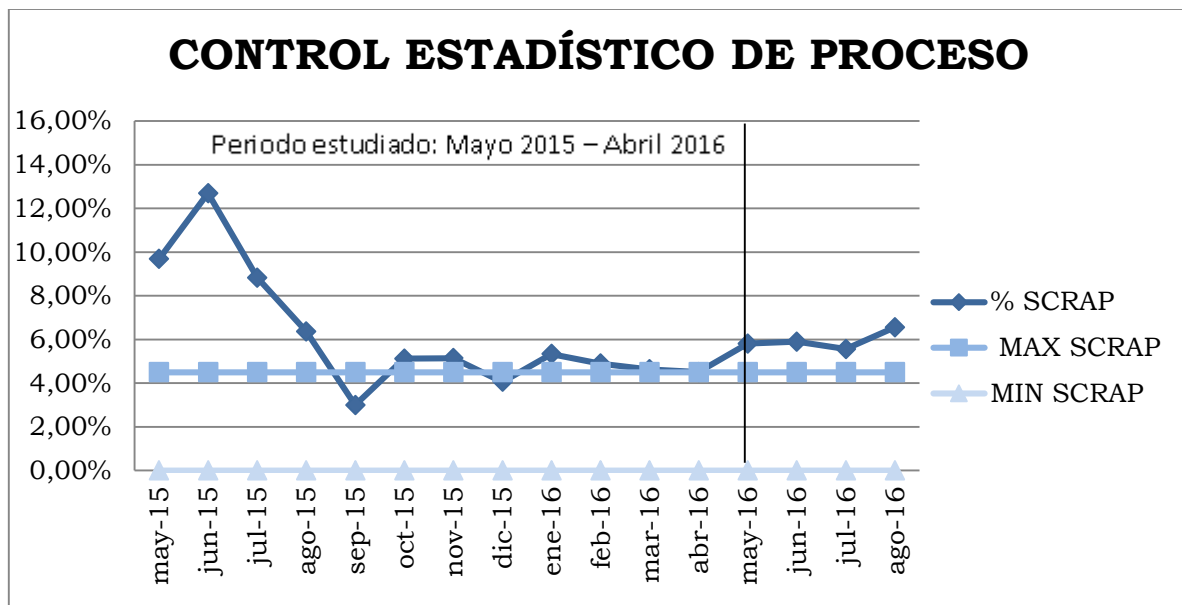
Nexans Chile S.A posee un estándar respecto a la generación de Scrap en donde el valor máximo no debe superar el 4,5% de la producción total. Este desperdicio, para el periodo en términos de masa fue de 640,5 toneladas, lo que representa un 6,19% de la producción total y que en términos monetarios se cuantificó en \$510.828.416.

Se puede observar en el siguiente gráfico que el proceso se encuentra actualmente fuera de control estadístico (Ver ilustración n°1.2)

MES	% SCRAP	MAX SCRAP	MIN SCRAP
may-15	9,69%	4,5%	0%
<b>jun-15</b>	12,69%	4,5%	0%
<b>jul-15</b>	8,83%	4,5%	0%
<b>ago-15</b>	6,37%	4,5%	0%
<b>sep-15</b>	3,00%	4,5%	0%
<b>oct-15</b>	5,12%	4,5%	0%
<b>nov-15</b>	5,14%	4,5%	0%
<b>dic-15</b>	4,10%	4,5%	0%
<b>ene-16</b>	5,30%	4,5%	0%
<b>feb-16</b>	4,90%	4,5%	0%
<b>mar-16</b>	4,63%	4,5%	0%
<b>abr-16</b>	4,51%	4,5%	0%
<b>may-16</b>	5,81%	4,5%	0%
<b>jun-16</b>	5,90%	4,5%	0%
<b>jul-16</b>	5,56%	4,5%	0%
<b>ago-16</b>	6,56%	4,5%	0%

*Tabla 1.1: Identificación del problema*

Fuente: Nexans Chile S.A



*Ilustración 1.2: Identificación del problema*

Fuente: Elaboración propia

### **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Con la energía como su principal arma para el desarrollo, Nexans se ha posicionado como un líder a nivel mundial en la industria del cable. Ofrece una amplia gama de productos, los cuales son utilizados en áreas como la construcción, la industria petroquímica, nuclear, automoción, ferroviaria, electrónica, aeronáutica, de mantenimiento y automatización. Con presencia industrial en 39 países, cuenta con alrededor de 22.000 empleados. Nexans Chile se estableció en el año 2008, cuando la multinacional adquirió la compañía Madeco, que había sido fundada en el año 1944 y se posicionaba como líder del mercado nacional. La planta de Nexans Chile se encuentra ubicada en la comuna de San Miguel, en ella se ha detectado un incremento en el índice de Scrap, dado que se genera producción con ineficiencias o despuntes del proceso.

El índice de Scrap que se ha obtenido en el periodo de estudiado no solo genera para la empresa un costo por pérdida de materias primas, sino que también un incremento en el costo de oportunidad por dejar de vender los productos que se fabricaron con ineficiencias.

El Scrap disminuye la productividad, genera sobre procesamiento de productos junto con re trabajos innecesarios. Por otro lado, es posible que se produzca sub utilización de capital humano, debido a que es posible que las líneas de producción se queden sin materia prima para seguir operando, provocando la detención de la misma.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta que reduzca el índice de Scrap de la planta productiva de Nexans Chile S.A, de manera que este no sobrepase el 4,5% de la producción mensual definido como máximo tolerable por la empresa.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar distintas metodologías de acuerdo a sus características para seleccionar y profundizar en aquella que ofrezca mayores beneficios en la resolución del problema.
- Analizar y diagnosticar el proceso de producción de la empresa Nexans.
- Realizar un análisis por máquinas y conocer cuáles son las que producen más pérdidas de material por concepto de Scrap.
- Generar una propuesta que se adecúe a los requerimientos de la empresa.
- Evaluar viabilidad técnica y económica.
- Realizar una jornada de prueba implementando las mejoras propuestas.

## **1.5 ALCANCE DEL PROYECTO**

### **1.5.1 GEOGRÁFICO**

El análisis y solución propuesta solo es aplicable a la planta productiva de Nexans Chile S.A ubicada en Ureta Cox #930, San Miguel, Santiago.

### **1.5.2 TEMPORAL**

Este proyecto de título se desarrolla solo con los datos obtenidos de la línea de producción de 12 meses, comprendidos desde Mayo de 2015 a Abril de 2016.

### **1.5.3 CONCEPTUAL**

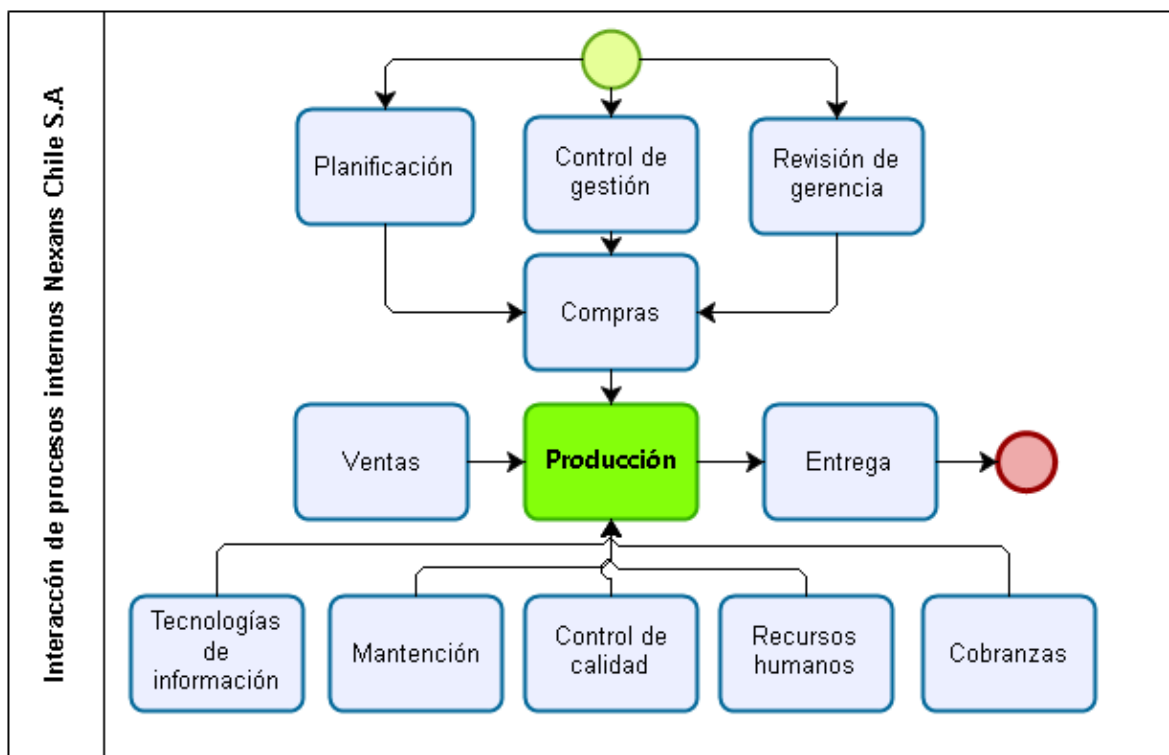
Para efectos de análisis, se considera Scrap a la suma de despuntes y productos fabricados con defectos.

El índice de Scrap que se genera en Nexans es calculado en base a la cantidad de producto fabricado en la planta productiva.

$$\% \text{SCRAP} = \frac{\textit{Toneladas de despuntes+material defectuoso}}{\textit{Toneladas producidas de cable}}$$

No se estudiarán especificaciones técnicas de los productos que se fabrican.

A continuación se muestra un diagrama de interacción de los procesos más relevantes de Nexans (Ver ilustración n°1.3). El análisis solo se enfocará en el área producción, trabajando directamente y en conjunto con la gerencia de operaciones.



*Ilustración 1.3: Interacción de procesos internos Nexans Chile S.A*

Fuente: Nexans Chile S.A

## 1.6 LIMITACIONES DEL PROYECTO

Para resolver el problema que afecta a la planta productiva de Nexans, se tiene un plazo de siete meses, los cuales están comprendidos desde Mayo a Diciembre de 2016. Además, durante el desarrollo del presente proyecto de título, se considerará la decisión por parte la gerencia de operaciones de no incurrir en gastos extras en el mediano plazo.

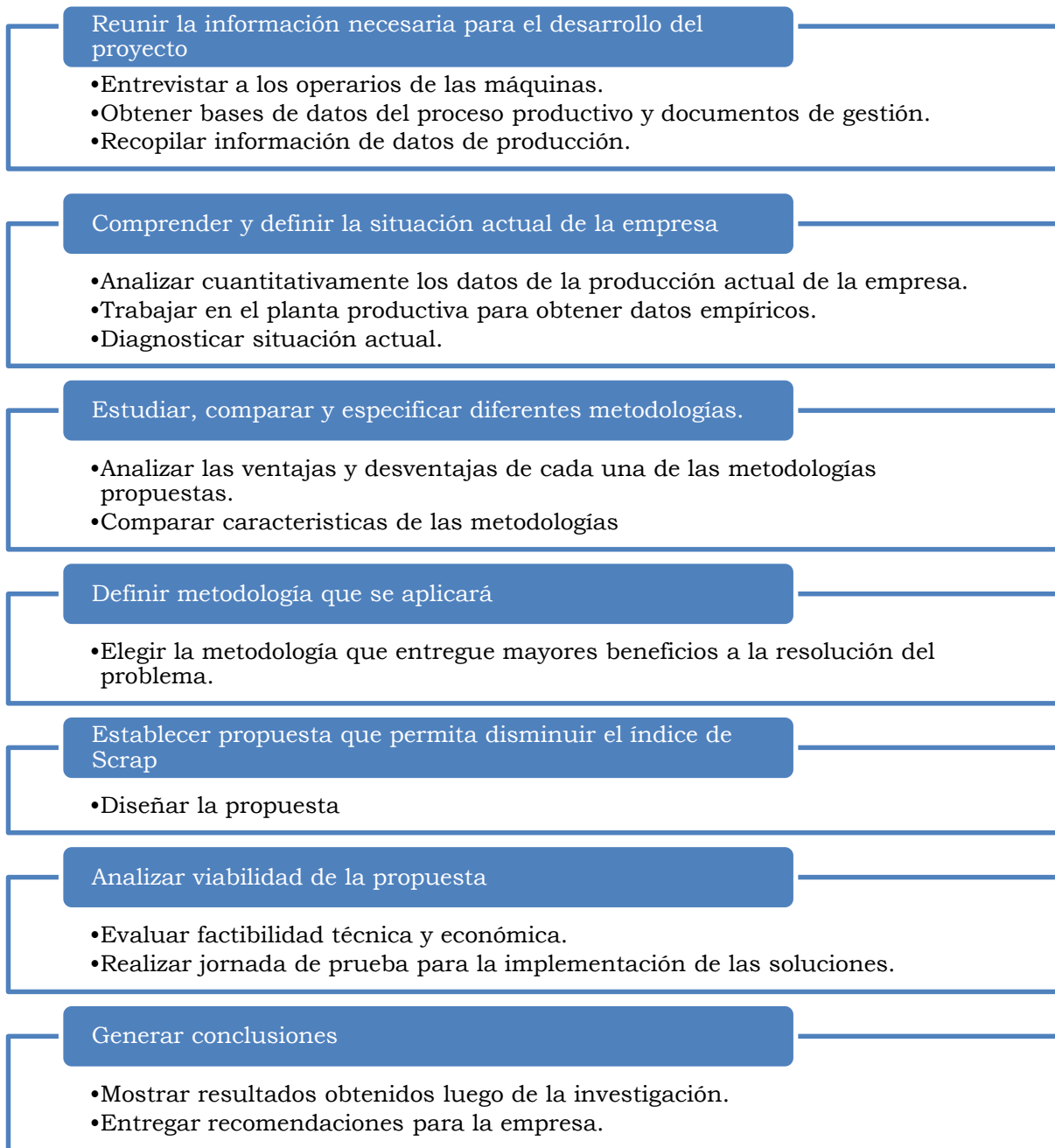
## **1.7 RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO**

- Desarrollar un proyecto de mejora que permita la reducción de las pérdidas y de los costos asociados a la generación de Scrap.
- Lograr disminuir el índice de Scrap general a un nivel que no sobrepase el 4,5% de la producción total.

## **1.8 METODOLOGÍA GENERAL DE TRABAJO**

- Reunir la información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Comprender y definir la situación actual de la empresa, analizando los factores que afectan en el índice que Scrap de la empresa
- Estudiar, comparar y especificar diferentes metodologías que podrían ser aplicadas en la resolución del problema.
- Analizar detalladamente el problema.
- Definir metodología que se aplicará.
- Establecer una propuesta que permita disminuir el índice de Scrap.
- Analizar la viabilidad de la propuesta.
- Generar conclusiones.

A continuación se muestra de forma gráfica la metodología a utilizar para el desarrollo del proyecto de título y las tareas que se cumplirán en cada una de ellas. (Ver ilustración n° 1.4)



*Ilustración 1.4: Metodología de trabajo*

Fuente: Elaboración propia

# **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS**

### **2.1.1 PLANTA PRODUCTIVA**

Es el lugar ubicado estratégicamente donde se llevaran a cabo los procesos de producción de una organización, teniendo en cuenta necesidades de producción, almacenaje y distribución.

La distribución de la maquinaria y equipos determinará en alto grado la eficiencia de la operación de una planta industrial, ya que afecta al tiempo y la longitud de los desplazamientos de materiales y operarios, así como las inversiones en obras civiles y en equipos de transporte. (Chase et al., 2014)

### **2.1.2 SCRAP INDUSTRIAL**

Scrap es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo. En el contexto industrial, scrap refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial.

El problema básico de las industrias en relación a sus “scraps” radica en deshacerse de los mismos de un modo racional que además cumpla con las normativas existentes en materia de preservación del medioambiente.

El scrap industrial no solo representa un problema para la industria sino que también puede resultar una interesante oportunidad. En efecto, el scrap o residuo industrial posee un valor económico, en la medida en que puede constituir un insumo para otra industria. (Recicladoindustrial.com, 2014)

## 2.2 METODOLOGÍAS

### 2.2.1 SIX SIGMA

Es una metodología que está enfocada en la mejora de los procesos. Fue creada por el ingeniero de la compañía Motorola Bill Smith en la década de los 80. El principal objetivo de esta metodología es la reducción de la variabilidad, lo que permite reducir e incluso eliminar los fallos en la entrega del producto o servicio al cliente final.

El DMAIC es un proceso de mejora que utiliza la metodología SIX SIGMA, además es un modelo que está altamente estructurado y muy bien definido. Está conformado por 5 etapas, las cuales siguen un orden lógico entre sí. Dichas etapas son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar. En general, cada una de estas etapas utiliza herramientas únicas y el principal objetivo es ir respondiendo preguntas específicas que ayudan a encauzar el proceso de mejora. (Chase et al., 2014)



*Ilustración 2.1: Six Sigma – DMAIC*

Fuente: Elaboración Propia

## 2.2.2 LEAN MANUFACTURING

El Lean Manufacturing es una filosofía o forma de operar de un negocio, que persigue la eliminación de todos los desperdicios en la operación, (entendiendo los desperdicios como todo aquello que no entrega valor al producto o servicio), en lo que respecta al Lean Manufacturing los 7 desperdicios son: Sobreproducción, tiempos de espera, transporte, sobre procesamiento, inventario, movimiento y defectos. La eliminación de estos desperdicios permite reducir el tiempo, los costos y mejorar la calidad del producto o servicio para el cliente final. El Lean Manufacturing se centra en la búsqueda de la perfección, en la mejora continua y en replantear el rol de los operadores de una compañía. (Chase et al., 2014)



*Ilustración 2.2: Lean Manufacturing – PDCA*

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.3 LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma fusiona las prácticas de mejora de la calidad de Six Sigma, con las prácticas de mejora en la velocidad de manufactura, de Lean. La combinación de ambos, puede aplicar a cualquier tipo de negocio y/o proceso, para incrementar la velocidad y la calidad en la empresa para sus productos/servicios. (Felizzola Jiménez and Luna Amaya, 2014)



*Ilustración 2.3: Lean Six Sigma*

Fuente: Elaboración Propia

## 2.2.4 COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS

		VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>LEAN MANUFACTURING</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la productividad.</li> <li>• Reducción de desperdicios.</li> <li>• Mejor relación con el cliente.</li> <li>• Reducción de inventario de productos en proceso.</li> <li>• Mejora la calidad de los productos.</li> <li>• Menos mano de obra, pero de mayor calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia por parte de los trabajadores, cuando no existe un proceso de concientización y de implementación gradual.</li> <li>• Genera brecha entre los trabajadores y la dirección de la compañía.</li> <li>• Aumenta el tiempo de reacción ante problemas de inventarios.</li> </ul>
	<b>SIX SIGMA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede aumentar la calidad, productividad, rendimiento y generar una ventaja competitiva.</li> <li>• Reduce los costos.</li> <li>• Motiva a los empleados y les da un sentido de pertenencia.</li> <li>• Mejoras sostenibles en el tiempo.</li> <li>• Se basa en datos duros.</li> <li>• Centra sus esfuerzos en la mejora de proceso más que en corrección de fallos ya ocurridos.</li> <li>• Aporta soluciones en el corto plazo a problemas sencillos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está ligado al desempeño humano para su éxito.</li> <li>• Provoca resistencia por parte de los colaboradores.</li> <li>• Se focaliza en la resolución de problemas sencillos, no está probada su efectividad en problemas de mayor complejidad.</li> </ul>
	<b>LEAN SIX SIGMA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra en la eficiencia y en la satisfacción del cliente.</li> <li>• Es posible cambiar la cultura de una empresa, arraigando el pensamiento de mejoramiento continuo entre los colaboradores.</li> <li>• Aumenta la productividad.</li> <li>• Reduce costos y errores en los procesos.</li> <li>• Elimina errores internos.</li> <li>• Ayuda a identificar oportunidades de mejoras.</li> <li>• Gestiona los 7 desperdicios.</li> <li>• Se basa en datos concretos y no en suposiciones.</li> <li>• Su base son dos metodologías altamente efectivas, que buscan la excelencia y la perfección.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es más efectivo en grandes empresas, en pequeñas y medianas no está comprobada su efectividad.</li> <li>• Se requiere personal altamente capacitado en las metodologías para lograr el éxito.</li> </ul>

*Tabla 2.1: Comparación de metodologías*

Fuente: Elaboración Propia

## 2.2.5 METODOLOGÍA SELECCIONADA: LEAN SIX SIGMA

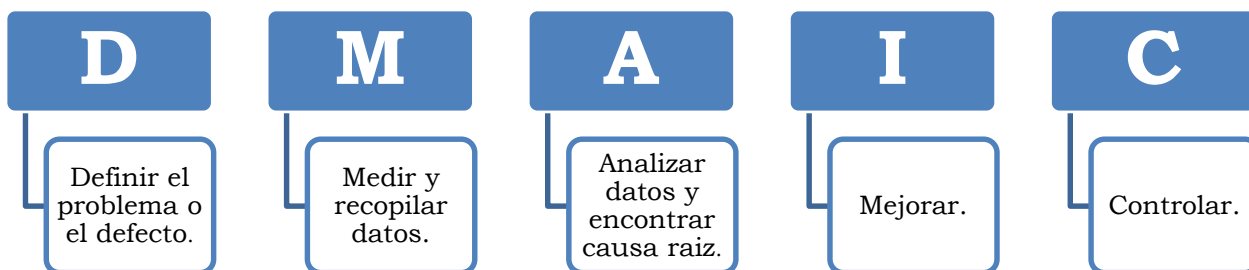
Se requiere la fusión entre el Lean Manufacturing y el Six Sigma, debido a que el Lean no puede hacer que un proceso esté bajo control estadístico y Six Sigma por sí solo no puede mejorar la velocidad del proceso y reducir la inversión de capital.

Solo con Seis Sigma, la nivelación de las mejoras decae debido al énfasis en la optimización de la calidad y la entrega de productos pero hace caso omiso en los sistemas operativos básicos para eliminar las actividades de despilfarro.

Solo con Lean Manufacturing la nivelación de la mejora se da debido al énfasis en la racionalización del flujo del producto, pero el beneficio de hacerlo es menor que usando métodos de análisis de datos y controles estadísticos de calidad.

La metodología Lean Six Sigma representa una compilación cuidadosa de herramientas de calidad con un objetivo común y particular; mejorar la calidad de acuerdo a los requerimientos del cliente, eliminando el desperdicio.

Lean Six Sigma se deriva de las etapas de la metodología DMAIC, tomando herramientas de calidad para enfocarse en la implementación rápida de soluciones. Esta metodología se configura con cinco fases y sus letras corresponden a las iniciales en inglés



*Ilustración 2.4: Metodología DMAIC aplicable a Lean Six Sigma*

Fuente: Elaboración Propia

### **2.2.5.1 ETAPAS PARA IMPLEMENTAR LEAN SIX SIGMA**

#### **Etapa 1 (Define):**

Consiste en entender el problema para definir cuáles son los requerimientos y el estado no deseado que se generan en el resultado del proceso (output). Esta etapa es vital para definir el alcance del proceso que se va a analizar y el criterio con el cual se va a cuantificar su mejora.

#### **Etapa 2 (Measure):**

Consiste en definir Indicadores de Desempeño del Proceso (KPI) para los componentes claves que están relacionados directamente con los requerimientos críticos. Estos indicadores requieren un plan de medición que permite establecer la base en la que opera el proceso.

#### **Etapa 3 (Analyze):**

Implica analizar los datos y con base en ellos determinar cuál es la causa raíz del problema. Esto requiere análisis estadístico de los datos y análisis del proceso utilizando diagramas causa – efecto y Pareto.

#### **Etapa 4 (Improve):**

Se genera una lluvia de ideas para identificar las características del proceso que se puedan mejorar y soluciones a corto, mediano y largo plazo, que puedan eliminar o minimizar la causa del problema. Se debe diseñar la solución que resuelva la causa raíz del problema.

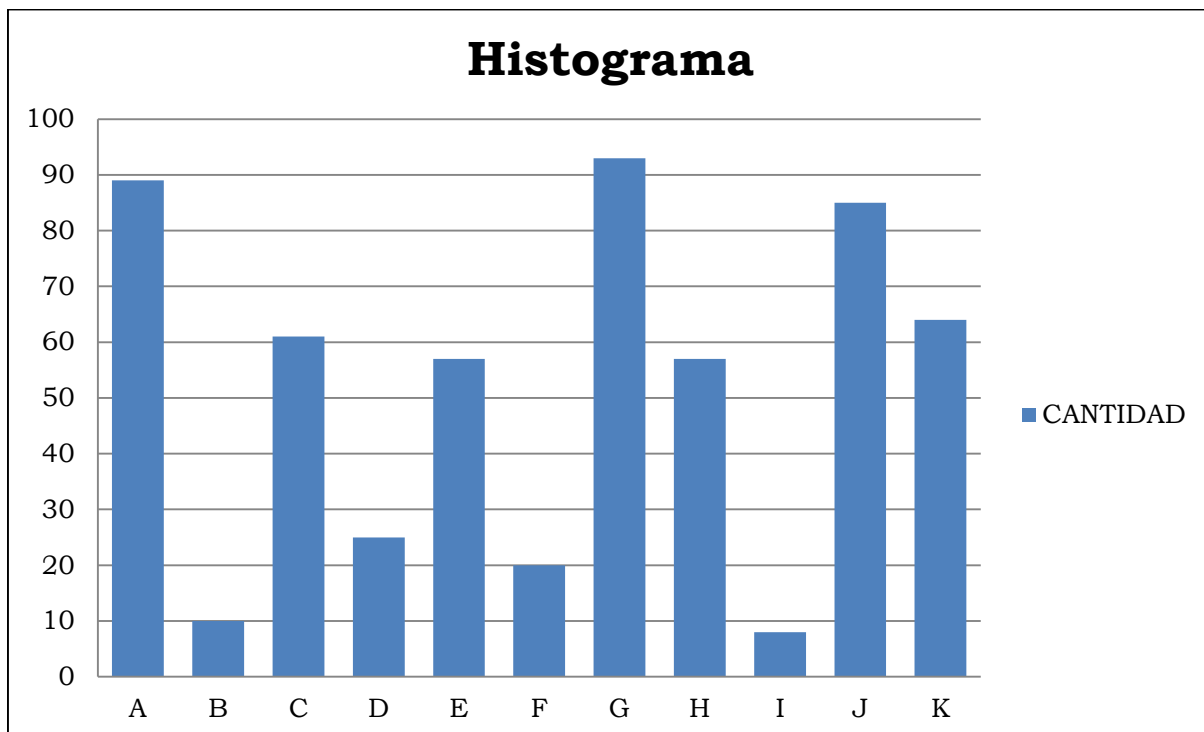
#### **Etapa 5 (Control):**

Incluye la puesta en marcha del plan de implantación de soluciones y un plan de control de procesos que asegure que las condiciones del nuevo proceso estén documentadas y monitoreadas de manera estadística con los métodos de control del proceso.

## 2.3 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

### 2.3.1 HISTOGRAMA

Gráfico de la representación de distribuciones de frecuencias, en el que se emplean rectángulos dentro de unas coordenadas. (Cruelles, 2012)

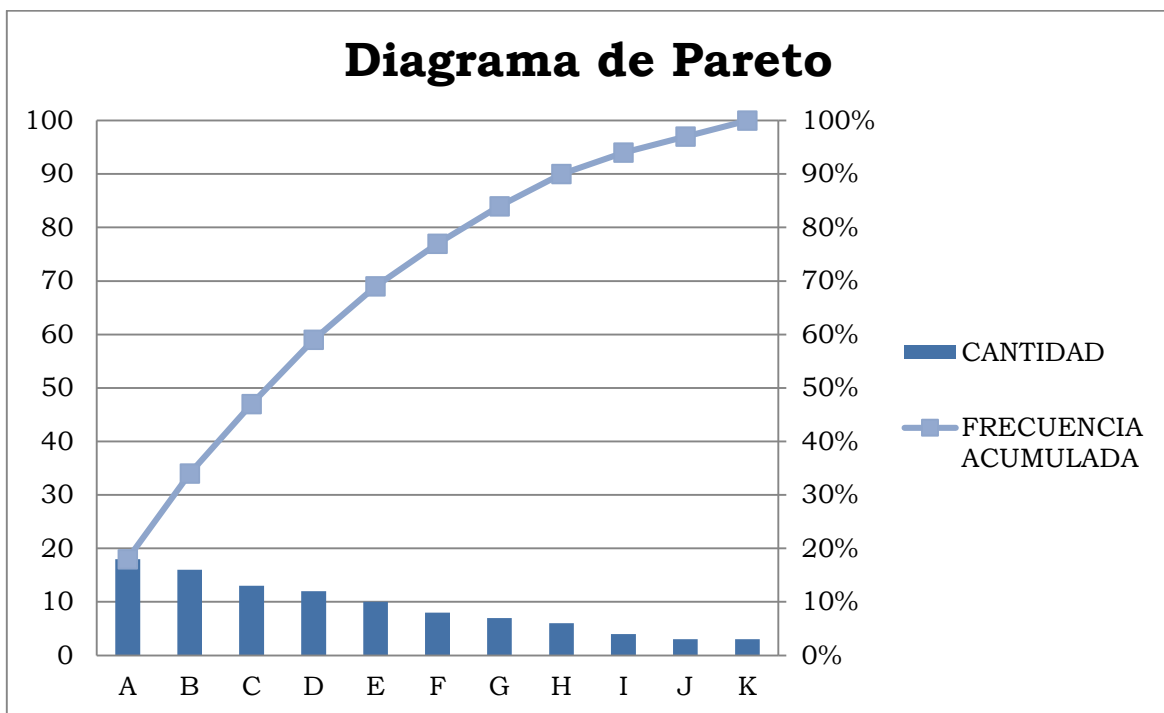


*Ilustración 2.5: Histograma*

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.2 DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Permite detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de las causas. (Pérez López, 2015)



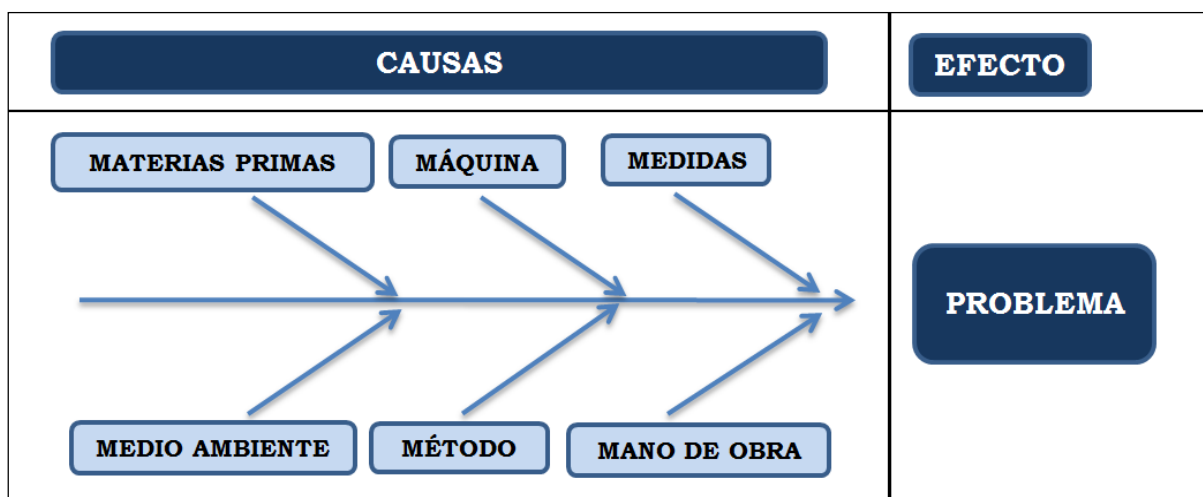
*Ilustración 2.6: Diagrama de Pareto*

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.3 DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO

El diagrama de causa - efecto es conocido también como el “diagrama de las espinas de pescado” por la forma que tiene o bien con el nombre de Ishikawa por su creador, fue desarrollado para facilitar el análisis de problemas mediante la representación de la relación entre un efecto y todas sus causas o factores que originan dicho efecto.

Así pues el diagrama causal es una forma gráfica, ordenada y sistemática para representar el complejo entramado de causas posibles que hay detrás de un efecto. Se emplea para poner de manifiesto las posibles causas asociadas a un efecto, facilitando de esta forma la tarea de identificar los factores verdaderos. (Velasco Sánchez, 2010)



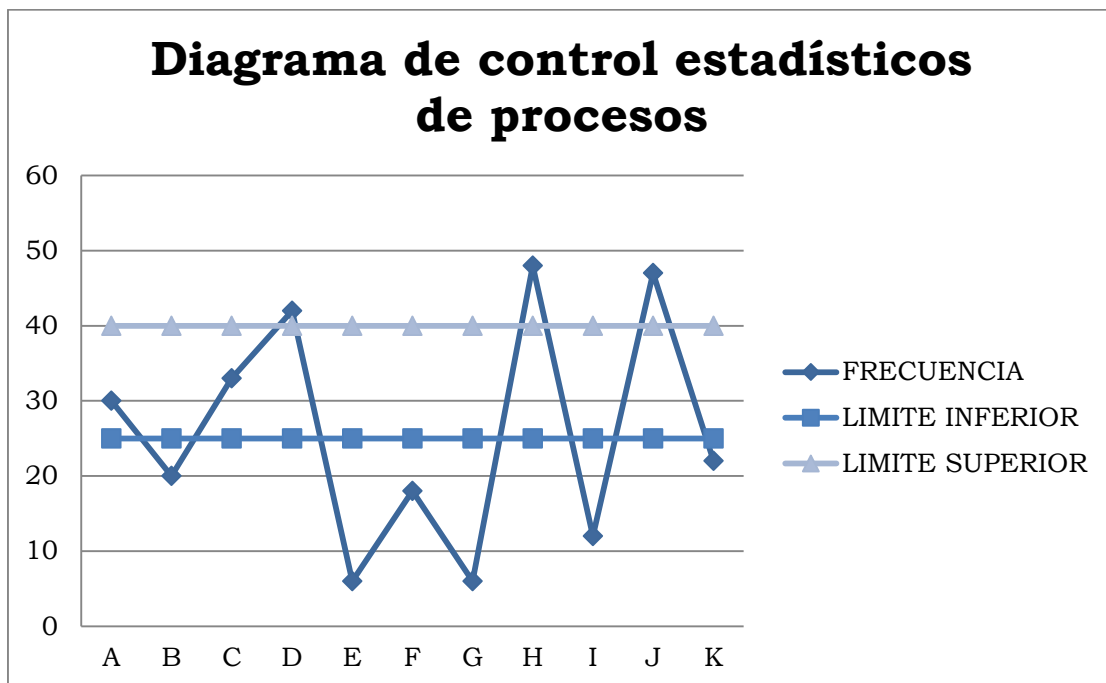
*Ilustración 2.7: Diagrama causa - efecto*

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.4 DIAGRAMA CONTROL DE PROCESOS

Los gráficos de control, basándose en técnicas estadísticas, permiten usar criterios objetivos para distinguir variaciones de fondo de eventos de importancia. Casi toda su potencia está en la capacidad de monitorizar el centro del proceso y su variación. Recopilando datos de mediciones en diferentes sitios en el proceso, se pueden detectar y corregir variaciones que puedan afectar a la calidad del producto o servicio final, reduciendo desechos y evitando que los problemas lleguen al cliente final.

Los límites de control de su gráfica de control representan la variación de su proceso y le ayudan a indicar cuando este está fuera de control. (Pérez López, 2015)

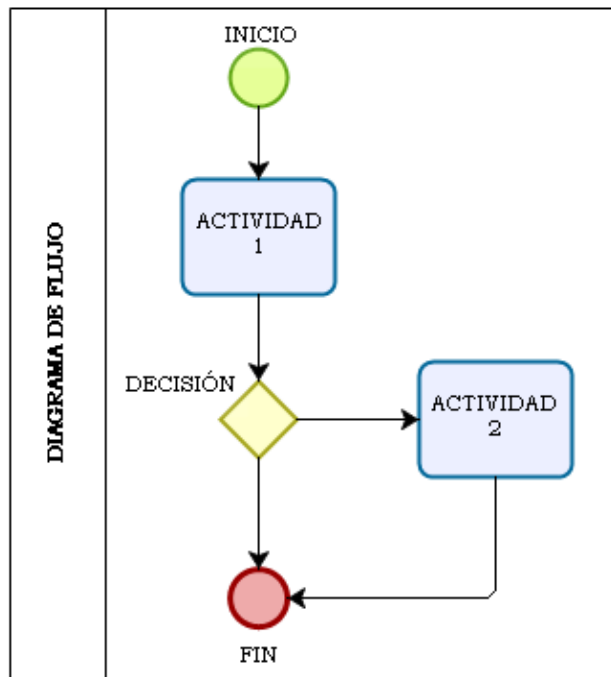


*Ilustración 2.8: Diagrama control estadístico de procesos*

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.5 DIAGRAMA DE FLUJO

Es un diagrama gráfico que representa los flujos de las actividades de trabajo paso a paso de negocio y operacionales de los componentes en un sistema. (Cruelles, 2012)



*Ilustración 2.9: Diagrama de Flujo*

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.6 BIZAGI PROCESS MODELER

Es un modelador de procesos que permite representar de forma esquemática todas las actividades y decisiones que se toman en el negocio.

En el presente proyecto de título, esta herramienta se utilizar para la realización de diversos diagramas.

# CAPÍTULO 3: EMPRESA

<b>RUT</b>	<b>76.032.263-6</b>
<b>RAZÓN SOCIAL</b>	Nexans Chile S.A.
<b>GIRO</b>	Fabricación, Comercialización, Importación y Exportación de cables y conductores eléctricos.
<b>TELÉFONO</b>	3520100
<b>DIRECCIÓN</b>	Ureta Cox #930, San Miguel. Santiago

*Tabla 3.1: Nexans Chile S.A*

Fuente: Elaboración Propia

## 3.1 NEXANS EN EL MUNDO



*Ilustración 3.1: Nexans en el Mundo*

Fuente: Nexans Chile S.A

## **3.2 HISTORIA**

El Grupo de empresas Nexans cuenta con presencia industrial en 39 países y actividades comerciales en todo el mundo, siendo uno de los mayores líderes mundiales en la fabricación de cables y soluciones para energía y comunicaciones.

Nexans comenzó sus actividades en Chile en el año 2008, tras adquirir la unidad de cables de la compañía Chilena Madeco, empresa de gran tradición industrial en el país, fundada en 1944 para abastecer al mercado local, constituyéndose en el tiempo como el líder indiscutido en el mercado.

Con esta operación, Nexans no solo concretó su ingreso a Chile, sino que estableció una estrecha relación con nuestro país consolidándose como líder en el mercado nacional, con una oferta de cableado de alta calidad, potenciada con el sello de innovación permanente que caracteriza a la compañía.

A la fecha, Nexans se ha posicionado en Chile como el proveedor de cables y sistemas de cableado más confiable del mercado nacional, abasteciendo múltiples áreas de la economía, como construcción, energía, industria, minería, entre otras.

Uno de los grandes avances que ha dado Nexans a nivel local es convertir a su filial Chilena en un proveedor a nivel latinoamericano de soluciones de cableado para la minería, aprovechando así el gran conocimiento y liderazgo global que tiene Chile en la materia. Es así como los productos y servicios diseñados y desarrollados en Chile, son hoy parte del catálogo global de Nexans, aportando soluciones innovadoras y de calidad a clientes en toda la región e incluso otros continentes. (Nexans.cl, 2014)

## **3.3 VISIÓN**

“Ser la empresa de conductores eléctricos líder y de mayor prestigio en la industria, preferida por nuestros clientes por la calidad de nuestros productos, servicios y capacidad de innovación, comprometida con un buen clima laboral, y respetuosa de la comunidad y el medio ambiente”. (Briones, 2015)

### **3.4 MISIÓN**

“Desarrollar y proveer soluciones integrales de conductores eléctricos de alto valor agregado que contribuyan una ventaja competitiva y contribuyan al éxito del negocio de nuestro clientes en el largo plazo.

Generar un justo retorno sobre el capital invertido a nuestros accionistas a través de un manejo eficiente y responsable de los recursos que nos han confiado.

Definir e implementar políticas de compensación, capacitación y desarrollo de carrera para el crecimiento personal y profesional de nuestros empleados.

Actuar de manera responsable con la comunidad y con el medio ambiente en el desarrollo de nuestros negocios.” (Briones, 2015)

### **3.5 VALORES**

#### **3.5.1 PENSAR EN EL CLIENTE**

“Situamos a nuestros clientes en el centro de nuestra actividad, escuchándoles activamente, esforzándonos por comprender plenamente sus expectativas, anticipándonos a sus necesidades cambiantes y respondiendo impecablemente ofreciéndoles mejores productos, servicios y valor agregado.”

#### **3.5.2 VALORAR A LAS PERSONAS**

“Reconocemos a las personas como la fuente de nuestro éxito. Damos prueba de fiabilidad, transparencia, honestidad, confianza y respeto hacia nuestros colegas y su diversidad. Nos comprometemos con los valores de Nexans. Esperamos un trato justo, una progresión y oportunidades para desarrollar nuestras competencias.”

### **3.5.3 COMPROMETERSE CON LA EXCELENCIA**

“Alcanzamos la excelencia en nuestros productos, procesos y servicios gracias al intercambio de conocimientos, al desarrollo personal, a la mejora continua, a la preocupación por la seguridad y a una calidad de ejecución ejemplar.”

### **3.5.4 TOMAR LA INICIATIVA**

“Construimos juntos una cultura dinámica que fomenta la pro actividad, la flexibilidad y la innovación en el logro de nuestros objetivos estratégicos. Nosotros anticipamos y conducimos el cambio.”

### **3.5.5 SER RESPONSABLE**

“Demostramos la integridad asumiendo plenamente nuestras acciones. Conducimos el negocio de forma ética y segura, respetando el medio ambiente y apoyando a las comunidades en las cuales estamos presentes.”

### **3.5.6 TRABAJAR GLOBALMENTE**

“Reconocemos la primicia del grupo. Trabajamos juntos de forma transversal, colaborando dentro y fuera de las fronteras de la organización. Fomentamos la apertura, la transparencia y el intercambio de información y conocimientos.” (Briones, 2015)

### 3.6 PARTICIPACIÓN DE MERCADO

En Chile, existen aproximadamente veinte empresas que se dedican a la producción, venta y comercialización de cables y conductores eléctricos, sin embargo, Nexans Chile tiene la mayor participación de mercado dentro de la competencia en la Industria del Cable. Este indicador fue obtenido en base a las ventas realizadas por cada empresa en proporción a la suma de estas mismas.

Con un 31% de participación de mercado en la industria del cable, Nexans Chile se posiciona como la empresa líder en ventas de este tipo de productos respecto la competencia. (Ver anexo 3)

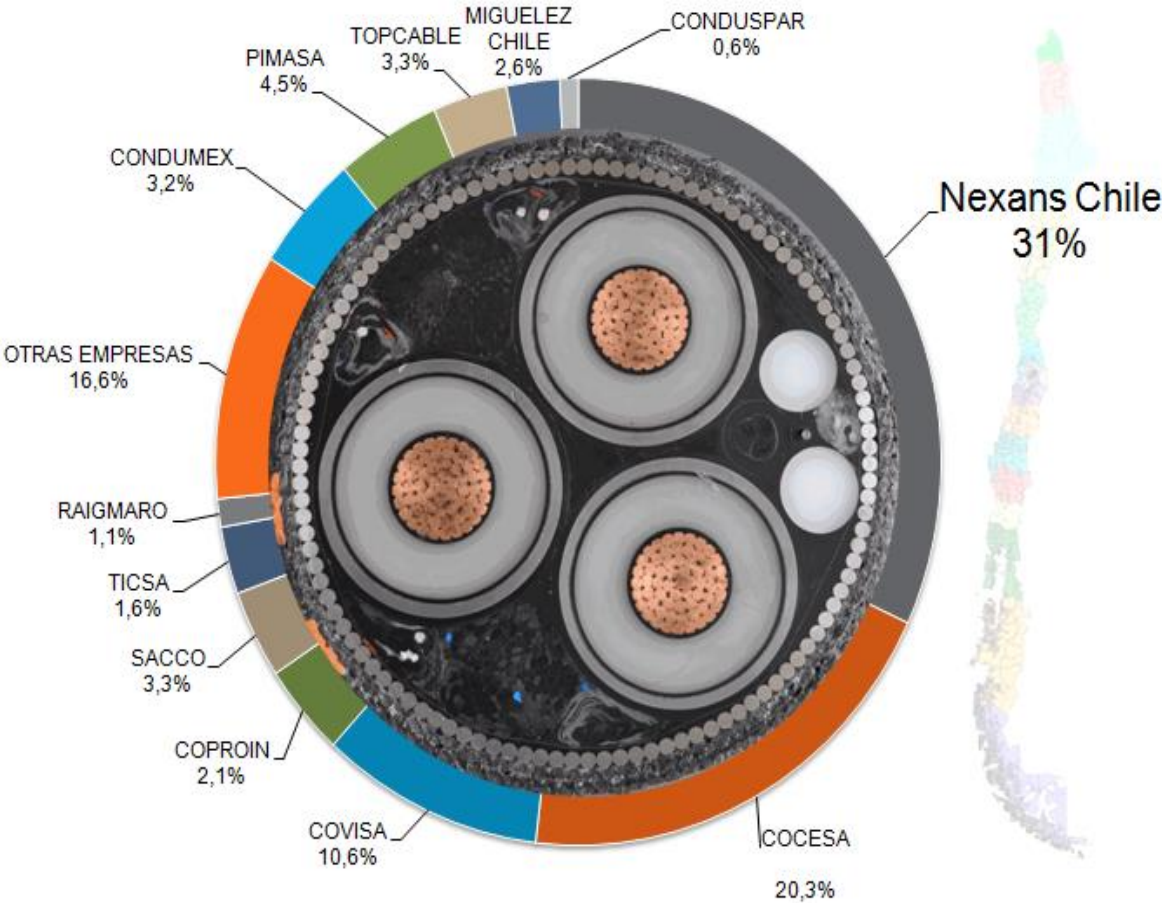


Ilustración 3.2: Participación de mercado Nexans Chile S.A

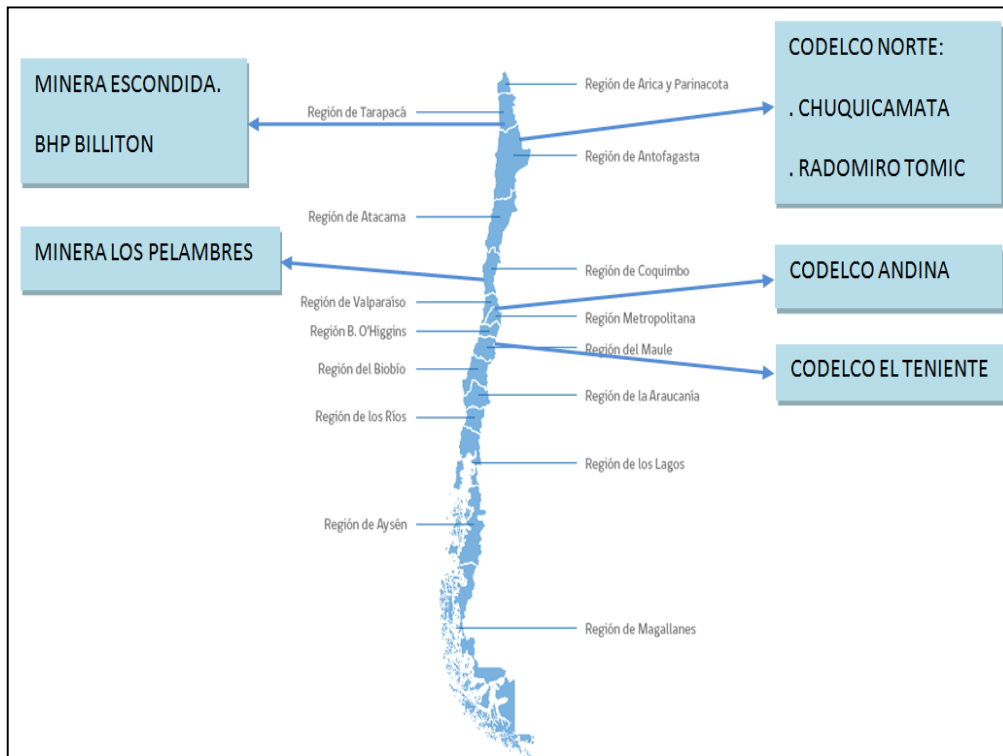
Fuente: Nexans Chile S.A

### 3.7 CLIENTES

Como Nexans Chile es una empresa dedicada a la fabricación de sistemas de cableados, todos sus clientes están relacionados con el área de la construcción. Dentro de sus principales clientes, se encuentran grandes cadenas de retail como lo son Sodimac y Dartel, quienes comercializan al detalle los productos orientados al hogar fabricados por Nexans.

Nexans también le vende productos a grandes inmobiliarias, quienes los utilizan en la construcción de viviendas y edificios.

La empresa posee una larga lista de clientes, entre los cuales se destacan las mineras más grandes del país, no solo por el volumen de compras que realizan, sino que también por comprar los productos más complejos fabricados por Nexans.



*Ilustración 3.3: Principales clientes de Nexans Chile S.A*

Fuente: Nexans Chile S.A

### 3.8 PROVEEDORES

Debido a los procesos de manufactura que emplea Nexans en la fabricación de sus productos, es imprescindible la utilización de materias primas que puedan transformarse en productos requeridos por el cliente. Por otra parte, y para poder operar la planta productiva es de vital importancia contar con energía eléctrica. Es por esto que los principales proveedores de Nexans, son aquellos que le entregan los materiales para poder producir y servicios por la energía que se requiere.

La empresa posee vínculos con 654 empresas, las cuales son las encargadas de proveer a Nexans de los materiales y servicios que se necesiten para poder desempeñarse satisfactoriamente.

A continuación se muestran las ocho empresas más relevantes para Nexans (Ver tabla n°3.2), considerando los pagos que se realizaron durante el año 2015, destacándose entre ellos, la minera Codelco como la empresa proveedora más importante, ya que es la que proporciona el cobre, material imprescindible en fabricación de cables eléctricos.

<b>EMPRESA</b>	<b>Total (€)</b>
<b>CODELCO</b>	136.521.514
<b>COLADA CONTINUA CHILENA S. A.</b>	3.336.287
<b>INDECO S.A.</b>	1.757.720
<b>COTELSA S.A.</b>	1.174.173
<b>CHILECTRA S.A.</b>	945.233
<b>SOC. QUIMICA IND. Y COM. COMPOFLEX</b>	888.379
<b>BOREALIS AG</b>	857.923
<b>KEVIN VIETNAM POWER CABLE CO. LTD</b>	690.636

*Tabla 3.2: Proveedores Nexans 2015*

Fuente: Nexans Chile S.A

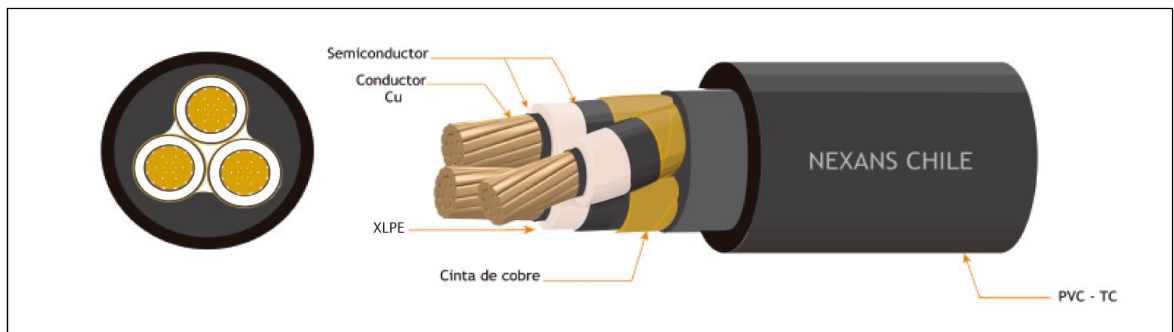
## 3.9 PRODUCTOS / SERVICIOS DE NEXANS

### 3.9.1 CABLES PARA GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

La generación, transmisión y distribución eléctrica requiere de sistemas confiables y eficientes para asegurar la continuidad del suministro en ambientes geográficos diversos y con agentes externos que pueden afectar los equipos. Por ello, es necesario contar con cables de alto desempeño y calidad, que permitan una operación libre de contratiempos.

El uso de nuevas tecnologías puede aumentar significativamente la capacidad de las redes de energía y reducir el riesgo de apagones. Existen soluciones de cableados personalizados que permiten abordar efectivamente esas necesidades.

La utilización de nuevas tecnologías en su fabricación, permite reducir el gasto en inversiones y el costo de operación, a través de diseños más eficientes e innovadores.



*Ilustración 3.4: Ejemplo de cable para generación y transmisión eléctrica*

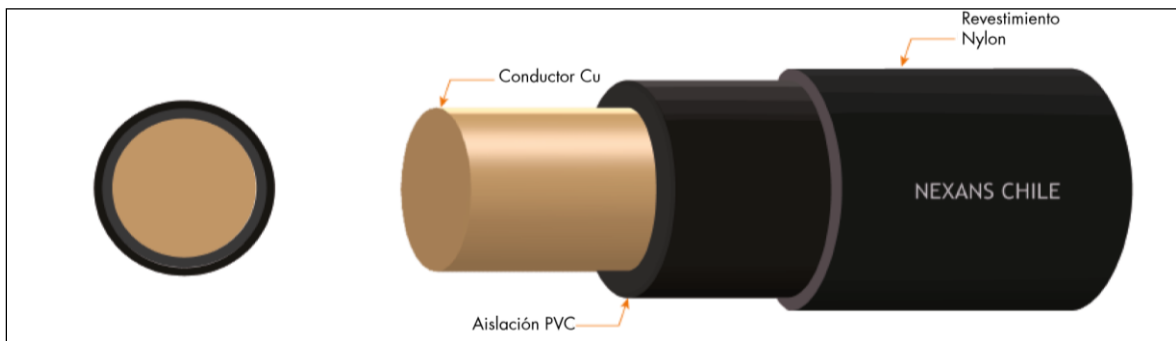
Fuente: Nexans Chile S.A

### 3.9.2 CABLES PARA USO RESIDENCIAL

Proteger a las personas y los equipos de cada vivienda es fundamental. La calidad y confiabilidad de los sistemas eléctricos son primordiales. Investigaciones han demostrado que los cables libres de halógenos y resistentes al fuego contribuyen significativamente a preservar la integridad de los circuitos eléctricos, retardando la propagación de las llamas y reduciendo la formación de humos opacos y gases tóxicos.

Manipular los cables eficientemente, es uno de los aspectos más importantes para fomentar la competitividad de la instalación eléctrica. Los cables flexibles y con alta deslizabilidad proporcionan cambios reales a un proceso de instalación más fácil y rápida.

La existencia de soluciones de cableado de uso domiciliario con menor resistencia al doblado, permiten minimizar los esfuerzos de la instalación y ahorrar significativamente el tiempo de ejecución.



*Ilustración 3.5: Ejemplo de cables eléctricos para uso residencial*

Fuente: Nexans Chile S.A

### **3.9.3 CABLES COMERCIALES E INSTITUCIONALES**

Los edificios comerciales o institucionales como oficinas, mall u hospitales requieren de conductores que cumplan con esas exigencias y contribuyan a salvar vidas en caso de un incendio.

Una ágil instalación es esencial para fomentar la eficiencia y competitividad de la instalación eléctrica. Los cables flexibles y con alta deslizabilidad proveen cambios reales al proceso de instalación para hacerlo más fácil y rápido, duraderos y de calidad. La existencia de soluciones de cableado más resistentes y con menor resistencia al doblado permite minimizar los esfuerzos de la instalación y reducir las mermas.

Por su intensa actividad y flujo de personas, los edificios comerciales e institucionales requieren de equipos y soluciones de cables robustas que funcionen de manera segura y confiable. Resulta indispensable la continuidad del servicio para garantizar el funcionamiento de los sistemas que brinden una adecuada operación.

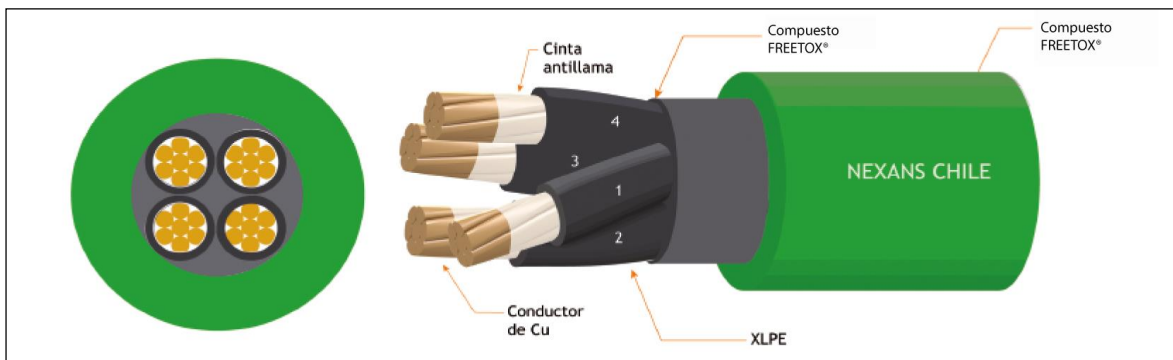
Cada hora de interrupción del servicio, por mal funcionamiento, es sinónimo de pérdidas importantes en los negocios.

### 3.9.3.1 CABLES PARA INDUSTRIA

Para garantizar el mejor rendimiento posible de los equipos que intervienen en el proceso de fabricación y producción, las distintas empresas industriales deben disponer de soluciones de cables adecuadas que aseguren una continuidad óptima de su servicio. Cualquier dificultad en la producción puede conllevar graves consecuencias técnicas y financieras.

Contar con equipos confiables y duraderos es primordial para los procesos productivos. Por ello, es necesario contar con cables de última generación que incorporen nuevos diseños y materiales para mejorar la eficiencia, prolongar la vida útil y hacer más competitiva y eficiente la operación.

Proteger los equipos y a los trabajadores es una preocupación diaria en toda industria. Existe una amplia gama de cables de baja y media tensión que ayudan a incrementar la productividad industrial, mejorar el rendimiento empresarial, potenciar la seguridad y garantizar redes fiables a largo plazo.



*Ilustración 3.6: Ejemplo de cables eléctricos para uso industrial*

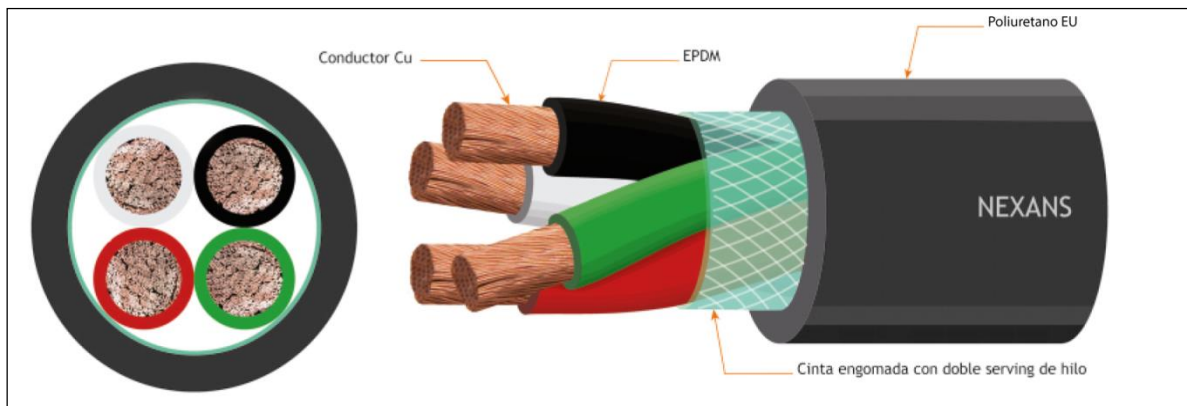
Fuente: Nexans Chile S.A

### 3.9.3.2 CABLES PARA OBRAS VIALES

Las obras viales, como autopistas y Metro, son proyectos pensados para una alta afluencia de personas. Por lo tanto, deben garantizar al máximo la seguridad de sus usuarios. Los sistemas de iluminación y señalética deben cumplir sus funciones de manera ininterrumpidas, para lo cual son necesarios conductores de uso para fuerza y alumbrado de seguridad extrema que deban seguir funcionando aún en caso de incendio.

Considerando la importancia de proteger la vida de las personas y preservar la integridad de los bienes, los cables eléctricos han incorporado la tecnología necesaria para proveer cables de poder y control con materiales del grupo de los acetatos (EVA), acrilatos (VAMAC) y carbóxidos.

Por su intensa actividad, las autopistas requieren de equipos y soluciones de cables robustas que funcionen de manera segura y confiable. Resulta indispensable la continuidad del servicio para garantizar el funcionamiento de los sistemas que brinden una adecuada operación.



*Ilustración 3.7: Ejemplo de cable eléctrico para uso en obras viales*

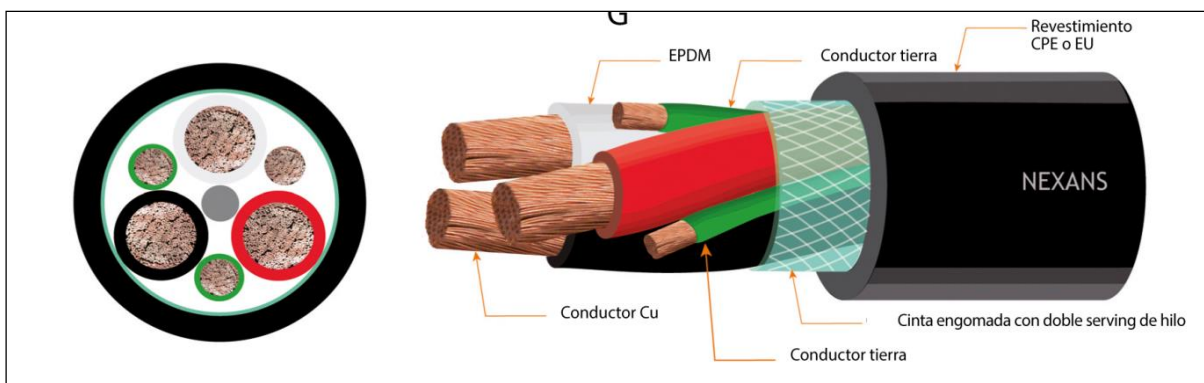
Fuente: Nexans Chile S.A

### 3.9.3.3 CABLES PARA MINERÍA

Para hacer frente a los desafíos de la minería de hoy, como son la extracción, carga y transporte, existen soluciones de cables innovadoras para minas subterráneas, las cuales incorporan tecnología de última generación pensadas en ambientes exigentes. Los cables reflectantes y con piloto reforzado son algunos de las soluciones innovadoras que se han desarrollado para este segmento de mercado.

En la industria minera, especialmente en la subterránea, es vital y mandatorio que los componentes del cable sean libres de halógenos, bajo en humos opacos, no propagadores de llamas y libres de gases tóxicos, para reducir los efectos adversos que pudieran afectar la seguridad de los trabajadores y de los equipos asociados. Los cables eléctricos deben cumplir con la normativa vigente en relación a su construcción e instalación.

El alto desempeño y la resistencia mecánica son atributos valorados por las empresas mineras en todos los productos y soluciones que utilizan. Por ende, los cables eléctricos deben cumplir con altas exigencias en su construcción, como por ejemplo, una armadura de acero, que permitan una extensa vida útil, incluso en entornos demandantes como los yacimientos a rajo abierto como subterráneo.

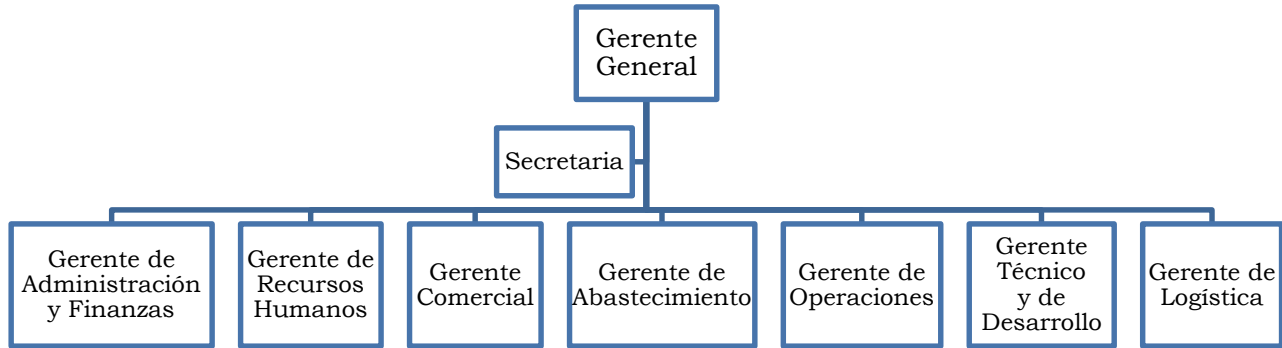


*Ilustración 3.8: Cables eléctricos para uso minero*

Fuente: Nexans Chile S.A

### 3.10 ORGANIGRAMA

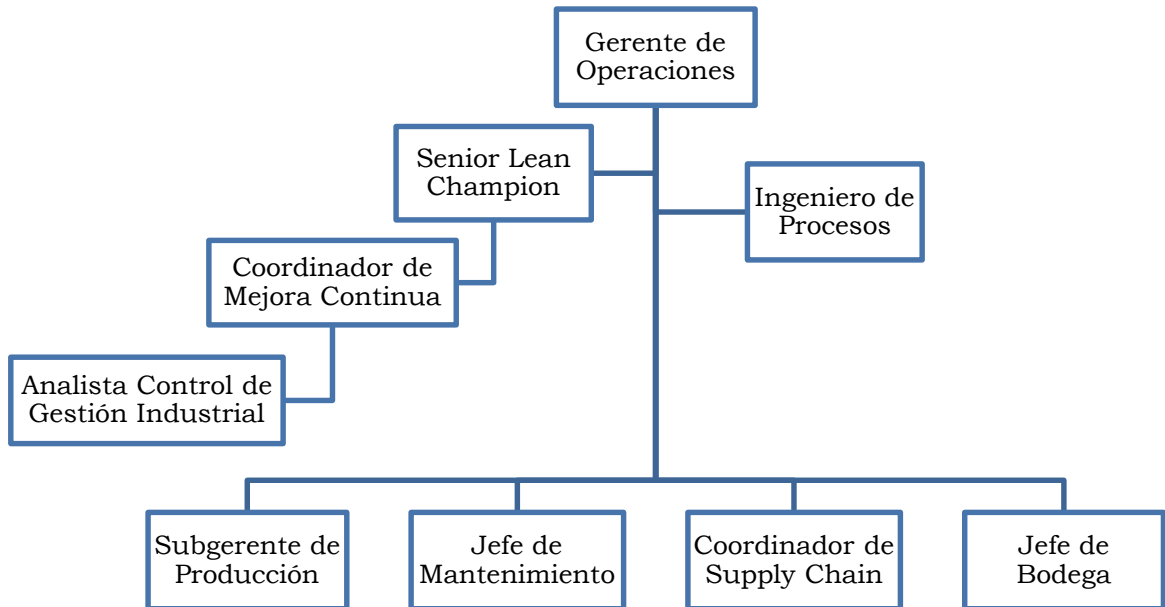
#### 3.10.1 ORGANIGRAMA EMPRESA NEXANS CHILE S.A.



*Ilustración 3.9: Organigrama Nexans*

Fuente: Nexans Chile S.A

#### 3.10.2 ORGANIGRAMA GERENCIA DE OPERACIONES



*Ilustración 3.10: Organigrama gerencia de operaciones*

Fuente: Nexans Chile S.A

### **3.10.2.1 GERENTE DE OPERACIONES**

El gerente de operaciones será el encargado de velar día a día por el correcto funcionamiento de la compañía. Las funciones a desempeñar son variadas, comienzan desde controlar y planificar las tareas en el corto y mediano plazo hasta supervisar y seleccionar personal. Es fundamental que el gerente de operaciones realice de manera correcta su trabajo, dado que es el principal tomador de decisiones en cuanto a las tareas diarias del área de operaciones.

La gestión de recursos es parte fundamental de la labor del gerente de operaciones, no solo maneja las materias primas como tal, sino que también consideramos al personal como un recurso que debe ser manejado de manera cuidadosa y eficiente. El manejo de inventario, compras y abastecimiento son pieza clave en la operación. Por otro lado, determinar la necesidad de personal, la contratación de los empleados y la supervisión de los mismos, además de controlar el presupuesto y los costos, buscando oportunidades de ahorros son parte de las funciones estratégicas que debe desarrollar el gerente.

### **3.10.2.2 INGENIERO DE PROCESOS**

Cuando en el departamento de producción se desea instalar un nuevo sistema o proceso, el ingeniero de procesos juega un rol fundamental. Principalmente, será el encargado de velar para que se esta tarea se haga de manera óptima, diseñando, evaluando y poniendo en marcha todo lo necesario para que este nuevo sistema o proceso funcione con éxito desde el primer minuto.

Cuando se quiere llevar a cabo la implantación o modificación de un nuevo sistema o proceso, se realiza el levantamiento al área de ingeniería de procesos para que ellos de manera formal realicen un estudio que determine todo lo que hará falta para que se lleve a la práctica (maquinas, mano de obra, espacio, etc)

### **3.10.2.3 SUB GERENTE DE PRODUCCIÓN**

Se desempeñan en la industria manufacturera y son los encargados por gestionar los materiales y el capital humano.

Se encargan de optimizar las habilidades de los empleados así como también su tiempo efectivo laboral, además de los recursos materiales buscando siempre la eficiencia en la producción. Deben velar por el cumplimiento de los plazos en la producción y de que se cumpla con los requisitos impuestos por el cliente.

### **3.10.2.4 JEFE DE MANTENIMIENTO**

Su principal función es lograr que todos los equipos necesarios para el funcionamiento normal de la planta productiva estén operativos. El mantenimiento, además de considerar las máquinas, también se enfoca en el entorno de trabajo, como por ejemplo velar por las condiciones mínimas sanitarias para que los trabajadores se sientan cómodos en su labor.

Por otro lado, es necesario que el jefe de mantenimiento se preocupe no solo de las reparaciones de las máquinas cuando estas presenten fallas, sino que también es ideal que siga una pauta de mantenimiento preventivo que evite tener detenciones de producción por fallas.

### **3.10.2.5 ANALISTA DE CONTROL DE GESTIÓN INDUSTRIAL**

El analista de control de gestión es el encargado de sintetizar los datos obtenidos de la operación, ya sean financieros, de productividad, etc., para posteriormente generar reportes que permitan apoyar la toma de decisiones en los distintos niveles de la compañía.

### **3.10.2.6 COORDINADOR DE SUPPLY CHAIN**

Gestiona y organiza todas las actividades relacionadas con la adquisición, producción y distribución de los bienes que una empresa fabrica y pone a disposición de los clientes.

Debe ser capaz de integrar las operaciones no solo a nivel de flujo de materiales o materias primas sino que también a respecto al flujo de información preocupándose desde el proveedor, pasando por la producción, la logística y llegando al cliente final.

La gestión de la cadena de abastecimiento comienza con la materia prima en bruto y culmina con la entrega del producto final al cliente.

La cadena de abastecimiento es pieza clave para el correcto funcionamiento de una empresa, pudiéndose convertir en una ventaja competitiva sustancial si es administrada de manera correcta.

### **3.10.2.7 JEFE DE BODEGA**

Está encargado de la gestión completa al interior de la bodega, desde el abastecimiento de productos, pasando por el control del inventario existente y llegando al cliente interno que son las diversas áreas de producción. La importancia del jefe de bodega es alta, dado que cualquier fallo en el stock de algún producto puede generar que se detenga la producción de una línea completa de producción. Debe gestionar la bodega de manera tal que en el momento que se requiera un material o producto este se encuentre disponible.

Junto con lo anterior, es importante que se preocupe de la mantención en óptimas condiciones de los materiales y productos existentes en bodega.

### **3.10.2.8 SENIOR LEAN CHAMPION**

La mejora continua es primordial en los tiempos actuales. Las ventajas competitivas y las diferenciaciones se logran gracias a la mejora de los procesos, a la búsqueda de nuevas oportunidades que permitan incrementar las ganancias y reducir los costos. El Senior Lean Champion es el líder de mejora continua al interior de la compañía. Su principal función es la búsqueda de oportunidades de mejora al interior de los procesos, no solo enfocado en la operación, sino que también en la cultura organizacional. La mejora continua, tal como su nombre sugiere, no termina nunca, es un proceso infinito mediante el cual se logran avances importantes en todo ámbito.

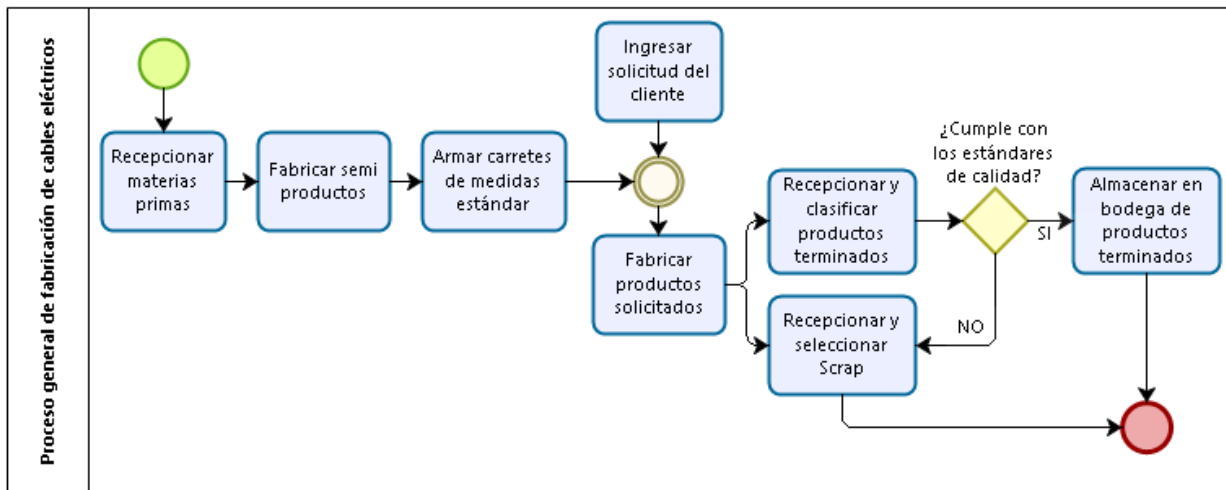
### **3.10.2.9 COORDINADOR DE MEJORA CONTINUA**

El coordinador de mejora continua, es el encargado de velar por el cumplimiento de todos los lineamientos que surgen del departamento de Mejora Continua. Se encarga de ejecutar los planes propuestos, alineando a todas las partes participantes para lograr los objetivos. Realiza su trabajo la mayoría del tiempo en terreno, en contacto con los colaboradores dado que ellos son la base del éxito de todas las propuestas de mejora.

# CAPÍTULO 4: PROCESO PRODUCTIVO DE CABLES ELÉCTRICOS

## 4.1 PROCESO GENERAL PARA LA FABRICACIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS

Un proceso productivo es una secuencia de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y su objetivo se centra en la transformación de materias primas y energía, con ayuda de la tecnología en bienes, pero inevitablemente, como resultado de este proceso, también se generan residuos, los cuales no agregan valor a los productos fabricados. (Bozarth & Handfield, 2006)



*Ilustración 4.1: Proceso general de la fabricación de cables eléctricos.*

Fuente: Elaboración propia

Para poner en marcha la fabricación de los cables eléctricos dentro de la planta productiva de Nexans Chile S.A es necesario comprender de manera global como se realizan las operaciones.

En una primera etapa, se reciben las materias primas para luego fabricar semi productos los cuales serán entregados a los siguientes pasos de

la fabricación en carretes de medidas estándar, los cuales parten desde los 1.000 metros y aumentan de mil en mil hasta llegar a carretes de 10.000 metros. Al término de esta etapa, el cable se encuentra aislado y en carretes de transición. Posteriormente, de acuerdo al tipo de cable que se quiera procesar, se necesitarán desde uno hasta seis carretes estándar, los cuales pueden ser iguales o no, dependiendo de la complejidad que se necesite para el producto.

Más adelante, al ingresar la solicitud del cliente y comenzar la preparación del pedido, se trabaja con el carrete estándar que más se aproxime a la cantidad requerida. A modo de ejemplo ("Reduzca los desperdicios; ahorre tiempo y dinero. - Nexans", 2016), si el cliente desea tres carretes de 300 metros cada uno de un determinado producto, se utiliza la medida estándar de 1000 metros, generándose así 100 metros de residuos que son considerados como scrap. Los 100 metros que quedaron como residuo, no necesariamente son producto defectuoso o que presente algún tipo de falla, pero no existe ninguna política dentro de la compañía que indique que este semi producto debe ser reutilizado para otro proceso, por lo cual pasa a ser considerado desecho.

Para finalizar el proceso de producción, se realiza el control de calidad, el cual está encargado de analizar los productos terminados y verificar si se cumplen los estándares de calidad, con el fin de asegurar la satisfacción de los clientes.

## 4.2 PROCESO PRODUCTIVO DE CABLES ELÉCTRICOS

El proceso de fabricación de cables eléctricos, está compuesto por una serie de subprocesos, los cuales se muestran a continuación:

(Ver ilustración n°4.2)

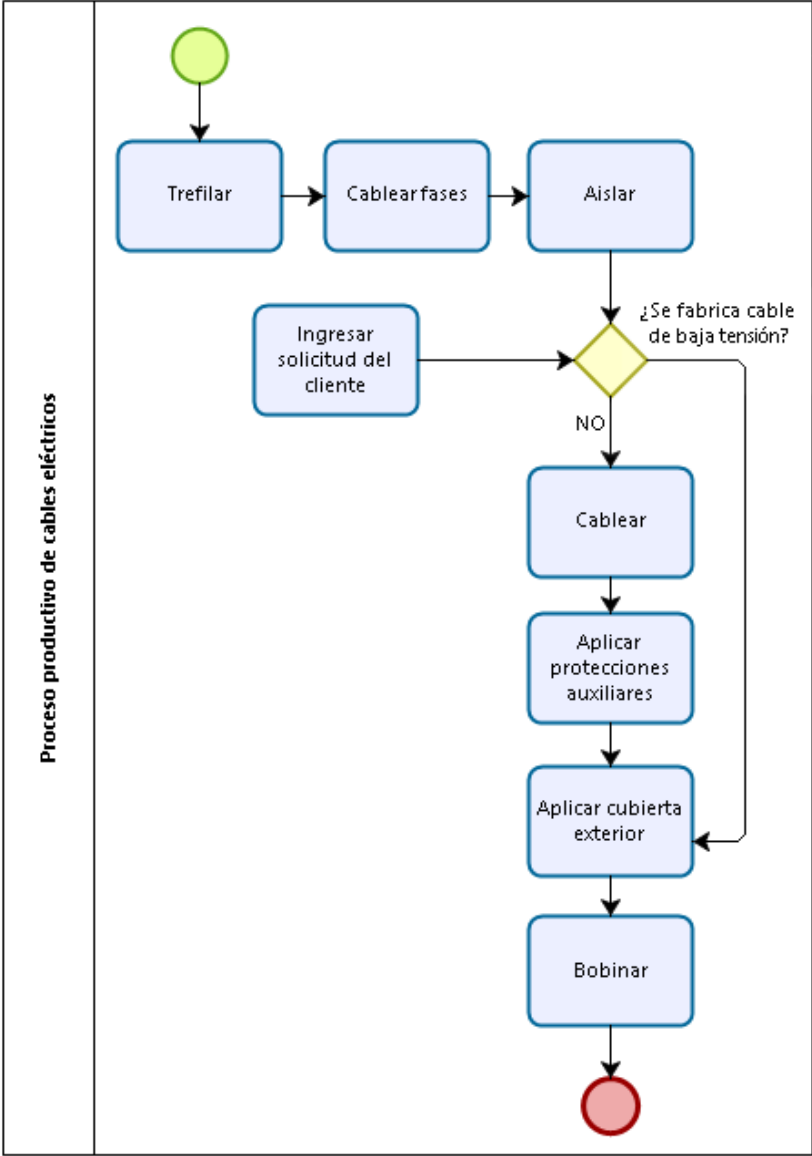


Ilustración 4.2: Proceso productivo de cables y conductores eléctricos

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.1 PROCESO DE TREFILADO**

Para comenzar con la producción de cables eléctricos, se reciben las materias primas, principalmente el cobre, el cual es el componente más importante para el desarrollo de este producto. El cobre llega en rollos de 5 toneladas en alambres de 8 mm de diámetro, el cual se denomina técnicamente “Alambrón”

Existen otros materiales que se utilizan en menor cantidad para la producción de cables eléctricos, algunos de los cuales se incorporan para mejorar las propiedades del cable, para aislar o proteger el cable, según se requiera. (Ver anexo 4)

La primera fase del trefilado se denomina desbaste, el cual es un proceso de deformación en frío que permite reducir el diámetro del alambre, sin generar virutas. En esta primera fase, el diámetro es reducido hasta alcanzar 2 mm de diámetro.

Al tirar del alambre, aplicando fuerza mecánica, este pasará por una matriz perforada en su interior con entrada cónica y forma circular. Al interior de la matriz, se produce la reducción de área entre la sección de material que entra y el que sale de aquella. El volumen del alambre, se mantiene, ya que el diámetro del alambre es inversamente proporcional a la longitud del mismo, es decir, mientras el diámetro disminuye, la longitud aumenta y viceversa. ("Trefilac S.A", 2013)

El proceso que se genera a temperatura ambiente es conocido como trabajo en frío, ya que no es sometido a la aplicación deliberada de calor. Este proceso aumenta la dureza y disminuye la ductilidad.

La segunda etapa del trefilado, se denomina trefilado fino, en donde el alambre de 2 mm reduce el diámetro hasta la medida de hilo definida para cada tipo de conductor.

El proceso alcanza una velocidad máxima de 35 m/s aproximadamente.

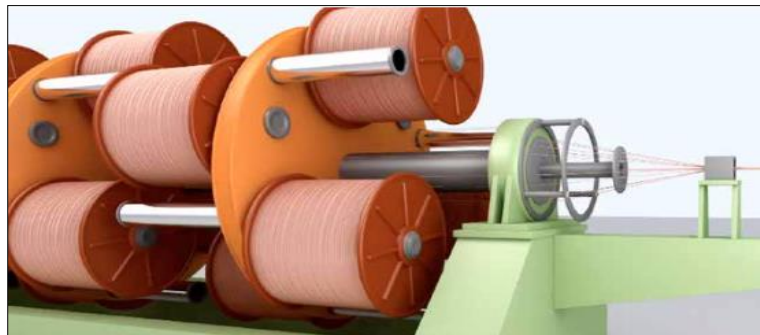
En la última fase del trefilado, todos los hilos se someten a un tratamiento térmico denominado recocido. La finalidad de esta etapa es aumentar la ductilidad y conductividad del alambre. Mediante el recocido, es posible reducir la dureza del material, siendo sometido a temperaturas de

trabajo las cuales varían entre los 1.100°C a 1.400°C dependiendo de las características que se requieran para el conductor.

El recocido se realiza en tres etapas: primero se calienta el material hasta la temperatura de recocido deseada, luego se debe mantener la temperatura durante un tiempo determinado y para terminar, se deja enfriar lentamente. (Kalpakjian, Schmid, & Espinoza Limón Jaime, 2011)

#### **4.2.2 PROCESO DE CABLEADO DE FASES**

Posterior al proceso de trefilado, los hilos de cobre recocido se montan en una maquina trenzadora, la cual se encarga de agruparlos para formar conductores eléctricos. Este proceso se denomina cableado.



*Ilustración 4.3: Cableado de fases*

Fuente: Nexans Chile S.A

En el cableado, se forman los conductores de secciones muy diversas, desde una muy pequeña como 0,5 mm<sup>2</sup> hasta otras para circuitos de alta potencia, de 400 mm<sup>2</sup> o más.

### **4.2.3 PROCESO DE AISLAMIENTO**

En este proceso, se coloca un recubrimiento aislante sobre el conductor para evitar fugas de corriente.

Para aplicar la capa del material de aislamiento, el alambre se procesa a través de un cabezal de extrusión en donde se funde y aplica el aislante sobre toda la longitud del conductor para evitar la fuga de corriente. Los materiales de aislamiento pueden ser de distinta naturaleza, principalmente PVC, EPR, y XLPE.

En función de las características que se requieren para el cable, los materiales de aislamiento pueden variar, dependiendo de sus características básicas; capacidad de aislamiento y nivel térmico. La capacidad de aislamiento del material y su espesor determinarán la tensión máxima del cable. Un material de aislamiento con alto nivel térmico permitirá transmitir mayor potencia para una misma sección de conductor.

En una siguiente etapa, el cable pasará por piscinas de enfriamiento, ya que el aislante estará a temperaturas muy elevadas debido a la aplicación de calor durante la fundición del mismo. Estas piscinas contienen agua, las cuales a medida que avanza el cable, cada vez serán más frías.

La velocidad máxima de línea de este proceso alcanza los 300 m/min.

A lo largo de toda la longitud del cable, este se somete a un control de voltaje, con un aparato llamado Chispera, en donde se busca asegurar que la carga de aislamiento no presente fallas. Si la chispera se activa, esto quiere decir que el cable está teniendo fugas de corriente eléctrica.

### **4.2.4 PROCESO DE CABLEADO**

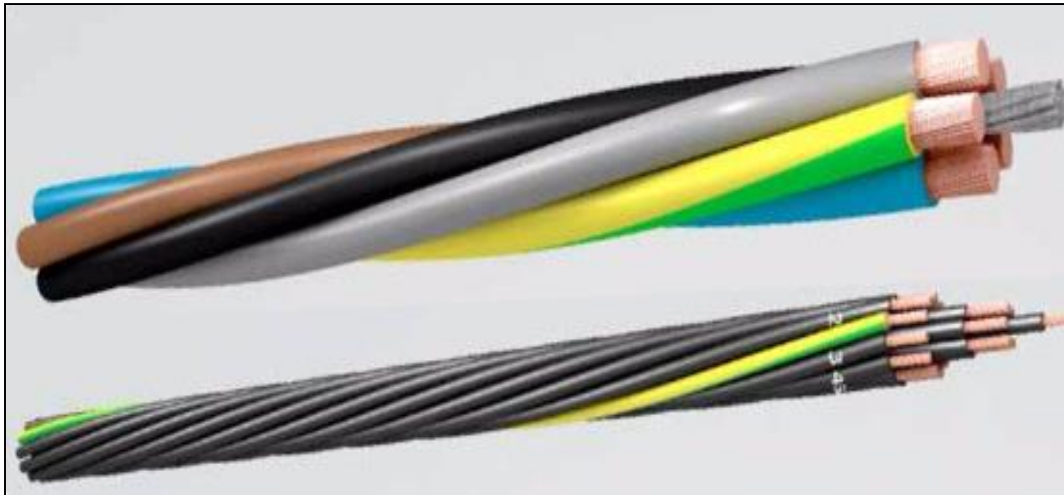
Esta etapa del proceso de fabricación de cables eléctricos, consiste en agrupar distintos conductores aislados, para formar un cable multipolar o multiconductor.

Si se está fabricando un cable de media o alta tensión, la cantidad de conductores que se trensarán en esta etapa será mayor. Por lo general, estos

cables se utilizan en la minería y es por esto que requieren una complejidad mayor.

En este proceso, también se realiza un control de voltaje sobre toda la longitud del cable fabricado.

Una vez que se tiene el cable multipolar trenzado, se enrolla en bobina industrial, quedando preparado para el siguiente paso de la producción.



*Ilustración 4.4: Diferentes cables multipolares*

Fuente: Nexans Chile S.A

#### **4.2.5 PROCESO DE APLICAR PROTECCIONES AUXILIARES**

Al comenzar esta etapa del proceso, el núcleo del cable ya está formado, pero en algunas ocasiones, y para mejorar el nivel de protección del cable, se requiere la incorporación de protecciones metálicas, ya sean eléctricas o mecánicas.

Las protecciones eléctricas, conocidas comúnmente como “Pantallas”, aíslan las señales que circulan por el cable de posibles interferencias externas. También blindan los cables de potencia para evitar que interfieran en circuitos de señal adyacente.



*Ilustración 4.5: Protecciones eléctricas*

Fuente: Nexans Chile S.A

Las protecciones mecánicas, se conocen también como “Armaduras” y se encargan de proteger el cable de agresiones externas, como golpes, ataque de animales o tracción. Las armaduras se fabrican en acero o aluminio y pueden ser de fleje, corona o trenza de hilos.



*Ilustración 4.6: Protecciones mecánicas*

Fuente: Nexans Chile S.A

Las armaduras de fleje, corresponden a una Cinta de acero o aluminio que envuelve la totalidad del cable a proteger. La armadura de corona de hilos, recubre con alambres toda la longitud cable. La trenza de hilos de acero, es un recubrimiento con alambres de acero trenzados. En estos tres casos, la forma de aplicación de la armadura ayuda a aumentar la flexibilidad del cable.

#### **4.2.6 PROCESO DE APLICAR CUBIERTA EXTERIOR**

En la última etapa de la fabricación los cables son recubiertos por materiales poliméricos para su protección, la cual se conoce como la cubierta exterior, que permite aislar el interior del cable de elementos externos, ya que podrían alterar sus propiedades eléctricas, como la humedad y lo protege de los golpes que pueda recibir durante la instalación y uso.

Al igual que en la etapa del aislamiento, en la aplicación de la cubierta exterior de un cable, también se realiza un control de voltaje para detectar fugas de corriente.

En este proceso, el material es fundido y se aplica sobre el núcleo del cable en forma continua. El material de la cubierta exterior, depende del nivel de protección que se requiera, de la flexibilidad final del cable y del entorno en el cual será utilizado.



*Ilustración 4.7: Cubierta exterior*

Fuente: Nexans Chile S.A

#### **4.2.7 PROCESO DE BOBINADO**

El bobinado es el proceso mediante el cual el producto final es enrollado en bobinas industriales. Mediante este proceso, el cable se transforma en producto final, siendo cortado de acuerdo a la longitud deseada, es enrollado en tambores de menor dimensión y es preparado para la entrega. Terminado este proceso, el cable está listo para ser evaluado por el equipo de control de calidad.



*Ilustración 4.8: Bobinado*

Fuente: Nexans Chile S.A

#### **4.2.8 PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD**

Para finalizar el proceso de producción, los cables fabricados se someten al control de calidad. La principal función es asegurar que los productos cumplan con los requisitos mínimos de calidad.

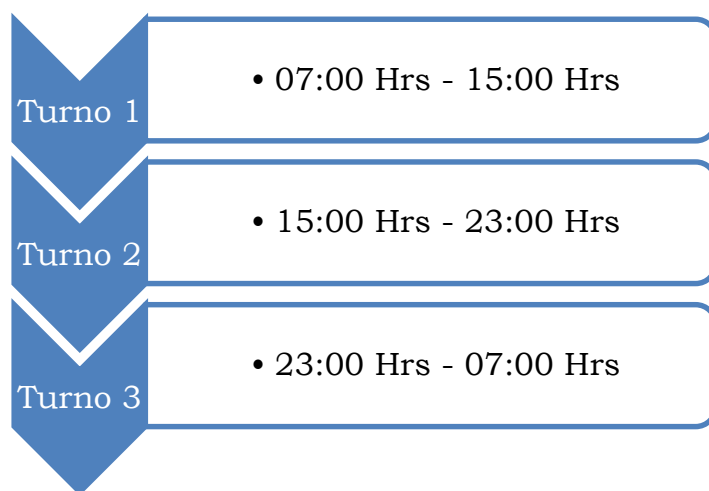
Los cables se someten a pruebas visuales, mecánicas y eléctricas, las cuales se llevan a cabo en el laboratorio de control especializado para esta actividad.

Solo después de haber superado todas las etapas de la revisión, estarán listos para ser almacenados o entregados a los clientes. En caso de que el producto no cumpla con los niveles exigibles de calidad, este será considerado Scrap, el cual es rotulado con una etiqueta que muestra que no cumple con la calidad requerida. (Ver anexo 6)

### 4.3 RÉGIMEN DE PRODUCCIÓN EN NEXANS CHILE S.A

En la planta productiva, se realiza producción continua (Krajewski and Ritzman, 2013), la cual permite fabricar muchos productos idénticos, ya que la línea de producción se mantiene en funcionamiento las 24 horas del día, los siete días de la semana.

En Nexans, la distribución de trabajo con la cual están organizados para cumplir con una producción continua, es de 3 turnos diarios de ocho horas cada uno.



*Ilustración 4.9: Distribución de turnos planta productiva*

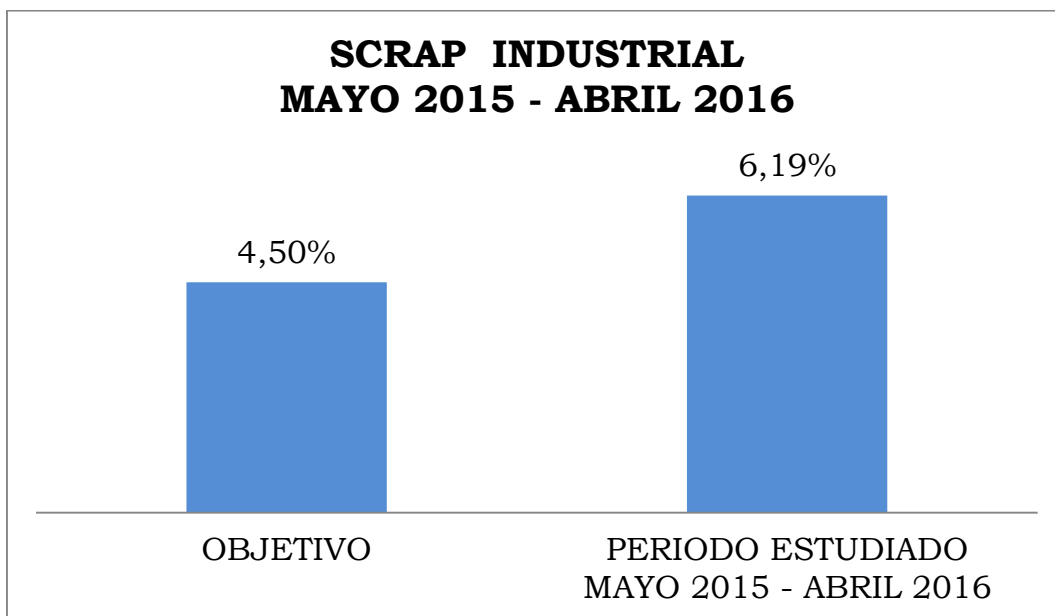
Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 5: DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

## 5.1 DEFINIR EL PROBLEMA

Actualmente en la planta productora de cables y conductores eléctricos se encuentran en una disputa respecto al índice de Scrap que se ha estado obteniendo durante los últimos periodos, los cuales se escapan del estándar establecido por el plan estratégico de la empresa.

Se puede apreciar en la gráfica que existe una brecha entre el Scrap máximo soportado por la empresa, el cual es 4,5% y el Scrap real que se ha estado registrando en los últimos 12 meses, el cual es, en promedio un 6,19% respecto a la producción total. (Ver ilustración n°5.1)



*Ilustración 5.1: Industrial Nexans Chile S.A*

Fuente: Elaboración propia

El periodo estudiado de 12 meses, corresponde a los meses que van desde Mayo de 2015 hasta Abril de 2016. La base de datos que se utilizará para el análisis son los kilos de productos que procesan, el registro de Scrap con respecto a cada máquina, mes y etapa del proceso productivo respecto a la producción.

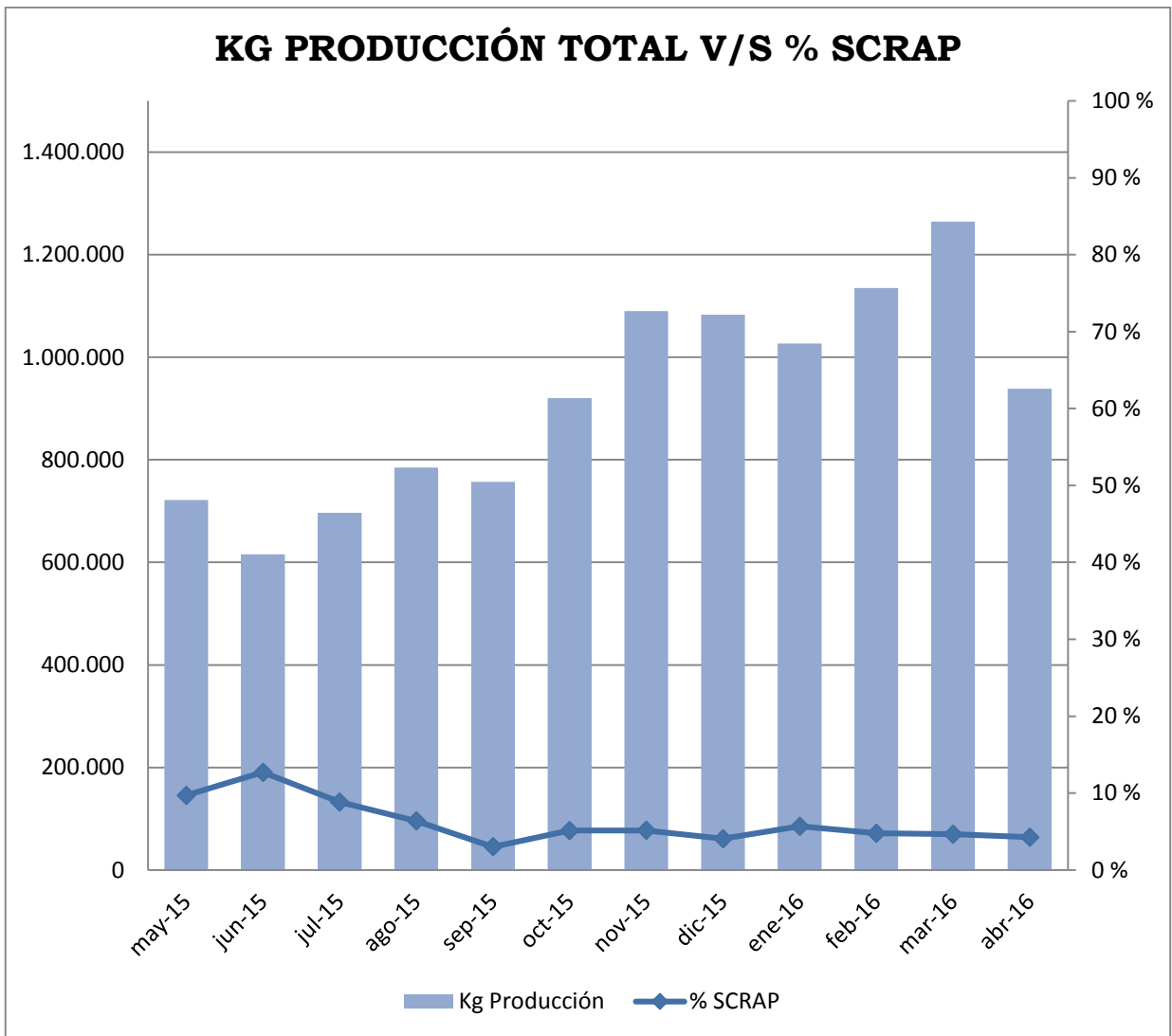
Dentro del registro histórico que se tiene, se puede apreciar que la producción no es constante, ya que esta se ajusta dependiendo de los requerimientos que tienen sus clientes.

A continuación se muestra un resumen de la producción total y el Scrap registrado en los meses que se estudiarán (Ver tabla n°5.1)

<b>MES</b>	<b>KG PRODUCCIÓN</b>	<b>KG SCRAP</b>	<b>% SCRAP</b>
<b>may-15</b>	721.352	69.878	9,69%
<b>jun-15</b>	615.381	78.108	12,69%
<b>jul-15</b>	696.978	61.509	8,83%
<b>ago-15</b>	784.559	49.951	6,37%
<b>sep-15</b>	756.802	22.704	3,00%
<b>oct-15</b>	920.528	47.120	5,12%
<b>nov-15</b>	1.090.170	56.078	5,14%
<b>dic-15</b>	1.083.177	43.962	4,06%
<b>ene-16</b>	1.027.063	54.784	5,33%
<b>feb-16</b>	1.134.962	55.575	4,90%
<b>mar-16</b>	1.264.868	58.599	4,63%
<b>abr-16</b>	938.699	42.323	4,51%
<b>TOTAL</b>	<b>11.034.539</b>	<b>640.591</b>	<b>6,19%</b>

*Tabla 5.1: Producción total V/S % SCRAP*

Fuente: Elaboración propia



*Ilustración 5.2: Gráfico, Kg producción v/s Scrap*

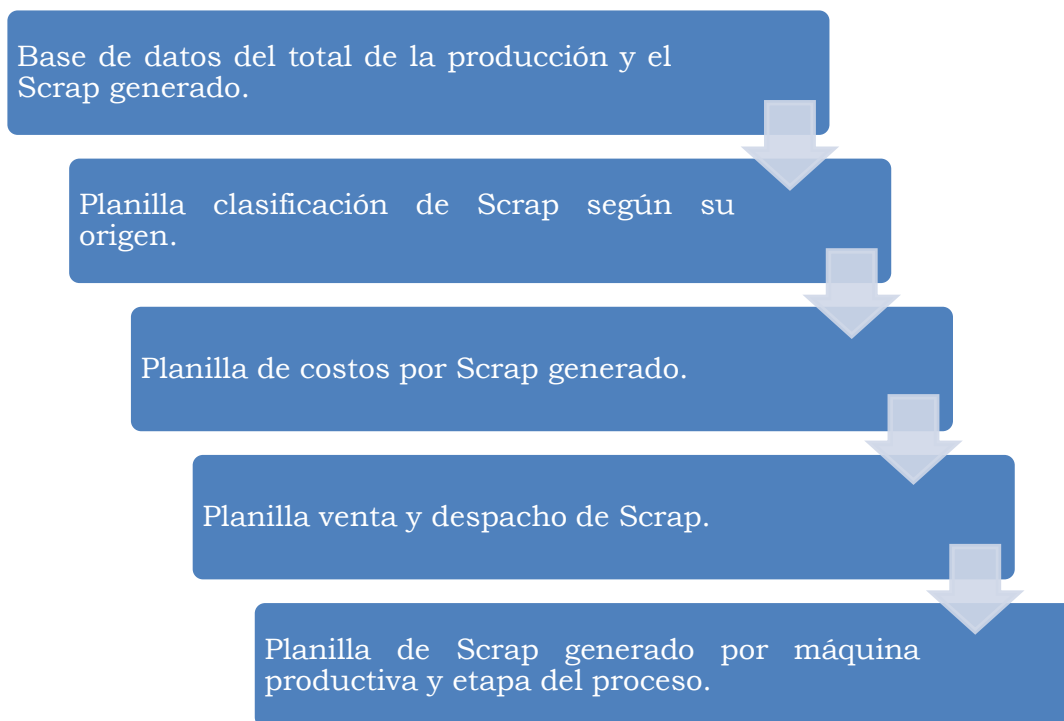
Fuente: Elaboración propia

## 5.2 MEDIR Y RECOPIRAR DATOS

Para llevar a cabo el correcto análisis fue necesaria la recopilación de información de distintas fuentes, principalmente datos obtenidos de la medición constante que realiza Nexans Chile S.A que posteriormente es ordenada, clasificada y almacenada en bases de datos internas.

Dentro de la gran cantidad de datos que se recopilan de manera mensual al interior de la compañía, los que son relevantes para el desarrollo de este proyecto de título tienen relación con la producción, entre ellos se cuentan los kilogramos de cable producidos cada mes y la cantidad de scrap generados cada mes. A nivel micro, en relación al scrap también se obtuvo datos referentes a la clasificación, cuantificación, venta y despacho del mismo.

Los datos recopilados comprenden un periodo que va desde el mes de Mayo de 2015 hasta Abril de 2016, ambos inclusive.



*Ilustración 5.3: Recopilación de datos*

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.1 DATOS A MEDIR

Para un correcto dimensionamiento del problema es necesario definir los datos que serán medidos en la investigación.

DATO	INDICADOR				
	CANTIDAD	%	COSTO TOTAL	COSTO VENTA	COSTO DE OPORTUNIDAD
Kilos de Scrap generados por etapa del proceso productivo	x	x	x		
Kilos de Scrap generado por máquina productiva	x	x	x		
Kilos de Scrap clasificados según su origen	x	x	x		
Kilos de Scrap vendidos	x	x		x	
Kilos de Scrap total producidos	x	x	x	x	x

*Tabla 5.2: Datos e indicador a medir*

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.2 ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo de Nexans Chile S.A describe el desarrollo de las actividades agregando valor en cada etapa hasta obtener el producto deseado.

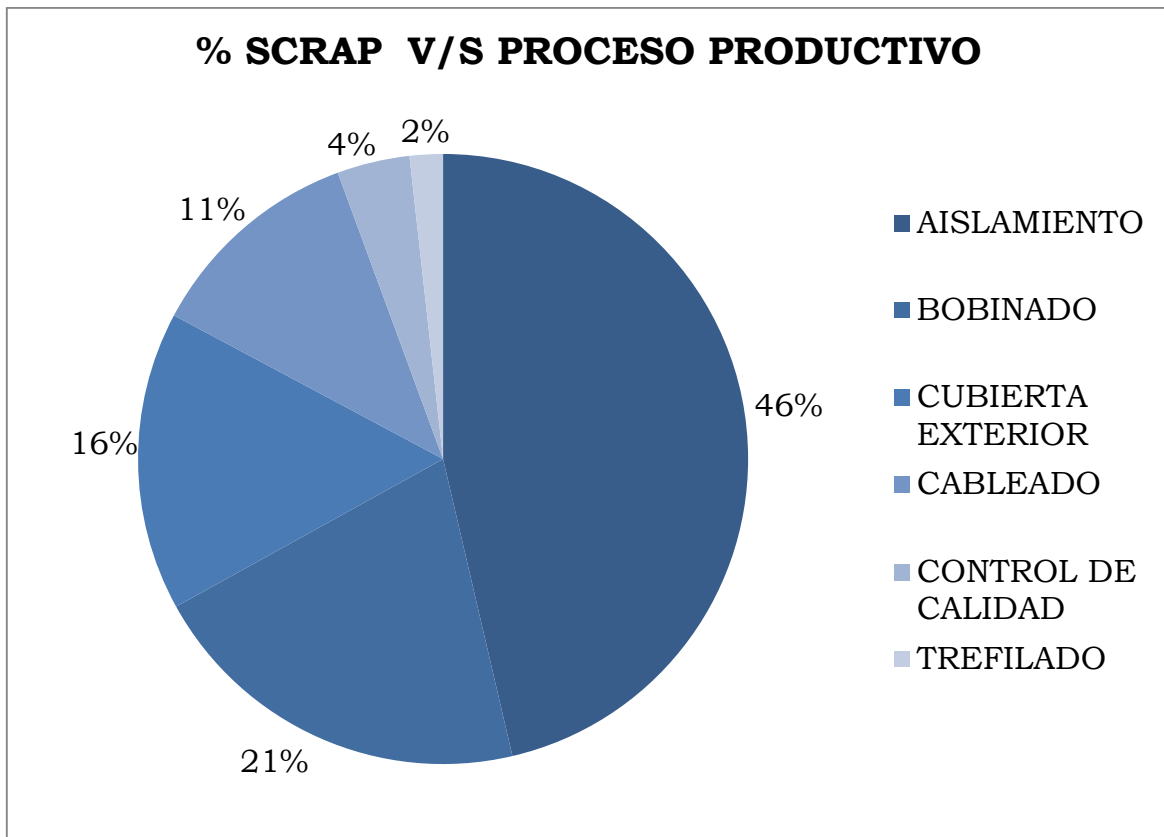
A continuación se muestra el resumen de los costos asociados por concepto de Scrap en relación a las etapas del proceso productivo. Mostrando gráficamente que durante los meses de estudio, el Scrap se cuantificó en \$510.828.416. (Ver tabla n°5.2)

<b>PROCESO</b>	<b>COSTO SCRAP (CLP)</b>	<b>% SCRAP</b>
<b> AISLAMIENTO</b>	\$ 236.758.244	46,35%
<b> BOBINADO</b>	\$ 105.296.379	20,61%
<b> CUBIERTA EXTERIOR</b>	\$ 80.920.746	15,84%
<b> CABLEADO</b>	\$59.189.561	11,59%
<b> CONTROL DE CALIDAD</b>	\$ 19.672.291	3,85%
<b> TREFILADO</b>	\$8.991.194	1,76%
<b> TOTAL GENERAL</b>	<b> \$ 510.828.416</b>	<b> 100%</b>

*Tabla 5.3: Costo Scrap v/s Proceso productivo*

Fuente: Elaboración propia

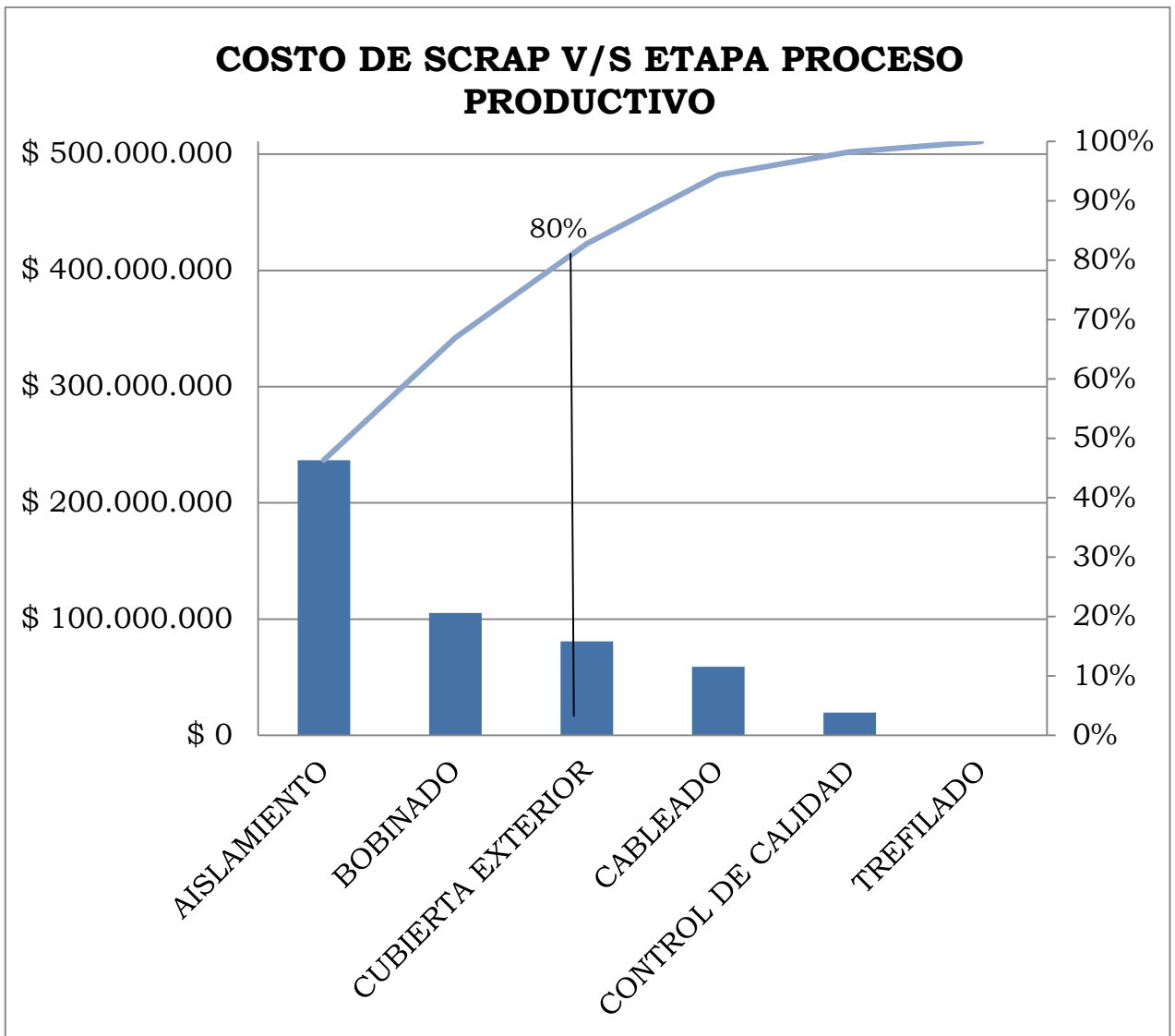
El porcentaje de Scrap que se obtuvo según los datos analizados respecto a las etapas del proceso productivo, indica que en el aislamiento se generan cerca del 50% de los productos disconformes o despuntes del proceso (Ver ilustración n°5.3), lo cual se traduce para la empresa en una pérdida de \$295.947.806.



*Ilustración 5.4: Scrap respecto a etapa de proceso productivo*

Fuente: Elaboración propia

Analizando el proceso productivo en cada una de sus etapas, fue posible apreciar que el 80% de la generación de Scrap está concentrado en las fases de aislamiento, bobinado y cubierta exterior (Ver ilustración n°5.5).



*Ilustración 5.5: Costo de Scrap v/s etapa de proceso productivo*

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 MÁQUINAS PRODUCTIVAS

Durante el periodo estudiado, Nexans Chile realizó sus operaciones con un total de 41 máquinas manufactureras. Cada una de las máquinas requiere un nivel de especialización distinto teniendo así operarios asignados para cada una de ellas. No obstante lo anterior, la existencia de algunas máquinas que comparten ciertas características dentro de una línea de producción permite que los trabajadores puedan operar más de una máquina, por otro lado, algunas de las máquinas mencionadas poseen procesos productivos con un alto grado de complejidad y requieren precisión por lo que sus operadores son específicos y ante la ausencia de estos se hace necesario paralizar su actividad o en su defecto y dadas las necesidades de cumplimiento ante el cliente otro operador se hace cargo sin tener necesariamente conocimientos sobre el funcionamiento de la máquina.

Se analizó y cuantificó el Scrap generado por cada una de las máquinas pertenecientes al proceso productivo y de acuerdo a los datos obtenidos se observó que en las máquinas con menor índice de Scrap el motivo por el cual este fue provocado se trata meramente de eventualidades. En aquellos casos y para efectos de análisis los datos referidos a estas máquinas son despreciables. Por el contrario, una máquina que genera un alto costo por concepto de Scrap, quiere decir que hay acciones mal ejecutadas o procesos que se repiten constantemente traducándose en productos que no cumplen con los estándares requeridos y clasificándose como desperdicio industrial.

A continuación se muestra el total de las máquinas en relación al costo por Scrap generado en el periodo estudiado para el presente proyecto de título. (Ver tabla n°5.4)

<b>MÁQUINA</b>	<b>COSTO SCRAP (CLP)</b>	<b>FRECUENCIA ACUMULADA</b>
200 - CABLEADORA ENROLLADORA DRUM	\$ 102.243.820	20,015%
332 - EXTRUDER Y VULCANIZADO DRY	\$ 44.252.539	28,678%
320 - LINE EXTR DAVIS STANDARD 6"	\$ 39.473.540	36,406%
401 - CORTADORA DE ROLLOS	\$ 30.546.313	42,385%

301 - LINEA EXTRUSIÓN DAVIS ESTANDAR	\$ 29.299.662	48,121%
311 - LINE EXTR DAVIS STANDARD 4. 1/2	\$ 28.856.494	53,770%
315 - LINE EXTR DAVIS STANDARD 4. 1/2	\$ 25.941.251	58,848%
406 - CORTADORA DE ROLLOS	\$ 17.807.703	62,334%
304 - LINE EXTR DAVIS STANDARD 3. 1/2	\$ 16.166.275	65,499%
611 - REENROLLADORA	\$ 15.256.055	68,486%
672 - PELADORA BLIS	\$ 15.246.543	71,470%
300 - LINEA FOAM SKIN SYNCRO	\$ 14.510.250	74,311%
220 - BUNCHER LESMO	\$ 14.405.102	77,131%
302 - LINE EXTR DAVIS STANDARD 3. 1/2	\$ 14.209.364	79,912%
670 - PELADORA MANUAL	\$ 11.377.959	82,140%
105 - TREFILADORA NIEHOOF MM85	\$ 11.246.107	84,341%
140 - LAMINADOR ROBERTSON	\$ 9.905.222	86,280%
410 - CORTADORA DE ROLLOS PS	\$ 8.045.995	87,855%
308 - UNILINE	\$ 7.858.066	89,394%
671 - PELADORA BUILDING WIRE	\$ 6.883.421	90,741%
201 - CABLEADORA WATSON	\$ 4.888.287	91,698%
216 - CABL DOBLE TORSION KRUPP HDK	\$ 4.596.750	92,598%
650 - CONTROL DE CALIDAD	\$ 4.416.236	93,462%
310 - LINEA EXTRUSION ROYLE 4. 1/2"	\$ 4.221.240	94,289%
331 - EXTRUDER Y VULCANIZADO DAVIS	\$ 4.031.536	95,078%
211 - CABLEADORA NORTHAMPTON	\$ 3.558.199	95,775%
110 - TREFILADORA BARCRO GRU	\$ 3.170.822	96,395%
407 - PS 200/8	\$ 3.022.372	96,987%
204 - CABLEADORA TUBULAR	\$ 2.617.956	97,499%
210 - CABLEADORA ARMADORAKRAFT	\$ 2.543.856	97,997%
203 - CABLEADORA WATSON TUBULAR	\$ 2.379.383	98,463%
122 - TREFILADORA MULTIHILLO	\$ 1.668.512	98,790%

404 - CORTADORA DE ROLLOS SK	\$ 1.455.798	99,075%
253 - CABLEADORA 2400 PARES DRUM	\$ 1.218.716	99,313%
205 - CABLEADORA 54+1, CABALLE	\$ 1.030.709	99,515%
601 - ESTAÑADORA COOK GRUESA	\$ 969.519	99,705%
101- TREFILADORA VAUGHM GRU	\$ 833.330	99,868%
230 - TRENZADORA WARDWELL 24	\$ 385.643	99,944%
252-CEECO CABALLE	\$ 238.198	99,990%
680 - BOTADORA METALURGIA	\$ 27.138	99,996%
202 - CABLEADORA WATSON	\$ 22.534	100%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>\$ 510.828.416</b>	

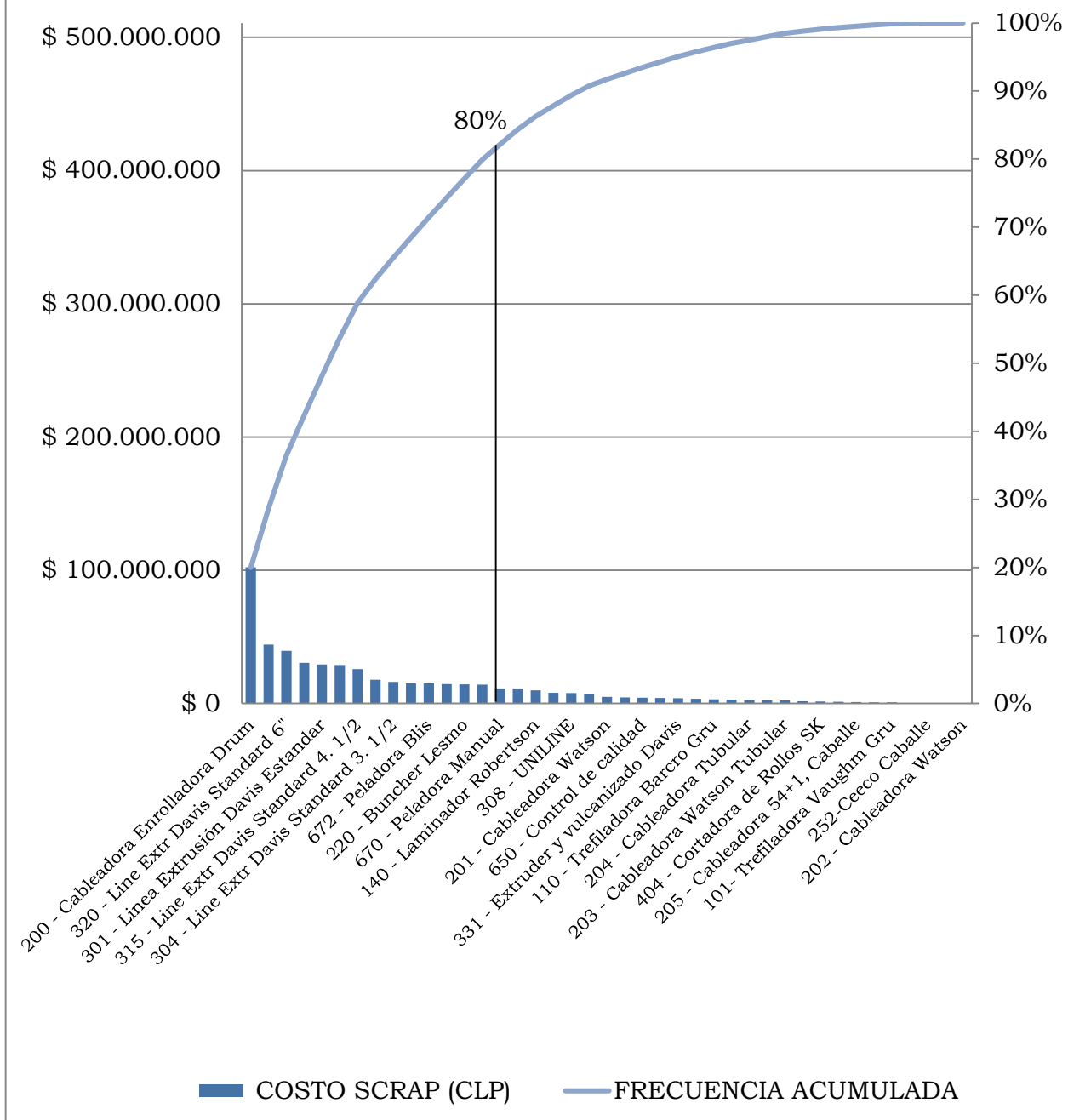
*Tabla 5.4: Costo Scrap asociado a Máquinas de Nexans*

Fuente: Nexans Chile S.A

Analizando la información referente a las máquinas manufactureras de la empresa y los costos asociados a estas por generación de Scrap, es posible observar (Ver ilustración n°5.5), que cerca del 80% de la generación de desperdicio se encuentra concentrado en 14 máquinas de las 41, es decir, en casi un 35% del total.

Es importante mencionar, que un alto índice de Scrap generado por cada máquina productiva no necesariamente significa que presente falla técnicas,

## COSTO DE SCRAP V/S MÁQUINA INDUSTRIAL



*Ilustración 5.6: Costo de Scrap v/s máquina*

Fuente: Elaboración propia

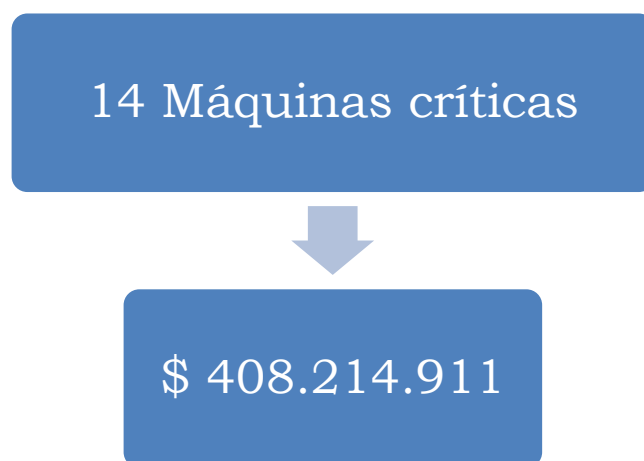
## 5.2.4 RELACIÓN MÁQUINAS Y ETAPAS PRODUCTIVAS CRÍTICAS

Al realizar el análisis por etapas del proceso productivo, es posible observar que tres de estas concentran el 83% de la generación total de Scrap durante el periodo estudiado, desde Mayo 2015 hasta Abril 2016. Dichas etapas corresponden a:

1. Aislamiento
2. Bobinado
3. Cubierta exterior

Por otro lado, se analizan las 41 máquinas participantes del proceso productivo en relación a la generación de Scrap que se produce en cada una de ellas. La concentración del 80% del Scrap se origina en 14 máquinas. Es importante señalar que la generación de Scrap por cada máquina, no necesariamente implica que la máquina se encuentre defectuosa, si no que puede deberse al proceso productivo asociado a esta, como también al sistema global de producción de cables eléctricos.

El costo asociado al Scrap producido en estas 14 máquinas críticas del proceso es de \$408.214.911.



*Ilustración 5.7: Costo de Scrap generado por máquinas críticas*

Fuente: Elaboración Propia

Posterior a estos análisis fue necesario realizar un cruce de información, con el cual se buscaba dilucidar a qué etapa del proceso productivo pertenecían estas 14 máquinas. De este cruce se obtuvo que dichas máquinas efectivamente pertenecen a los procesos críticos mencionados anteriormente, por lo que se realizará un análisis más profundo en estas etapas críticas del proceso. (Ver tabla n°5.4)

<b>MÁQUINA CRÍTICA</b>	<b>ETAPA PRODUCTIVA CRÍTICA</b>
<b>670</b>	BOBINADO
<b>332</b>	CUBIERTA EXTERIOR
<b>320</b>	AISLAMIENTO
<b>401</b>	BOBINADO
<b>205</b>	AISLAMIENTO
<b>311</b>	AISLAMIENTO
<b>315</b>	AISLAMIENTO
<b>406</b>	BOBINADO
<b>105</b>	AISLAMIENTO
<b>650</b>	BOBINADO
<b>672</b>	BOBINADO
<b>300</b>	AISLAMIENTO
<b>220</b>	AILAMIENTO
<b>302</b>	AISLAMIENTO

*Tabla 5.5: Máquinas críticas asociadas a etapas de proceso productivo*

Fuente: Elaboración Propia

### **5.2.5 PROCESO ACTUAL, REGISTRO Y DESPACHO DE DESPUNTE (SCRAP).**

Actualmente, dentro de la planta productiva de Nexans Chile, se produce el Scrap como consecuencia de la fabricación de productos. Se entiende como Scrap al conjunto de productos que fueron producidos sin cumplir los estándares de calidad, y que por ende, no pueden ser entregados al cliente y también, a los despunte obtenidos del proceso productivo. Este concepto se entiende como todos los trozos extras que se producen y que sobrepasan la longitud requerida, por lo cual se cortan y se almacenan como Scrap.

Las máquinas funcionan las 24 horas del día, en tres turnos de ocho horas cada uno. En cada turno hay un operador encargado del funcionamiento de la máquina, el cual es el responsable de la producción que se realiza durante este periodo. Durante el turno, además de fabricar el producto deseado, también se generan productos disconformes y despoints de cables, los cuales deben ser almacenados por cada encargado de máquina en depósitos de Scrap. Al final del turno, una grúa horquilla recolecta todo el Scrap que se generó en la planta productiva.

Una vez recolectado todo el Scrap, este se debe clasificar en diferentes cajas en base a sus características. Existen dos clasificaciones, el “Despunte metal forrado” el cual es el Scrap recuperable, ya que es posible utilizar nuevamente mediante un reproceso y el “Scrap no recuperable”. Para identificar a qué tipo de Scrap pertenecen, se rotulan con etiquetas de diferentes colores (naranja para el recuperable y azul para el no recuperable) en las cuales se ingresan datos tales como: qué tipo de material es, su peso neto y la fecha de rotulación.

Ya clasificado, el Scrap es transportado a la bodega que corresponda. En el caso del scrap recuperable, este es almacenado en la bodega de productos terminados y se preparan las cajas para ser despachado a la planta en la cual será reprocesado para lograr recuperar el material. Previo al despacho, es necesario realizar una comparación entre el peso real y el peso registrado, dado que no puede haber diferencias entre estos datos para efectos contables. Si los datos son concordantes, se imprime la etiqueta y se realiza el despacho. Por otro lado, el scrap no recuperable es almacenado en la bodega de materias primas y se cuantifica la pérdida de los materiales utilizados en esos productos disconformes. Para ambos casos, la encargada del retiro del scrap es la empresa Midas Chile, con casa central en la Región

Metropolitana. Dicha empresa se posiciona dentro de Chile como la más grande en procesos de reciclaje industrial de residuos no peligrosos.

A continuación se muestra el proceso descrito anteriormente a partir de la recolección del Scrap en la planta productiva (Ver ilustración n°5.6). Cabe destacar que el proceso fue diseñado por parte de los ingenieros de proceso de Nexans Chile.

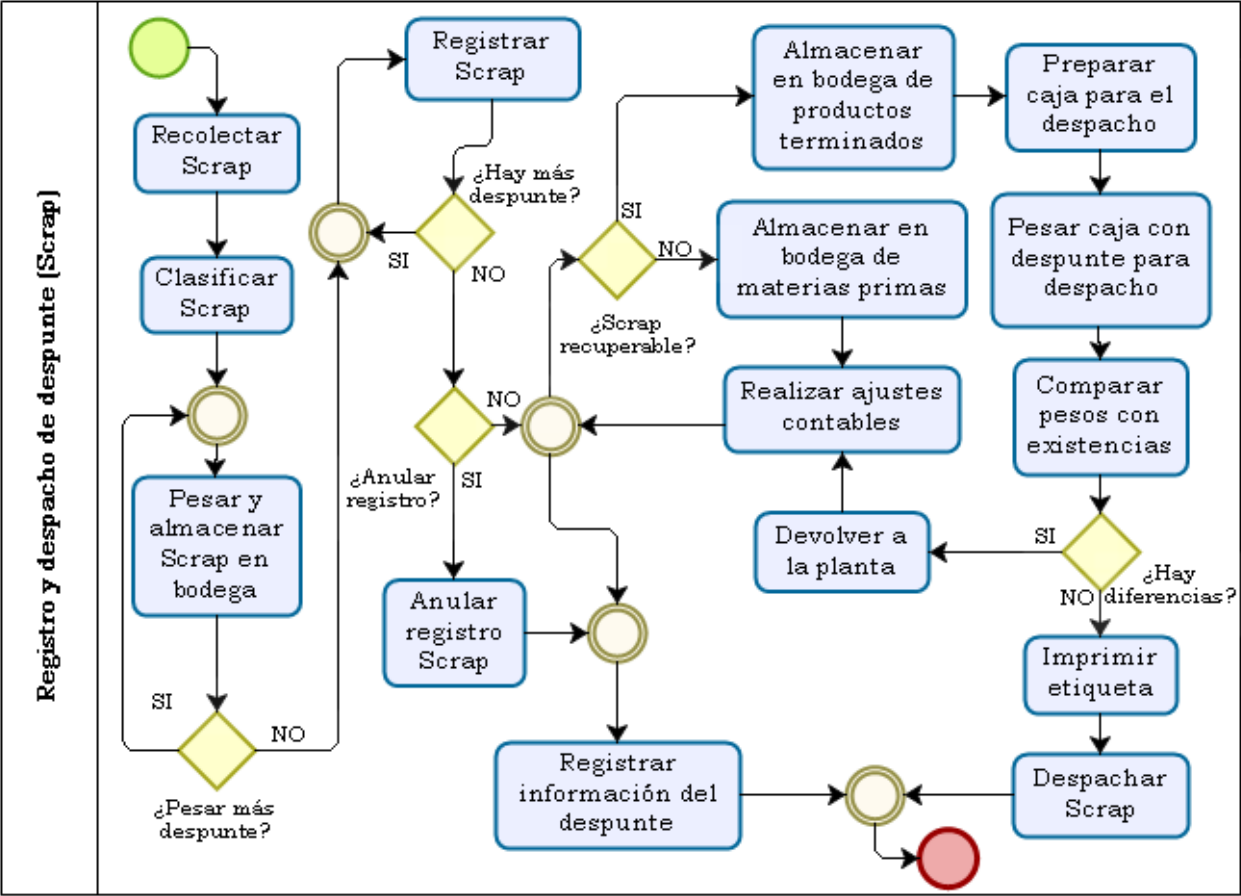


Ilustración 5.8: Proceso de registro y despacho de despunte (Scrap)

Fuente: Manual de calidad. Nexans Chile S.A

## 5.2.6 COSTO RECUPERADO POR VENTA DE SCRAP

Para poder vender el Scrap, Nexans en primera instancia debe clasificar el material en aquellos que contengan; cobre, estaño, acero, latón y aluminio. Solo estos materiales son comprados por la empresa Midas Chile S.A (Ver anexo 5)

El precio de venta por kilo de Scrap es el 50% del promedio del valor observado del dólar en el mes de venta según el Servicio de Impuestos Internos (Ver anexo 7). Considerando el bajo precio de venta de este material, se mantiene un acuerdo con la empresa Midas Chile; ellos se encargan de transportar y desechar todo el resto del scrap que no puede ser vendido, puesto que sus materiales no es posible volver a utilizarlos como materia prima.

Tal como se muestra en la siguiente tabla, en el periodo estudiado, desde Mayo 2015 hasta Abril 2016, se logró vender 220.277 kilos de Scrap, lo cual generó un costo recuperado de \$74.144.255. (Ver tabla n°5.6)

<b>MES</b>	<b>KG SCRAP VENDIDO</b>	<b>PRECIO/KG (CLP)</b>	<b>COSTO RECUPERADO POR SCRAP (CLP)</b>
<b>may-15</b>	14.546	305	<b>4.436.530</b>
<b>jun-15</b>	39.396	315	<b>12.409.740</b>
<b>jul-15</b>	24.678	325	<b>8.020.350</b>
<b>ago-15</b>	9.763	340	<b>3.319.420</b>
<b>sep-15</b>	20.522	345	<b>7.080.090</b>
<b>oct-15</b>	13.981	345	<b>4.823.445</b>
<b>nov-15</b>	15.086	350	<b>5.279.995</b>
<b>dic-15</b>	6.465	350	<b>2.262.855</b>
<b>ene-16</b>	9.776	365	<b>3.568.240</b>
<b>feb-16</b>	31.968	355	<b>11.348.640</b>
<b>mar-16</b>	16.817	335	<b>5.633.695</b>
<b>abr-16</b>	17.279	345	<b>5.961.255</b>
<b>TOTAL</b>	<b>220.277</b>		<b>74.144.255</b>

*Tabla 5.6: Costo recuperado por venta de Scrap*

Fuente: Nexans Chile S.A

## 5.2.7 CLASIFICACIÓN DE SCRAP

El Scrap producido en la planta productiva de Nexans Chile S.A se clasifica según su origen y es registrado por el operador de cada máquina en donde se produce. (Ver tabla n°5.5)

MES	CLASIFICACIÓN DE SCRAP SEGÚN SU ORIGEN (KG)					KG SCRAP TOTAL
	FIN DE PRODUCCIÓN	DESPUNTE	MATERIAL DEFECTUOSO	ERROR EN INGRESO DE PARÁMETROS	FALLA DE MÁQUINA	
<b>may-15</b>	36.282	17.944	10.482	4.472	699	<b>69.878</b>
<b>jun-15</b>	29.369	28.978	14.059	4.530	1.172	<b>78.108</b>
<b>jul-15</b>	21.221	21.620	11.687	5.966	1.015	<b>61.509</b>
<b>ago-15</b>	21.529	13.876	9.990	3.896	659	<b>49.951</b>
<b>sep-15</b>	15.635	4.569	1.789	623	89	<b>22.704</b>
<b>oct-15</b>	29.356	2.799	10.838	3.185	942	<b>47.120</b>
<b>nov-15</b>	24.921	16.868	9.533	3.353	1.402	<b>56.078</b>
<b>dic-15</b>	23.388	9.065	7.034	3.069	1.407	<b>43.962</b>
<b>ene-16</b>	17.777	19.421	12.600	2.739	2.246	<b>54.784</b>
<b>feb-16</b>	19.451	16.350	13.894	4.991	889	<b>55.575</b>
<b>mar-16</b>	31.995	9.716	9.376	5.930	1.582	<b>58.599</b>
<b>abr-16</b>	15.067	13.755	7.195	4.782	1.524	<b>42.323</b>
<b>TOTAL</b>	<b>285.991</b>	<b>174.961</b>	<b>118.477</b>	<b>47.536</b>	<b>13.626</b>	<b>640.591</b>
<b>FRECUENCIA</b>	<b>44,64%</b>	<b>27,31%</b>	<b>18,49%</b>	<b>7,42%</b>	<b>2,13%</b>	<b>100%</b>

*Tabla 5.7: Clasificación de Scrap según su origen*

Fuente: Elaboración Propia

Las cinco causas que se identifican en los registros de Scrap corresponden a fin de producción, material defectuoso, despunte, error en ingreso de los parámetros y falla de la máquina.

Fin de producción corresponde a todo el material sobrante luego de comenzar a producir el cable eléctrico solicitado por el cliente. Este material

sobrante se genera debido a que el cliente compra de acuerdo a sus necesidades, por tanto su pedido no necesariamente se ajusta a las medidas de los carretes estándar que se producen en las etapas de trefilado y posterior cableado de fases. Al término de esta última etapa mencionada, ingresa al sistema de producción la solicitud del cliente y se da inicio a la etapa de aislamiento, en donde se genera cable eléctrico aislado que requiere seguir con el proceso productivo para transformarse en producto terminado y también material sobrante el cual se considera Scrap. A esta causa se le atribuye el 44,64% de la generación total de Scrap producido durante Mayo 2015 hasta Abril 2016.

El despunte se origina en la etapa del bobinado, cuando el operador corta de manera manual un trozo de cable al terminar la producción de un rollo. Producto de la acción de la máquina, existe una porción de cable que será necesario retirar previo al comienzo de producción del siguiente rollo dado que se alteran sus propiedades físicas por la aplicación de fuerza y calor para cortar la sección del cable, es por esto, que se requiere el corte manual para eliminar dichas imperfecciones. Producto de esta situación, se generó el 27,31% del Scrap total.

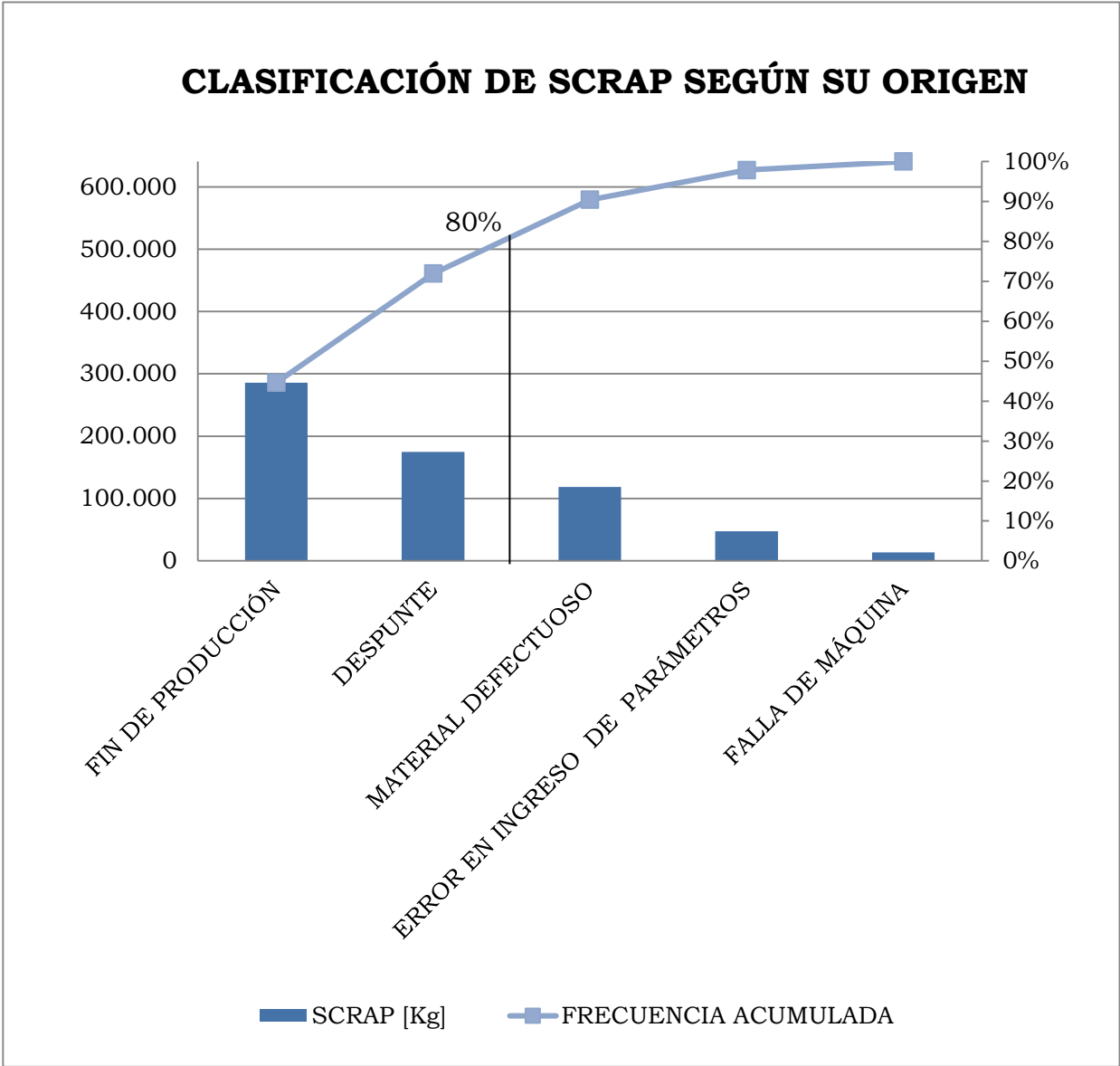
Material defectuoso se considera cuando una sección del cable activa la chispera, en este caso, toda la línea del cable en producción es considerada Scrap. Este scrap se puede originar en el proceso de aislamiento o aplicación de cubierta exterior. En una primera instancia del proceso, el cable pasa a través de la maquina por la cual se le aplica el material aislante, luego se enfría mediante agua a diferentes temperaturas, y finalmente el control de voltaje indica si existe fuga de corriente. Si se detecta fuga, la producción se detiene ya que el cable no cumple con las medidas mínimas de calidad para continuar con el proceso productivo. Debido a esta causa, se produjo el 18,49% del Scrap total.

Error en ingreso de los parámetros se produce cuando un operador digita la receta del cable diferente a lo establecido por el cliente. En este caso, si los parámetros no se adecúan a la solicitud del cliente, sus propiedades pueden variar, por lo cual se produce en producto disconforme. Este error causó el 7,42% del Scrap total.

Falla en la máquina se le llama a todo el producto que por problemas mecánicos o eléctricos detuvo inesperadamente el funcionamiento de la

máquina y debido a esto, se modificaron las propiedades del cable eléctrico. El Scrap que se produjo por esta causa, corresponde al 2,13%.

Aproximadamente el 80% de la generación se origina por dos causas, las cuales son fin de producción y despunte. (Ver ilustración n°5.9).



*Ilustración 5.9: Clasificación de Scrap según su origen*

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2.8 COSTO SCRAP Y COSTO RECUPERADO

Anteriormente, se cuantificó la pérdida monetaria generada mensualmente desde Mayo 2015 hasta Abril de 2016. En total el costo cuantificado por Scrap es de \$510.828.416.

Por concepto de venta de Scrap a la empresa Midas Chile, se recuperaron en el periodo estudiado de 12 meses \$74.144.255. Por tanto, en términos reales, el costo de oportunidad por generación de Scrap para Nexans Chile S.A fue de \$436.684.161. (Ver tabla n°5.7)

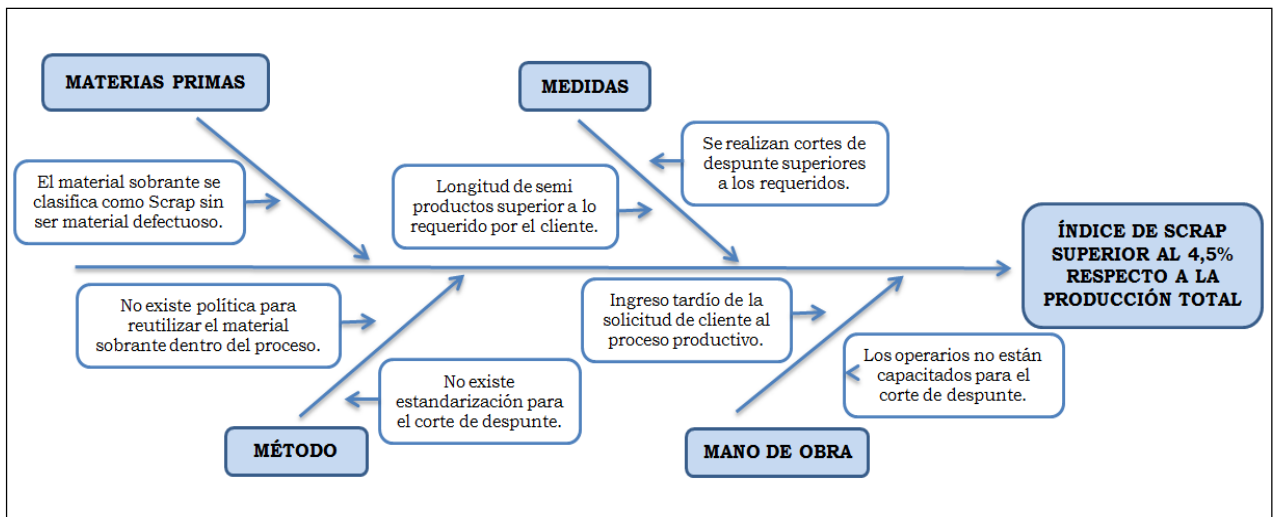
<b>MES</b>	<b>COSTO SCRAP</b>	<b>COSTO RECUPERADO POR SCRAP</b>	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD</b>
<b>may-15</b>	62.353.714	4.436.530	57.917.184
<b>jun-15</b>	60.266.071	12.409.740	47.856.331
<b>jul-15</b>	49.381.106	8.020.350	41.360.756
<b>ago-15</b>	40.479.728	3.319.420	37.160.308
<b>sep-15</b>	16.687.082	7.080.090	9.606.992
<b>oct-15</b>	36.776.833	4.823.445	31.953.388
<b>nov-15</b>	43.511.745	5.279.995	38.231.750
<b>dic-15</b>	34.060.419	2.262.855	31.797.564
<b>ene-16</b>	47.461.370	3.568.240	43.893.130
<b>feb-16</b>	40.209.898	11.348.640	28.861.258
<b>mar-16</b>	46.894.799	5.633.695	41.261.104
<b>abr-16</b>	32.745.652	5.961.255	26.784.397
<b>TOTAL</b>	<b>510.828.416</b>	<b>74.144.255</b>	<b>436.684.161</b>

*Tabla 5.8: Costo de Oportunidad por generación de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍCES

Con el fin de dilucidar las causas reales y potenciales del problema, se generó un diagrama causa efecto, con el fin de facilitar la formulación de posibles soluciones aplicables a la resolución del problema.



*Ilustración 5.10: Diagrama de Ishikawa*

Fuente: Elaboración Propia

Luego de tener un mapa visual de las causas y efectos potenciales del problema, se realizarán preguntas reiterativas con el fin de explorar la relación que existe entre ellas. El objetivo principal es determinar la causa raíz de la sobre producción de Scrap que se genera en la planta productiva de Nexans Chile S.A.

<b>POSIBLE CAUSA RAIZ</b>	<b>¿POR QUÉ?</b>	<b>¿POR QUÉ?</b>	<b>¿POR QUÉ?</b>	<b>¿POR QUÉ?</b>	<b>¿POR QUÉ?</b>
<b>Generación de Scrap por “Fin de Producción”</b>	El proceso productivo comienza la producción sin tener conocimiento de los parámetros requeridos por el cliente	El material sobrante se clasifica como Scrap sin ser producto defectuoso.	No existe dentro de la planta productiva una política para reutilizar el material sobrante.	Longitud de los semi productos mayor a los requeridos.	Ingreso tardío de la solicitud del cliente al proceso de producción.
<b>Generación de Scrap por “Despunte”</b>	Se realizan cortes de despunte superiores a los necesarios.	No existe conciencia interna de la planta productiva para la reducción de Scrap.	Los operarios no han sido capacitados respecto al tema.	El trabajo productivo no está estandarizado.	No se ha creado Instructivo de Trabajo estándar.

*Tabla 5.9: Herramienta de los 5 ¿Por qué?*

Fuente: Elaboración propia

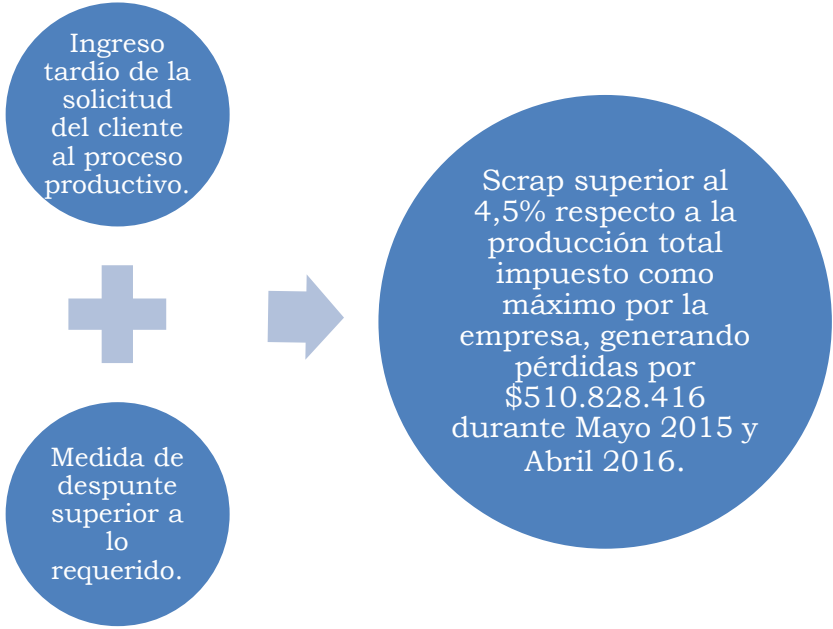
### **5.3.1 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍCES**

Habiendo ya analizado el proceso productivo de la empresa Nexans Chile fue posible observar que uno de los principales motivos por los cuales se genera el Scrap es que las medidas de los carretes de semi productos fabricados en el proceso previo al ingreso de la solicitud del cliente son mayores a las que se requieren, generándose así material sobrante. Por otro lado, una de las primeras afirmaciones que se pueden realizar luego de este análisis, es que dentro del proceso productivo, el ingreso del pedido del cliente se realiza de manera tardía, provocando esta discordancia entre lo requerido y lo fabricado de manera previa.

El material sobrante que queda luego del ingreso de la solicitud del cliente, es considerado Scrap sin ser necesariamente un material defectuoso debido a que no existen al interior de la compañía políticas de re utilización de material procesado.

Otro punto crítico referente a la generación de Scrap al interior del proceso productivo es el Despunte. El principal problema presente en este sub proceso es que no existe estandarización respecto al procedimiento a realizar para el corte del material entre el termino de producción de un rollo y el inicio del siguiente, generándose inconsistencias entre uno y otro, cortando mayor cantidad de lo necesario. El principal motivo por el cual se genera gran cantidad de Scrap en esta parte del proceso es la falta de capacitación del personal encargado de realizar esta labor, por cuanto no saben ni tienen los lineamientos para realizar un corte ajustado que permita que se minimice la perdida. Los cortes realizados son de entre 20 y 30 cm, cuando deberían ser solo de 5 a 7 cm.

La reducción de Scrap no es un tema al cual se le haya dado la importancia necesaria aún al interior de la empresa, por lo cual los trabajadores no tienen consciencia referente a este tema. Dicho lo anterior, no existen esfuerzos de ningún área por generar reducción del índice de Scrap, normalizándose las acciones que más pérdidas generan.



*Ilustración 5.11: Identificación de la causa raíz del problema*

Fuente: Elaboración Propia

## 5.4 MEJORAR EL PROCESO

### 5.4.1 PROPUESTA DE SOLUCIONES Y VALIDACIÓN CON LA EMPRESA

Las soluciones propuestas fueron expuestas al equipo directivo de producción de Nexans Chile S.A, en donde se considera pertinente y se aprueba el diseño y posterior implementación de la propuesta.

A continuación se muestra un resumen de lo que se desarrollará para la mejora de procesos.

<b>PROPUESTA</b>	<b>ENCARGADOS</b>	<b>VALIDACIÓN EMPRESA</b>
Rediseño del proceso productivo	Memoristas: Francisca Seguel Muñoz Francisco Vargas Villegas	Respaldo por medio de carta de validación de propuesta.(Ver anexo 9)
Capacitación a operarios para corte de despunte		

*Tabla 5.10: Resumen soluciones a desarrollar*

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.2 DEFINICIÓN DE SOLUCIONES

#### 5.4.2.1 REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Un rediseño de procesos se desarrolla mediante la reestructuración del proceso que existe actualmente. Tiene por finalidad mejorar el proceso a través de técnicas de optimización.

Al implementar un rediseño de procesos es posible disminuir el índice de Scrap generado en la planta productiva y una reducción en los costos asociados.

### 5.4.2.2 CAPACITACIÓN A OPERARIOS PARA CORTE DE DESPUNTE

Los operarios serán capacitados mediante un instructivo de trabajo estándar, el cual se conoce como SWI por sus siglas en inglés (Standard Work Instruction). El instructivo proporciona memoria corporativa de las mejoras de procesos que se aplican dentro de la planta productiva.

Con la capacitación entregará a los operarios los conocimientos del proceso y herramientas necesarias para realizar el correcto corte del despunte de cable.

### 5.4.3 PROGRAMACIÓN DE SOLUCIONES

Para el desarrollo de las soluciones y su posterior implementación se generó una Carta Gantt, de manera que se genere un compromiso para dar cumplimiento a los plazos.

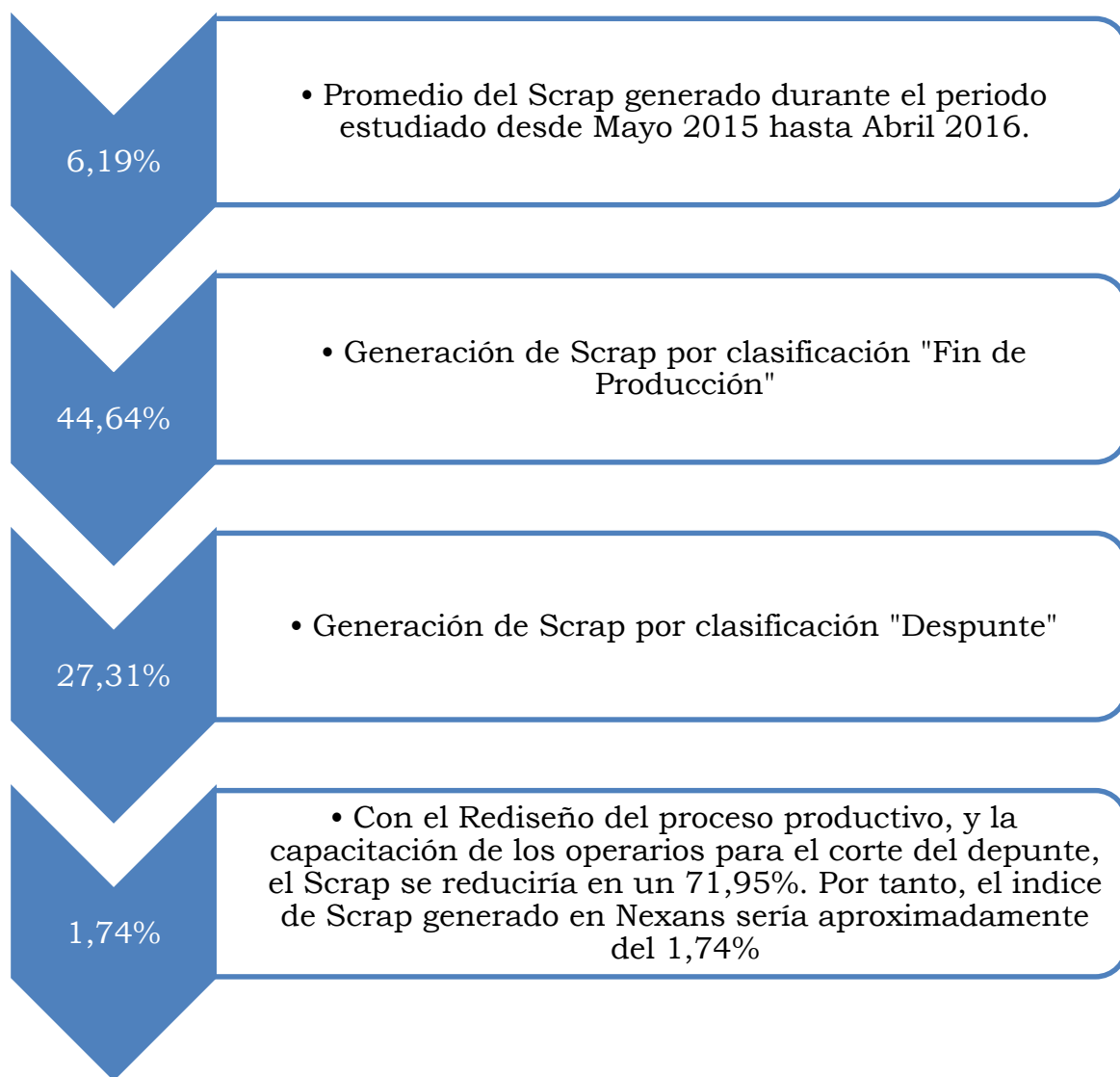
N°	ACCIONES	SEMANA							
		13	14	15	16	17	18	19	20
1	Rediseño del proceso productivo	■	■	■					
2	Capacitar a operarios para corte de despunte		■	■	■				
3	Implementación de soluciones propuestas				■	■	■	■	
4	Controlar índice de Scrap generado posterior a la implementación de las soluciones								■

*Ilustración 5.12: Carta Gantt - Programación de acciones*

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.4 HIPÓTESIS REDUCCIÓN DE SCRAP

En el periodo estudiado desde Mayo 2015 hasta Abril 2016 el promedio del Scrap generado fue de 6,19%. Con el rediseño del proceso productivo y la estandarización de cortes en el termino de producción se reducirá en un 71,95% el Scrap.



*Ilustración 5.13: Hipótesis reducción de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.5 REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Considerando el Scrap generado por “fin de producción”, se rediseñó el proceso de producción, adelantando el ingreso de la solicitud de los productos que requiere el cliente. Con esto se pretende que todos los materiales empleados en la producción de semiproductos que no se utilizan para la producción de los pedidos y que son desechados se ahorren y queden disponibles para la posterior utilización de estos.

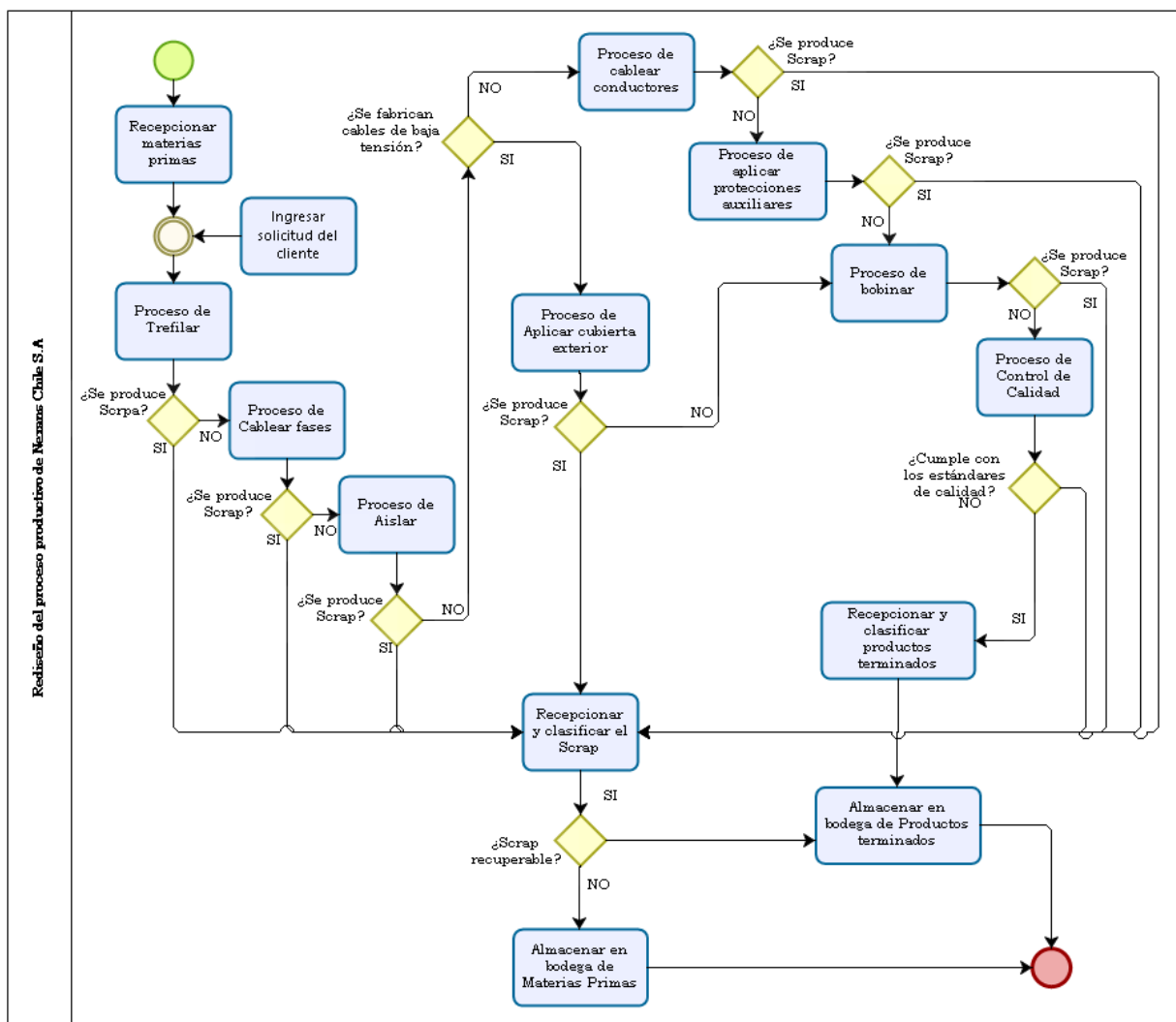


Ilustración 5.14: Rediseño del proceso productivo de Nexans Chile S.A

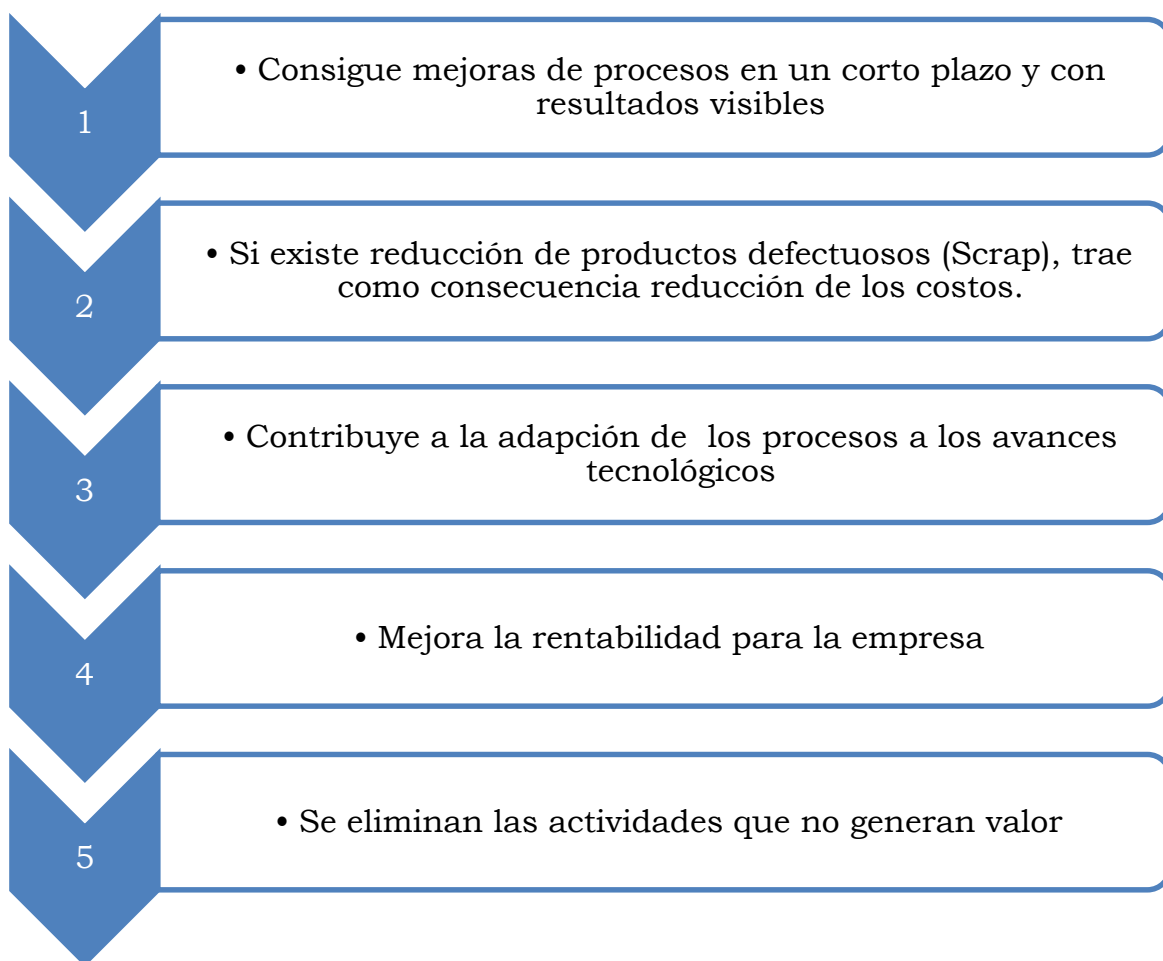
Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.5.1 REESTRUCTURACIÓN DEL PROCESO ACTUAL

Dentro del proceso productivo, se adelantó el ingreso de la solicitud del cliente con el objetivo de comenzar a producir solo el cable eléctrico que se requiere, sin desperdiciar materiales y tiempos de producción.

La solicitud del cliente es enviada por parte del área comercial al área de producción para generar la orden de fabricación en la cual se especifican todos los parámetros y cantidades necesarias del cable eléctrico a producir.

#### 5.4.5.2 VENTAJAS DEL REDISEÑO DE PROCESOS



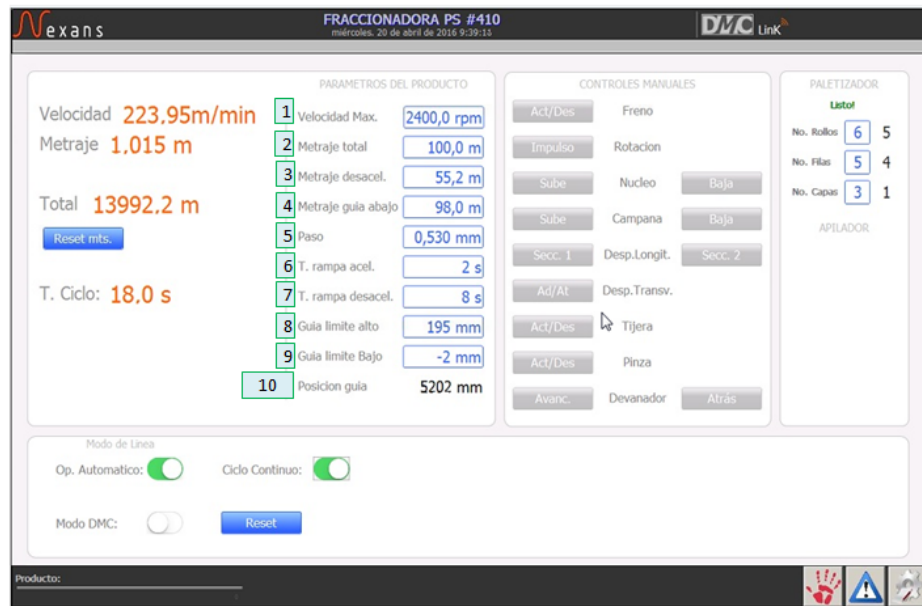
*Ilustración 5.15: Ventajas del rediseño de procesos*

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.5.3 PROCESO DE TREFILAR

Anteriormente, cuando la solicitud del cliente ingresaba al proceso productivo cuando los semi productos se encontraban fabricados, no era necesario modificar los parámetros de la máquina, puestos que estos estaban pre establecidos.

Con la reestructuración del proceso productivo, se deberá revisar y modificar los parámetros de la trefiladora cada vez que entre en funcionamiento. Este proceso tarda entre 3 a 4 minutos, y se realiza en el panel de control de la máquina.



*Ilustración 5.16: Pantalla trefiladora - Ingreso de parámetros*

Fuente: Control de producción. Nexans Chile S.A

El operador debe utilizar la pantalla de la máquina para cargar los parámetros de la receta del cable a producir. Todos estos parámetros están definidos en la receta del cable, por lo que el operador de la máquina solo debe ingresarlos a través del teclado.

Siendo los parámetros del producto:

1. Velocidad máxima
2. Metraje total
3. Metraje desacelerar
4. Metraje guía abajo
5. Paso
6. Tiempo rampa acelerar
7. Tiempo rampa desacelerar
8. Guía límite alto
9. Guía límite bajo
10. Posición guía

Si bien el Scrap generado por “término de producción” se da origen en la etapa del aislamiento, el ingreso de los parámetros especiales requeridos por el cliente se deben ingresar en la etapa del trefilado, puesto que es en este proceso que se establece la longitud que tendrá el semi producto que más adelante se convertirá en el producto solicitado por el cliente. En resumen, en la etapa del trefilado se ingresan los parámetros del cliente y en la etapa del aislamiento se genera el material sobrante del proceso de producción que se considera Scrap sin ser producto defectuoso.

#### **5.4.6 CAPACITACIÓN A OPERARIOS**

Para reducir el índice de Scrap generado por “Despunte”, es necesario capacitar a los operarios encargados de aplicar el corte que produce dicho despunte. El despunte se genera en la etapa final de proceso productivo, en el bobinado, ya que se producen los rollos de cables eléctricos. Al completarse el rollo con los metros requeridos de cable eléctrico, se debe cortar con un alicate de punta, de manera manual para comenzar la producción del rollo siguiente. (Ver ilustración n°6.3)

### 5.4.6.1 CORTE DE DESPUNTE

En términos concretos, cuando la maquina bobinadora realiza el corte, por la aplicación de fuerza, cinco centímetros se deterioran, por lo cual, el corte debe realizarse de siete centímetros para asegurar que no hay material deteriorado en el cable que se utiliza para producir los rollos.

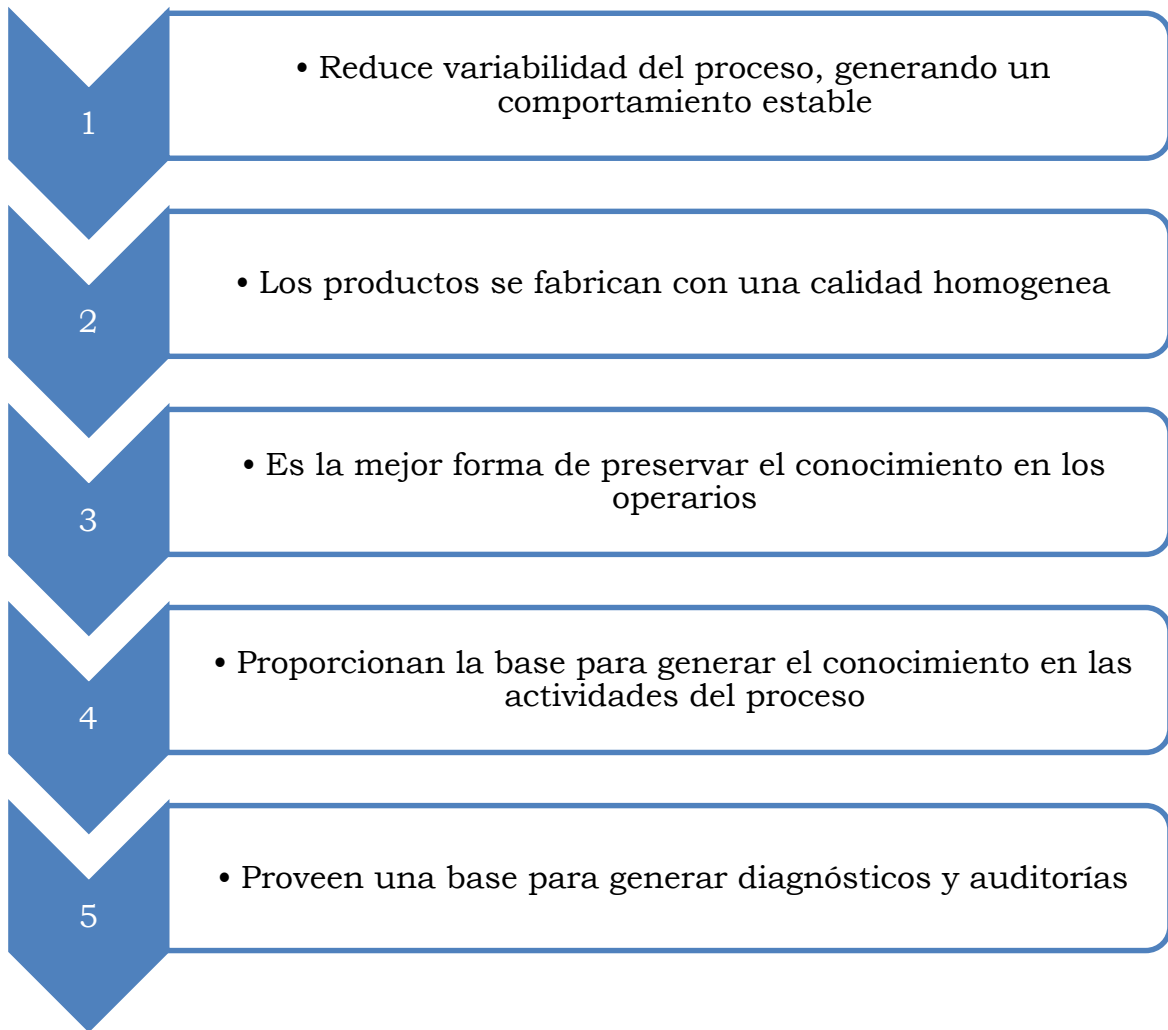
Actualmente en la empresa, no existe una conciencia de reducción de Scrap, por lo cual, los operarios realizan un corte al cable eléctrico superior a lo estrictamente necesario. Los despuntes que se generan van desde los 20 a 30 centímetros, medida superior a lo requerido.



*Ilustración 5.17: Comparación de medidas de corte de despunte*

Fuente: Elaboración propia






#### 5.4.6.2 VENTAJAS DEL TRABAJO ESTANDARIZADO



*Ilustración 5.18: Ventajas del trabajo estandarizado*

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.6.3 INSTRUCTIVO DE TRABAJO ESTÁNDAR

TAREA		RIESGO, MEDIDA DE CONTROL O PUNTO CLAVE	I	E	Valoración del riesgo			FIGURA
					P	C	CR	
1	Se enrolla el cable eléctrico en pequeños carretes hasta alcanzar la medida necesaria. (Fig. 1)	Riesgo de atrapamiento Mantener manos alejadas de la bobinadora mientras esta funcionando.	1	2	2	4	Riesgo Tolerable	 <p>Fig.1</p>
2	Terminado el rollo, la bobinadora corta el cable para terminar la producción mediante aplicación de fuerza (Fig. 2), dejándo un tramo de 5 centímetros de cable eléctrico deteriorado. (Fig. 3)	Riesgo de atrapamiento Mantener manos alejadas mientras la maquina realiza el corte.	1	2	2	4	Riesgo Tolerable	  <p>Fig.2</p> <p>Fig.3</p>
3		Riesgo de corte Utilizar guantes de protección y concentrarse en la operación.	1	2	2	4	Riesgo Tolerable	 <p>Fig.4</p>
4	Cortar manualmente (Fig. 4) 7 centímetros de cable eléctrico para asegurar que el rollo no contiene material deteriorado. (Fig. 5)  Herramienta a utilizar: Alicete cortante	Riesgo de Costo por generación de Scrap La medida de corte no debe ser superior a 7 cms.	2	2	2	4	Riesgo Moderado	 <p>Fig.5</p> <p>7 cms</p>
5		Riesgo por generación de desechos Se debe evitar la generación de Scrap, ya que se traduce en contaminación al medio ambiente.	2	2	2	4	Riesgo Moderado	

Rev.	Razón de modificación	Fecha	Seguridad	S	Elaboró	Revisó	Aprobó
0			Calidad	Q	Francisca Seguel Muñoz		
1			Medioambiente	M		Francisco Parra	Oscar Ait
2			Entrega	D	Francisco Vargas Villegas		
3			Costo	C	Memoristas	Ingeniero de Procesos	Gerente de Producción


Ilustración 5.19: SWI - Corte de Despunte

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.6.4 TOMA DE CONOCIMIENTO

A través de la toma de conocimiento, los trabajadores declaran conocer el procedimiento y se comprometen a realizar la operación de acuerdo al estándar establecido. Este documento estará al reverso del Instructivo de trabajo estándar, por tanto, la declaración es respecto al SWI de la hoja principal.

Los operarios deben ingresar los datos solicitados para mantener un registro interno de todos aquellos que conocen y practican el trabajo estandarizado.

 **TOMA DE CONOCIMIENTO**

Actividad:

Tipo: Capacitación  Charla  Taller  Tutoría  Otro

Fecha:  Duración:  Lugar:

Objetivos:

Contenidos:

1 - SWI - Standar Work Instruction - Corte de despunte. - SWI\_PRD\_BOBINADORA\_REV.00

N°	NOMBRE OPERADOR MAQUINA	R.U.T	FIRMA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Evaluación: Sin evaluación  Prueba de contenidos  Observación  Otra

Observaciones:

*Ilustración 5.20: Toma de conocimientos trabajo estandarizado*

*Fuente: Elaboración propia*

## **5.5 CONTROL DE MEJORAS**

Control es la última fase de la metodología empleada para la mejora de procesos, la cual tiene por objetivo hacer que los procesos sean estables, de manera que el comportamiento de las variables claves se mantengan constantes en el tiempo y por tanto, sean predecibles. Para implementar el control es importante considerar los siguientes elementos; disciplina, estandarización, documentación y medición permanente.

### **5.5.1 DISCIPLINA**

Es de suma importancia asegurarse que todos los integrantes del proceso productivo actúen de acuerdo a las normas de trabajo establecidas al interior de la empresa. El objetivo es no tener variaciones en el proceso por prácticas erróneas.

### **5.5.2 ESTANDARIZACIÓN**

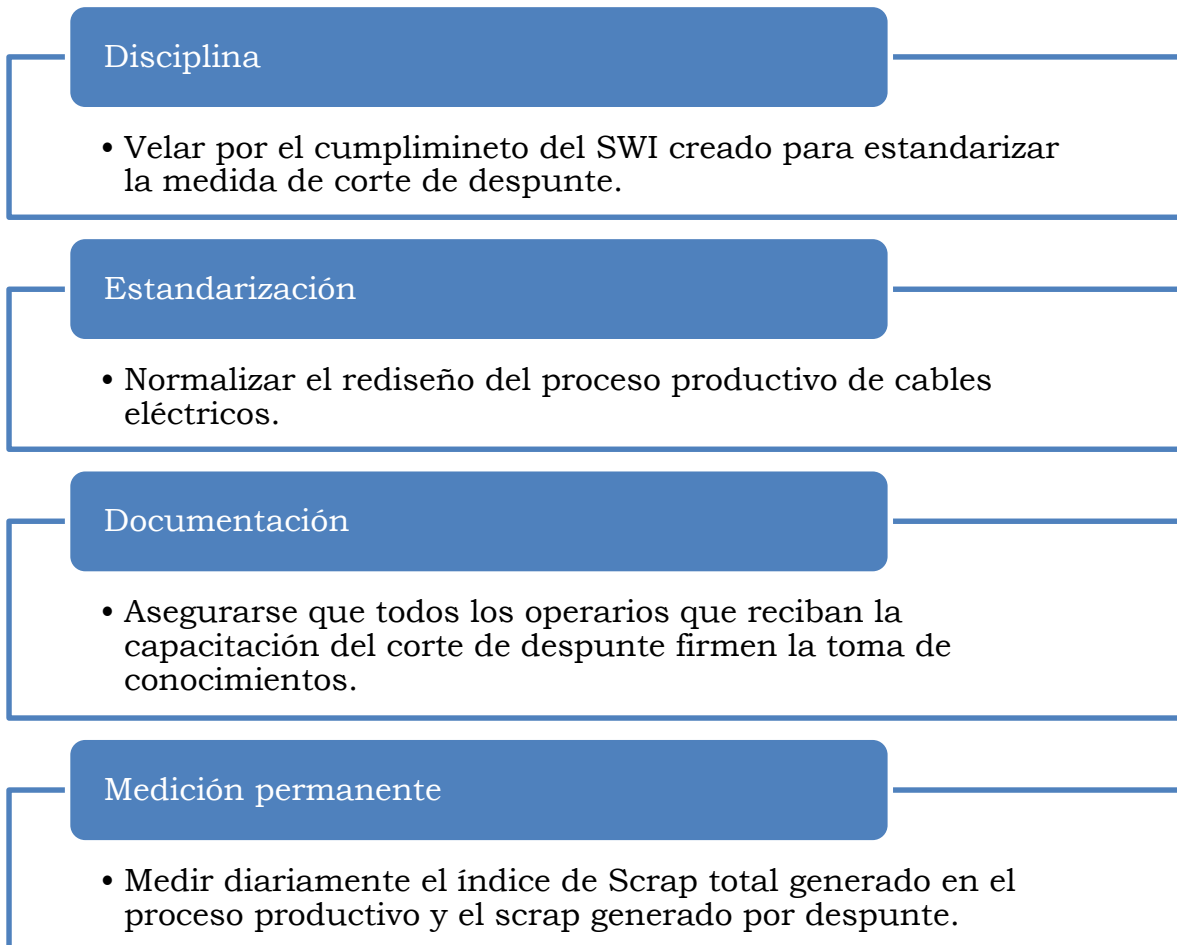
Estandarizar el proceso productivo nos permite mantener un conocimiento colectivo dentro de la empresa. El objetivo es predecir el comportamiento de los operarios para controlar los resultados y eliminar la variabilidad del proceso.

### **5.5.3 DOCUMENTACIÓN**

Es necesario mantener al día la documentación requerida para el funcionamiento del proceso productivo, en el cual estén definidas las instrucciones para situaciones de emergencia y declaración de conocimientos de los procesos por parte de los trabajadores. El objetivo es que todo el equipo de trabajo tenga conocimientos de los protocolos internos.

#### 5.5.4 MEDICIÓN PERMANENTE

Se debe realizar monitoreo constante de la producción con el fin de tener bajo control el comportamiento del proceso. El objetivo es poder implementar acciones correctivas ante cualquier desviación del proceso.



*Ilustración 5.21: Control de mejoras del proceso*

Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO 6: IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

## 6.1 DESARROLLO DE SOLUCIONES

El rediseño del proceso se desarrolló durante 3 semanas en las cuales se generaron dos reuniones con el equipo líder de operaciones de Nexans Chile S.A para validar de manera inmediata la posibilidad de implementación.

REUNIÓN	FECHA
Reunión 1	Martes, 08-11-2016
Reunión 2	Viernes, 25-11-2016.

*Tabla 6.1: Reunión con área de operaciones*

Fuente: Elaboración Propia

El instructivo de trabajo estándar, se generó durante 1 semana y posteriormente se dio a conocer a los operarios de las maquinas bobinadoras. Dado el horario establecido de los turnos, los cuales son rotativos por semana, la capacitación se realizó durante tres jueves consecutivos, extendiéndose por una hora, entre las 9:00 Hrs y 10:00 Hrs.

TURNO	FECHA CAPACITACIÓN
Turno 1	Jueves, 10-11-2016, 09:00 Hrs.
Turno 2	Jueves, 17-11-2016, 09:00 Hrs.
Turno 3	Jueves, 24-11-2016, 09:00 Hrs.

*Tabla 6.2: Capacitación operarios - Trabajo estandarizado*

Fuente: Elaboración Propia

## 6.2 JORNADA “DISMINUCIÓN DE SCRAP”

Se realizó una jornada de prueba llamada “Disminución de Scrap”, en la que se trabajó en base a la reestructuración del proceso productivo y la estandarización para el corte del despunte. El objetivo de esta jornada de prueba es disminuir el índice de Scrap generado por conceptos de “Fin de producción” y “Despunte”. En ningún caso la generación de Scrap será nula, pero se busca que se encuentre dentro de control estadístico, es decir, ser menor al 4,5% respecto a la producción total.

<b>JORNADA “DISMINUCIÓN DE SCRAP”</b>	
FECHA	Martes, 20-12-2016
TURNOS PARTICIPANTES	Turno 1 Turno 2 Turno 3

*Tabla 6.3: Jornada "Disminución de Scrap"*

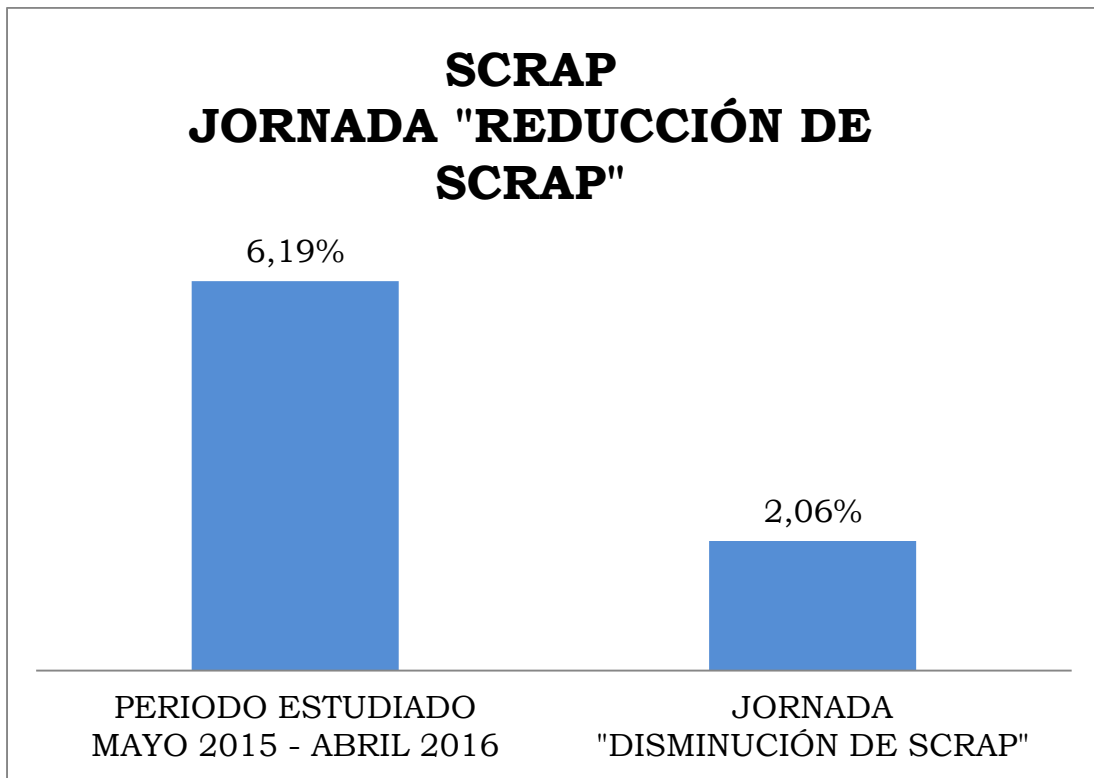
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la jornada en la cual se desarrollaron las operaciones productivas en base a la mejora de proceso propuestas, son las siguientes:

<b>JORNADA "DISMINUCIÓN DE SCRAP"</b>	<b>KG PRODUCCIÓN</b>	<b>KG SCRAP</b>	<b>% SCRAP</b>
<b>20/12/2016</b>	34.758	716	2,06%

*Tabla 6.4: Resumen producción - Jornada "Disminución de scrap"*

Fuente: Elaboración Propia



*Ilustración 6.1: Scrap - Jornada "Disminución de Scrap"*

Fuente: Elaboración Propia

Se generó un 2,06% de Scrap respecto a la producción total del día Martes 20 de Diciembre de 2016, el cual se clasifica según su origen de la siguiente manera:

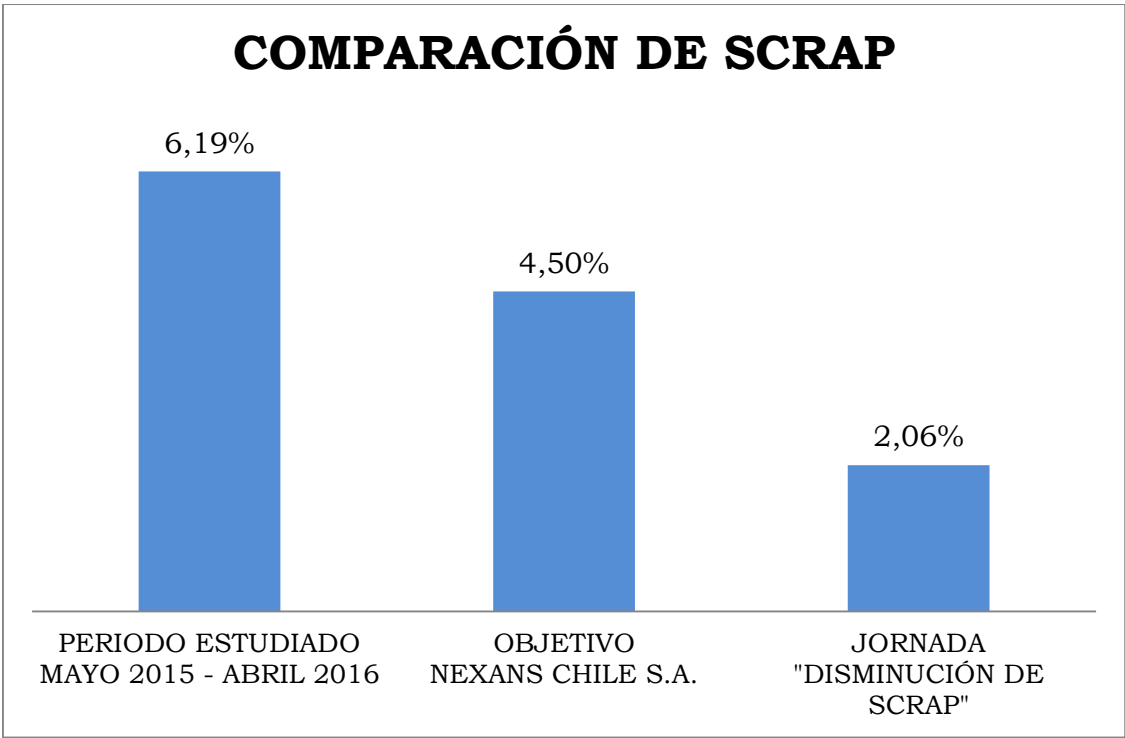
JORNADA "DISMINUCIÓN DE SCRAP"	CLASIFICACIÓN DE SCRAP SEGÚN SU ORIGEN (KG)					KG SCRAP TOTAL
	FIN DE PRODUCCIÓN	DESPUNTE	MATERIAL DEFECTUOSO	ERROR EN INGRESO DE PARÁMETROS	FALLA DE MÁQUINA	
<b>20/12/2016</b>	43	46	414	179	34	<b>716</b>
<b>FRECUENCIA</b>	6,01%	6,42%	57,82%	25,00%	4,75%	100%

*Tabla 6.5: Clasificación de Scrap - Jornada "Disminución de Scrap"*

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizadas las mediciones respecto al Scrap, y su posterior clasificación respecto al origen, es posible observar que la generación de Scrap disminuyó considerablemente, ya que las causas más críticas, como lo eran “Fin de Producción” y “Despunte”, fueron mejoradas con el rediseño de procesos y la estandarización de trabajo.

Para Nexans Chile S.A, el máximo tolerable de generación de Scrap es de un del 4,5% respecto a la producción total. Con la mejora de procesos implementada, el Scrap se reduce al 2,06%, lo cual sitúa al proceso productivo dentro de control estadístico, dado que no supera los límites establecidos.



*Ilustración 6.2: Comparación de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

Es posible observar, a través de los datos obtenidos, que las soluciones propuestas para disminuir la producción de Scrap, resultaron favorables, dado que se cumplió el objetivo de obtener un índice de Scrap inferior al límite establecido por Nexans.

El siguiente proceso para el Scrap tiene relación con la venta de este a la empresa MidasChile, la cual solo paga por aquel Scrap que es posible recuperar sus materias primas para ser usadas en otro proceso, por tanto, el Scrap se clasifica según sus componentes en “Recuperable” y “No Recuperable”.

<b>KG SCRAP RECUPERABLE</b>	<b>KG SCRAP NO RECUPERABLE</b>	<b>TOTAL KG SCRAP</b>
287	429	716

*Ilustración 6.3: Clasificación de Scrap - Jornada "Disminución de Scrap"*

Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA

## 7.1 CUANTIFICACIÓN SCRAP GENERADO

Se cuantificó la generación de Scrap de la Jornada “Reducción de Scrap” en \$714.981

<b>COSTO SCRAP – JORNADA “REDUCCIÓN DE SCRAP”</b>
<b>\$714.981</b>

*Tabla 7.1: Cuantificación costo de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

## 7.2 COSTO RECUPERABLE POR VENTA DE SCRAP

El kilo de Scrap se vende con una tarifa del 50% respecto al valor observado del dólar por el Servicio de Impuestos internos del mes en curso.

Se considera el promedio del dólar observado hasta el día 20 de Diciembre de 2016, el cual es \$669,34.

<b>KG DE SCRAP RECUPERABLE</b>	<b>PRECIO/KG (CLP)</b>	<b>COSTO RECUPERABLE</b>
287	335	<b>\$96.145</b>

*Tabla 7.2: Costo recuperado por venta de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3 COSTO DE OPORTUNIDAD

<b>COSTO SCRAP GENERADO</b>	<b>COSTO RECUPERADO POR VENTA DE SCRAP</b>	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD</b>
<b>\$714.981</b>	<b>\$96.145</b>	<b>\$618.836</b>

*Tabla 7.3: Costo de oportunidad por generación de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

El costo de oportunidad que se genera para un día de trabajo con la implementación de las mejoras del proceso es de \$618.836.

<b>COSTO DE OPORTUNIDAD DIARIO</b>	<b>DIAS TRABAJADOS AL AÑO</b>	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD ANUAL</b>
<b>\$618.836</b>	<b>365</b>	<b>\$225.875.140</b>

*Tabla 7.4: Costo de oportunidad proyectado a 12 meses*

Fuente: Elaboración Propia

En Nexans Chile S.A, el área de producción trabaja los 365 días del año, por tanto, en un año de funcionamiento con la mejoras de procesos el costo de oportunidad generado será aproximadamente \$225.875.140.

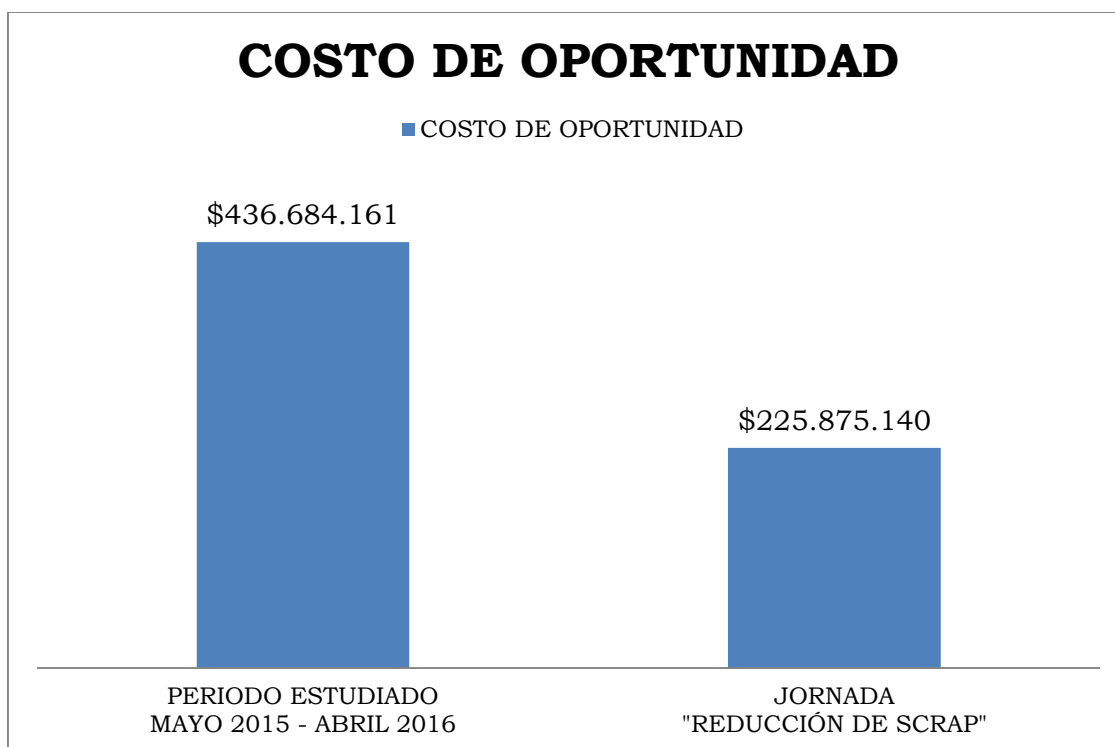
## 7.4 DISMINUCIÓN DE COSTOS

<b>COSTO OPORTUNIDAD PERIODO ESTUDIADO MAYO 2015 – ABRIL 2016</b>	<b>COSTO OPORTUNIDAD PROYECTADO A UN AÑO CON JORNADA “REDUCCIÓN DE SCRAP”</b>	<b>REDUCCIÓN COSTO OPORTUNIDAD SCRAP</b>
<b>\$436.684.161</b>	<b>\$225.875.140</b>	<b>\$210.809.021</b>

*Tabla 7.5: Disminución de Costos por generación de Scrap*

Fuente: Elaboración Propia

Dado que se reduce la cantidad de Scrap generado, también se reduce el costo por pérdida de materiales asociados en un 51%.



*Ilustración 7.1: Reducción de costos*

Fuente: Elaboración Propia

A modo de resumen, es posible asegurar que mediante el rediseño de proceso y la estandarización de la medida para corte de despunte, se proyecta una reducción de \$210.809.021. Esta reducción significaría una disminución de hasta un 51% de los costos, lo cual ayudaría a aumentar la rentabilidad de la empresa.

Se rediseñó el proceso productivo y se estandarizó el trabajo para el corte de despunte en máquinas bobinadoras

Se proyecta que en un periodo de 12 meses se genere una reducción del costo de oportunidad de \$210.809.021

Se reducen los costos asociados al scrap en un 51%

*Ilustración 7.2: Resumen evaluación económica*

Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO 8: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

## 8.1 COSTO POR DESARROLLO

Los costos asociados por el desarrollo del proyecto se deben exclusivamente por la planificación y gestión de las soluciones. Se realizaron 2 reuniones con el equipo encargado del proceso productivo de Nexans, en los cuales se invirtieron cinco horas en total. Se calculó el costo por las reuniones en relación a las horas hombre de los participantes.

Participantes	Cantidad	Costo		
		x Hora	x 5 Horas	x Cantidad
Subgerente de producción	1	\$ 16.390	\$ 81.949	\$ 81.949
Senior Lean Champion	1	\$ 14.773	\$ 73.867	\$ 73.867
Coordinador de mejora continua	1	\$ 8.061	\$ 40.305	\$ 40.305
Ingeniero de procesos	2	\$ 8.615	\$ 43.075	\$ 86.151
<b>Costo Total Reuniones:</b>				<b>\$ 282.272</b>

*Tabla 8.1: Costos por reuniones*

Fuente: Elaboración Propia

Posterior a la realización de las reuniones, se generaron las capacitaciones para el corte estandarizado de despunte en las cuales participaron personas líderes del proceso de producción y los operarios que manejan las máquinas bobinadoras. Se calculó el costo asociado a las capacitaciones de acuerdo a las horas hombre y el costo por impresión del material.

Participantes	Cantidad	Costo		
		x Hora	x 3 Horas	x Cantidad
Senior Lean Champion	1	\$ 14.773	\$ 44.320	\$ 44.320
Coordinador de mejora continua	1	\$ 8.061	\$ 24.183	\$ 24.183
Ingeniero de procesos	2	\$ 8.615	\$ 25.845	\$ 51.691
Operarios	21	\$ 3.674	\$ 11.022	\$ 231.462
Impresión de documentos	21	\$ 35		\$ 735
<b>Costo Total Capacitaciones:</b>				<b>\$ 353.861</b>

*Tabla 8.2: Costo por capacitaciones*

Fuente: Elaboración Propia

La empresa Nexans Chile S.A realiza un pago a los memoristas que trabajen en la mejora de los procesos de la empresa. Este pago se realiza de forma mensual e incluye todas las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto.

Participantes	Cantidad	Costo		
		Mensual	7 Meses	x Cantidad
Memoristas	2	\$ 60.000	\$ 420.000	\$ 840.000
<b>Costo Total Memoristas:</b>				<b>\$ 840.000</b>

*Tabla 8.3: Costo por memoristas*

Fuente: Elaboración Propia

Para obtener el costo asociado al desarrollo del proyecto, se deben sumar todas las variables participantes, las cuales tiene relación con las reuniones realizadas, las capacitaciones a los operarios y el pago a los memoristas.

Ítem	Costo
Reuniones	\$ 282.272
Capacitaciones	\$ 353.861
Memoristas	\$ 840.000
<b>Costo Total por Desarrollo:</b>	<b>\$ 1.476.133</b>

*Tabla 8.4: Costo por desarrollo del proyecto*

Fuente: Elaboración Propia

## 8.2 COSTO POR IMPLEMENTACIÓN

Los costos asociados a la implementación del proyecto, tiene relación las horas hombre de los participantes involucrados en la jornada de prueba de las soluciones llamada “Reducción de Scrap”.

Participantes	Cantidad	Costo		
		x Hora	x 8 Horas	x Cantidad
Senior Lean Champion	1	\$ 14.773	\$ 118.187	\$ 118.187
Coordinador de mejora continua	1	\$ 8.061	\$ 64.489	\$ 64.489
Ingeniero de procesos	2	\$ 8.615	\$ 68.921	\$ 137.841
Operarios	123	\$ 3.674	\$ 29.392	\$ 3.615.216
Analista de control de gestión	1	\$ 6.583	\$ 52.664	\$ 52.664
Jefe de Bodega	1	\$ 5.345	\$ 42.760	\$ 42.760
<b>Costo Total Implementación:</b>				<b>\$ 4.031.157</b>

*Tabla 8.5: Costo por implementación*

Fuente: Elaboración Propia

### 8.3 COSTO POR SEGUIMIENTO

Para lograr que las mejoras del proceso se mantengan durante el tiempo, se llegó al acuerdo con el equipo líder de producción, específicamente con el área de mejora continua, que se asignará una hora diaria de la jornada para realizar inspecciones en la planta productiva con el fin de validar que las soluciones estén siendo cumplidas por los operarios de las máquinas, de esta manera también se controlará en el momento la cantidad de Scrap que se está generando durante una jornada de trabajo.

Los costos asociados al seguimiento del proceso tienen relación a las horas hombre que se destinaran en el control de las mejoras.

A continuación se muestran los costos de seguimiento diarios.

Participantes	Cantidad	Costo		
		x Hora	x 1 Horas	x Cantidad
Senior Lean Champion	1	\$14.773	\$ 14.773	\$ 14.773
Coordinador de mejora continua	1	\$ 8.061	\$ 8.061	\$ 8.061
Ingeniero de procesos	2	\$ 8.615	\$ 8.615	\$ 17.230
Analista de control de gestión	1	\$ 6.583	\$ 6.583	\$ 6.583
Jefe de Bodega	1	\$ 5.345	\$ 5.345	\$ 5.345
<b>Costo Total Seguimiento (Diario):</b>				<b>\$ 51.993</b>

*Tabla 8.6: Costos diarios por Seguimiento*

Fuente: Elaboración Propia

Considerando que las personas que realizarán el seguimiento trabajan de lunes a viernes, los días de seguimiento serán 22 en un mes. Luego se realizará el cálculo del costo por seguimiento en un periodo de 12 meses (1 año)

Participantes	Costo		
	Diario	Mensual	Anual
Senior Lean Champion	\$ 14.773	\$ 325.013	\$ 3.900.160
Coordinador de mejora continua	\$ 8.061	\$ 177.344	\$ 2.128.126
Ingeniero de procesos	\$ 17.230	\$ 379.064	\$ 4.548.764
Analista de control de gestión	\$ 6.583	\$ 144.826	\$ 1.737.912
Jefe de Bodega	\$ 5.345	\$ 117.590	\$ 1.411.080
<b>Costo Total Seguimiento (Anual):</b>			<b>\$ 13.726.042</b>

*Tabla 8.7: Costo total por Seguimiento*

Fuente: Elaboración Propia

## 8.4 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Para calcular el costo total de un proyecto es importante considerar el desarrollo, la implementación y el posterior seguimiento de las mejoras empleadas.

A continuación se muestra el costo total del proyecto de título enfocado en la reducción de Scrap en la planta Productiva de Nexans Chile S.A.

Ítem	Costo
Desarrollo	\$ 1.476.133
Implementación	\$ 4.031.157
Seguimiento	\$ 13.726.042
<b>Costo Total Proyecto</b>	<b>\$ 19.233.332</b>

*Tabla 8.8: Costo Total del Proyecto*

Fuente: Elaboración Propia

## 8.5 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

El análisis costo – beneficio es una técnica que ayuda en la toma de decisiones de una compañía. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto, mediante la valoración en términos monetarios costos y beneficios del proyecto

Se calcula mediante el cociente entre los beneficios y los costos asociados al proyecto. Si el resultado es mayor a 1, esto quiere decir que el proyecto se acepta por cuanto los beneficios son mayores a los costos involucrados.

$$\text{Costo – Beneficio} = \frac{\text{Beneficios del proyecto}}{\text{Costos del proyecto}}$$

Los beneficios asociados al proyecto tienen relación con el ahorro que se producirá por la disminución en la generación de Scrap. Los beneficios proyectados a un periodo de 12 meses son de \$210.809.021.

Los costos del proyecto tienen relación con el desarrollo, implementación y seguimiento para un periodo de 12 meses, los cuales son \$19.233.332.

$$\text{Costo – Beneficio} = \frac{\$210.809.021}{\$19.233.332} = 10,96 \sim 11$$

Como el resultado es mayor a 1, esto quiere decir que el proyecto es rentable. Ya que los beneficios son 11 veces mayores a los costos asociados al proyecto.

## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES**

En el presente proyecto de título se estudió el problema que afecta al proceso productivo de los cables eléctricos de la empresa multinacional Nexans Chile S.A, en su planta ubicada en San Miguel, Región metropolitana, Chile. Junto con la producción de cables y conductores eléctricos en la operación normal, también se generaba Scrap industrial, lo cual generaba costos por pérdida de materiales.

La estrategia de Nexans establece que el Scrap no debe superar el 4,5% respecto a la producción total, pero durante el periodo estudiado desde Mayo 2015 hasta Abril 2016 este índice fue en promedio un 6,19%.

Para toda empresa, independiente a que industria pertenezca, es primordial mantener controlados los costos asociados a la operación que realiza, dado que afecta directamente a la competitividad y rentabilidad.

El problema se determinó ya que el alto índice de Scrap generado en Nexans es un estado no deseado por los líderes de la operación, es por esto que se recopilaban los datos necesarios para realizar las mediciones y análisis en relación a la problemática. Se encontraron dos causas raíces que provocaban que la operación se situara fuera de control estadístico.

En primera instancia, se determinó que la solicitud del cliente ingresaba de manera tardía al proceso productivo, lo que generaba que la mayoría del Scrap generado fuera por origen de “fin de producción”, el cual era material sobrante sin defectos, pero aun así, se clasificaba como Scrap.

Posteriormente, en la etapa productiva del bobinado, en donde se realizan cortes manuales de despunte, se pudo observar que los operarios realizaban cortes con medidas superiores a las requeridas, lo cual ocurría por que no existía dentro de la operación una estandarización para cortes de despunte.

Para mejorar el proceso, se rediseñó el proceso productivo realizando una reestructuración interna, enfocada en el solicitud del cliente, de manera que los parámetros del producto se conocieran antes de comenzar a producir los semi productos. Por otra parte y para disminuir la cantidad de despuntes generados, se creó un SWI para capacitar a los operarios en el corte de despunte, de esta manera quedó estandarizada esa operación.

Las soluciones fueron implementadas en una jornada de prueba que se llamó “Disminución de Scrap”, en donde luego de medir y analizar los resultados de la operación total de la jornada. Se logró disminuir la generación de Scrap a un 2,06%, lo cual ayudaría a disminuir los costos asociados a la generación de Scrap en un 51%

El presente proyecto de título se generó con la finalidad de reducir el índice de Scrap que se origina producto de la operación productiva con el objetivo de situarla dentro de control estadístico, lo cual se cumplió.

Es de gran ayuda que las empresas empleen de manera continua las herramientas que permiten la identificación de oportunidades de mejora para los procesos internos, ya que no solo beneficia a dicho proceso, sino que también al cumplimiento de los lineamientos de la compañía.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Briones, R. (2015). Manual de calidad. Santiago, Chile: Nexans Chile S.A.
- Chase, R., Aquilano, N., Jacob, F. and García Rocha, A. (2014). Administración de producción y operaciones. 13th ed. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.
- Cruelles, J. (2012). Despilfarro cero (1st ed.). Barcelona, España: Marcombo.
- Felizzola Jiménez, H. and Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. Ingeniería. Revista chilena de ingeniería, 22(2).
- Kalpakjian, S., Schmid, S., & Espinoza Limón Jaime,. (2011). Manufactura, ingeniería y tecnología (1st ed.). México, D.F.: Pearson Educacion.
- Krajewski, L. and Ritzman, L. (2013). Administración de operaciones, procesos y cadena de suministro. 10th ed. México: Pearson.
- Nexans Chile S.A., (2016). Evolución MKT SHARE. Santiago, Chile.
- Pérez López, C. (2015). Metodología seis sigma para el control de calidad (1st ed.). [S.L.]: S.N.].
- Velasco Sánchez, J. (2010). Gestión de la calidad (1st ed.). Madrid: Pirámide.

## REFERENCIAS DIGITALES

- Cableselectricos.cl. (2015). Productos | Cables Eléctricos. [online] Available at: <http://cableselectricos.cl/catalogo-productos/> [Accessed 16 Ago. 2016].
- DOLAR OBSERVADO 2016. (2016). Sii.cl. Retrieved 6 December 2016, from <http://www.sii.cl/pagina/valores/dolar/dolar2016.htm>
- Nexans.cl. (2014). Nexans en Chile - Nexans. [online] Available at: [http://www.nexans.cl/eservice/Chile-es\\_CL/navigate\\_242260/Nexans\\_en\\_Chile.html](http://www.nexans.cl/eservice/Chile-es_CL/navigate_242260/Nexans_en_Chile.html) [Accessed 15 Ago. 2016].
- Recicladoindustrial.com. (2014). Reciclado Industrial. [online] Available at: <http://www.recicladoindustrial.com/scrap-industrial/> [Accessed 06 Ago. 2016].
- Reduzca los desperdicios; ahorre tiempo y dinero. - Nexans. (2016). Nexans.us. Retrieved 19 October 2016, from [http://www.nexans.us/eservice/US-en\\_US/navigatepub\\_158893\\_-32431/Cut\\_the\\_Scrap\\_.html](http://www.nexans.us/eservice/US-en_US/navigatepub_158893_-32431/Cut_the_Scrap_.html)
- Trefilac S.A. (2013). Trefilac.cl. Retrieved 19 October 2016, from [http://www.trefilac.cl/proceso\\_fabricacion.php](http://www.trefilac.cl/proceso_fabricacion.php)
- Web.sofofa.cl. (2014). Estructura de la Industria | SOFOFA – Impulsando el Crecimiento de Chile. [online] Available at: <http://web.sofofa.cl/informacion-economica/indicadores-economicos/estructura-de-la-industria/> [Accessed 24 Jul. 2016].
- Web.sofofa.cl. (2014). Estructura de la Industria | SOFOFA – Impulsando el Crecimiento de Chile. [online] Available at: <http://web.sofofa.cl/informacion-economica/indicadores-economicos/estructura-de-la-industria/> [Accessed 24 Jul. 2016]

# ANEXOS

## 12.1 ANEXO 1: “Estructura del producto interno bruto”

Año: 2014



## 12.2 ANEXO 2: “Estructura del PIB en la industria manufacturera”

Año: 2014



### 12.3 ANEXO 3: “Carta compromiso Nexans Chile S.A”



Santiago, 28 de Marzo de 2016.

Estimados señores:

Es un agrado para mi comunicar mi apoyo a los estudiantes de Ingeniería Civil industrial de Universidad de Valparaíso, campus Santiago, la señorita Francisca Fernanda Seguel Muñoz y del señor Francisco Felipe Vargas Villegas.

Nexans Chile S.A, le facilitará la información y datos que sean pertinentes, para la realización del proyecto de tesis enfocado en la Reducción de Scrap que se produce dentro de la planta productiva ubicada en la comuna de San Miguel, Santiago (Región metropolitana, Chile).

Nexans es una empresa productiva de cables y conductores eléctricos, por lo cual la visita a las instalaciones deben hacerse con el debido cuidado dado su complejidad. Los estudiantes se comprometen a no infringir las medidas de seguridad establecidas en la empresa, utilizando debidamente los elementos de protección personal.

Considero oportuna la intervención de los estudiantes para la realización del Proyecto de título, cuyo análisis y soluciones contribuyan positivamente en la producción y utilidades de la empresa.

Atentamente

Cristian Novoa Vega

Senior Lean Champion

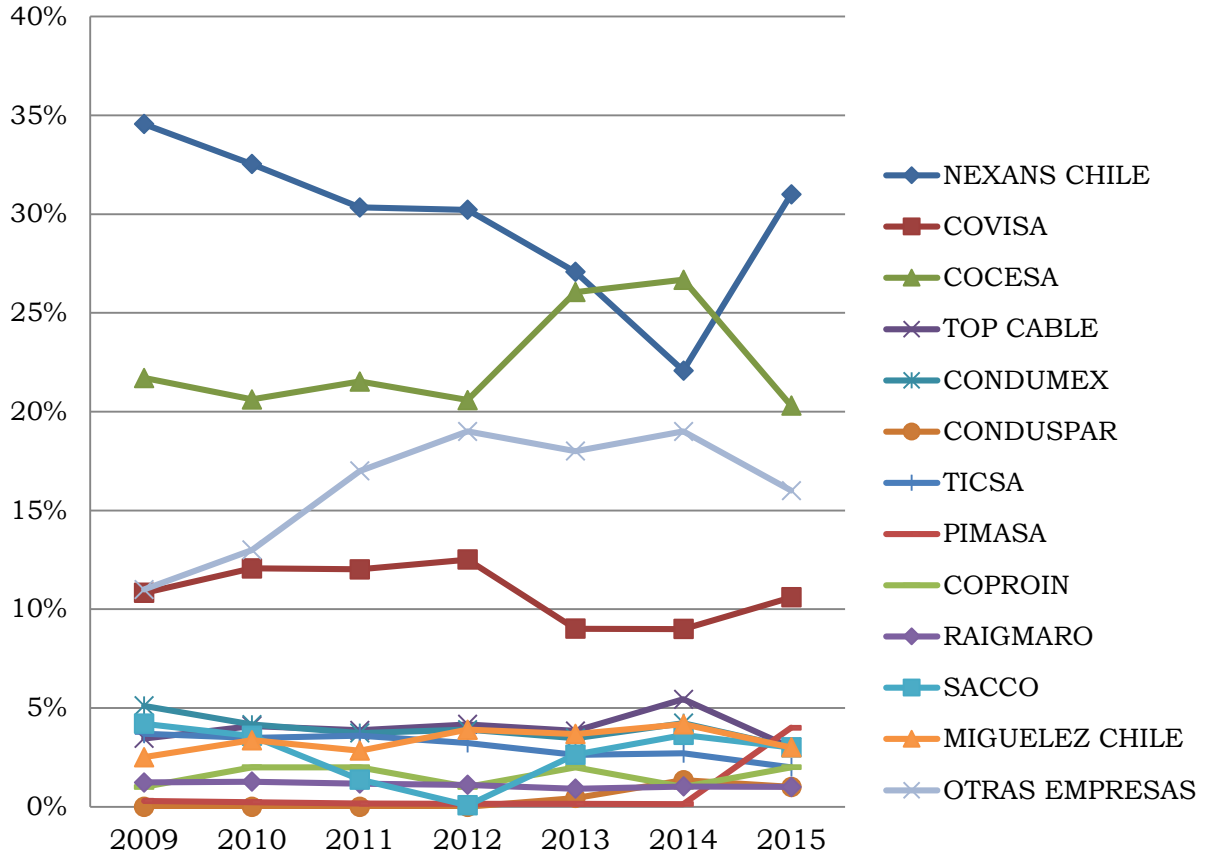
Gerencia de Producción

## 12.4 ANEXO 4: “Participación de mercado Nexans Chile S.A.”

Datos correspondientes a los registros comprendidos entre los años 2009 a 2015, con respecto a la competencia. (Nexans Chile S.A, 2016)

<b>AÑO</b>	<b>NEXANS HILE</b>	<b>COVISA</b>	<b>COCESA</b>	<b>TOP CABLE</b>	<b>CONDUMEX</b>	<b>PIMASA</b>	<b>CONDUSPA R</b>	<b>TICSA</b>	<b>COPROIN</b>	<b>SACCO</b>	<b>RAIGMARO</b>	<b>MIGUELEZ CHILE</b>	<b>OTRAS EMPRESAS</b>
<b>2009</b>	35%	11%	22%	3%	5%	0%	0%	4%	1%	4%	1%	3%	11%
<b>2010</b>	33%	12%	21%	4%	4%	0%	0%	3%	2%	4%	1%	3%	13%
<b>2011</b>	30%	12%	22%	4%	4%	0%	0%	4%	2%	1%	1%	3%	17%
<b>2012</b>	30%	13%	21%	4%	4%	0%	0%	3%	1%	0%	1%	4%	19%
<b>2013</b>	27%	9%	26%	4%	3%	0%	0%	3%	2%	3%	1%	4%	18%
<b>2014</b>	22%	9%	27%	5%	4%	0%	1%	3%	1%	4%	1%	4%	19%
<b>2015</b>	31%	11%	20%	3%	3%	4%	1%	2%	2%	3%	1%	3%	16%

## PARTICIPACIÓN DE MERCADO 2009 - 2015



## **12.5 ANEXO 5: “Gama total de materiales usados en el proceso productivo de cables eléctricos”**

Para la fabricación de los diferentes cables eléctricos se utiliza una combinación de algunos de los materiales. Los materiales utilizados dependen exclusivamente, de las características y propiedades que se requieran del cable y de las especificaciones personalizadas que solicite el cliente.

<b>MATERIAL</b>
COBRE
ACERO
ALUMINIO
CINTA ALUMINIO
CINTA DE COBRE
ESTAÑO
EVA
GOMA
ELEXAR
LATÓN
NYLON
POLITILENO
PVC
XLPE CV
XLPE SILANO
POLIURETANO
FLEJE DE ACERO

## 12.6 ANEXO 6: “Sello de calidad”

Esta etiqueta se utiliza para rotular todos los productos terminados que no cumplen con los requerimientos mínimos en el la etapa del control de calidad.



## 12.7 ANEXO 7: “Etiquetas de clasificación de Scrap”

Para clasificar el Scrap, las cajas que contienen el material deben ser rotuladas con las siguientes etiquetas.

<b>SCRAP RECUPERABLE</b>	
<i>(Escribir materiales que lo componen)</i>	
<b>PESO NETO</b>	
<b>FECHA</b>	

<b>SCRAP NO RECUPERABLE</b>	
<i>(Escribir materiales que lo componen)</i>	
<b>PESO NETO</b>	
<b>FECHA</b>	

## 12.8 ANEXO 8: “Dólar observado SII”

Valor promedio del dólar observado durante el periodo de mayo 2015 hasta abril del 2016 ("DOLAR OBSERVADO ", 2016)

<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	<b>PROMEDIO DÓLAR OBSERVADO (CLP)</b>
<b>Mayo</b>	2015	609,21
<b>Junio</b>	2015	629,99
<b>Julio</b>	2015	650,15
<b>Agosto</b>	2015	680,12
<b>Septiembre</b>	2015	691,73
<b>Octubre</b>	2015	689,86
<b>Noviembre</b>	2015	701,01
<b>Diciembre</b>	2015	699,89
<b>Enero</b>	2016	731,89
<b>Febrero</b>	2016	668,98
<b>Marzo</b>	2016	668,98
<b>Abril</b>	2016	691,12

## 12.9 ANEXO 9: “Carta validación propuesta”



Santiago, 19 de Diciembre de 2016.

Estimados señores:

Luego de reuniones junto a los estudiantes que actualmente realizan el proyecto de título enfocado en la reducción de Scrap en la planta productiva de San Miguel de Nexans Chile S.A, la señorita Francisca Fernanda Seguel Muñoz y del señor Francisco Felipe Vargas Villegas, se acepta la propuesta de un rediseño del proceso productivo actual y capacitar a los operarios con el fin de disminuir la generación de Scrap de la empresa, de tal manera que este índice no sobrepase el máximo tolerable por la empresa.

Las soluciones propuestas por los estudiantes no contradicen las políticas de la Nexans Chile S.A y no generan costos por implementación.

Por tanto, se acepta por parte de Nexans que los estudiantes diseñen la propuesta de solución para reducir la generación de Scrap y su posterior implementación.

Atentamente

Cristian Novoa Vega

Senior Lean Champion

Gerencia de Producción

