

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería industrial



**Propuesta de reducción de tiempos ociosos, para aumento de la
productividad en las líneas de producción, por medio de la
polifuncionalidad.**

Caso: Planta productiva Nexans Chile S.A.

por

Melisa Angélica Muñoz Carrillo

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

Prof. Guía Luis Escobar
Abril, 2017

Agradecimientos

A mi familia y amigos quienes fueron pilar fundamental para culminar esta etapa. A mis profesores quienes me formaron, y al departamento de Operaciones de la empresa Nexans Chile S.A. por otorgarme la información necesaria para realizar este proyecto de título.

Dedicatorias

Dedicado a todas aquellas personas que estuvieron presente con su apoyo estos 5 años de estudio.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| Glosario..... | 9 |
| Lista de abreviaturas y siglas | 11 |
| Listas de figuras | 12 |
| Lista de tablas | 14 |
| Resumen ejecutivo | 16 |
| Introducción | 17 |
| Capítulo 1: Nexans Chile S.A. | 18 |
| 1.1. Introducción al grupo Nexans..... | 18 |
| 1.1.1. Historia de Nexans en el mundo..... | 18 |
| 1.1.2. Madeco S.A. | 19 |
| 1.1.3. Nexans Chile..... | 20 |
| 1.2 Introducción a los productos y procesos | 20 |
| 1.2.1. Productos..... | 20 |
| 1.2.2. Origen de los nombres para los productos..... | 21 |
| 1.2 Procesos de manufactura..... | 24 |
| 1.2.1. Proceso de Trefilación | 24 |
| 1.2.2. Proceso de Cableado desnudo..... | 25 |
| 1.2.3. Proceso de Extrusión..... | 28 |
| 1.3 Antecedentes | 34 |
| Misión..... | 34 |
| Visión | 34 |
| Valores | 35 |
| Política de Calidad | 35 |
| Estructura organizativa..... | 36 |
| Áreas funcionales..... | 36 |
| Gerencia de Operaciones | 37 |
| 1.4 Oportunidad de mejora..... | 37 |
| Capítulo 2: Objetivos y restricciones | 39 |
| Objetivo general | 39 |

| | |
|---|-----------|
| Objetivos específicos..... | 39 |
| Restricciones | 39 |
| Capítulo 3: Marco teórico | 41 |
| 3.1 Productividad | 41 |
| 3.1.2 importancia de la productividad..... | 41 |
| 3.1.3 ¿Por qué es importante el incremento de la productividad? | 42 |
| 3.1.4 Productividad y recursos humanos | 43 |
| 3.2 Mejora continua DMAIC | 44 |
| Defectos por millón de unidades | 46 |
| Primera fase: Definir | 47 |
| Segunda fase: Medir..... | 48 |
| Tercera fase: Analizar | 48 |
| Fase cuatro: Mejorar..... | 49 |
| Fase cinco: Controlar | 49 |
| 3.1 diagrama del proceso | 50 |
| 3.2 Diagrama de Pareto..... | 53 |
| 3.3 Histograma | 55 |
| 3.4 Análisis sipoc | 57 |
| 3.5 Despliegue de la función calidad | 58 |
| 3.6 Matriz de Priorización..... | 64 |
| 3.7 Gráficos de Control..... | 65 |
| 3.8 Diagrama causa y efecto | 78 |
| 3.9 Diagramas de árbol | 80 |
| 3.10 Diagramas de dispersión..... | 81 |
| 3.11 AMFE | 84 |
| Capítulo 4: Metodología..... | 87 |
| 4.1 Metodología DMAIC | 87 |
| 4.1.1 Definir | 88 |
| 4.1.2 Medir | 89 |
| 4.1.3 Analizar | 89 |

| | | |
|---|--|------------|
| 4.1.4 | Mejorar | 89 |
| 4.1.5 | Controlar..... | 90 |
| Capítulo 5: Resultados y discusiones | | 91 |
| 5.1 | Definir el proyecto | 91 |
| 5.1.1 | Levantamiento de procesos a través de Mapas de Procesos | 91 |
| 5.1.1.1 | Diagrama de proceso | 92 |
| 5.1.1.2 | Diagrama del proceso de precedencia en la operación de maquinarias | 93 |
| 5.1.2 | Planteamiento del problema..... | 94 |
| 5.1.2 | análisis SIPOC..... | 100 |
| 5.2 | Medir la situación actual | 101 |
| 5.2.1 | Gráfico de control inicial | 101 |
| 5.2.3 | Gráfica de Pareto: Condicion inicial..... | 108 |
| 5.2.4 | Líneas productivas con mayor MOD..... | 114 |
| 5.3 | Analizar para identificar las causas..... | 119 |
| 5.3.1 | Identificación de las causas potenciales de tiempo ocioso | 119 |
| 5.3.2 | Diagrama de causa efecto | 121 |
| 5.3.3 | Diagrama de árbol..... | 122 |
| 5.3.4 | Matriz de priorización..... | 123 |
| 5.4 | Mejorar..... | 123 |
| 5.4.1 | Priorización de mejoras potenciales..... | 123 |
| 5.4.2 | Propuesta de mejoras | 126 |
| 5.5 | controlar | 130 |
| 5.5.1 | Control y entrenamiento | 130 |
| Capítulo 6: Proyecto mejora continua “Certificación de operadores” | | 131 |
| 6.1 | Objetivos específicos del proyecto..... | 132 |
| 6.2 | Metodología | 132 |
| 6.3 | etapas..... | 133 |
| 6.3.1 | malla curricular | 133 |
| 6.3.1.1 | Plan Común | 133 |
| 6.3.1.2 | Especialización | 134 |

| | |
|--|------------|
| 6.3.2 plan de certificación | 135 |
| 6.4 estándares para líneas productivas | 136 |
| 6.5 Situación actual..... | 136 |
| 6.6 nexans training center..... | 137 |
| 6.6.1 objetivos del proyecto | 137 |
| 6.6.2 situación actual | 137 |
| 6.6.3 propuesta..... | 137 |
| Capítulo 7: Análisis Económico..... | 139 |
| Tasa de descuento a través del CAPM | 143 |
| Impuesto | 145 |
| Aumento de ventas año 2017 por implementación de proyecto | 146 |
| Flujos sin implementación | 147 |
| Flujos con implementación | 150 |
| Comparación del VAN..... | 153 |
| Capítulo 8: Conclusiones..... | 154 |
| Bibliografía | 156 |
| Anexos..... | 158 |
| Anexo 1: Presencia mundial de Nexans. Fuente: Gerencia de Recursos Humanos..... | 158 |
| Anexo 2: Layout planta productiva. Fuente: Gerencia de operaciones..... | 159 |
| Anexo 3: Malla curricular operadores. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 160 |
| Anexo 4: Ejemplo SOP “ <i>Standard Operating Procedure</i> ” máquina 302. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 161 |
| Anexo 5: Ejemplo SWI “ <i>Standard Work Instruction</i> ” máquina 308. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 162 |
| Anexo 6: Ejemplo OPL “ <i>One Point Lesson</i> ” área de extrusión. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 163 |
| Anexo 7: Matriz habilidades operadores cadena de valor Metalurgia. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 164 |
| Anexo 8: Matriz habilidades operadores cadena de valor Building Wire. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 165 |
| Anexo 9: Matriz habilidades operadores cadena de valor Media Tensión. Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 166 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 10: Layout planta. Fuente: Gerencia de operaciones..... | 167 |
| Anexo 11: Layout área Blindado y Trenzado (Armoring and Braiding área). Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 168 |
| Anexo 12: Layout área de ensamblaje (Assembling área). Fuente: Gerencia de Operaciones. | 169 |
| Anexo 13: Layout área (Compounding área). Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 170 |
| Anexo 14 : Layout área de Reticulación (Crosslinking área). Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 171 |
| Anexo 15 Layout área de Dibujo (Drawing área). Fuente: Gerencia de Operaciones. | 172 |
| Anexo 16: Layout área Extrusión. Fuente: Gerencia de Operaciones. | 173 |
| Anexo 17: Layout área Embalaje y Bobinado (Packing and Coiling ⁹). Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 174 |
| Anexo 18: Layout Control de calidad (Quality control area). Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 175 |
| Anexo 19: Layout área de Varada (Stranding área). Fuente: Gerencia de Operaciones..... | 176 |

GLOSARIO

Avería eléctrica: Actividad que se notifica cuando existe problemas eléctricos en la línea productiva.

Avería mecánica: Actividad que se notifica cuando se detiene la línea de producción por problemas mecánicos.

Cadena de valor: Grupo de líneas productivas correspondientes a una misma familia de maquinarias.

Cadena de valor Building Wire: Grupo de familia de maquinarias, formada por extrusoras, dedicadas a la fabricación de cables eléctricos de media tensión.

Cadena de valor extrusión: Grupo de familia de maquinarias, formadas por extrusoras y multihilos, dedicadas a la fabricación de cables eléctricos de media y alta tensión.

Cadena de valor Metalurgia: Grupo de familia de maquinarias, formada por trefiladoras y cableadoras quienes moldean la materia prima, conformando la primera etapa del proceso productivo.

Falta de alimentación: Actividad que se notifica cuando existiendo una orden de trabajo, no es posible continuar con la producción debido a falta de materia prima, falta de bobinas, entre otros.

Falta de operador: Actividad que se notifica cuando no se puede continuar la producción, debido a falta de personal calificado para dicha operación.

OEE: Índice utilizado para calcular la eficiencia global de las maquinarias. Para la realización de su cálculo, se utiliza el rendimiento de la máquina, multiplicado por su disponibilidad.

Paros varios: Actividad que es notificada cuando la máquina se detiene por causas no contempladas en las actividades mencionadas (por ejemplo: corte de energía, reunión de inicio de turno, orden y aseo, etc.).

Reasignación: Actividad que se produce cuando un trabajador es cambiado a operar otra línea de producción, debido a problemas de alimentación o falta de personal calificado para operar la maquina asignada anteriormente.

Reproceso: Actividad que es notificada cuando la máquina es utilizada para remarcar cables, rebobinar, repetir un proceso y remedir.

Término de producción: Actividad que es notificada cuando se detiene la máquina por uno o más turnos, una vez terminada la producción asignada.

Tiempo programado: Tiempo asignado de trabajo. Cada día con 3 turnos completos, el tiempo programado es de 24 horas.

5s: Herramienta que busca la mejora continua de los procesos, a través de “orden y limpieza”. Se denomina así por sus cinco iniciales de origen japonés: Seiri (clasificar, organizar, arreglar apropiadamente), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (limpieza estandarizada), Shitsuke (disciplina).

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

DMAIC = Define, Measure, Analyze, Improve, Control.

MOD = Mano de obra directa.

OPL = One point lesson.

SIPOC = Supplier, Input, Process, Output, Customer.

SWI = Standard work instruction.

LISTAS DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. 1: Conductor eléctrico – cb/freetox-flex..... | 21 |
| Ilustración 1 2: Máquina trefiladora..... | 24 |
| Ilustración 1.3: Layout máquina Trefiladroa..... | 25 |
| Ilustración 1.4: Máquina Cableadora de 55 hilos..... | 26 |
| Ilustración 1 5: Layout máquina Cableadora de 55 hilos..... | 26 |
| Ilustración 1.6: Máquina o línea de extrusión..... | 28 |
| Ilustración 1.7: Layout máquina o línea de Extrusión..... | 29 |
| Ilustración 1.8: Tornillo de Extrusión..... | 30 |
| Ilustración 1.9: Proceso de Extrusión..... | 31 |
| Ilustración 1.10: Cabezal de Extrusión..... | 31 |
| Ilustración 1.11: Canales de enfriamiento..... | 32 |
| Ilustración 1.12: Medidores y controladores de diámetros y espesores..... | 33 |
| Ilustración 1.13: Organigrama comité ejecutivo..... | 36 |
| Ilustración 1.14: Organigrama gerencia de operaciones..... | 37 |
| Ilustración 3.1: Reacción en cadena de una mayor productividad..... | 42 |
| Ilustración 3.2: Metodología DMAIC..... | 45 |
| Ilustración 3.3: Intervalo de tolerancias +-6s..... | 46 |
| Ilustración 3.4: Diagrama de Pareto..... | 55 |
| Ilustración 3.5: Histograma..... | 56 |
| Ilustración 3.6: Esquema Despliegue de la función calidad..... | 59 |
| Ilustración 3.7: Ejemplo Despliegue de la función calidad..... | 63 |
| Ilustración 3 8: Variación natural en el proceso..... | 66 |
| Ilustración 3.9: Vvariación inesperada en el proceso..... | 66 |
| Ilustración 3.10: Límites de control..... | 68 |
| Ilustración 3.11: Patrón no aleatorio 1..... | 69 |
| Ilustración 3.12: Patrón no aleatorio 2..... | 70 |
| Ilustración 3.13: Patrón no aleatorio 3..... | 70 |
| Ilustración 3.14: Patrón no aleatorio 4..... | 70 |
| Ilustración 3 15: Patrón no aleatorio 5..... | 71 |
| Ilustración 3 16: Patrón no aleatorio 6..... | 71 |
| Ilustración 3.17: Patrón no aleatorio 7..... | 71 |
| Ilustración 3 18: Patrón no aleatorio 8..... | 72 |
| Ilustración 3.19: Diagrama causa efecto 4m's..... | 80 |
| Ilustración 3.20: Diagrama de árbol..... | 81 |
| Ilustración 3 21: Tipos de diagramas de correlación..... | 83 |
| Ilustración 4.1: Metodología DMAIC..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 5. 1: Diagrama de proceso..... | 92 |
| Ilustración 5. 2: Diagrama del proceso de precedencia en la operación de maquinarias..... | 93 |
| Ilustración 5. 3: Total tiempos ociosos..... | 95 |
| Ilustración 5. 4: Tiempos ociosos..... | 96 |
| Ilustración 5. 5: Pérdida causada por tiempo ocioso (falta de operador y falta de alimentación) durante el año 2015..... | 97 |
| Ilustración 5. 6: Productividad 2015..... | 98 |
| Ilustración 5. 7: Análisis SIPOC..... | 100 |
| Ilustración 5. 8: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de alimentación – meses del año). | 102 |
| Ilustración 5. 9: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de alimentación – días del mes). | 104 |
| Ilustración 5. 10: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de operador – meses del año). | 105 |
| Ilustración 5. 11: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de operador – días del mes).. | 107 |
| Ilustración 5. 12: Diagrama de Pareto, tiempo ocioso causado por falta de alimentación..... | 110 |
| Ilustración 5. 13: Diagrama de Pareto, tiempo ocioso causado por falta de operador. | 113 |
| Ilustración 5. 14: Histograma demanda MOD..... | 117 |
| Ilustración 5. 15: Diagrama causa efecto..... | 121 |
| Ilustración 5. 16: Diagrama de árbol..... | 122 |
| Ilustración 6. 1: Diagnóstico de operadores y ayudantes de producción-resultados..... | 131 |
| Ilustración 6. 2: Planificación malla curricular 2015.. .. | 133 |
| Ilustración 6. 3: Planificación malla curricular 2016.. .. | 134 |
| Ilustración 6. 4: Especialización..... | 135 |
| Ilustración 6. 5: Plan de certificación..... | 135 |
| Ilustración 6. 6: Layout training center. | 138 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1.1: Antecedentes. | 34 |
| Tabla 1.2: Niveles de especialización | |
| Tabla 1.1: Siglas utilizadas para nombres de los cables. Fuente: Gerencia de Operaciones. | 22 |
| Tabla 1.2 Nomenclatura de norma ICEA. Fuente: Gerencia de Operaciones. | 23 |
| Tabla 1.3: Nombres de fantasía Nexans Chile. Fuente: Gerencia de Operaciones. | 23 |
| Tabla 1.4: Antecedentes. Fuente: Gerencia de operaciones. | 34 |
| Tabla 3.1: Eficiencia de un proceso en base a nivel de sigma. | 46 |
| Tabla 3.2: Simbología diagrama de proceso | 51 |
| Tabla 3.3: Número de intervalos de acuerdo a número de datos. | 57 |
| Tabla 3.4: Diagrama SIPOC. | 58 |
| Tabla 3.5: Matriz de priorización. | 64 |
| Tabla 3. 6 AMFE. | 85 |
| Tabla 5. 1: Líneas productivas en relación a familias de maquinarias. | 94 |
| Tabla 5. 2: Total tiempos ociosos año 2015. | 95 |
| Tabla 5. 3: Tiempos ociosos año 2015. | 96 |
| Tabla 5. 4: Promedio tiempo ocioso mensual por falta de alimentación. | 101 |
| Tabla 5. 5: promedio tiempo ocioso días del mes por falta de alimentación. | 103 |
| Tabla 5. 6: Promedio tiempo ocioso mensual por falta de operador. | 105 |
| Tabla 5. 7: Promedio tiempo ocioso días del mes por falta de operador. | 106 |
| Tabla 5. 8: Tiempos ociosos falta de alimentación por líneas productivas. | 109 |
| Tabla 5. 9: Jerarquía por líneas productivas tiempo ocioso por falta de alimentación. | 111 |
| Tabla 5. 10: Tiempos ociosos falta de operador por líneas productivas. | 112 |
| Tabla 5. 11: Líneas productivas generadores del 80% de tiempo ocioso por falta de operador. | 114 |
| Tabla 5. 12: Demanda MOD periodo 2015. | 116 |
| Tabla 5. 13: Horas MOD. | 118 |
| Tabla 5. 14: Niveles de especialización. | 120 |
| Tabla 5. 15: Matriz de priorización. | 123 |
| Tabla 5. 16: Jerarquización líneas productivas con mayor falta de alimentación. | 124 |
| Tabla 5. 17: Jerarquización líneas productivas con mayor falta de operador. | 124 |
| Tabla 5. 18: Jerarquización líneas productivas con mayor MOD. | 125 |
| Tabla 5. 19: Jerarquización de maquinarias para aumentar polifuncionalidad. | 125 |
| Tabla 5. 20: Aumento polifuncionalidad cadena de valor Metalurgia. | 127 |
| Tabla 5. 21: Aumento polifuncionalidad cadena de valor Building Wire. | 128 |
| Tabla 5. 22: Aumento polifuncionalidad cadena de valor Media Tensión. | 129 |
| Tabla 6. 1: Propuesta SWI a realizar por practicantes y operadores. | 136 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 7. 1: Proyección ventas y costos..... | 140 |
| Tabla 7. 2: Inversión sala de entrenamiento..... | 141 |
| Tabla 7. 3: Costo estándares de operación..... | 141 |
| Tabla 7. 4: Costo cursos..... | 142 |
| Tabla 7. 5: Tasa libre de riesgo..... | 143 |
| Tabla 7. 6: Riesgo del mercado 2015..... | 144 |
| Tabla 7. 7: Riesgo del mercado 2016..... | 144 |
| Tabla 7. 8: Tasa de descuento..... | 145 |
| Tabla 7. 9: Impuesto de primera categoría..... | 145 |
| Tabla 7. 10: Incremento potencial ventas..... | 146 |
| Tabla 7. 11: Flujo 2015 sin implementación..... | 147 |
| Tabla 7. 12: Flujo 2016 sin implementación..... | 148 |
| Tabla 7. 13: Flujo 2017 sin implementación..... | 149 |
| Tabla 7. 14: Flujo 2015 con implementación..... | 150 |
| Tabla 7. 15: Flujo 2016 con implementación..... | 151 |
| Tabla 7. 16: Flujo 2017 con implementación..... | 152 |
| Tabla 7. 17: Comparación del VAN..... | 153 |

RESUMEN EJECUTIVO

La siguiente memoria de título tiene por objetivo generar una propuesta para disminuir el tiempo ocioso producido por falta de alimentación y falta de operadores en las líneas productivas de Nexans Chile s.a., lo cual produce una pérdida de productividad para la empresa.

Esta multinacional, en Chile cuenta con un total de 41 líneas productivas y 72 operadores, distribuidos en tres cadenas de valor, estas son: Metalurgia, Building Wire y Media Tensión. Cada línea productiva tiene un sistema de notificaciones, en donde son registrados los diversos motivos de paros de maquinarias, lo que genera múltiples tiempos ociosos, estos son: Mantenimiento preventivo, avería eléctrica, avería mecánica, mantenimiento programado, problemas de utillaje, problema de insumos, falta de alimentación y falta de operador.

La falta de alimentación y falta de operador generan un tiempo perdido que contribuye al no cumplimiento de las metas de programación de la producción estimada. Durante el año 2015 la falta de alimentación por conceptos de espera de materia prima de líneas precedentes generó una pérdida por \$893MM, mientras que por falta de operador, considerando conceptos de reasignación de maquinarias, produjo una pérdida de \$440MM, sumando ambos factores un total de \$1333MM en pérdidas.

Para reducir estos tiempos ociosos, se propone aumentar la polifuncionalidad de los trabajadores apoyado de un plan de capacitación.

Al generar esta propuesta, incrementando las habilidades de los operadores en un 37%, se estima para el año 2017 podría haber un incremento de ventas por \$492.356.584, lo que comparado a gastos e inversión por desarrollo del proyecto comprueba su rentabilidad.

Con lo anterior, es posible concluir que la metodología utilizada garantiza la obtención de los objetivos planteados, por lo que se recomienda leer a fondo esta memoria de título.

Palabras claves: Productividad, tiempo ocioso, polifuncionalidad, DMAIC, Seis Sigma.

INTRODUCCIÓN

Para cada empresa manufacturera es de vital importancia crecer y aumentar su rentabilidad (o utilidades), lo que se ve directamente relacionado con el aumento de la productividad.

El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos de mejora continua y el estudio de tiempos; ya que busca mejorar continuamente todo lo que existe, en donde todos los aspectos de un negocio o industria, ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración son áreas fértiles para la aplicación de estos métodos y estudio de tiempos.

La productividad en una empresa manufacturera, como relación entre cantidad de bienes producidos y recursos utilizados, ya sea materiales, mano de obra o tiempo, entre otros, sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, máquinas, equipos de trabajo y empleados. En un enfoque sistemático algo es productivo cuando con una cantidad de recursos (insumos) en un periodo de tiempo dado, se obtiene el máximo de productos. La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores, en donde se debe considerar factores que influyen como la inversión realizada por la organización para capacitar y formar a sus miembros.

Las horas ociosas generadas en la planta productiva de Nexans es un tema recurrente, en donde el tiempo en el que una persona o máquina está parada, teniendo trabajo disponible no corresponde a un período de descanso o de parada por mantenimiento, sino a un tiempo desaprovechado, generándose un despilfarro de tiempo.

El tiempo perdido tiene repercusiones en los costos de oportunidad. Cuando no se tiene una optimización de la polifuncionalidad de los operadores, la empresa pierde la oportunidad de contar con productos que podrían haber sido producidos.

En este trabajo de título se estudiará el tiempo ocioso por falta de alimentación y falta de operador, tiempos potencialmente “evitables” para la empresa, y la forma de disminuirlos. El grado de polifuncionalidad de los operadores va directamente relacionado a esto, por lo que se hace necesario evaluar sus efectos producidos en dichos tiempos.

El objetivo se centrará en establecer una propuesta para determinar en qué líneas productivas se debe aumentar la polifuncionalidad de los operadores, obteniendo como fin un incremento de la productividad, a través de la disminución del despilfarro de tiempo.

CAPÍTULO 1: NEXANS CHILE S.A.

1.1. INTRODUCCIÓN AL GRUPO NEXANS

Nexans es una empresa multinacional francesa, dedicada a la fabricación de una extensa gama de conductores eléctricos y sistemas de cableado, lo cual la ha convertido en uno de los líderes de la industria del cable. Esta empresa multinacional tiene presencia en 40 países (ver anexo 1), 104 plantas con múltiples actividades comerciales y más de 23.000 empleados al servicio de la comunidad mundial. Los principales sectores del mercado global que Nexans explora son los sectores de la infraestructura, industria, construcción y de las redes locales de transmisión de datos, así como también entrega soluciones para sectores de industrias como construcción naval, petroquímica, nuclear, ferroviaria, electrónica, aeronáutica, manutención y automatización.

Actualmente el grupo cotiza en la bolsa NYSE Euronext de París donde el año 2014 realizó ventas por más de 4.587 millones de Euros.

1.1.1. HISTORIA DE NEXANS EN EL MUNDO

La particular y extensa historia de esta empresa comienza en el año 1897 con la creación de la "Compañía y Sociedad Francesa de Cables en Lyon", donde gracias a los buenos resultados que se obtuvieron año tras año lo llevaron a dominar el mercado francés y que se evidencia tras la adquisición de múltiples compañías dedicadas al rubro en este país hasta el año 1979. Los años siguientes, Nexans, que ya dominaba el mercado francés, decidió extender su alcance hacia otros países de Europa y hacia países de América, es así como en el año 1980 compró "Chandris Cables" en Grecia y Chester Cables de USA en 1981.

En 1982 adquirió Kabelmetal Elektro en Alemania. En 1983 y 1986 nuevamente adquiere algunas compañías francesas, Thomson-Jeumont Câbles, Alcatel NV, Tréfilerie et Laminoir de la Méditerranée (TLM) y finalmente una compañía de Bélgica llamada Câbleries de Charleroi. Al año siguiente, en Italia, adquiere las compañías Manuli Cavi y Thomson Cuivre.

En 1989 Nexans compra una nueva compañía belga Câbleries de Dour y en 1991 adquiere Canada Wire de Canadá, Vacha Kabel, Ehlerskabelwerk, Lacroix und Kress y AEG Kabel de Alemania. En el año 1992 compra Berk-Tek en USA y en 1994 adquiere Cortaillod-Cossonay de Suiza. Posteriormente pasan 4 años donde Nexans no adquiere ninguna compañía hasta 1998 donde se hace adquirente de ODD presente en USA y Portugal.

El año 2000, es un año muy particular ya que compra Safi Conel de Italia y además concreta la creación del grupo Nexans como una sola compañía. En el año 2001 Nexans adquiere la primera compañía del continente Asiático, es decir, adquiere Daesung de Corea del

Sur. Al año siguiente el plan es seguir fortaleciendo la presencia en Alemania donde se hace adquisidor de PETRI. Por otra parte, en el 2003 compra Kukdong Electrical Wires Company de Corea del Sur y llega por primera vez a Sudamérica mediante la compra de Furukawa Cabos de Energía S.A. de Brasil.

Nexans continúa diversificando sus productos y es por ello que en el año 2004 concreta la adquisición de Cabloswiss en Italia, la cual es una compañía especialista en cables para robótica. El año 2006 se realizan tres grandes adquisiciones, la primera es la compra del Grupo Alemán Confecta, compañía especialista en la fabricación de guarniciones para la industria ferroviaria y otros segmentos industriales. La segunda adquisición fue la empresa OLEX de Australia, que sin duda viene a reforzar la posición de Nexans en cables de energía y mejorar su exposición a los mercados emergentes de la región del Pacífico Asiático. La tercera y final adquisición de este año es la compra del líder en tecnología termal en tiempo real para aplicaciones de transmisión de energía elevadas llamado The Valley Grupo, Inc.

El año 2008 es un año muy especial para Chile, ya que se realiza la adquisición del negocio líder de cables en Sudamérica, “Madeco”, este grupo estaba compuesto por Indeco en Perú, Ficap en Brasil, Indelqui en Argentina, Cedsa en Colombia y Madeco en Chile. Además este mismo año se adquiere Intercond un fabricante de cables especiales líder en Europa. Posterior a esta gran adquisición, en el año 2011 Nexans se hace dueño del 75% de Shandong Yanggu Cables Group en China y así comenzar con la conquista del mercado Chino.

Finalmente, esta extensa historia concluye el año 2012 tras adquirir a AmerCable Holding Inc de Estados Unidos quién es líder en cables mineros, oil & gas y aplicaciones industriales en el mercado Norteamericano.

1.1.2. MADECO S.A.

En sus orígenes, es decir, en el año 1944, esta compañía fue creada bajo el nombre Mademsa para fabricar productos a base del cobre y sus aleaciones. En 1961 la sociedad amplió su negocio al crear la filial Alusa S.A. la cual se dedicaría a la manufactura de envases flexibles para productos de consumo masivo.

Es en el año 1983 cuando el grupo Luksic pasó a ser el accionista mayoritario y controlador de esta sociedad. Con el paso de los años el grupo Luksic comenzó a adquirir varias compañías en la región de Sudamérica además de ampliar el negocio con filiales en el país.

Algunas de las adquisiciones hasta el año 2007 en el mercado nacional fueron; Armat, Cotelsa, Indalum y Colada Continua Chilen y en el extranjero; Indeco en Perú, Deker-Indelqui en Argentina, Ficap en Brasil y Cedsa en Colombia.

1.1.3. NEXANS CHILE

La historia de Nexans en Chile comienza en el año 2008 cuando sus dueños, el grupo Madeco (Manufacturas de Cobre S.A), liderado por el los conocidos inversionistas Luksic deciden vender todas sus unidades manufactureras de cables de toda la región Sudamericana. Con este negocio realizado, Nexans no solo comenzó a operar en Chile y en Sudamérica, sino que también se generó un estrecho vínculo con nuestro país debido a que el grupo Luksic se transformó en uno de los accionistas individuales mayoritarios de Nexans con más del 20% de la compañía francesa. Este capital hoy en día es administrado por Invexans, grupo que hasta el año 2013 llevaba por nombre Madeco S.A.

Los sectores o segmentos en los que Nexans Chile comercializa sus conductores eléctricos son el sector de la Infraestructura, es decir, redes de energía y parques eólicos, el sector de la Industria, o sea, la minería, la industria en general y el control e instrumentación. Y finalmente el sector de la construcción, donde sus productos son enfocados a la baja tensión y la seguridad contra incendios.

Nexans Chile potencia el uso del cobre nacional, donde el 100% del cobre utilizado en la planta es chileno, que además de utilizarlo en productos para el país, se exporta a varios destinos, incluso China.

1.2 INTRODUCCIÓN A LOS PRODUCTOS Y PROCESOS

Antes de introducir en los procesos de manufactura de los conductores eléctricos es necesario realizar una breve descripción de qué, cómo y cuáles son los productos fabricados en estos procesos. Además se dará a conocer cuál es la normativa vigente que regula los nombres de estos productos según su estructura de composición.

1.2.1. PRODUCTOS

Para describir los procesos de manufactura y los productos que normalmente elabora la empresa Nexans Chile es necesario realizar una pequeña introducción a los conductores y al origen de sus nombres. Para este efecto se comenzará definiendo qué es un conductor eléctrico.

Un conductor eléctrico o comúnmente llamado cable es un elemento que permite la transmisión de energía y/o información de un lugar a otro por medio de un metal de alta conducción de electrones. Los conductores eléctricos están formados básicamente por dos componentes, es decir, un conductor y un aislante.

El conductor es, generalmente, un componente metálico el cual transporta la energía o los electrones de un lugar a otro, donde usualmente los metales más utilizados son el cobre y

el aluminio. Sin embargo, los mejores conductores conocidos son la plata y el oro. Por otra parte, el aislante es un componente polimérico o plástico, el cual cumple la función de aislar, es decir, no conducir la electricidad con el fin de proteger a las personas que manipulan estos elementos (Ver ilustración 1.1).

Los compuestos poliméricos más utilizados hoy en día son el PVC¹, el PE², el XLPE³, los Elastómeros o comúnmente llamados Cauchos y los EVA⁴ o comúnmente llamados compuestos libres de halógenos o HFFR⁵.

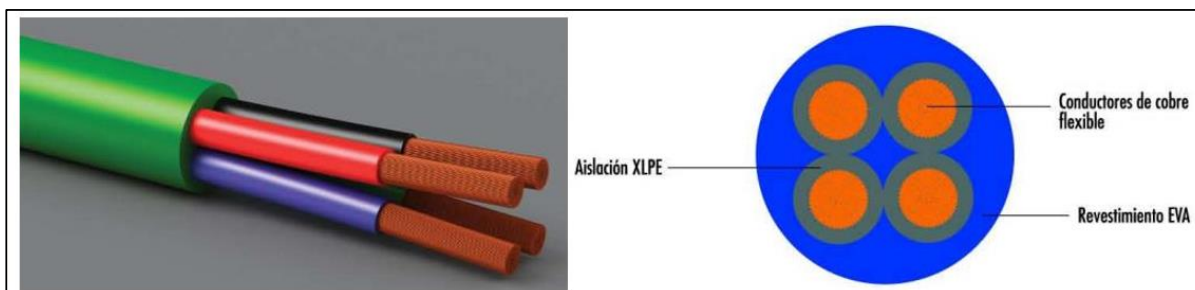


Ilustración 1. 1: Conductor eléctrico – cb/freetox-flex. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Por otra parte, un conductor eléctrico puede ser un cable o conductor monopolar o multipolar, es decir, puede estar formado por una sola fase o puede estar formado por varias fases para conducir la electricidad. El número de fases que compongan un conductor eléctrico dependerá según la aplicación que tenga este conductor.

1.2.2. ORIGEN DE LOS NOMBRES PARA LOS PRODUCTOS

Los nombres que se le dan a los productos, generalmente, están dados por la Norma o Estándar Internacional que se utilice para su aplicación. Las Normas más relevantes que Nexans Chile utiliza para la construcción de sus cables o productos son y para los nombres que estos llevan son:

AAR : American Association Railway
 ASTM : American Society for Testing and Materials
 ICEA : Insulated Cable Engineer Association

¹ PVC: Polímero a base de Cloruro de polivinilo.

² PE: Polímero a base de Poli-olefina o comúnmente llamado Polietileno.

³ XLPE: Polímero a base de Polietileno más un peróxido que lo hace reticulable o vulcanizable.

⁴ EVA: Polímero a base de Etíl Vinil Acetato.

⁵ HFFR: Nombre que reciben la mayoría de los polímeros a base de EVA y que significa Halogen Free Fire Retardant (Libre de halógenos Retardante al fuego).

IEC : International Electrotechnical Commission
 NCH : Norma Chilena
 REA : Rural Electrification Administration
 UL : Underwriters Laboratories
 VDE : Vervand Deutsch Electrotechnische

De acuerdo a lo anterior, el nombre de los productos tiene un origen mnemotécnico y secuencial, vale decir, las primeras dos letras indican el tipo de conductor y estas son: AL (Alambre), CB (Cable) y CR (Cordón).

Luego, es separado por un “slash” (/) y a continuación se utiliza un sin número de letras que están dados de acuerdo a los distintos componentes que construyen el conductor eléctrico. Las letras usadas se expresan de adentro hacia afuera según la construcción del cable, es decir, primero es nombrada la aislación, luego las pantallas, armaduras, revestimientos, etc. A continuación, en la Tabla 1.1 se presentan las denominaciones más utilizadas:

| Sigla | Nombre | Sigla | Nombre |
|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| A | Armadura de alambre de acero | N | Neopreno |
| AT | Armadura trenzada | NY | Nylon |
| APL | Aluminio Polietinizado | p | Pares |
| C | Cable de control | P | Polietileno |
| CP | Polietileno Clorado (CPE) | q | Cuadretes |
| E | Goma Etileno Propileno (EPDM) | Si | Silicona |
| EU | Poliuretano (PU) | t | Triadas |
| G | Tierra | T | Policloruro de vinilo (PVC) |
| I | Intemperie | V | Etileno Acetato (EVA) |
| J | Relleno Jelly | X | Polietileno reticulado (XLPE) |
| M | Múltiple | Z | Armadura de cinta de acero |
| M | Carbopolímero | -8 | Auto-soportado (Figura 8) |
| MT | Plástico telefonía | - | - |

Tabla 1.1: Siglas utilizadas para nombres de los cables. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Por otra parte, según la Norma ICEA, una de las más utilizadas alrededor del mundo, la nomenclatura dada para los nombres de los productos que se fabrican bajo este estándar es la que se muestra en la Tabla 1.2.

| Nombre | Descripción |
|---------------|---|
| SHD | Cable portátil de uso en la minería |
| SHD-GC | Cable portátil de uso en la minería con tierra, pantalla y control de fallas |
| W | Cable portátil de uso en minería de bajo voltaje |
| G | Cable portátil de uso en minería con cable a tierra |
| GC | Cable portátil con cable a tierra y cable de control de fallas. |
| THW | Cable de poder monofilar para 75°C de PVC |
| THHN | Cable de poder monofilar para 90°C de PVC y Nylon |
| SPT-1 | Cordón paralelo de PVC, servicio liviano |
| SVT | Cordón redondo de PVC, servicio liviano |
| ST | Cordón redondo de PVC, servicio pesado |
| SJE | Cordón redondo de goma termoplástica, servicio liviano |
| SE | Cordón redondo de goma termoplástica, servicio liviano |
| NYA | Conductor de PVC, tendido fijo, 70°C temperatura de servicio |
| NSYA | Conductor de PVC, tendido fijo, ambiente húmedo, 70°C temperatura de servicio |
| NSSHOU | Cordón flexible de goma, servicio pesado |

Tabla 1.2 Nomenclatura de norma ICEA. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Por último, Nexans Chile también tiene algunos nombres de fantasía para determinados conductores, los que se muestran en la Tabla 1.3 son los más representativos.

| Nombre | Descripción |
|---------------------|--|
| LOC | Cable flexible de locomotora |
| ITCC | Cable telefónico para interiores |
| TPS | Conductor paralelo múltiple de uso domiciliario de PVC |
| LEAD | Cable flexible de media tensión para conexión de transformadores |
| MULTIFLEX | Cable de potencia y control para instalaciones fijas |
| FREETOX | Cable libre de halógenos y resistente al fuego |
| FREETOX-FLEX | Cable flexible, libre de halógenos y resistente al fuego |

Tabla 1.3: Nombres de fantasía Nexans Chile. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Posterior al nombre del producto corresponde agregarle el calibre o tamaño del conductor metálico y el voltaje de aplicación para el cual sirve el conductor.

1.2 PROCESOS DE MANUFACTURA

La manufactura de los distintos productos fabricados por Nexans Chile s.a. se realiza, en la mayoría de los casos, en varias etapas o procesos. Sin embargo, en este trabajo de título se describirán los tres procesos más relevantes, estos son; los procesos de Trefilación, Cableado desnudo y Extrusión.

1.2.1. PROCESO DE TREFILACIÓN

En este proceso se utiliza un tipo de maquinaria llamada trefiladora (ver Ilustración 1.2 y 1.3), el objetivo de ella es reducir el diámetro de un alambre mediante su estiramiento. La materia prima que se utiliza en el proceso es un alambión de cobre de 8 [mm] de diámetro, este pasa por matrices circulares de diamante y poleas cerámicas las cuales estiran el alambión y a la vez reducen su diámetro hasta el diámetro deseado. Este alambre de diámetro ya reducido, pasa por un horno de recocido para dar temple y eliminar tensiones moleculares; su objetivo es recuperar propiedades eléctricas del metal. Finalmente, el alambre trefilado se enrolla en una bobina metálica o un canastillo, donde pasa al siguiente proceso.



Ilustración 1.2: Máquina trefiladora. Fuente: Gerencia de operaciones.

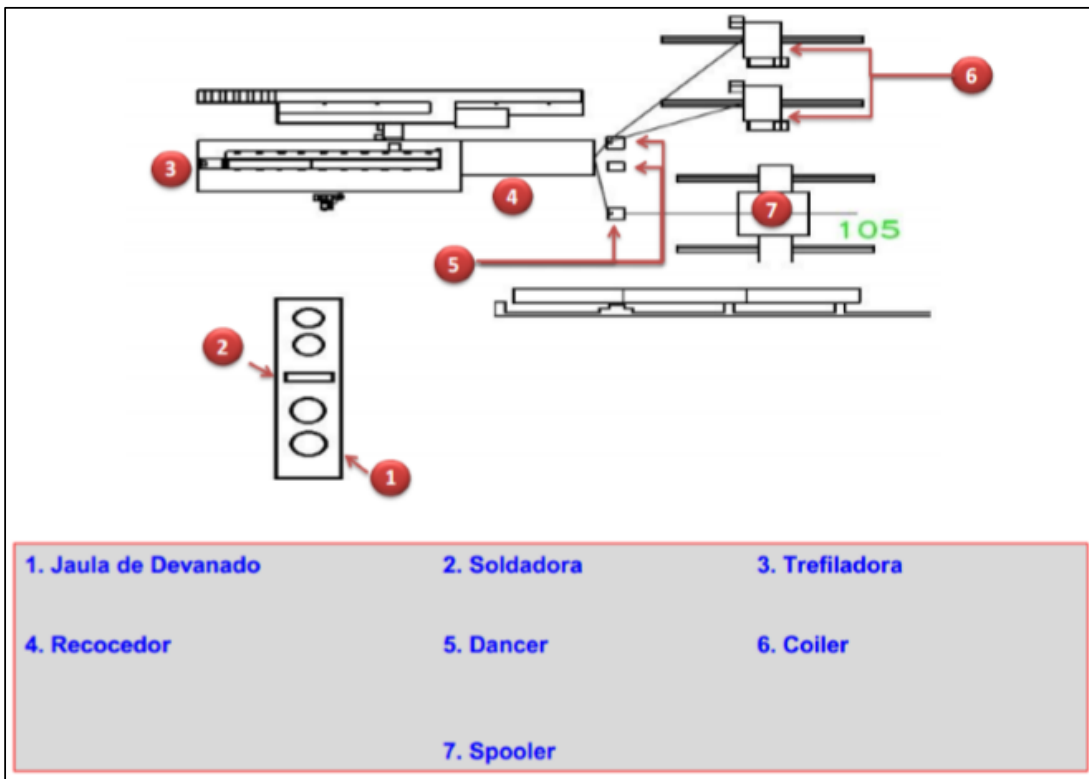


Ilustración 1.3: Layout máquina Trefiladrea. Fuente: Gerencia de Operaciones.

1.2.2. PROCESO DE CABLEADO DESNUDO

En este proceso, se fabrica un conductor metálico formado por múltiples alambres o hilos del metal utilizado (Cobre o Aluminio). Su materia prima son las bobinas con alambres trefilados del proceso anterior, las que se montan en una máquina cableadora o línea de cableado (ver Ilustración 1.4 y 1.5).



Ilustración 1.4: Máquina Cableadora de 55 hilos. Fuente: Elaboración propia.

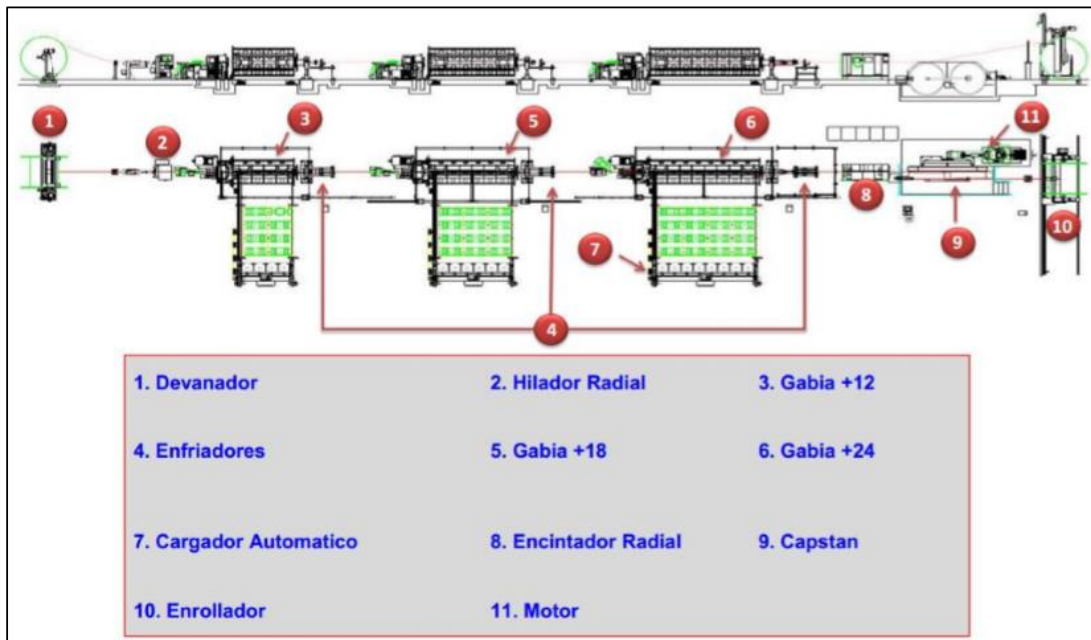


Ilustración 1 5: Layout máquina Cableadora de 55 hilos. Fuente: Gerencia de Operaciones.

a. Devanador: Parte ubicada al inicio de la línea de cableado, en esta se monta una bobina o carrete que contiene, generalmente, una sola hebra o hebra central del conductor final, comúnmente se conoce con el nombre de alma. Esta hebra central se enhebra a lo largo de toda la línea hasta llegar a la parte final de la línea, es decir, al enrollador. En esta parte la hebra, se amarra para darle tensión y poder aplicar sobre ella las demás hebras que compondrán el conductor.

b. Gabias: Componente de la línea donde se montan las hebras o hilos que se aplicarán sobre la hebra central montada en el devanador. Las líneas de cableado, generalmente, se componen de tres gavias en las cuales se pueden montar 12, 18 y 24 bobinas, respectivamente, para posteriormente aplicar sobre la hebra central y las capas posteriores formadas por estas mismas gabias. El principio de funcionamiento de esta línea consiste en tirar de un extremo de la línea (desde el enrollador) para luego girar la primera gavia sobre la hebra central, esta aplicación de hebras se llama primera capa. Cuando se aplican las hebras de la primer gavia se hace girar la segunda gavia sobre la capa de alambres aplicada anteriormente y se produce la aplicación de la segunda capa. Para finalizar se aplica la última capa de alambres la cual es realizada por la tercera y última gavia.

c. Dado formador: Esta parte de la máquina siempre está situada después de cada gavia, por lo tanto, son tres los dados formadores que están en la línea de cableado. El dado formador es una matriz de carburo con forma circular la cual tiene un orificio en el centro, normalmente un poco menor al diámetro del conductor formado por la aplicación de la capa aplicada anteriormente en la gavia. El conductor pasa a través de esta matriz, la cual se encarga de dar la forma circular al conductor metálico. Según el grado de formación o compactación, es decir, cuanto más ajustado pase el conductor a través del dado será el tipo de conductor que se fabricará. Existen cuatro tipos de conductores que usualmente se fabrican en estas máquinas, las cuerdas normales, las flexibles, las comprimidas y las compactadas.

d. Capstan: El capstan es el componente que se encarga de tirar y mantener la tensión del conductor que se cableó en las gabias. Este componente está compuesto por dos poleas de grandes dimensiones, aproximadamente de 2 [m] de diámetro y un motor de alto torque para tirar el conductor ya cableado.

e. Enrollador: El enrollador es el componente final de la línea de cableado. En él se monta una bobina o carrete el cual se encarga de almacenar o enrollar el conductor desnudo terminado. La capacidad en peso de estos enrolladores normalmente es de 12 toneladas.

1.2.3. PROCESO DE EXTRUSIÓN

Este proceso es el más complejo de todos los mencionados, debido a que existen muchas variables a considerar y controlar. Su objetivo es aplicar de forma homogénea y controlada una capa de un compuesto polimérico sobre un conductor metálico para convertir un conductor desnudo en un producto comerciable llamado cable. Por otra parte, esta capa polimérica tiene la función de aislar la electricidad que transporta el conductor metálico y así proteger a las personas que manipulan estos elementos.

Para llevar a cabo este proceso se debe utilizar una tipo de maquinaria llamada línea de extrusión o comúnmente llamada extrusora (ver Ilustración 1.6 y 1.7). Esta maquinaria se caracteriza principalmente por su extensa longitud, de aproximadamente 70 a 100 metros de largo.



Ilustración 1.6: Máquina o línea de extrusión. Fuente: Elaboración propia.

Una línea de extrusión está compuesta por varios elementos, equipamientos y dispositivos de control a lo largo de su estructura lo que hace muy compleja su utilización. Los principales elementos por el cual está compuesta una línea de extrusión son:

El devanador, los capstan (entrada y salida), la extrusora, las canales de enfriamiento, los medidores y controladores de diámetro y espesores, el cuentametros, los secadores, la marcadora, la chispera y el enrollador (ver Ilustración 1.7).

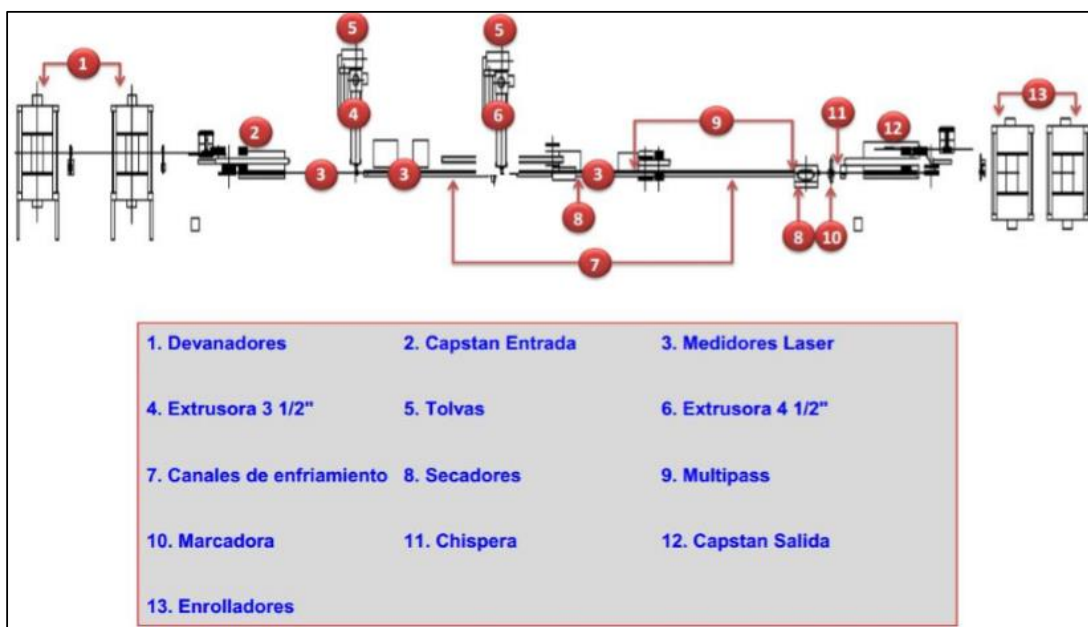


Ilustración 1.7: Layout máquina o línea de Extrusión. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Cada uno de estos componentes cumple un papel importante en este proceso, por lo tanto, es necesario conocer como es su funcionamiento dentro de la línea de extrusión. Es por ello que a continuación se hará una breve descripción de los componentes más importantes de la línea de extrusión.

- a. Devanador: Este componente es el primer elemento que compone una línea de extrusión. Se caracteriza por ser una maquinaria electromecánica ya que está formada, generalmente, por dos motores, uno que hace girar unas pinolas que sostienen el carrete con el conductor desnudo y otro que permite realizar un desplazamiento horizontal del equipo. Además contiene una caja reductora que proporciona trabajar a distintas velocidades y con diversos tamaños de carga. Otro elemento importante que lo compone es su estructura metálica que principalmente son dos brazos de gran envergadura los cuales permiten tomar una bobina o carrete para elevarlo. El propósito del devanador es elevar y sostener en el aire una bobina o carrete, el cual contiene el conductor metálico desnudo, la idea de que esté suspendido en el aire es para que el conductor desnudo pueda ser desenrollado de la bobina y así pase a través de la línea de extrusión para que luego pueda ser cubierto con la capa polimérica que le aplicará la extrusora.

- b. Capstans: Las líneas de extrusión, generalmente, tienen dos de estos elementos dentro de su configuración, uno en la entrada de la línea (después del devanador) y el otro a la salida (antes del enrollador). Los capstans, al igual que el devanador se caracterizan por ser una maquinaria electromecánica, ya que también tiene un motor, una caja reductora y un variador de frecuencia. Otro de los elementos principales que tiene este equipo son sus correas o bandas (tipo oruga) de un material de caucho vulcanizado. Estas correas están una sobre la otra y la función de ellas es presionar el conductor y girar en una dirección para crear una tensión a lo largo de la línea de extrusión, lo cual permitirá que en ningún momento se caiga el conductor. El capstan de salida es el que tira el conductor hacia adelante y el capstan de entrada solamente intenta sostener o aguantar el cable para crear la tensión en la línea.
- c. Extrusora: Tal como se mencionó anteriormente, la extrusora permite aplicar un compuesto polimérico fundido sobre el conductor metálico que pasa a través de ella. Ésta es una máquina electromecánica, como las descritas anteriormente, la cual es controlada por un variador de frecuencia, el cual controla además todos los componentes que están en ella, es decir, motores, resistencias y ventiladores. Los principales elementos que construyen una extrusora son los siguientes: motor, caja reductora, tolva para el polímero, tornillo de extrusión, resistencias, ventiladores o sistema de enfriamiento, interfaz o tablero para operar la maquinaria y el cabezal de extrusión.

El funcionamiento de esta maquinaria en palabras simples es el siguiente. En la parte trasera inferior, generalmente, está el motor y la caja reductora, la cual hace girar el tornillo de extrusión (ver Ilustración 1.8) que está en el interior de la extrusora, a su vez, la zona donde está el tornillo se debe calentar a alta temperatura mediante unos calefactores (resistencias eléctricas) hasta que lleguen a la temperatura que se predetermina en la interfaz de operación.

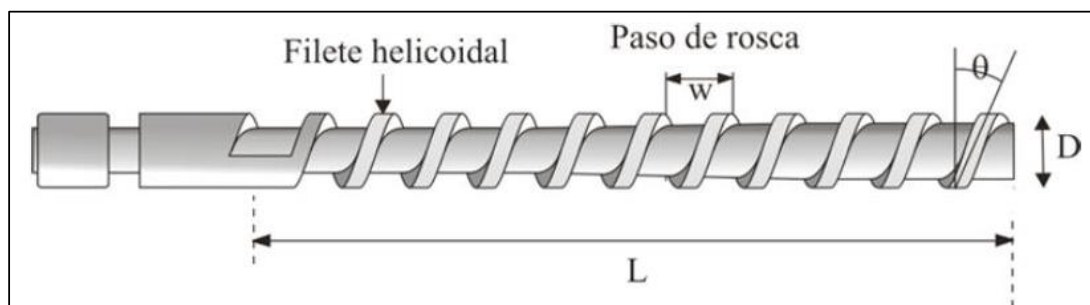


Ilustración 1.8: Tornillo de Extrusión. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Luego se debe cargar mediante un mecanismo neumático el compuesto polimérico en la tolva, la cual está sobre la extrusora pero en la parte trasera de ella. Por aquí ingresa el compuesto polimérico al interior de la extrusora y a medida que va girando el tornillo comienza a arrastrar y fundir el compuesto, esto lo realiza desde la parte trasera de la extrusora hacia adelante (ver Ilustración 1.9).

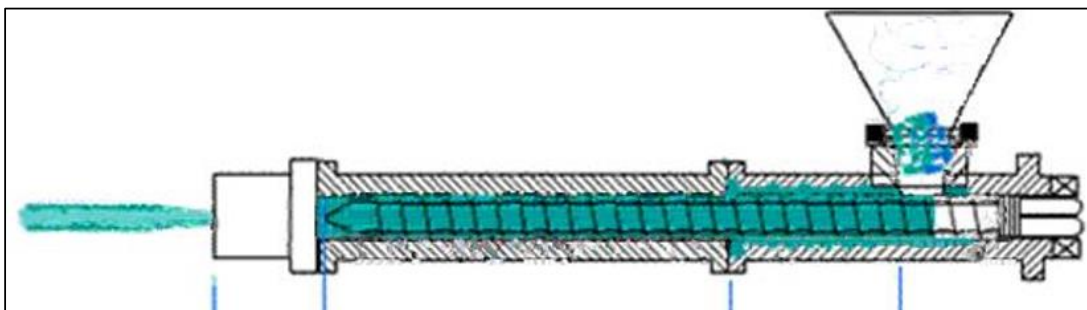


Ilustración 1.9: Proceso de Extrusión. Fuente: Gerencia de Operaciones.

En la parte delantera se encuentra el cabezal de extrusión (ver Ilustración 1.10), el cual cumple la función de moldear el compuesto fundido y mediante unas matrices que están en su interior aplican y distribuyen el compuesto de forma homogénea sobre el conductor desnudo que pasa por el interior de este cabezal.

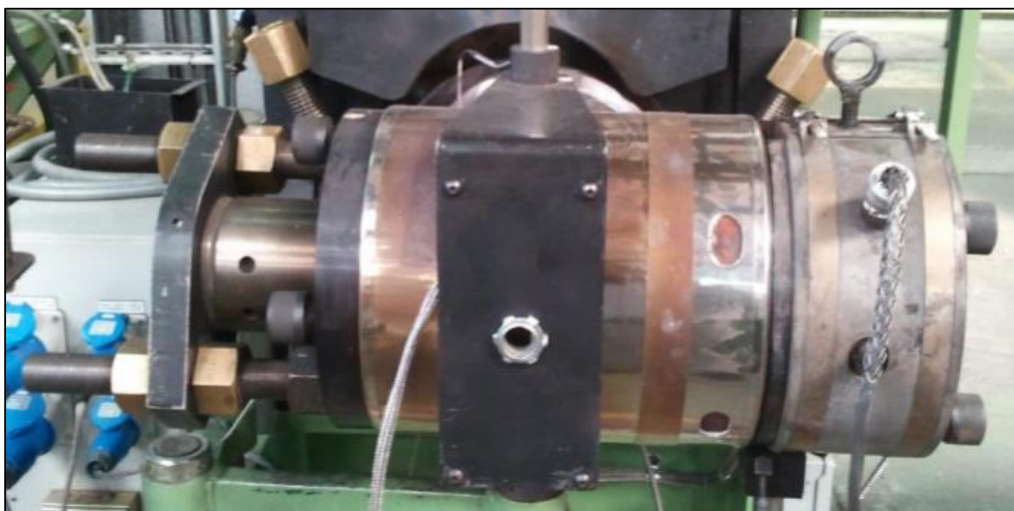


Ilustración 1.10: Cabezal de Extrusión. Fuente: Elaboración propia.

- d. Canales de enfriamiento: Este elemento es simplemente una especie de tina de acero inoxidable de una prolongada longitud (aproximadamente 30 a 40 [m]) y que siempre está a continuación del cabezal de extrusión, la cual contiene, generalmente, agua fría y su objetivo es simplemente enfriar el compuesto polimérico fundido que le aplica la extrusora al conductor (ver ilustración 1.11).



Ilustración 1.11: Canales de enfriamiento. Fuente: Elaboración propia.

- e. Medidores y controladores de diámetros y espesores: Este elemento es un equipamiento electrónico de última generación que tiene por objetivo medir y controlar los diámetros del cable que se está fabricando. El equipo opera con un valor de control, el espesor, seteado a través de la interfaz de comunicación con la extrusora (HMI), el que al ser comparado con las mediciones realizadas comandan las RPM del tornillo de extrusión (ver Ilustración 1.12).



Ilustración 1.12: Medidores y controladores de diámetros y espesores. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Los demás componentes de la extrusora, como por ejemplo, el cuentametros, marcadora y chispera son de menor importancia en comparación a los descritos anteriormente, por lo tanto su descripción se omitirá en este trabajo.

1.3 ANTECEDENTES

| | |
|--------------|--|
| Rut | 76.032.263-6 (76006854-3) |
| Razón Social | Nexans Chile S.A. |
| Giro | Fabricación, Comercialización, Importación y Exportación de Productos de Cables y Conductores |
| Teléfono | 3520100 |
| Dirección | Ureta Cox 930, San Miguel, Santiago de Chile. Posee una superficie total de 40.404 m ² , que contempla 26.980 m ² de áreas productivas y 13.424 m ² de bodegas (Ver anexo 2). |

Tabla 1.4: Antecedentes. Fuente: Gerencia de operaciones.

MISIÓN

- Desarrollar y proveer soluciones integrales de conductores eléctricos de alto valor agregado que constituyan una ventaja competitiva y contribuyan al éxito del negocio de nuestros 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.

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.

VALORES

- Compromiso.
- Lealtad.
- Confianza.
- Transparencia.
- Dialogo.
- Integridad.
- Creatividad e iniciativa.
- Optimismo.
- Respeto.
- Trabajo en equipo.
- Cumplimiento de las normas y los procedimientos.
- Cooperación y colaboración.

POLÍTICA DE CALIDAD

“Nexans Chile s.a. busca constantemente el liderazgo en sus líneas de negocio de comercialización de alambión y de fabricación, comercialización, importación y exportación de conductores eléctricos y de telecomunicaciones, concentrando todos sus esfuerzos en mejorar día a día la calidad de sus productos, basándose en normativas nacionales aplicables y por sobre todo, en estándares de calidad internacionales, con el objeto de dar cumplimiento a los requisitos y satisfacer con ello las necesidades de nuestros clientes internos y externos.

Es tarea de toda la organización, trabajar de forma eficiente, cumpliendo los estándares y normativas ambiental y de seguridad y salud ocupacional, con un alto nivel de

compromiso y participación, manteniendo en todo momento la fuerza y el espíritu de superación del trabajo en equipo, para así, lograr satisfacer los intereses de las personas, de los clientes, de los accionistas y el de toda la comunidad en general.

Nexans Chile forma parte de un grupo cuyo trabajo, objetivos e indicadores apuntan al camino de la excelencia, por lo que será compromiso de la alta gerencia y de todas las personas que forman parte de esta organización, la mejora continua del sistema de gestión de calidad, con el firme propósito de mejorar constantemente la calidad de los productos, de los procesos, la calidad del servicio de post venta y el desarrollo de nuevos productos, a fin de satisfacer las necesidades de nuestros clientes y garantizar con ellos su permanente fidelidad”.

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

ÁREAS FUNCIONALES

Como se aprecia en el organigrama que precede (ver Ilustración 1.13), en la cabeza de este Comité Ejecutivo se encuentra el Gerente General de Nexans el señor Renzo Ghidini. Bajo él se sitúa el resto de los integrantes del comité ejecutivo, es decir, todos los Gerentes de las distintas áreas funcionales de la empresa, tales como; Gerente de Administración y Finanzas, el señor Leonel Morales, Gerente de RR.HH, el señor Renato Hernández, Gerente Comercial y Servicio al Cliente, el señor Jaime de la Fuente, Gerente de Abastecimiento, el señor Felipe Basso, Gerencia de Operaciones, el señor Camilo Elton y Gerencia Técnica y de Desarrollo, el señor Claudio Castillo.

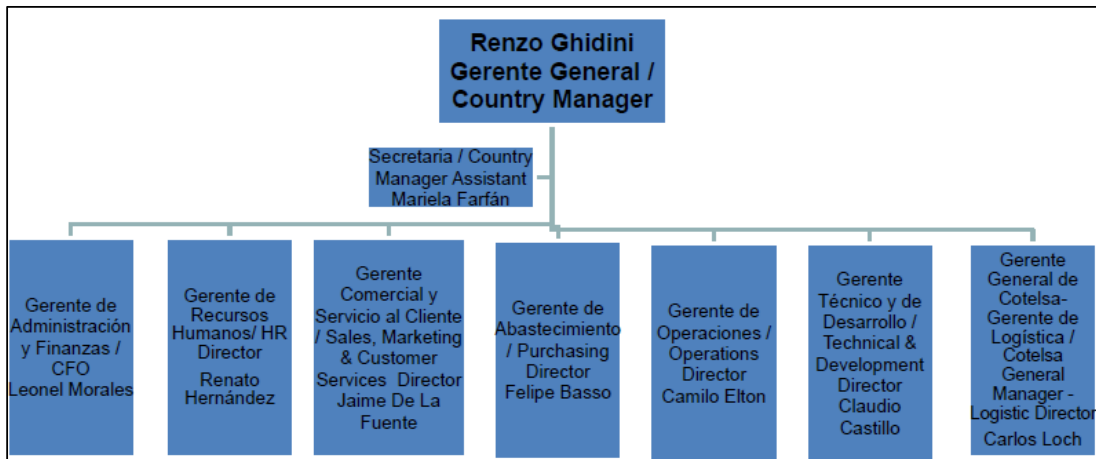


Ilustración 1.13: Organigrama comité ejecutivo. Fuente: Gerencia de recursos humanos.

GERENCIA DE OPERACIONES

En la cúspide como Gerente de Operaciones se encuentra el señor Camilo Elton, sucedido por Cristian Novoa, Senior Lead Champion quien trabaja a la par con los Ingenieros de Procesos Francisco Parra, José Inostroza y Bastián Osorio. Debajo de esta Gerencia se encuentra el Sub-Gerente de Producción Oscar Alt, el Jefe de Mantenimiento Rubén González, el Coordinador de Supply Chain Daniel Molina y el Jefe de Bodega de Materias Primas Carlos Fernández (ver Ilustración 1.14).

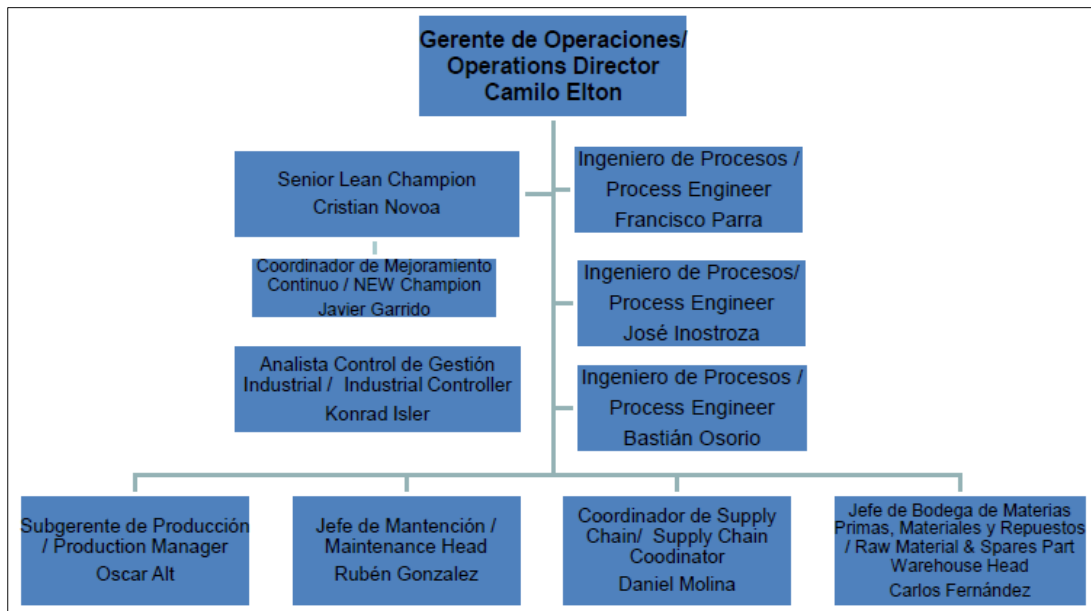


Ilustración 1.14: Organigrama gerencia de operaciones. Fuente: Gerencia de recursos humanos.

1.4 OPORTUNIDAD DE MEJORA

Como se mencionó anteriormente, en la planta de Nexans Chile se ha observado una cantidad considerable de horas perdidas o tiempo ocioso, generando diversos paros en las líneas productivas lo que produce una pérdida de productividad para la empresa.

Para el año 2015 se detectó una cantidad de 4.054 horas ociosas, considerando paros de maquinaria por falta de operador. Este tiempo incluyó diversos factores, tales como; reasignación, apoyo a otras maquinarias, 5s, reuniones, ausencias, pruebas en otras maquinarias, capacitaciones, entre otras. Lo que se tradujo en una pérdida por \$492MM. Al

considerar sólo el concepto de reasignaciones, el cual es calificado tiempo ocioso “evitable”, suma un total de 3.630 horas, lo que generó una pérdida por \$440MM.

Por concepto de falta de alimentación, se generaron 10.263 horas ociosas, lo que representó una pérdida de \$1.245MM, Esto incluye factores como; espera de material de líneas precedentes, falta de bobinas, 5s, falta de material (PVC, Masterbatch), entre otros. Considerando sólo el tiempo por espera de material de líneas precedentes, calificado tiempo ocioso “evitable”, suma un total de 7.361 horas, lo que generó una pérdida por \$893MM.

Al sumar estos dos factores, el tiempo ocioso producido fue de 10.991 horas, lo que representó una pérdida de \$1.333MM para el periodo 2015. En este aspecto queda patente una oportunidad de mejora, en donde al reducir estos tiempos la productividad se incrementaría a un 93%, considerando un 80% de productividad para este periodo.

Existe una relación directa entre falta de alimentación y falta de operador. Esta se genera al momento de faltar materia prima en una línea productiva, la que es provista de alguna máquina precedente. En esta instancia queda reflejada la falta de operadores que generen la producción adecuada para el abastecimientos de las maquinas siguientes.

Hay diversos factores que se pueden considerar causa-raíz de la generación de estos tiempos ociosos, los que van desde el área de recursos humanos, como no contar con personal calificado o no generar una correcta distribución de cuadrillas de trabajadores, hasta el área operacional, que está ligado al establecimiento de procedimientos de operaciones.

Para determinar cuáles son los factores que efectivamente contribuyen al incremento de estos tiempos ociosos, es necesario generar una etapa de diseño, en donde se realizará un listado con las causas potenciales, para posteriormente determinar las causas efectivas mediante estudio, lo cual se verá más adelante.

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS Y RESTRICCIONES

OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta de incremento de productividad, mediante la polifuncionalidad de operadores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar líneas productivas con mayor demanda de MOD.
- Determinar líneas productivas con mayores tiempos ociosos.
- Identificar máquinas cuello de botellas.
- Establecer cuantitativamente el incremento de polifuncionalidad necesaria para disminuir tiempos ociosos considerados evitables en el caso de estudio.
- Realizar un estudio de factibilidad, estimando costo/beneficio del proyecto.

RESTRICCIONES

- El tiempo ocioso considerado abarcará solamente paros por falta de operador y falta de alimentación, dejando fuera factores como problemas de mantenimiento, utillaje y término de producción, debido a que son tiempos incurridos de manera necesaria y no guardan relación con las habilidades operacionales de los trabajadores.
- El concepto a considerar en notificaciones por falta de operador, abarcará sólo reasignaciones de maquinarias, dejando fuera actividades como: 5s, reuniones, apoyo a otras maquinarias, capacitaciones y pruebas en otras líneas productivas, debido a que son actividades que se realizan de manera obligatoria.

Así mismo, en las notificaciones por falta de alimentación, se considerarán sólo los tiempos ociosos generados por espera de materia prima de líneas precedentes, no incluyendo factores como: falta de bobinas, falta de materiales (PVC, Masterbatch), reuniones y apoyo a otras maquinarias.

- No se estudiarán las especificaciones técnicas de la fabricación de cables ni conformación de compuestos.
- Debido a la gama de productos que ofrece Nexans Chile, no se centrará en la elaboración de un producto en específico, sino en el proceso general.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 PRODUCTIVIDAD

Es necesario definir un criterio que relaciona el resultado de un proceso con los recursos empleados en el mismo, este criterio es la productividad.

Según (Lee J. Krajewski, 2008), productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos (tierra, capital y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. Se dice que hay productividad total o parcial.

Productividad total se obtiene cuando se logra cuantificar con una sola unidad de medición todos los insumos requeridos para el proceso.

Lo habitual es que la producción se calcule utilizando números índices (relacionados, por ejemplo, con la producción y las horas trabajadas), y ello permite averiguar la tasa en que varía la productividad. Si la productividad como se ha dicho, consiste en lograr más resultados con menos recursos y menos desperdicio, entonces, la productividad estará ligada a todas aquellas actividades con valor agregado.

Toda actividad con valor agregado es la que utiliza el mínimo absoluto requerido de material, maquinaria/equipo y mano de obra para producir el resultado esperado. Todo aquello que rebase ese mínimo absoluto generara desperdicio y utilizara más recursos que los indispensables.

De esta manera se define que la productividad es la razón del valor del producto sobre el valor de los recursos de insumos.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}}$$

3.1.2 IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD

El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad. Y el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pagos de salarios (Castro, 2013).

A nivel de empresas, aquellas que logren un nivel de productividad mayor al del promedio nacional de su industria, tienden a contar con mayores márgenes de utilidad. Y si

dicha productividad crece más rápidamente que la de la competencia, los márgenes de utilidad se incrementarían todavía más. En tanto que para aquellas cuyos niveles y tasas de crecimiento de productividad sean notablemente inferiores a sus promedios industriales corren graves riesgos en cuanto a su competitividad y permanencia.

La calidad y la productividad guardan una relación fundamental, la cual a su vez se ve reflejada tanto en los costos y en los niveles de servicios, lo cual termina reflejándose en la ventaja competitiva (Castro, 2013).

3.1.3 ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD?

Como lo dejó manifiesto (Criollo, 2005), es importante incrementar la productividad porque ésta provoca una reacción en cadena en el interior de la empresa, fenómeno que se traduce en una mejor calidad de los productos, menores precios, estabilidad del empleo, permanencia de la empresa, mayores beneficios y mayor bienestar colectivo, tal como se puede ver en la Ilustración 3.1.

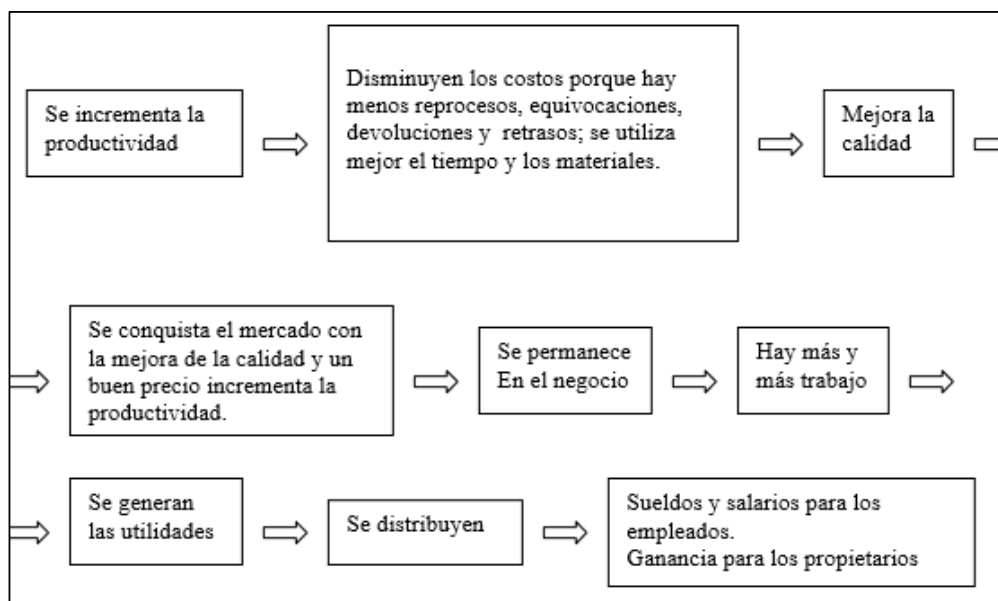


Ilustración 3.1: Reacción en cadena de una mayor productividad. Fuente: Estudio del trabajo. (CRIOLLO, 2005; CASTRO, 2013)

3.1.4 PRODUCTIVIDAD Y RECURSOS HUMANOS

La gestión de recursos humanos dentro de una empresa manufacturera es uno de los factores que diferencia una empresa de otra. Esta área, está directamente ligada con la productividad, teniendo en cuenta que ambas están orientadas a la consecución del objetivo único de la empresa, la rentabilidad, la cual puede ser medida según:

- Número de horas/hombre necesarias para obtener una unidad de producto (ya sea en términos de mano de obra directa o indirecta).
- Volumen de producción que se obtiene con una cantidad de factor de trabajo (horas/hombre). Sin embargo, para que los trabajadores generen esta productividad esperada para la organización, el nivel de capacitación de estos juega un rol primordial.

En los últimos años y en especial en países donde el reglamento laboral es muy rígido, los acuerdos en materia retributiva, reducción de jornada laboral, combinados con un menor crecimiento de las empresas, han provocado una elevación de costes por unidad de trabajo, lo cual lleva a las empresas de un país a no ser competitivas en un mercado de libre competencia.

La reducción de la mano de obra ha sido el método favorito para elevar la productividad en los años ochenta y principios de los noventa, aunque básicamente el mejor uso del tiempo retribuido y mejora de los métodos de trabajo son dos sistemas que se empiezan a utilizar para la mejora de la productividad

4.1.4.1 .LA IMPORTANCIA DE LA CAPACITACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD

La capacitación de los trabajadores dentro de una organización es de vital importancia, ya que además de contribuir al desarrollo profesional de estos, genera grandes beneficios para la empresa.

Actualmente, la capacitación es la respuesta a la necesidad que tienen las empresas de contar con un personal calificado y productivo, haciendo frente a las necesidades presentes y futuras utilizando mejor su potencial humano, el cual, a su vez, recibe la motivación para lograr una colaboración más eficiente, que naturalmente busca traducirse en incrementos de la productividad.

En el marco de este trabajo de título, se entenderá por capacitación a “las actividades educativas enfocadas a lograr la superación intelectual y el desarrollo de habilidades de sus recursos humanos, por parte de las organizaciones empresariales” (Aguilar, 2004).

Además de ser importante la capacitación en la mejora de la productividad y rentabilidad en una organización, también brinda soluciones ayudando a prevenir accidentes y facilitando que los trabajadores se identifiquen con la empresa para poder tener una mejor estabilidad y flexibilidad entre los distintos departamentos.

Según (Díaz, 2014), “Las empresas han comprendido la importancia de la capacitación. No se trata de un gasto innecesario, sino de una inversión mucho más productiva, teniendo resultados positivos con mayor beneficio en lo económico, en la calidad y en la organización”.

3.2 MEJORA CONTINUA DMAIC

Como se mencionó anteriormente, la capacitación es uno de los aspectos que genera diferenciación entre una empresa y otra, aumentando la productividad para una organización.

En este mismo sentido, para poder realizar mejoras significativas, de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir.

El DMAIC (Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (analizar), Improve (Mejorar), Control (Controlar)) es la metodología de mejora de procesos usado por Seis Sigma, la cual va de la mano con la mejora continua y con la manufactura, ya que aunque proceden de diferente manera tiene un mismo fin. Este es un método que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada.

Cada una de las fases de DMAIC (Ver Ilustración 3.2) utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora, las cuales se detallaran más adelante.

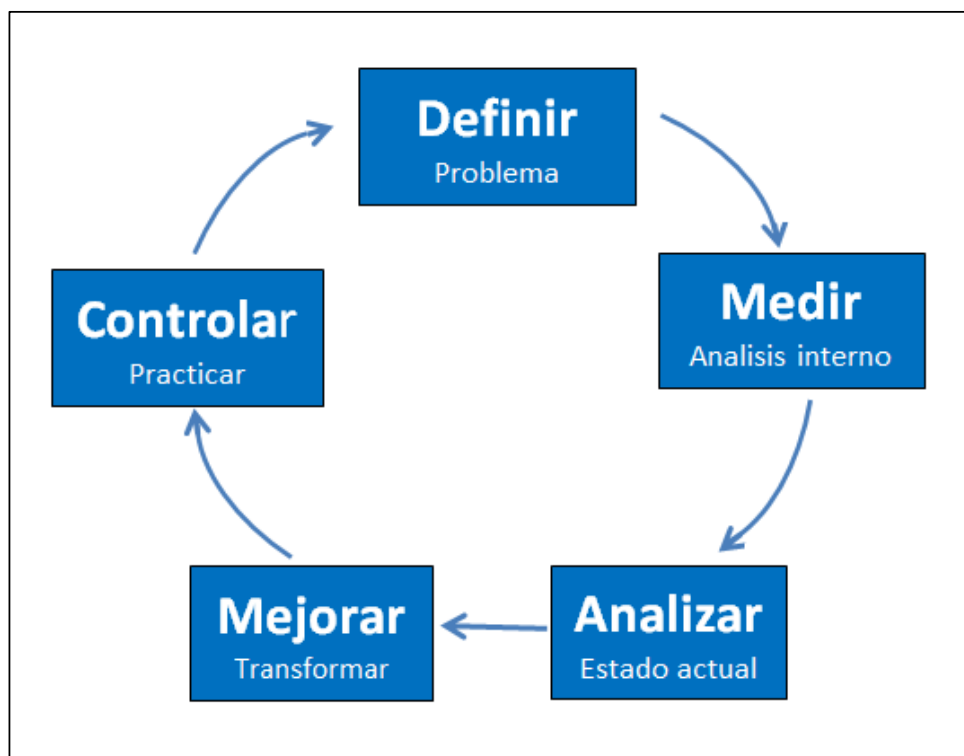


Ilustración 3.2: Metodología DMAIC. Fuente: Elaboración propia.

Un punto crucial para Seis Sigma es la variación. Como dijo Deming (1994) “El enemigo de todo proceso es la variación”, cuidar de esta es la clave del éxito para cualquier industria, ya que si se reduce la variabilidad de un proceso se reducen los costos de producción y de operación, se mejora la calidad del producto y en consecuencia de todo esto se puede lograr la satisfacción del cliente.

Con Seis Sigma, el objetivo en lo referente al nivel de calidad, queda muy por encima del 99,7% de productos correctos que, corresponde a una característica de calidad cuyo intervalo entre tolerancias cubre $\pm 3s$ (alrededor de la media) de la distribución estadística, siendo s (sigma) la medida de la desviación típica de la distribución. La metodología seis sigma queda incluso, muy por encima de los objetivos de cubrir un intervalo de $\pm 4s$ o $\pm 5s$. Se trata de que el intervalo de las tolerancias admitidas, abarque un intervalo de la distribución estadística de los valores de una característica de calidad, de una amplitud $\pm 6s$ (Ver Ilustración 3.3) (ver Tabla 3.1). En donde al quedar tan lejos, el nivel de defectos ya no se mide en porcentajes sino en ppm (partes por millón).

DEFECTOS POR MILLÓN DE UNIDADES

Se trata de un objetivo realmente elevado, que raya la perfección y, en cualquier caso, confiere al proceso que lo alcanza, la categoría de excelencia. Para poder tener un referencia comparativa, digamos que con un nivel de calidad $+3s$ (99,7% productos correctos), hay 2.700 defectos en un millón de unidades.

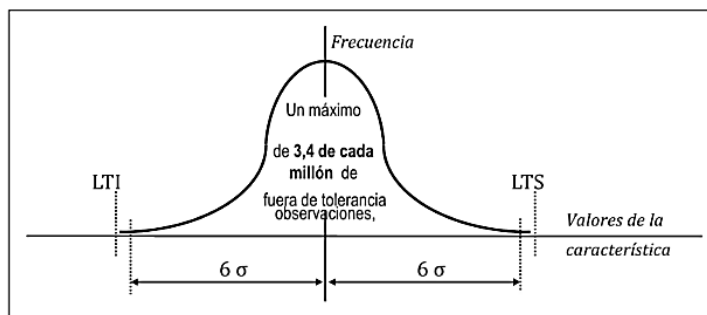


Ilustración 3.3: Intervalo de tolerancias $\pm 6\sigma$. Fuente: (CUATERCASAS., 2005)

| Nivel de eficiencia | Defectos por millón de oportunidades (DPMO) | Porcentaje de eficiencia |
|---------------------|---|--------------------------|
| 1σ | 690.000 | 68.27 |
| 2σ | 308.000 | 95.45 |
| 3σ | 66.800 | 99.73 |
| 4σ | 6.210 | 99.994 |
| 5σ | 230 | 99.99994 |
| 6σ | 3,4 | 99.999966 |

Tabla 3.1: Eficiencia de un proceso en base a nivel de sigma. Fuente: Elaboración propia.

La metodología seis sigma ha supuesto el espaldarazo definitivo para medir los defectos de calidad en ppm y no en porcentajes. Su origen se remonta a 1985 en la división electrónica del gobierno de Motorola (EE.UU.), a partir de un trabajo elaborado por Mikel Harry en el que ponía de relieve una clara relación entre la fiabilidad de un producto y el nivel de re trabajos o reprocesos sufrido por el producto en su proceso productivo como fruto de los distintos controles de calidad en los que manifestaba variabilidad en alguna característica de calidad más allá de los límites de tolerancia. Es más, para Motorola, las pérdidas económicas originadas por un producto que debe sufrir reprocesos tienen una relación directa con la variabilidad manifestada por las características calidad involucradas. Por todo ello, el equipo

de ingeniería de Harry orientó la mejora de los procesos hacia la eliminación de las causas de defectos (y, por tanto, de la variabilidad que los genera), más que a los defectos en sí, que eliminadas sus causas ya no aparecerían.

Así pues, para la metodología Seis Sigma, el nivel de reprocesados y las pérdidas económicas consecuentes están directamente relacionados con la variabilidad de los procesos y, en particular, a la variabilidad que excede los límites de tolerancia, la que genera los defectos. Así, por ejemplo, para Motorola, un nivel de calidad seis sigma, implica un volumen de costes en reparaciones antes y después de entregar el producto al cliente, inferior al uno por ciento del importe de las ventas, mientras que un nivel de sólo cuatro sigmas, elevaría estos costes por encima del diez por ciento de las ventas.

Para Motorola, además, la eliminación de fallos en los procesos, debía ir más allá de los procesos productivos, para alcanzar los aspectos de ventas y distribución, el servicio al cliente, incluyendo los de posventa, la facturación y cobro y cualquier proceso que pudiera incidir en la satisfacción del cliente, el verdadero objetivo de la calidad. Para General electric (Jack Welch, 1995), una de las empresas que más firmemente ha creído en esta metodología y la ha aplicado con brillantes resultados, el objetivo era que sus productos, servicios y transacciones no tuvieran virtualmente defecto alguno.

Seis sigma se basa en proyectos y en equipos de trabajo, es decir, el equipo de personas encargadas actúa sobre un problema específico de un proyecto utilizando DMAIC. Para resolver estos problemas se basa en ciertas técnicas y herramientas características de Seis Sigma que ayudan en cada fase del ciclo y en conjunto a ir desarrollando el proyecto. Tales herramientas se enunciarán y explicarán más adelante.

Como se mencionó con anterioridad, DMAIC cuenta con 5 fases las cuales se explicarán a continuación:

PRIMERA FASE: DEFINIR

En la primera etapa del DMAIC, “Definir”, se define claramente en qué consiste el proyecto, buscando la satisfacción del cliente, se comprende y define el proceso actual. Con el fin de enfocar adecuadamente el proyecto, identificar oportunidades rápidas de mejora y establecer los objetivos de mejora de acuerdo con las necesidades y buscando la satisfacción del cliente. Es necesario revisar minuciosamente el esquema y alcance del proyecto para enfocararlo y clarificarlo, además asegurarse de que las mejoras económicas estimadas sean realistas y para que el proyecto alcance los resultados esperados.

De acuerdo a Bersbach (2009), para definir apropiadamente el problema deben responderse preguntas tales como: ¿por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente?

En esta etapa se utilizan diversas herramientas para responder a estas preguntas. Algunas de ellas son: El Charter del Proyecto; para identificar aspectos claves del proyecto. Mapa de Proceso; para entender el flujo general del proceso. Voz del Cliente y Árbol Crítico para la Calidad (CTQ); para identificar aspectos de la calidad relevantes para el cliente. Y finalmente Histogramas y diagramas de Pareto; para determinar los pocos problemas que son vitales de entre los muchos triviales.

SEGUNDA FASE: MEDIR

Una vez definido el problema a atacar, se debe de establecer que características determinan el comportamiento del proceso. Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, es decir que tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente. Bersback opina que esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y como se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente? Entre las herramientas más comúnmente usadas en esta fase se encuentran:

TERCERA FASE: ANALIZAR

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC. En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso. Las preguntas a contestar durante esta etapa son: ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad (variabilidad del proceso) y cuales podemos controlar? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones?

Para analizar los datos e información obtenidos en la fase anterior y convertir estos a información realmente útil con el fin de encontrar las causas raíz de los problemas, verificando las relaciones causas y efectos, se deben utilizar herramientas como:

FASE CUATRO: MEJORAR

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema. Algunas de las preguntas que Bersbach sugiere que deben de contestarse antes de pasar a la siguiente etapa son: ¿Qué opciones se tienen? ¿Cuáles de las opciones parecen tener mayor posibilidad de éxito? ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso (opciones)? ¿Qué variables de desempeño usar para mostrar la mejora? ¿Cuántas pruebas necesito correr para encontrar y confirmar las mejoras? ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la compañía? ¿Cómo implemento los cambios?. Una vez lograda la mejora del proceso es importante llevar a cabo un análisis costo beneficio para conocer el impacto del proyecto ejecutado. Por otro lado, se deben calcular los beneficios logrados contra los costos en los que se incurrieron para lograrlo.

Otra de las herramientas más comúnmente utilizadas en esta fase se encuentran: Lluvia de Ideas, Modo de Falla y Análisis de Efecto, Herramientas Lean, Simulación de Eventos Discretos, entre otras.

FASE CINCO: CONTROLAR

Finalmente, una vez encontrada la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo. Para esto debe de diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente. Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto? Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados? ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso? Para responder a estas preguntas se requerirán de ciertas herramientas tales como el control estadístico mediante gráficos comparativos y diagramas de control y técnicas no estadísticas tales como:

- a) Disciplina: Se requiere disciplina tanto en términos de conjunto de normas que rigen una actividad u organización como en términos de actitud de las personas que se desempeñan en este contexto. Considerar el control como una actividad permanente.
- b) Estandarización de procesos: En términos de generación, puesta en práctica y mejora de las normas que se aplican a los procesos. La estandarización obliga a concentrarse en lo relevante

y facilita, además, una comunicación más efectiva al utilizar un lenguaje preciso. Por otro lado, permite automatizar en buena medida el sistema de monitoreo.

c) Documentación: Mantener la documentación simple, clara, con instrucciones para manejar situaciones de emergencia. Diseñar e implementar un proceso para revisiones y actualizaciones. Tener la documentación disponible para toda la organización, debido a que el trabajo de generar un buen documento se pierde si éste no se utiliza.

d) Monitoreo: El monitoreo o medición permanente permite vigilar el comportamiento del proceso, a fin de poder tomar medidas correctivas oportunas ante eventuales desviaciones.

Existen diversas herramientas de la calidad que permiten en conjunto alcanzar un nivel de calidad seis sigma. A continuación se detallan las herramientas comúnmente utilizadas:

3.1 DIAGRAMA DEL PROCESO

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco clasificaciones. Estas se conocen bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

Las siguientes definiciones en la Tabla 3.2, cubren el significado de estas clasificaciones en la mayoría de las condiciones encontradas en los trabajos de diagramado de procesos. Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes tolerancia y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

Antes de que se pueda mejorar un diseño se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento.

El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema, pues si no se plantea correctamente un problema difícilmente podrá ser resuelto.

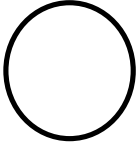
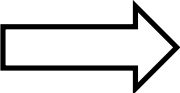

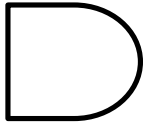
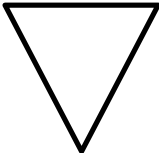
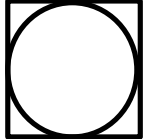
| ACTIVIDAD/DEFINICION | SÍMBOLO |
|---|---|
| <p>Operación: Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando se está dando o recibiendo información o se está planeando algo. Ejemplos: Tornear una pieza, tiempo de secado de una pintura, un cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etc.</p> |  |
| <p>Transporte: Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección. Ejemplos: Mover material a mano, en una plataforma en monorraíl, en banda transportadora, etc. Si es una operación tal como pasteurizado, un recorrido de un horno, etc., los materiales van avanzando sobre una banda y no se consideran como transporte esos movimientos.</p> |  |
| <p>Inspección: Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características. Ejemplos: Revisar las botellas que están saliendo de un horno, pesar un rollo de papel, contar un cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etc.</p> |  |
| <p>Demora: Ocurre cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos. Con esto se retarda el siguiente paso planeado. Ejemplos: Esperar un elevador, o cuando una serie de piezas hace cola para ser pesada o hay varios materiales en una plataforma esperando el nuevo paso del proceso.</p> |  |
| <p>Almacenaje: Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados. Ejemplos: Almacén general, cuarto de herramientas, bancos de almacenaje entre las máquinas. Si el material se encuentra depositado en un cuarto para sufrir alguna modificación necesaria en el proceso, no se considera almacenaje sino operación; tal sería el caso de curar tabaco, madurar cerveza, etc.</p> |  |
| <p>Actividad combinada: Cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operario en el mismo punto de trabajo, los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.</p> |  |

Tabla 3.2: Simbología diagrama de proceso. Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa de definición, se lleva a cabo además una serie de actividades que se describen en los siguientes puntos:

1. Validar el proyecto de Mejora Seis Sigma elegido:

En esta etapa se debe realizar una definición de alto nivel, concretando y validando el proyecto elegido. Se debe identificar los objetivos del proyecto, crear una definición clara del problema, identificar procesos a mejorar y definir con mayor concreción las oportunidades de mejora, viendo las actividades desde la perspectiva del cliente.

2. Documentar y analizar el proceso tal como es:

Teniendo claro las oportunidades de mejora, la siguiente actividad es la de conocer y entender el proceso tal como es en la actualidad. Para esto hay numerosas técnicas que se pueden emplear; pero antes de utilizarlas, es necesario definir las actividades que se llevan a cabo en forma de procesos.

Una vez conocido el proceso tal como es, se puede identificar “mejoras rápidas”. Hay una serie de criterios comunes para identificar oportunidades de mejora en los procesos. Se deben analizar los siguientes factores:

1. Eliminar operaciones que no aportan valor añadido (inspecciones, reprocesos).
2. Eliminar diferencias de expectativas entre lo que pide el cliente y lo que el proceso es capaz de generar.
3. Reducir el tiempo de ciclo siempre supone una reducción de coste.

3. Definir los requerimientos del cliente:

Parte de la actividad de definición del proceso actual, tal como es, supone la identificación de los requerimientos críticos del cliente y ver cómo encajan en el proceso analizado. Para esto, se debe escuchar la voz del cliente y finalmente traducirlo en Requerimientos Críticos del Cliente (CCR - Critical Customer Requirements). Para determinar lo anterior, hay que entender cómo los clientes definen y priorizan las necesidades y expectativas que tienen en los productos y servicios que ofrece la organización.

3.2 DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto es una herramienta de la calidad que permite detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio “pocos vitales, muchos triviales”, que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho.

La gráfica es muy útil ya que permite identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos. En esta gráfica 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.

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Joseph Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada “Ley de Pareto” según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad.

El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son responsables por la mayor parte el impacto negativo sobre la calidad. Si enfocamos nuestra atención en estos pocos vitales, podemos obtener la mayor ganancia potencial de nuestros esfuerzos por mejorar la calidad. (ver Ilustración 3.4).

Un diagrama de Pareto se elabora con los siguientes pasos:

1. Seleccionar el objeto para el diagrama.
2. Determinar cuáles son los datos deben recopilarse. Determinar si van a registrarse en cifras, porcentajes o costos. Determinar cuáles no conformidades o defectos se deben registrar.
3. Recopilar los datos relacionados con el problema de calidad. Asegurarse de que se establezca el periodo durante se recopilan los datos.
4. Utilizar la hoja de verificación para recopilar datos. Registrar las veces que se presentan los eventos de cada categoría. Las categorías deben ser de los tipos de defectos o no conformidades.
5. Determinar el número total de no conformidades y calcular el porcentaje del total en cada categoría.
6. Determinar los costos asociados con las no conformidades o los defectos.
7. Seleccionar las escalas de diagramas. Por lo general, en la escala del eje y va el número de ocurrencias, el número de defectos, la pérdida monetaria por categoría a el porcentaje. Mientras tanto, en el eje x se muestran las categorías de no conformidades, defectos o elementos de interés.
8. Dibujar un diagrama de Pareto organizado los datos de la categoría más grande a la más pequeña. Incluir en el diagrama toda la información relevante.
9. Analizar el diagrama o diagramas. Las barras más grandes representan los pocos problemas importantes. Si pareciera no haber uno de dos problemas mayores, revise las categorías para determinar si es necesario otro análisis.

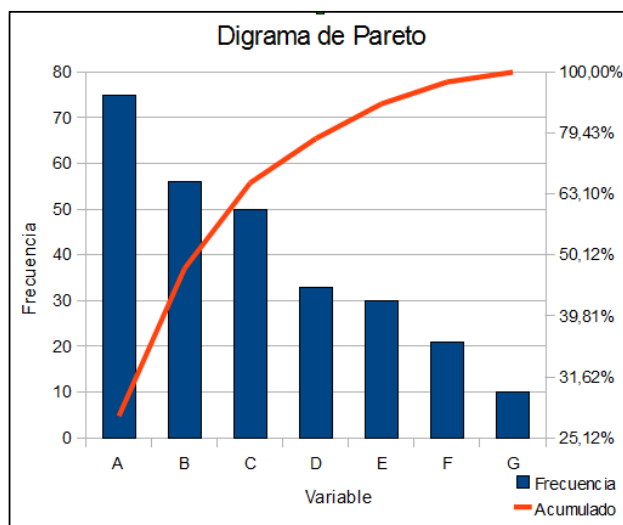


Ilustración 3.4: Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.

3.3 HISTOGRAMA

El histograma representa, de una forma gráfica (ver Ilustración 3.5) la variabilidad que puede presentar una característica de calidad. Es decir, muestra qué tipo de distribución estadística presentan los datos.

Para ello también adopta el diagrama de barras como representación gráfica. En el eje horizontal se representa el rango⁶⁶ posible de valores que abarca la variable, dividido en un número determinado de intervalos. El número de intervalos dependerá del número total de datos que tenemos de la variable, tal y como se describe en la Tabla 3.3.

Cada intervalo estará representado por una columna o barra. Normalmente la anchura de los intervalos es idéntica y corresponde al rango de la variable dividido por el número de datos que existen en cada intervalo.

El proceso para realizar el histograma comprende una serie de etapas:

1. Obtención de los datos necesarios.
2. Recuento de datos y cálculos de máximo y mínimo globales de la variable.
3. Cálculo del rango de valores entre los que se mueve la variable.

⁶⁶ Rango: Valor máximo - Valor mínimo

4. Cálculo del número de intervalos (para lo que puede ser ilustrativa la Tabla 3.3) y de la anchura de cada intervalo. Los límites de intervalos deben quedar perfectamente definidos.

5. Elaborar el resto del histograma. Para facilitar esta tarea es aconsejable rellenar previamente una tabla de frecuencias en la que figuren los intervalos y el número de datos para cada uno de ellos.

Dependiendo de la distribución estadística de los datos o la variable estudiada, pueden aparecer histogramas gaussianos, exponenciales, etc., lo que facilitaría enormemente su análisis por ser distribuciones muy conocidas.

No obstante no tiene por qué ser así, pudiendo aparecer cualquier tipo de distribución no conocida.

Los histogramas son muy útiles para controlar la efectividad de los cambios introducidos, comparando la evolución temporal y comprobando que se verifican las especificaciones de los límites establecidos. Mostrar la distribución permitirá introducir los cambios necesarios para modificarla, centrarla si no se ajusta a lo que se desea, o realizar un control periódico sobre ella.

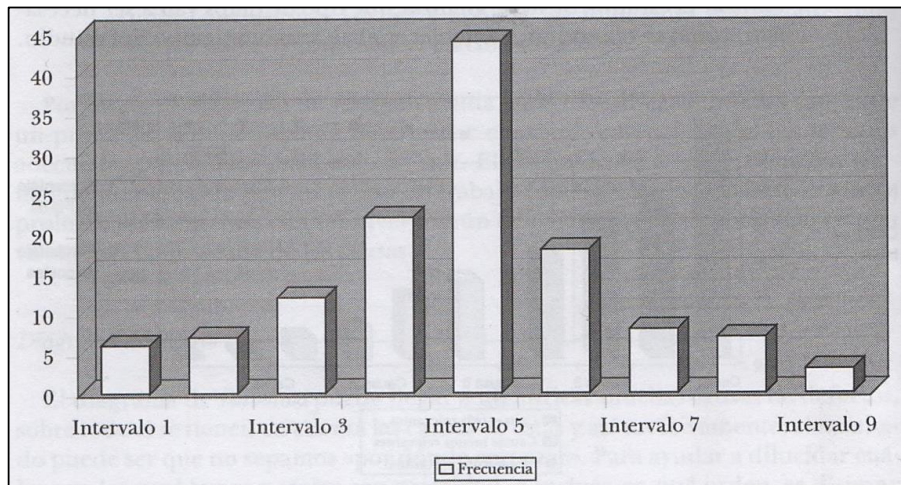


Ilustración 3.5: Histograma. Fuente: Gestión integral de la calidad, lluis Cuatrecasas.

| Número de Datos | Número de Intervalos |
|-----------------|----------------------|
| Inferior a 50 | 5 a 7 |
| 50 - 100 | 6 a 10 |
| 100 - 250 | 7 a 12 |
| Superior a 250 | 10 a 20 |

Tabla 3.3: Número de intervalos de acuerdo a número de datos. Fuente: Gestión integral de la calidad, Iluís Cuatrecasas.

3.4 ANÁLISIS SIPOC

El SIPOC es una herramienta de la calidad que permite el análisis de todos los elementos que interactúan con los proveedores, el conjunto de actividades y el cliente del proceso. SIPOC es el acrónimo de las palabras en inglés de todos los elementos que interactúan. Estos son los siguientes: suppliers (proveedores), inputs (entradas), process steps (etapas de los procesos), outputs (salidas) y customers (cliente).

Esta herramienta, permite analizar cada proceso que integra el sistema de producción de la empresa, puesto que la cadena de valor está compuesta por un conjunto de subprocesos que intervienen interactuado entre sí. La finalidad del SIPOC es comprender a un nivel macro las actividades de cada uno, debido a que la intervención errónea de un proceso, afecta a otro proceso por la interrelación.

En la Tabla 3.4, se evidencia el modelo que debe tener el SIPOC. La información obtenida mediante este diagrama, cede información específica acerca de los elementos del proceso para el análisis y relación con los demás. Además provee detalle de mejora para una posterior reingeniería de procesos.

Las características más relevantes son las siguientes:

1. Prevención de la corrupción del alcance: Define el inicio y final del proceso dentro del alcance del mismo.
2. Facilita la gestión con miras al panorama general: Brinda una visión amplia acerca del proceso y enfoca la relación con los procesos interactuados.
3. La identificación de la esencia de cualquier proceso: Descripción de los detalles del proceso.

4. Mejora de procesos: Detecta errores evidentes actuales o posteriores que puedan repercutir en los procesos siguientes para aplicar la mejora de los procesos.

5. Creación de un plan de recolección de datos: Identifica los factores que afectan a un proceso como proveedores, entradas, etapas de los procesos, salidas y cliente.

| SIPOC | | | | |
|---|---|--|---|---|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Customers |
| Entidades que proveen entradas al proceso tales como materiales, información, y recursos. Se utiliza las entradas del proceso para identificar proveedores. | Todos los materiales, información y soporte (tangibles o intangibles) que se necesitan para apoyar el proceso. Una buena manera de decidir si vale la pena agregar una entrada al proceso o no, es la pregunta "¿Es esta entrada medible?" y "¿qué pasa si esta entrada es omitida?". | Actividades o acciones necesarias para convertir las entradas en salidas. Una manera de revisar si algo es un proceso es ver si puede ser descrito como una acción. Algunos ejemplos: Medir, fluir, mezclar, cortar y probar, etc. | Las salidas tangibles de un proceso. Cada salida del proceso debe tener una medida o ser medible. | Las personas o entidades para quien la salida es creada, ya sean parte de la empresa o externos a la empresa. Una alternativa de la columna cliente es incorporar allí a los requisitos críticos para el cliente. |

Tabla 3.4: Diagrama SIPOC. Fuente: Elaboración propia.

3.5 DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD

El Despliegue de la función calidad, también llamado La Casa de la Calidad, Análisis de necesidades y expectativas o QFD (Quality Function Deployment) es una metodología usada para crear productos que se adapten a los gustos y necesidades del usuario. De esta forma, con esta metodología es posible calcular de forma matemática qué características se debe añadir al diseñar un producto o servicio. También se logra conocer cuáles son las características no necesarias que aportan un sobre costo al producto sin ser apreciadas por el usuario lo que da una visión de cómo está el producto frente a la competencia y así decidir cuáles son los aspectos prioritarios a mejorar.

El Despliegue de la función calidad o QFD aporta lo siguiente a la hora de diseñar de un producto:

1. Una visión objetiva de qué es lo que buscan los usuarios en un producto y de los requisitos que debe tener.

2. Una priorización de qué características son las más prioritarias a añadir, y cuáles no son necesarias.
3. Una situación de cómo está nuestro producto actual frente a la competencia, y cuáles son los aspectos a mejorar para ser más competitivos.

De forma general el QFD tiene la siguiente forma:

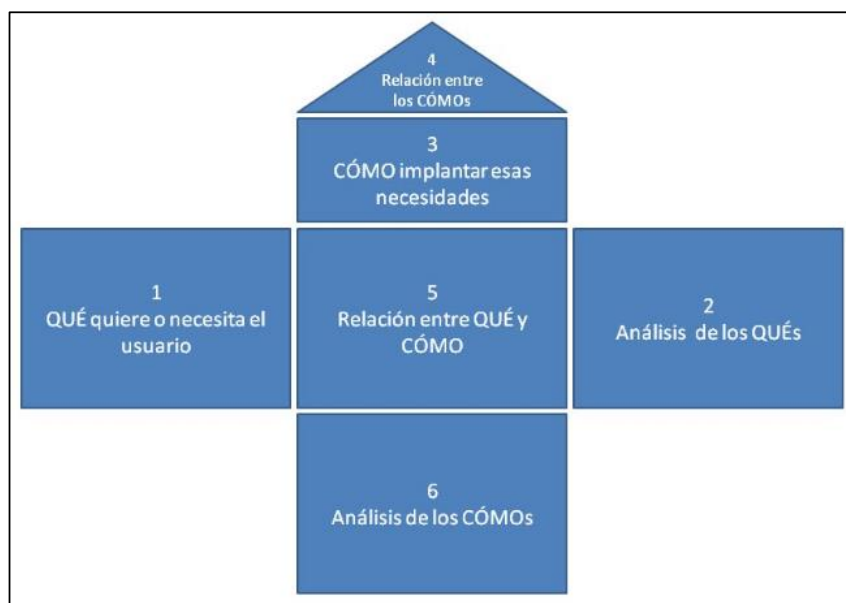


Ilustración 3.6: Esquema Despliegue de la función calidad. Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo de esta herramienta, se debe seguir el orden indicado en la Ilustración 3.6.

1. Lista de los QUÉ

La lista de los QUÉ debe incluir los aspectos que los usuarios van a esperar del producto. En este punto se deben incluir todos los puntos necesarios sin olvidarse ni despreciar ningún aspecto, debido a que posteriormente se descartarán los QUÉ menos relevantes.

2. Análisis de los QUÉ

En primer lugar, se deben clasificar los QUÉ según su importancia, para esto se puede realizar encuestas a los clientes potenciales donde clasifiquen la importancia de cada aspecto entre 1 y 5 (1 = No es importante, 5 = Muy importante).

Estas ponderaciones de importancia se debe ubicar en una columna del excel (columna 1) y serán usadas después.

La siguientes columnas a rellenar son las de cuál es la situación actual del producto respecto a cada QUÉ (columna 3) y de la competencia (columnas 4 y 5), rellenando con valores entre 1 y 5 para cada uno de los QUÉ, siendo 1 = Muy mala situación y 5 = Muy buena.

Una vez hecho esto y basándose en la importancia de cada QUÉ, se debe fijar un objetivo que alcanzar entre 1 y 5, el cual se ubicará en la siguiente columna (6).

Luego se calculará el ratio de mejora (columna 8) dividiendo la situación actual de cada QUÉ con su objetivo (columna 8 = columna 7 / columna 3).

Posteriormente en la columna del “argumento de venta” (columna 9), se pondrá un valor entre 1 y 1,5 si el QUÉ mencionado no es buen argumento de venta, (1= Mal argumento, 1,5= Buen argumento). De esta forma se podrá incluir en el diseño no solo las preferencias del cliente (que están en la columna 1) sino también la de la compañía.

En la siguiente columna se calculará la ponderación absoluta, como la multiplicación entre la importancia (columna 1), el ratio de mejora (columna 8) y el argumento de venta (columna 9). También se puede sacar la ponderación relativa en porcentaje como la ponderación absoluta de cada QUÉ dividido entre la suma de todas las ponderaciones absolutas.

Una vez realizado esto, se tiene cuáles son los aspectos más importantes a mejorar. Mirando las ponderaciones se puede clasificar los QUÉ en función de su prioridad e implantar sólo los que más ponderación tengan, descartando los demás ya que no son influyentes.

3. Lista de los CÓMO

Una vez estudiado lo que debe tener el producto, se debe definir los requisitos técnicos necesarios para que se cumplan, para ello en la lista de los CÓMO se debe enumerar qué características debe tener el producto (junto con las características se debe incluir su escala de medición).

4. Relación entre los CÓMO

Este es el triángulo (o tejado) que se ubica encima del QFD, por el cual este método se llama también la Casa de la Calidad.

En esta matriz triangular se sitúan las posibles interacciones entre los CÓMO, si es que existen, ya sean estas positivas o negativas. Esta parte del QFD es opcional, utilizándose en caso que las interacciones sean muy fuertes.

5. Relación entre QUÉ y CÓMO

Esta matriz se ubica en el centro del QFD y sirve para relacionar los QUÉ demandados por el usuario con los CÓMO. De esta forma se puede traducir los aspectos abstractos de la lista de los QUÉ en características medibles de la lista de los CÓMO.

Para realizar esto se clasifica entre 1 y 9 (de menor a mayor relación respectivamente) la relación entre cada QUÉ y cada CÓMO.

Nota: Es crucial verificar que todos los QUÉ más importantes están conectados con uno o varios CÓMO, ya que de otra forma habría aspectos que no se estarían contemplando.

6. Análisis de los CÓMO

Para rellenar la última parte del QFD, se calcularán los objetivos técnicos que se deben conseguir para cumplir finalmente con las especificaciones que requiere el producto.

En primer lugar se debe fijar la orientación deseada de cada CÓMO (más=mejor o más=peor). Por ejemplo, en una cámara de fotos digital, más memoria interna es mejor, pero más peso es peor.

La siguiente fórmula es la ponderación absoluta y relativa de cada CÓMO. Para cada CÓMO se calcula:

| |
|---|
| $\text{Ponderación absoluta} = \sum (\text{Valor de cada la casilla de relación entre QUÉ y CÓMO}) * (\text{Ponderación relativa del QUÉ asociado}).$ |
|---|

A partir de esto, se obtiene el orden de importancia de cada uno de los aspectos técnicos.

Por último, se debe rellenar cuáles son los aspectos técnicos del producto y los de la competencia y definir cuáles serán las características que se implementarán al producto teniendo en cuenta la relevancia de esa característica en la ponderación y teniendo en cuenta también la situación de la competencia en cada una de las características.

| | capacidad bateria (mAh) | cantidad de fotos por carga (fotos/carga) | nitidez (1...10) | luz flash (luxes) | video (0-1) | capacidad interna (MB) | Tamaño pantalla (pulgadas) | Resolucion pantalla (ppp) | volumen (pulgadas3) | facilidad de manejo (1...10) | estetica (1...10) | ergonomia (1...10) | rapidez en hacer fotos (fps) | bluetooth (0-1) | compatibilidad con ordenador (0...10) | Tension de rotura a tracci3n (Mpa) | modulo resistente (Mpa) | altura de caida (m) | ranura expansion (0-1) | funda (0-1) | importancia para el usuario (1 a 5) | nuestro producto OLYMPUS (1 a 5) | competencia Nikon (1 a 5) | competencia Canon (1 a 5) | objetivo (1 a 5) mucho = es importante | ratio de mejora = (7)/(3) | argumento de venta (1, 1'2 , 1'5) | pondreacion absoluta = (1)*(8)*(9) | pond relativa (%) | orden de importancia | | |
|--|-------------------------|---|------------------|-------------------|-------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------|----|---|
| que tenga bateria duradera | 9 | 9 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 1 | 1.2 | 6 | 6.13 | 5 | |
| que enfoque bien la lente | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1.33333 | 1.5 | 10 | 10.22 | 3 | |
| que tenga flash luminoso | 3 | 3 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 1.33333 | 1 | 5.3 | 5.45 | 7 | | |
| que grabe video | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 5 | 4 | 4 | 1.2 | 19.2 | 19.62 | 1 | | |
| que tenga mucha memoria interna | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1.5 | 12 | 12.28 | 9 | | |
| que tenga una pantalla led grande | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 1.5 | 4.5 | 4.5 | 4.60 | 10 | | |
| que sea de facil manejo del software | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 4.8 | 4.09 | 9 | | |
| que tenga dimensiones compactas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 1 | 1.2 | 4.8 | 4.90 | 8 | | |
| que tenga dise1o bonito | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1.2 | 7.2 | 7.26 | 4 | | |
| que tenga forma ergonomica | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4.09 | 11 | |
| que haga las fotos rapido | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 | 1.33333 | 1 | 4 | 4 | 4.09 | 12 | |
| que tenga bluetooth | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3.06 | 14 | | |
| que sincronice bien con el ordenador | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2.04 | 16 | | |
| que sea resistente a golpes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 0.75 | 1 | 2.25 | 2.90 | 15 | | |
| que tenga tarjeta para expandir la mem | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 1 | 1.2 | 3.6 | 3.68 | 13 | | |
| que incluya funda | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 6 | 6.13 | 6 | 6 | | |
| x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Orientacion deseada | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Ponderación abs | 103.7 | 88.37 | 107.6 | 77.64 | 182.7 | 130 | 71.87 | 54.86 | 119.8 | 79.38 | 103.9 | 66.67 | 73.56 | 33.71 | 42.7 | 43.67 | 43.67 | 43.67 | 33.1 | 62.06 | | | | | | | | | | | | |
| Ponderación rel | 6.637 | 5.655 | 6.887 | 4.969 | 11.69 | 8.317 | 4.6 | 3.511 | 7.665 | 5.08 | 6.65 | 4.263 | 4.708 | 2.158 | 2.733 | 2.795 | 2.795 | 2.795 | 2.118 | 3.972 | | | | | | | | | | | | |
| Orden de importancia | 6 | 7 | 4 | 9 | 1 | 2 | 11 | 14 | 3 | 8 | 5 | 12 | 10 | 19 | 18 | 15 | 16 | 17 | 20 | 13 | | | | | | | | | | | | |
| Valoración tecnica | mAh s por c1 a 10 | luxes | si/no | Mb/velocidad | ppp | lugar de 1 a 10 | 1 a 10 | 1 a 10 | lugar de 1 a 10 | 1 a 10 | lugar de 1 a 10 | lugar de 1 a 10 | lugar de 1 a 10 | lugar de 1 a 10 | Mpa | Mpa | Mpa | m | si/no | si/no | | | | | | | | | | | | |
| Nuestro producto | 1150 | 650 | 7 | 900 | 0 | 200 | 2.7 | 200 | 39.3 | 4 | 5 | 6 | 3.5 | 0 | 6 | 60 | 2700 | 2 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| Competencia Nikon | 1000 | 450 | 10 | 1100 | 0 | 450 | 2.5 | 220 | 46.28 | 4 | 6 | 8 | 3.8 | 0 | 8 | 40 | 2800 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| Competencia Canon | 1050 | 400 | 8 | 1050 | 1 | 500 | 3 | 200 | 23.9 | 8 | 7 | 4 | 4.1 | 0 | 6 | 45 | 2200 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Objetivo tecnico | 1150 | 650 | 8 | 1050 | 1 | 450 | 2.7 | 200 | 40 | 6 | 6 | 7 | 4 | 0 | 6 | 50 | 2800 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | |

Ilustración 3.7: Ejemplo Despliegue de la función calidad. Fuente: (BERNAL, 2015)

3.6 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Esta herramienta permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios. Hace posible, determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, priorizar y clarificar problemas, oportunidades de mejora y proyectos y, en general establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.

La aplicación de la matriz de priorización conlleva un paso previo de determinación de las opciones sobre las que decidir, así como de identificación de criterios y de valoración del peso o ponderación que cada uno de ellos tendrá en la toma de decisiones.

La matriz de priorización consiste en la especificación del valor de cada criterio seleccionado para, posteriormente, analizar el grado en que cada opción cumple con los criterios establecidos (Ver Tabla 3.5).

1. Identificar los problemas a evaluar.
2. Definir los criterios de ponderación.
3. Construir la matriz, asignando una columna para el listado de problemas o posibles soluciones, una para cada criterio y finalmente una para el total.
4. Para cada criterio se asigna un puntaje para su priorización (valor alto, medio y bajo).
5. Se suman los puntajes por criterio y se totalizan.
6. La alternativa con mayor puntaje es la seleccionada.

| Problema | Criterio (1) Frecuencia | Criterio (2) Importancia | Criterio (3) Factibilidad | Total (Suma Criterios) | Puntuación | |
|----------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|------------|---|
| | | | | | Alto | 5 |
| | | | | | Medio | 3 |
| | | | | | Bajo | 1 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Tabla 3.5: Matriz de priorización. Fuente: Elaboración propia.

3.7 GRÁFICOS DE CONTROL

El gráfico de control es una técnica muy útil para el monitoreo de los procesos, cuando se presentan variaciones anormales donde las medias o los rangos salen de los límites de control, es señal de que se debe tomar acción para remover esa fuente de variabilidad anormal. El uso sistemático de estas cartas, proporciona un excelente medio para reducir la variabilidad.

Las cartas o gráficas de control, permiten obtener un mejor conocimiento del comportamiento del proceso a través del tiempo, ya que en ellas se transcriben tanto la tendencia central del proceso, como la amplitud de su desviación, (variabilidad). Una gráfica de control permite discernir entre los dos tipos de variación que pueden presentarse en un proceso como son⁷ :

1. Variación debido a causas comunes o inherentes, según se muestra en la Ilustración 3.6. Es la variabilidad natural en cualquier proceso de producción, no importa que tan bien planeado esté.
2. Variación debido a causas especiales o atribuibles, como se muestra en la Ilustración 3.7. Estas son causadas por máquinas, errores de operadores o materiales defectuosos, mal mantenimiento, longevidad del equipo y otros. Esta variabilidad es muy grande en relación con la variabilidad natural.

⁷ Dr. Primitivo Reyes Aguilar *Apuntes de clase Control Estadístico del Proceso.*- Universidad Iberoamericana – La Salle, 2000, p. 30.

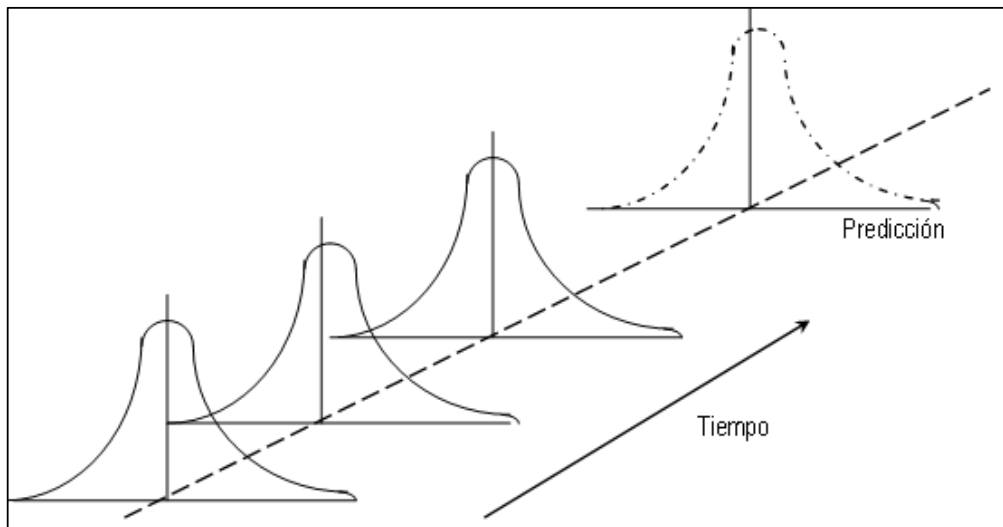


Ilustración 3.8: Variación natural en el proceso. Fuente: Elaboración propia.

Si las variaciones presentes son iguales, se dice que se tiene un proceso “estable”. La distribución será “predecible” en el tiempo.

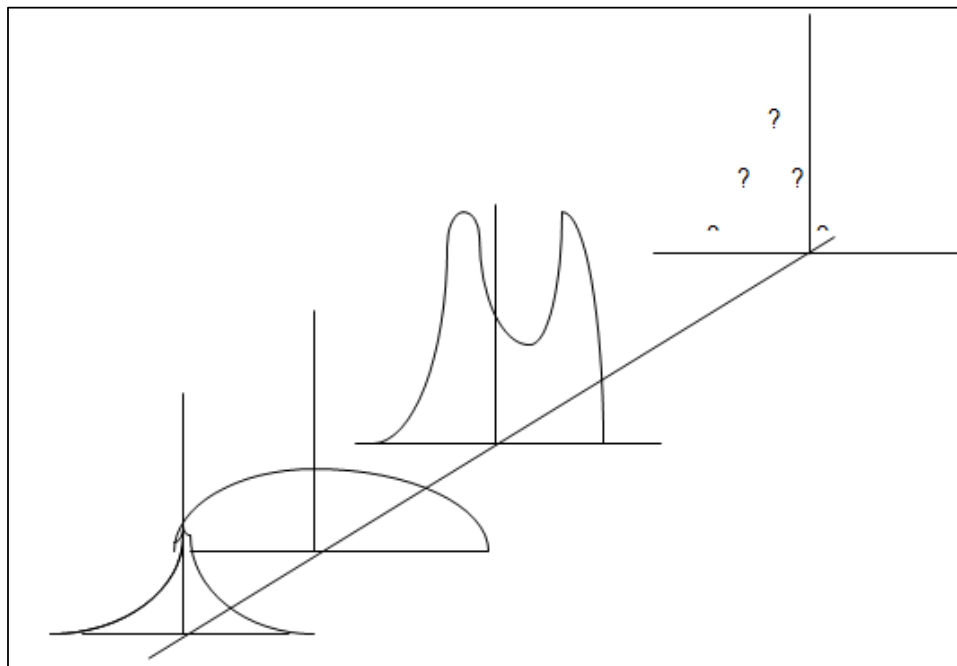


Ilustración 3.9: Variación inesperada en el proceso. Fuente: Elaboración propia.

En casos especiales como estos donde las variaciones presentes son totalmente inesperadas tenemos un proceso inestable o “impredecible”.

En la gráfica de control⁸ se puede observar el “control de límites” que describe la variabilidad inherente de un proceso cuando es estable. Su objetivo principal es ayudar a evaluar la estabilidad del proceso y esto se logra examinando la información o datos seleccionados con relación a los límites de control.

Cualquier variable (datos medibles) o atributo (datos contables) representa una característica de interés de un producto o proceso, que puede ser trazada. En el caso de datos variables, la gráfica de control es usualmente utilizada para vigilar cambios en el control del proceso.

La gráfica de control más usada es la gráfica de “Shewhart”. Existen otras formas de gráficas de control, cada una con propiedades que son convenientes para aplicaciones en circunstancias especiales. Ejemplos de estas incluyen gráficas de "sumas acumuladas" (cusum) que permiten incrementar la sensibilidad de pequeños cambios de un proceso; y las "gráficas de medias móviles" (uniformes o pesadas) que sirven para obtener variaciones suaves en pequeños plazos para así revelar tendencias persistentes.

La gráfica control es usada para detectar cambios en un proceso. La información trazada, que puede ser de lecturas individuales o algunas estadísticas tales como muestras promedio, es comparada con los límites de control. Para el nivel más simple, un punto trazado que se sale del límite de control señala un posible cambio en el proceso, posiblemente debido a alguna "causa asignable". Esto identifica la necesidad de investigar la causa "fuera de control", y de hacer ajustes en el proceso donde sean necesarios. Esto ayuda a mantener estabilidad en el proceso y el mejoramiento del proceso en una corrida larga.

Las cartas de control pueden ser clasificadas en dos clases: por atributos y por variables dependiendo de cómo se evalúe la característica de calidad.

Si la característica de calidad se puede evaluar y expresar como un número real en alguna escala de medición continua, se denomina una variable. En tales casos se utilizan cartas de control de medias, que describan la tendencia central y cartas de control basadas en rango o desviación estándar para controlar la variabilidad del proceso.

Muchas características de calidad no pueden ser medidas en una escala continua, en esos casos se puede juzgar cada producto como conforme o como no conforme (discretas) sobre la base de que posea o no ciertos atributos, o se pueden contar el número de no conformidades o defectos que aparecen en una unidad de producto. Las cartas de control para tales características de calidad, se denominan cartas de control por atributos.

⁸ Informe técnico ISO/TR 10017-1999(E).- Directrices sobre Técnicas Estadísticas para la NMX-CC-3:1995.- COTENNSISCAL.-2000, p. 22.

3.7.1 LÍMITES DE CONTROL

El término límite de control se refiere a los límites de control superior e inferior. Esto da entender que si en una gráfica de control los puntos dibujados caen dentro de los límites, el gráfico expresa un estado de control. Y si algunos puntos caen por fuera de los límites, el gráfico expresa que ha habido una anomalía en el proceso.

Una vez obtenido los valores estimados de la media, de la desviación estándar y de la forma de la distribución (histograma), se está describiendo estadísticamente el proceso. Con estas estimaciones se puede tener el cálculo de los límites del proceso, estos son los límites dentro de los cuales el 99% de los valores de la variable observada puede caer.

Al establecer los límites de control como se observa en la Ilustración 3.8, estos estarán sujetos a cambios hasta que todas las causas de las posibles variaciones sean encontradas y corregidas. Al tener establecidos los límites de control, se tendrá la responsabilidad de decir si son aceptables para tomar decisiones sobre la base de la capacidad del proceso. Estas decisiones nos llevaría al rechazo de contratos, el precio del producto, el establecimiento de gráficas de control⁹. Si se decide que los límites no son satisfactorios, se tendrá que decidir si el proceso puede incluir cambios de las condiciones de trabajo, procedimientos, equipo, personal y otros factores que cuestan dinero.

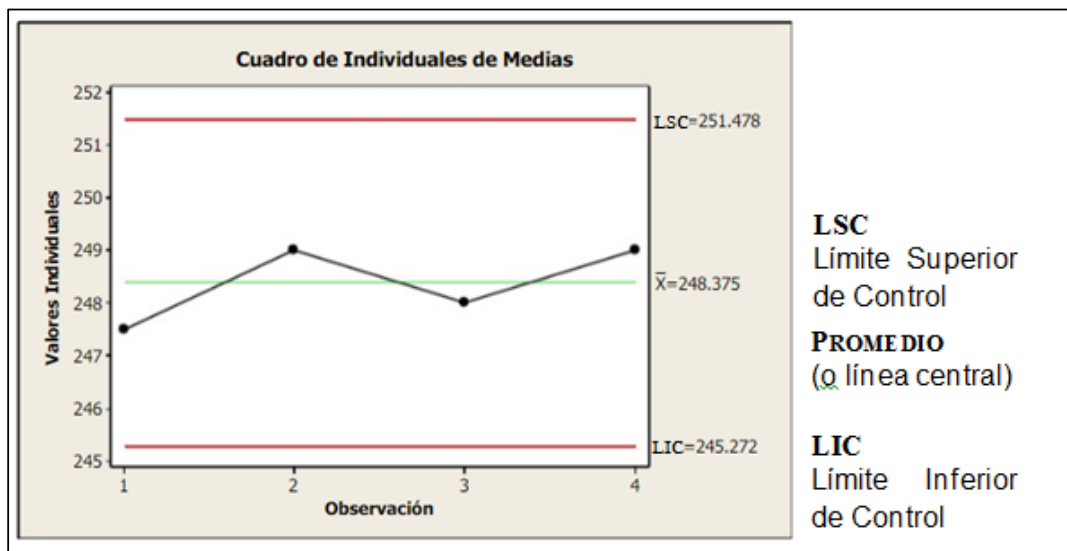


Ilustración 3.10: Límites de control. Fuente: (SALAZAR., 2000)

⁹M.C. Héctor Silva Cervantes, Tesis de Maestría "Propuesta de implantación de técnicas de ingeniería de calidad para el análisis y control de datos del petróleo a nivel planta piloto".- Universidad Iberoamericana, 2000, p. 14.

3.7.2 CRITERIOS PARA ANALIZAR GRÁFICOS DE CONTROL

Los criterios para analizar un gráfico de control y tomar decisiones sobre la misma, son los siguientes¹⁰:

1. Un gráfico de control que indique una condición fuera de control será cuando uno o más puntos caigan más allá de los límites de control o cuando los puntos graficados formen un patrón no aleatorio de comportamiento.
2. También existen corridas ascendentes o descendentes y las que se encuentran por debajo o sobre la media. Una corrida es una secuencia de observaciones del mismo tipo.
3. Dado que una corrida de 7 o más puntos tiene una probabilidad de ocurrencia muy baja, se considera que una racha o corrida con una longitud de 7 puntos indica una condición fuera de control.
4. Otro criterio de inestabilidad se presenta cuando el comportamiento del proceso muestra patrones cíclicos o periódicos.

Existen reglas para detectar patrones no aleatorios en las cartas de control recomendadas en el libro de la Western Electric (1956) y son las siguientes:

1. Un punto fuera de los límites de control de 3-sigma.

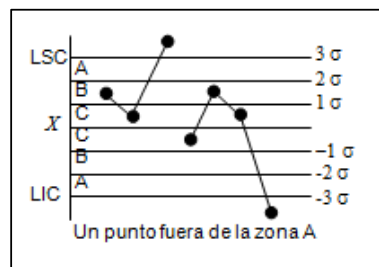


Ilustración 3.11: Patrón no aleatorio 1. Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Humberto Gutiérrez y Román de la Vara. "control estadístico de calidad y seis sigma", 2004.

2. Dos de tres puntos consecutivos sobre los límites preventivos a 2-sigma.

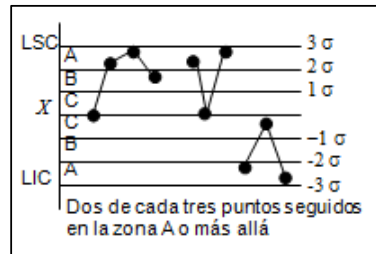


Ilustración 3.12: Patrón no aleatorio 2. Fuente: Elaboración propia.

3. Cuatro de cinco puntos consecutivos que se encuentren a una distancia de 1-sigma o más allá a partir de la línea central.

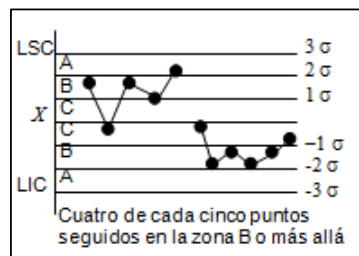


Ilustración 3.13: Patrón no aleatorio 3. Fuente: Elaboración propia.

4. Ocho puntos consecutivos graficados hacia un lado de la línea central.

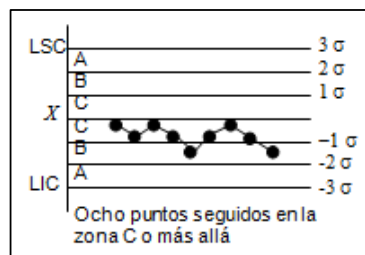


Ilustración 3.14: Patrón no aleatorio 4. Fuente: Elaboración propia.

Algunas reglas adicionales recomendadas por la industria son:

5. Seis puntos formando una tendencia creciente o decreciente.



Ilustración 3 15: Patrón no aleatorio 5. Fuente: Elaboración propia.

6. Quince puntos consecutivos encontrados entre más menos 1-sigma de la línea central (adhesión a la media).

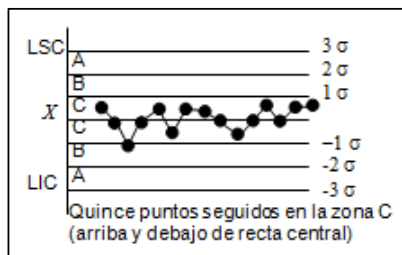


Ilustración 3 16: Patrón no aleatorio 6. Fuente: Elaboración propia.

7. Catorce puntos en un renglón alternándose arriba y abajo.

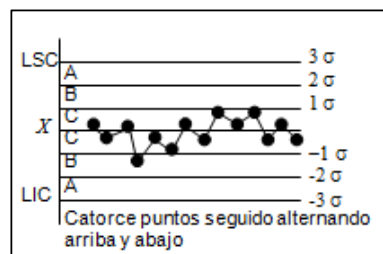


Ilustración 3.17: Patrón no aleatorio 7. Fuente: Elaboración propia.

8. Ocho puntos que se encuentren más allá de 1-sigma de la línea central.

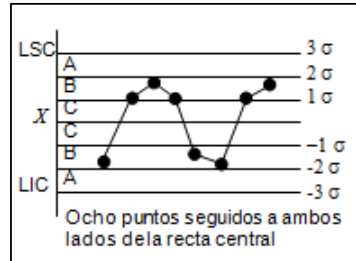


Ilustración 3 18: Patrón no aleatorio 8. Fuente: Elaboración propia.

9. Un patrón no usual o no aleatorio de datos.
10. Uno o más puntos cerca de los límites preventivos.

3.7.3 GRÁFICO DE CONTROL POR VARIABLES

Una característica que se mide en una escala numérica se denomina una variable. Por ejemplo temperaturas, dimensiones, volumen, tiempo, etc. Las cartas de control por variables son: de medias y rangos, de medias y desviación estándar y de valores individuales.

Gráficas de control de medias y rangos $\bar{X} - R$:

Si una variable del proceso está distribuida normalmente con media μ y desviación estándar σ ambas conocidas. Si x_1, x_2, \dots, x_n forman una muestra de tamaño n entonces se puede calcular la media de la muestra \bar{X} .

De Donde
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Los límites de control se estiman a partir de 20 o 25 muestras preliminares o subgrupos, el tamaño de subgrupo es de 4, 5 o 6 normalmente. Si se tienen m subgrupos, la gran media se calcula como sigue:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m}$$

El promedio de medias representa la línea central de la carta de medias. Para estimar la sigma (σ) del proceso, se pueden utilizar los rangos de los subgrupos y para cada uno de los subgrupos el rango es calculado como:

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Si R_1, R_2, \dots, R_m , son los rangos de los diferentes subgrupos, el rango promedio es:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}$$

Desarrollo de la fórmula para los límites de control:

La variable W de *rango relativo* relaciona al rango con la desviación estándar como sigue:

$$W = R / \sigma$$

Los parámetros de la distribución de W son función de n . La media de W es d_2 . Por tanto un estimador de σ es R / d_2 , donde d_2 está tabulado para diferentes valores de n , de esta forma si \bar{R} es el rango promedio de las primeras muestras, usando:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Los límites de control de la carta de medias son:

$$LSC = \bar{X} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \quad \text{Límite superior de control (LSC)}$$

$$LIC = \bar{X} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} \quad \text{Límite inferior de control (LIC)}$$

$$\bar{X} \quad \text{Línea central (LC)}$$

Si se define a $A_2 = \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$ se tienen las ecuaciones siguientes:

$$\text{LSC} = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

$$\text{LIC} = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

El valor de A_2 se encuentra tabulado en una tabla de constantes.

Para el caso de los rangos, la línea central es \bar{R} . El estimador para σ_R puede hallarse de la distribución del rango relativo $W = R/\sigma$, si la desviación estándar de W es d_3 en función de n , se tiene:

La desviación estándar de R es:

$$R = W \sigma$$

$$\sigma_R = d_3 \sigma$$

Como σ es desconocida, se puede estimar de $\sigma = \bar{R} / d_2$, resultando:

$$\sigma_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

De esta forma los límites de control para el rango son:

$$\text{LSC} = \bar{R} + 3\sigma_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R} \left[1 + 3 \frac{d_3}{d_2} \right] = D_4 \bar{R}$$

$$\text{LIC} = \bar{R} - 3\sigma_R = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R} \left[1 - 3 \frac{d_3}{d_2} \right] = D_3 \bar{R}$$

3.7.4 GRÁFICAS DE CONTROL DE MEDIAS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (\bar{X} Y S)

Estas gráficas de control se recomiendan cuando:

1. El tamaño de muestra es moderadamente grande $n > 10$ o 12 (donde el rango pierde eficiencia por no tomar en cuenta valores intermedios).
2. El tamaño de muestra es variable.

Su construcción es similar a la de la carta de medias-rangos, excepto que en lugar del rango R en cada subgrupo se calcula la desviación estándar S.

3.2.2.4.1 CÁLCULO PARA CUANDO N ES CONSTANTE

Con esta información se pueden establecer los límites de control para la carta \bar{X} y S, cuando se conoce el valor de σ dado que existe un historial.

Para la carta S se tiene:

$$LSC_s = c_4\sigma + 3 \sigma\sqrt{1-c_4} = B_6 \sigma$$

$$LC_s = c_4\sigma$$

$$LIC_s = c_4\sigma - 3 \sigma\sqrt{1-c_4} = B_5 \sigma$$

Para la carta \bar{X} se tiene:

$$LSC_x = \mu + A\sigma$$

$$LC = \mu$$

$$LIC_x = \mu - A\sigma$$

Los valores de las constantes se encuentran tabulados para diferentes valores de n en los anexos.

En el caso de que no se conozca la desviación estándar de la población, se puede estimar utilizando diversos subgrupos m con datos históricos, donde se obtenga la desviación estándar en cada una de ellas y se promedien.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i$$

, donde m es el número de subgrupos

$$\sigma = \frac{\bar{S}}{c_4}$$

Como el estadístico \bar{S}/c_4 es un estimador insesgado de σ , los parámetros de la carta serán los siguientes:

$$\text{LSC}_s = \bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = B_4 \bar{S}$$

$$\text{LIC}_s = \bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = B_3 \bar{S}$$

Para el caso de la carta \bar{X} cuando \bar{S}/c_4 es una forma de estimar σ , los límites de control para esta carta son:

$$\text{LSC}_x = \bar{X} + 3 \frac{\bar{S}}{c_4 \sqrt{n}} = \bar{X} + A_3 \bar{S}$$

$$\text{LC}_x = \bar{X}$$

$$\text{LIC}_x = \bar{X} - 3 \frac{\bar{S}}{c_4 \sqrt{n}} = \bar{X} - A_3 \bar{S}$$

3.2.2.4.2 CÁLCULO PARA CUANDO N ES VARIABLE

En el caso de tamaño de muestra variable, se utiliza el promedio ponderado de las medias y de las desviaciones estándar como sigue:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i X_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

$$\bar{S} = \left[\frac{\sum (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^m n_i - m} \right]^{1/2}$$

Como método alternativo para n variable se puede utilizar la \bar{n} si no hay mucha variación entre los diferentes tamaños de muestra (dentro de $\bar{n} \pm 25\%$).

3.7.4.1 GRÁFICAS DE CONTROL PARA LA MEDIA

Estos gráficos se utilizan para observar los cambios en la media de una distribución. Las gráficas de control para la media, muestran el límite de control inferior (LIC) y el límite de control superior (LSC), estos dos límites de control corresponden a los valores críticos que involucran a los límites de control (C_1 y C_2). En el momento en que una muestra caiga fuera del intervalo entre los límites de control, se rechaza la hipótesis y se dice que el proceso está fuera de control. Esto nos indica que existe una desviación en el proceso que sale de los límites especificados. Para esto se requiere una acción cada vez que esto suceda.

3.7.4.2 GRÁFICAS DE CONTROL PARA LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Los gráficos s (desviación estándar) se utiliza en lugar del gráfico R , a fin de observar los cambios en la dispersión o variación de una distribución. Para hacer una gráfica de control para la desviación estándar se necesita un límite de control superior o si se desea una gráfica con límite de control superior y límite de control inferior.

Pasos comunes para realizar un gráfico de control:

1. Obtención de datos.
2. Tipo de carta de variables a utilizar.
3. Cálculo de \bar{X} y (S o R) para cada subgrupo.
4. Cálculo de $\bar{\bar{X}}$ y (\bar{S} o \bar{R}) (media de medias y media de las desviaciones).
5. Determinación de los límites tentativos de control para los dos casos $\bar{\bar{X}}$ y (\bar{S} o \bar{R}).
6. Trace de puntos.
7. Interpretación y análisis de gráficas.

3.8 DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO

Esta herramienta también conocida como espina de pescado (por su forma), es una técnica gráfica que enumera y organiza las posibles causas o contribuciones al problema. Se utiliza para identificar las causas de un problema específico, además permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema determinando exactamente las posibles causas y aumenta la posibilidad de identificar las causas principales.

Existen algunas ventajas en el uso del diagrama, estas son:

- Ayuda a detectar las causas de dispersión de las características de calidad, ilustran claramente los diversos factores que afectan un resultado, clasificándolos y relacionándolos entre sí.
- Su análisis ayuda a determinar el tipo de datos que deben obtenerse para confirmar el efecto de los factores que fueron seleccionados como causa del problema.

En los diagramas de causa y efecto se relaciona las características como resultado de un proceso o actividad y aquellas causas las cuales ejercen un efecto sobre el proceso, como se puede observar en la Ilustración 3.17. Estos también ayudan a resumir todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso. Esta herramienta promueve la mejora y el fomento en la formación de grupos como son los círculos de calidad o grupos de análisis de problemas, los cuales tienden a proponer ideas o posibles causas que afectan al proceso y lo lleven a la mejora.

Es vital que se tome en cuenta lo siguiente (Barca., 2000):

- No despreciar causas relacionadas con la gestión.
- Tomar en cuenta los errores de muestreo o medida.
- Hacer un diagrama por cada característica a discutir.
- Concentrarse en la mejor forma de resolver el problema y no en por qué ocurrió.
- Las mejoras que surjan en el diagrama, es necesario llevarlas a cabo inmediatamente.
- Es conveniente proponer métodos que ayuden a aplicar la mejora o control del proceso; clasificar las causas como esporádicas, periódicas o crónicas.

Algo importante que se debe considerar, es que al investigar las causas incrementa el entendimiento de la naturaleza del proceso, el cual será mejorado mediante la colección, validación y análisis de datos.

3.8.1 CÓMO SE DESARROLLAR UN DIAGRAMA CAUSA EFECTO

Como se mencionó en párrafos anteriores, el valor de una característica de calidad depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo.

La variabilidad de las características de calidad es un *efecto* observado que tiene múltiples *causas*. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, se debe investigar para identificar las causas del mismo. Estos diagramas fueron utilizados por primera vez por Kaoru Ishikawa (Cárdenas), 2005).

Para hacer un Diagrama de Causa - Efecto se sigue los siguientes pasos:

1. Se determina cual va a ser la característica de calidad que se analizará. Se traza una flecha que representa el proceso y a la derecha se escribe la característica de calidad.
2. Se indica los factores causales más importantes y generales que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad, trazando flechas secundarias hacia la principal. Por ejemplo, Materias Primas, Equipos, Operarios, Método de Medición, etc.
3. Se incorpora en cada rama factores más detallados que se puedan considerar causas de fluctuación.
4. Finalmente se verifica que todos los factores que puedan causar dispersión hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones Causa - Efecto deben quedar claramente establecidas y en ese caso, el diagrama está terminado.

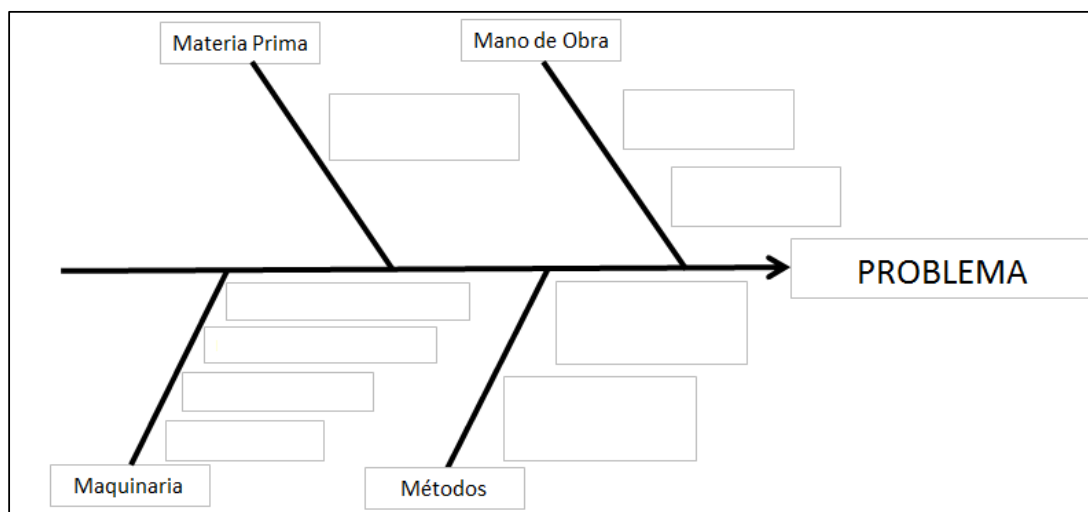


Ilustración 3.19: Diagrama causa efecto 4m's. Fuente: Elaboración propia.

3.9 DIAGRAMAS DE ÁRBOL

El Diagrama de Árbol, o diagrama sistemático, es una herramienta de la calidad que permite obtener una visión de conjunto de los medios necesarios para alcanzar una meta o resolver un problema.

Partiendo de una información general, como la meta a alcanzar, se incrementa gradualmente el grado de detalle sobre los medios necesarios para su consecución (ver Ilustración 3.18). Este mayor detalle se representa mediante una estructura en la que se comienza con una meta general (el “tronco”) y se continúa con la identificación de niveles de acción más precisos (las sucesivas “ramas”). Las ramas del primer nivel constituyen medios para alcanzar la meta pero, a su vez, estos medios también son metas, objetivos intermedios, que se alcanzarán gracias a los medios de las ramas del nivel siguiente. Así repetidamente hasta llegar a un grado de concreción suficiente sobre los medios a emplear.

La utilización del Diagrama de Árbol permite descomponer cualquier meta general, de modo gráfico, en fases u objetivos concretos, así como determinar acciones detalladas para alcanzar un objetivo.

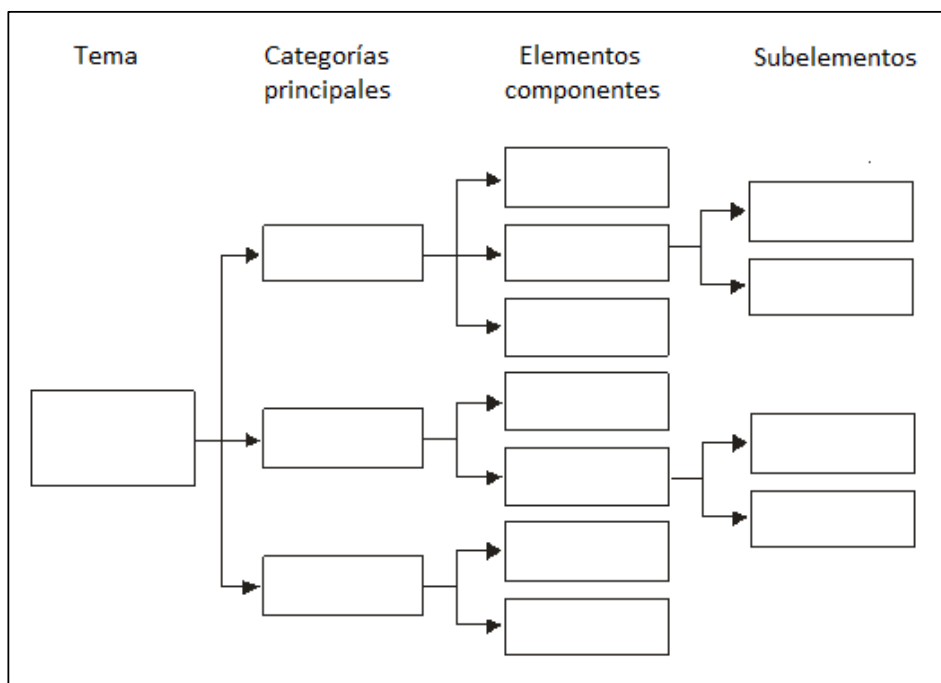


Ilustración 3.20: Diagrama de árbol. Fuente: Elaboración propia.

3.10 DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

También se le conoce como diagrama de correlación o bi variante. La idea principal que persigue es poner de manifiesto la relación que pueda existir entre dos variables características de calidad en función de los valores medidos, al variar ambas en una determinada situación. De esta forma se aprecia gráficamente el comportamiento o correlación existente entre ambas variables o, por el contrario, comprobar su independencia o no correlación.

Para llevar a cabo el diagrama se utiliza un gráfico de ejes cartesianos. En cada uno de los ejes se representa una de las variables con la escala de valores adecuada al rango que abarca. Para cada valor que adopte una de las variables se determina el que corresponde a la otra y se representa el par de valores por un punto del gráfico. Por ejemplo, la temperatura que obtenemos en una estancia con una placa solar, podrá medirse para cada valor de potencia en vatios de la placa y formar así pares de valores temperatura-potencia. Para cada par de datos se irán estableciendo los puntos de corte en el plano, lo que permitirá apreciar la evolución de una sobre la otra, obteniéndose una nube de puntos. Mediante el análisis de dicha nube de puntos representada se puede discernir si existe o no, correlación.

Los pasos a seguir para la realización del diagrama de dispersión se detalla a continuación:

1. Recoger muestras o partes de datos referentes a las dos variables del estudio en un número suficiente (50 a 100) mediante una tabla. Es muy importante determinar en qué situación se recogen los datos. Asimismo, es necesario mantener de forma constante el resto de parámetros o variables que participan en el proceso, con la intención de no distorsionar la medición (por ejemplo, en el caso de la placa solar, el volumen y ventilación de la habitación a caldear deben mantenerse constantes).
2. Establecer el rango de valores de ambas variables con el objeto de decidir las escalas adecuadas para la representación en los ejes.
3. Elaborar el diagrama marcando los puntos de intersección en el plano de los pares de datos, remarcando de alguna forma la posible coincidencia de dos o más puntos. Por ejemplo, mediante círculos concéntricos.
4. Una vez elaborado el diagrama de correlación, hay que realizar el análisis o interpretación de los resultados.

Como consecuencia del análisis surgen algunas situaciones muy comunes:

- La nube de puntos sigue una recta de pendiente positiva. Si aumenta una variable aumenta la otra: Correlación positiva.
- La nube de puntos sigue una recta de pendiente negativa. El aumento de una provoca la disminución de la otra: Correlación negativa.
- La nube de puntos no presenta ninguna correlación aparente: No hay correlación.

No obstante, la mayor o menor dispersión de puntos alrededor de la recta que forman indica si existen otras causas o variables que influyen de forma dependiente sobre alguna de las variables sometidas a estudio.

El diagrama de dispersión o correlación permitirá apreciar la relación entre dos variables. Es muy útil para comprobar como la aplicación de una serie de mejoras en un sentido se corresponden con otras apreciadas en otra variable. Como por ejemplo, se puede emplear en la demostración de la relación existente entre las causas y efectos del diagrama de Ishikawa (causa – efecto).

Existen diferentes tipos de correlación (ver Ilustración 3.19), por ejemplo:

Correlación Fuerte: Los puntos se agrupan claramente alrededor de una línea imaginaria que pasa por el centro de la masa de los mismos. Estos casos sugieren que el control de una de las variables lleva el control de la otra.

Correlación Débil: Los puntos no están lo suficientemente agrupados como para asegurar que existe la relación. El control de una de las variables no necesariamente nos llevará al control de la otra.

Si lo que se busca es determinar las causas de un problema, se deben buscar otras variables con una relación mayor o más relevante sobre el efecto. Correlación Compleja. El valor de la variable "Y" parece estar relacionado con el de la variable "X", pero esta relación no es simple o lineal. En este caso la relación se estudia más profundamente. Sin correlación. Para cualquier valor de la variable "X", "Y" puede tener cualquier valor. No aparece ninguna relación especial entre ambas variables. En este caso la teoría no es correcta y se deben buscar otros tipos de relaciones.

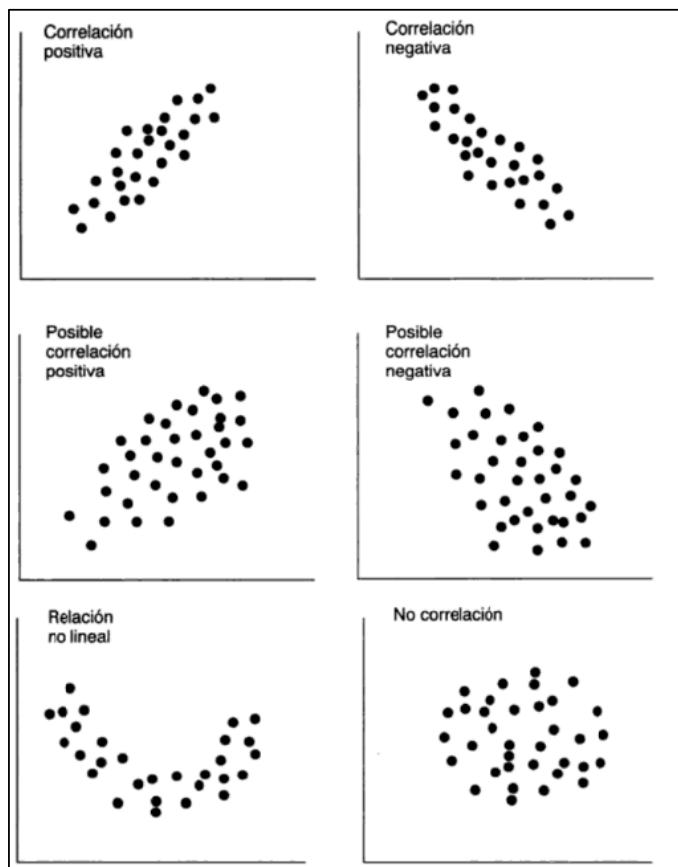


Ilustración 3 21: Tipos de diagramas de correlación. Fuente: Libro técnicas para la gestión de la calidad, Pedro Grima y Javier Tort-Martorell.

3.11 AMFE

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE o AMEF) es una de las herramientas más comunes para prevenir fallos potenciales durante el desarrollo de productos, es una metodología que se aplica a la hora de diseñar nuevos productos, servicios o procesos. Su finalidad es estudiar los posibles fallos futuros (“modos de fallo”) del producto para posteriormente clasificarlos según su importancia. A partir de ahí, se obtendrá una lista que servirá para priorizar cuáles son los modos de fallo más relevantes que se debe solventar -bien por ser más peligrosos, más molestos para el usuario, más difíciles de detectar o más frecuentes- y cuáles son los menos relevantes de los cuáles no es necesario preocuparse –ya sea por ser poco frecuentes, o por tener muy poco impacto negativo o bien porque son fáciles de detectar por la empresa antes de sacar el producto al mercado-.

Los pasos para realizar un análisis un AMFE son los siguientes:

1. Enumerar todos los posibles modos de fallo

Lo primero es crear un grupo de trabajo de 4 o 5 personas que tengan conocimientos sobre el producto/servicio/proceso que se está desarrollando. Lo ideal es que el grupo sea multidisciplinar y que incluya varios perfiles diferentes, como diseñadores, ingenieros, técnicos e incluso usuarios finales. De esta forma se conseguirá una visión amplia y con diferentes opiniones.

Con el grupo reunido, el siguiente paso es enumerar los “modos de fallo” del diseño: los fallos que podría tener el producto acabado, y que pueden ser desde defectos estéticos, funcionales, de seguridad, problemas relacionados con el mal uso, etc.

Además se debe pensar cuál es el uso esperado que se va a hacer del producto: ¿Está enfocado a usuarios expertos o a gente con pocos conocimientos? ¿Se va a usar en situaciones críticas? ¿Qué pasaría si el usuario final lo usa sin leer las instrucciones? ¿Si se rompe puede poner en riesgo la vida de alguien?

2. Establecer su índice de prioridad

Una vez terminado el paso anterior, se tendrá una larga lista de los posibles modos de fallo del producto. Estos deberán ser incluidos en una tabla como la siguiente:

$$\text{Indice de prioridad de fallo} = \text{Severidad} * \text{Probabilidad de Incidencia} * \text{Probabilidad de no Detección}$$

Este valor indica la importancia del modo de fallo que se esté analizando.

3. Priorizar los modos de fallo y buscar soluciones

Cuando se haya calculado el NPR para todos los modos de fallo estudiados, se deben clasificar de mayor a menor. Los modos de fallo con mayor NPR serán los que antes se deben solventar (por ejemplo, se puede acordar que se buscarán soluciones para todos los modos de fallo mayores de 600).

Si se ha determinado que un determinado modo de fallo es inasumible, se tienen tres vías de disminuir su gravedad:

- Actuando para que si ocurre, sea menos severo (así disminuirá su valor S).
- Actuando para que suceda menos frecuentemente (así disminuirá su valor O).
- Actuando para que si sucede, lo detectemos antes de entregar el producto al cliente (así disminuirá su valor D).

Con esto, se podrá comparar su “NPR inicial” (antes de aplicar AMFE) con su “NPR final” (el NPR que se haya fijado como meta después de actuar para reducir la gravedad del modo de fallo).

El objetivo final del análisis AMFE es que tener todos los posibles fallos controlados, habiendo actuado para disminuir el NPR de los más graves.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

La metodología escogida para esta memoria fue Seis Sigma, la cual es un concepto estadístico que presenta la cantidad de variación presente en un proceso en relación con las especificaciones o requerimientos del cliente. Cuando un proceso está operando a un nivel Seis Sigma quiere decir que la variación de los productos o servicios es de 99,9997%, normalmente Seis Sigma se denota 6σ (S., 2007).

La metodología Seis Sigma se inició en la corporación Motorola a mediados de los años ochenta, cuando la compañía comenzó a enfocarse en la creación de estrategias para reducir defectos en sus productos, posteriormente unió fuerzas con otras compañías entre ellas ABB, IBM, AlliedSignal, Kodak y Texas Instruments en donde se fundó el instituto de investigación Seis Sigma (S., 2007).

Además de ser una medida estadística de variación, el término de Seis Sigma se refiere también a una filosofía de administración de empresas que se enfoca a mejorar continuamente en base a las necesidades del cliente, además de ser una metodología que utiliza organización para asegurar que los procesos claves mejoren.

Los principales beneficios de Seis Sigma están basados en disminuir la variación, por ejemplo:

1. Mayor predicción del proceso.
2. Menos desperdicio y re trabajo, disminuyendo costos.
3. Productos y servicios que se desempeñan mejor y duran más.
4. Clientes más satisfechos que lo valoran como proveedor.
5. Contar con un método medible para rastrear las mejoras en un desempeño.
6. Enfocar la atención en la gerencia en todos los niveles de la organización.
7. Mejorar la eficacia y eficiencia de sus procesos mediante las necesidades del cliente.

4.1 METODOLOGÍA DMAIC

Una de las metodologías Six Sigma es DMAIC, la cual se decidió usar en este trabajo. Esta metodología se basa en cinco etapas: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control (ver Ilustración 4.1). Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

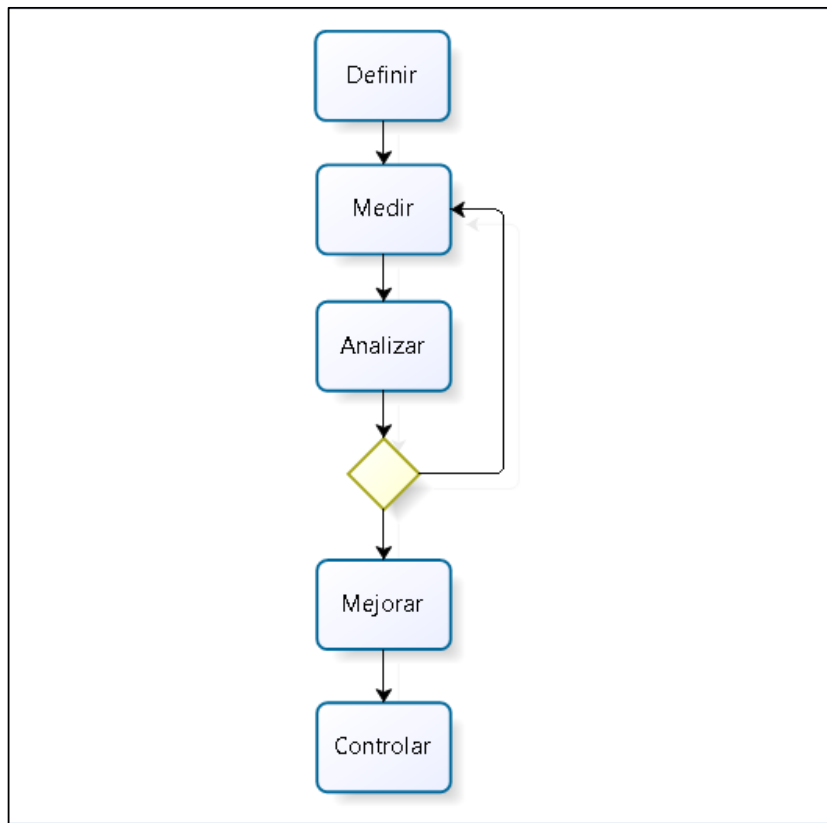


Ilustración 4.1: Metodología DMAIC. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1 DEFINIR

En la etapa definir, se debe revisar la declaración del problema y el objetivo, identificar a los clientes del proceso que se está estudiando y definir los requisitos de estos.

En primera instancia, se comenzó por identificar el problema en cual se va implementar la metodología Seis Sigma, utilizando herramientas como Pareto e histogramas, logrando identificar las principales causas de tiempo ocioso. Se definió el propósito del proyecto, se realizó un levantamiento de procesos para ver cómo se encontraba y como era el flujo del producto, además de un análisis SIPOC (Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Process (Proceso), Outputs (salidas), Costumers (Clientes)), el cual ayudó a entender los elementos clave del proceso de manufactura de cables eléctricos y definir los límites y alcances del mismo.

4.1.2 MEDIR

En esta etapa se enfocó el esfuerzo de mejora, mediante la recolección de información de la situación actual del proceso de producción de cables eléctricos. Se recolectó una base de datos del tiempo ocioso incurrido en el año 2015 por la totalidad de las líneas productivas, identificando las diversas causas que indican la ocurrencia de los problemas. Se realizó un análisis de estos datos graficándolos a través del tiempo, para determinar tendencias e identificar causas especiales a través de gráficos de control.

Además, se realizó una matriz de priorización para jerarquizar los problemas, apoyado de gráficos de Pareto mostrando la situación actual de las principales causas de tiempo perdido.

4.1.3 ANALIZAR

Analizar es una etapa clave en el camino de Seis sigma y ayuda a refinar el problema y comenzar a buscar las causas raíz. En esta etapa, no se puede aceptar una hipótesis a la primera; debe verificarse que realmente contribuya al problema que se está estudiando.

Una hipótesis que se proponga esta semana puede ser descartada por los datos; si se recogen datos la semana próxima estos pueden dirigir sus sospechas hacia otra parte, y así hasta que se logre confirmar una hipótesis con los datos y obtener las causas que lo provocan¹¹. Sin embargo, gracias a la información recolectada en la etapa anterior, en donde se logró obtener la totalidad de datos para el periodo 2015, se logró determinar causantes válidas a este problema.

Para lograr este efecto, se utilizaron herramientas como: Diagrama de Causa- Efecto o Ishikawa, en donde las principales causas fueron agrupadas en 6M; Materia prima, Mano de obra, Maquinaria, Medio ambiente, Medición y Métodos y Diagrama de árbol, identificando causales de lo general a lo específico.

4.1.4 MEJORAR

Aunque se desarrolle soluciones realmente creativas puede ser difícil pasar de la teórica tormenta de ideas al reto práctico de la implantación de nuevas soluciones con la necesidad de anticiparse y prevenir todo lo que pueda fallar. Para evitar todos estos riesgos, se debe mantener abiertas todas las opciones de mejora y no lanzarse directamente por la primera

¹¹ Pande, Peter S. Las claves prácticas de Seis Sigma, 2004.

idea que aparezca. Después de haberse centrado durante tanto tiempo en la causa de los problemas, se debe ampliar el alcance del pensamiento creativo¹².

Gracias a la etapa de análisis se obtuvieron las causas de cada uno de los defectos y cuáles son los que más afectan al proceso.

Primero se enfocará a realizar una lluvia de ideas, con el propósito de obtener alternativas anexas a lo ya planteado. Se realizará un análisis costo beneficio, donde se verifica la rentabilidad de este proyecto, y además se enfocarán los esfuerzos en mejorar las habilidades operacionales, generando una propuesta a través de la identificación de líneas productivas en las cuales se debe aumentar el manejo de maquinarias para reducir el tiempo perdido.

4.1.5 CONTROLAR

El objetivo de controlar es sencillo: Una vez que las mejoras han sido implantadas y los resultados documentados, se debe seguir midiendo el rendimiento del proceso de forma continua ajustando su funcionamiento cuando los datos indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente. Para evitar confusiones, se debe aclarar que por “controlar” se refiere al hecho de mantener un proceso que funciona de forma estable, predecible y que cumple con los requisitos del cliente. Conseguir que un proceso alcance ese estado es el objetivo de DMAIC. Sin los esfuerzos de Controlar, el proceso mejorado tiene muchas posibilidades de volver a su estado inicial¹³.

En esta etapa se establecerán los controles necesarios para asegurar que lo obtenido a través del proyecto Seis sigma se mantenga una vez que se hayan implementado las mejoras. Se volverá a medir los niveles de defectos y se compararán con los datos anteriores, de esta forma se calculará en términos económicos los ahorros generados a la empresa, gracias a la implementación de Seis sigma.

Para este efecto se recomienda realizar un entrenamiento periódico de los trabajadores a modo de mantener actualizados los conocimientos necesarios para la operación. Además de la revisión periódica de los estándares de las maquinarias, para mantener las buenas prácticas en la operación de las maquinarias y finalmente crear planillas de control para monitorear el tiempo ocioso generado identificando sus causantes.

¹² Pande, Peter S. Las claves prácticas de seis sigma, 2004.

¹³ Pande, Peter S. Las claves prácticas de seis sigma, 2004.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 DEFINIR EL PROYECTO

5.1.1 LEVANTAMIENTO DE PROCESOS A TRAVÉS DE MAPAS DE PROCESOS

El proceso de fabricación de cables eléctricos en Nexans Chile, está constituido por una serie de etapas, dentro de las cuales se destacan tres procesos relevantes; Trefilación, cableado y extrusión¹⁴.

En la ilustración 5.1, se aprecia de manera general el proceso de fabricación de cables eléctricos de Nexans Chile, sin embargo, cabe destacar que debido a la gran variedad de productos de cableado que ofrece, este proceso presenta infinitas variaciones, siendo diversas las etapas por las que pasa el conductor, dependiendo del tipo de cable que se requiera obtener.

Siguiendo el proceso general, el primer paso para iniciar la producción de un cable eléctrico es la orden de compra que realiza el cliente al área de ventas. Posteriormente es el área de operaciones quien da la orden de trabajo para comenzar el proceso de producción.

El proceso de producción es iniciado por la etapa de Trefilación, donde se moldea el conductor. La siguiente etapa se divide en Cableado de fase, Cableado desnudo, Buncher o Estañado, debiendo tomar una de estas etapas dependiendo el tipo de cable a fabricar.

Para los conductores que pasaron por Cableado de fase, la siguiente etapa será; Trenzado, blindado, Cv-line o Extrusora, para los que pasaron por Estañadora van directo a la etapa Corte y rollo, mientras que para los demás conductores será Blindado, Cv-line o Extrusora.

Finalmente los cables que pasaron por Blindado podrían eventualmente pasar por Cableado de fase, en caso contrario pasan directo a Corte y rollo, mientras que los demás cables irán directo a la etapa de Corte y enrollado. Posteriormente los cables eléctricos son almacenados en bodega para ser despachados a los clientes.

¹⁴ Trefilación, cableado y extrusión: Procesos vistos en Capítulo 1: Marco teórico.

5.1.1.1 DIAGRAMA DE PROCESO

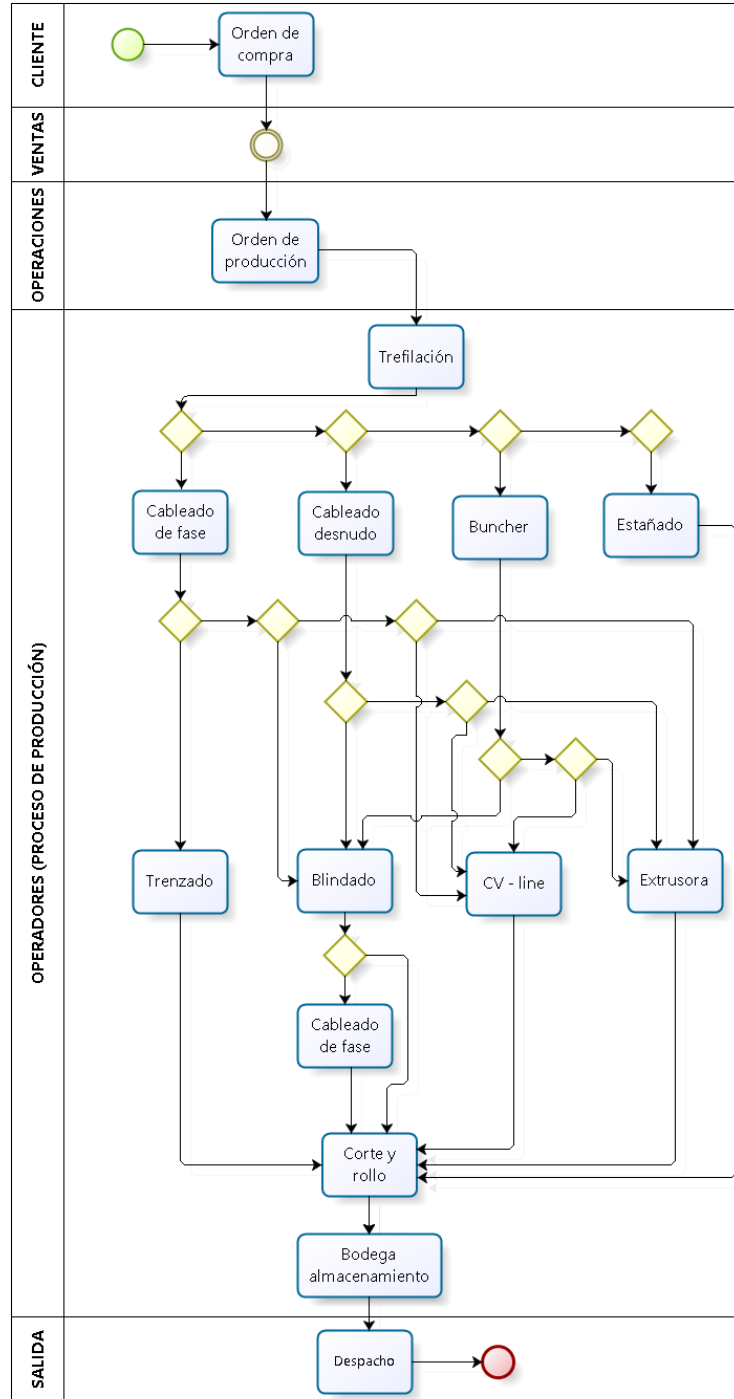


Ilustración 5. 1: Diagrama de proceso. Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRECEDENCIA EN LA OPERACIÓN DE MAQUINARIAS

A manera de complementar el diagrama de flujo de procesos presentado en la ilustración 5.1, se detalla el diagrama de precedencia de maquinarias el cual se muestra en la ilustración 5.2. Como se mencionó anteriormente, las maquinarias dentro de la planta son divididas en tres cadenas de valor; Metalurgia, Media Tensión y Building Wire. En la primera etapa, cadena Metalurgia, la Trefiladora es la máquina precedente a las Cableadoras y Buncher. En Media Tensión la Trefiladora es precedente a las Estañadoras y el Cableado de fase a las Trenzadoras, mientras que Cableado de fase, Cableado desnudo y Buncher son precedentes a Blindado, Cv-line y Extrusora. En la cadena de Building Wire el Cableado de fase, Cableado desnudo y Buncher son precedentes a la Extrusora. Finalmente estos cables son llevados a la etapa final donde son cortados y enrollados para ser almacenados y despachados.

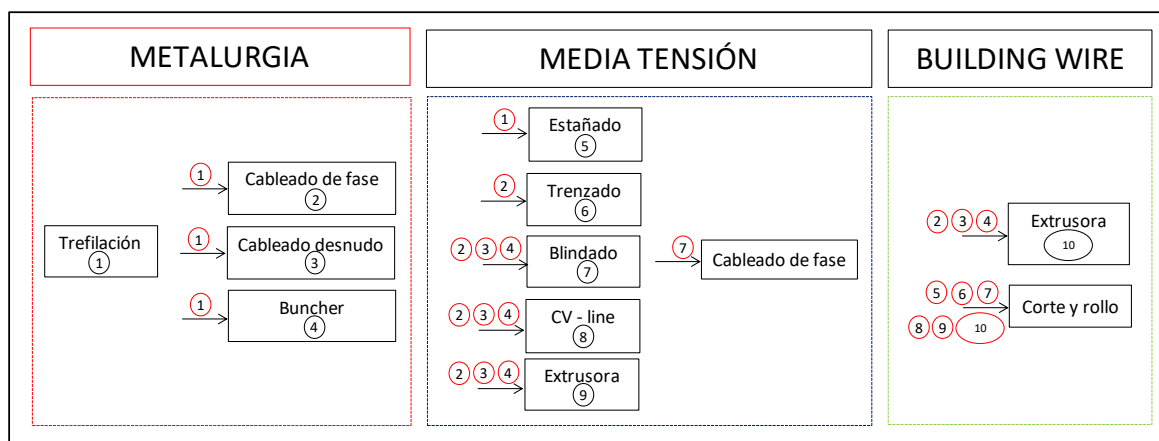


Ilustración 5. 2: Diagrama del proceso de precedencia en la operación de maquinarias.

Fuente: Elaboración propia.

Todas las líneas productivas dentro de la planta son divididas en familias de maquinarias, es decir, grupos de máquinas que realizan el mismo trabajo. La Tabla 5.1 que se muestra a continuación, detalla estos grupos de familia divididos por cadenas de valor.

| METALURGIA | | MEDIA TENSIÓN | | BUILDING WIRE | |
|------------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| Familia | Líneas productivas | Familia | Líneas productivas | Familia | Líneas productivas |
| Trefilación | 105-106 | Estañadora | - | Extrusora | 302 |
| | 110 | Trenzado | 231-232 | | 303 |
| | 135 | Blindado | 210 | | 304 |
| | 122 | CV-line | 330 | | 308 |
| | 130 | | 331 | | 310 |
| | 131 | | 332 | 400 | |
| Cableado de fase | 215 | Extrusora | 300 | 401-406 | |
| | 216 | | 301 | 404 | |
| Cableado desnudo | 201-202 | | 311 | 405 | |
| | 203 | | 315 | 410 | |
| | 204 | | 320 | 411-412 | |
| | 205 | Cableado de fase | 200 | 407 | |
| Buncher | 220-226 | | 253 | 615 | |
| | 218-219 | | | | |
| | 211 | | | | |

Tabla 5. 1: Líneas productivas en relación a familias de maquinarias. Fuente: Gerencia de operaciones.

5.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el año 2015, Nexans Chile presentó un total de 23.777 horas ociosas, distribuidas entre ocho estados, estos son: Falta de alimentación, mantenimiento preventivo, falta de operador, avería eléctrica, avería mecánica, mantenimiento programado, problema de utillaje y problema de materia prima.

A través del diagrama de Pareto que se aprecia en la Ilustración 5.3, se puede observar que el 80% del tiempo ocioso es generado por las tres primeras causas; Falta de alimentación, mantenimiento preventivo y falta de operador (ver Tabla 5.1).

| Problema | Horas | Porcentaje acumulado |
|---------------------------|--------|----------------------|
| Falta de alimentación | 10.263 | 43,2% |
| Mantenimiento preventivo0 | 6.407 | 70,1% |
| Falta operador | 4.054 | 87,2% |
| Avería eléctrica | 1.361 | 92,9% |
| Avería mecánica | 1.276 | 98,3% |
| Mantenimiento programado | 237 | 99,2% |
| Problema utilaje | 164 | 99,9% |
| Problema insumos | 15 | 100% |

Tabla 5. 2: Total tiempos ociosos año 2015. Fuente: Gerencia de operaciones.

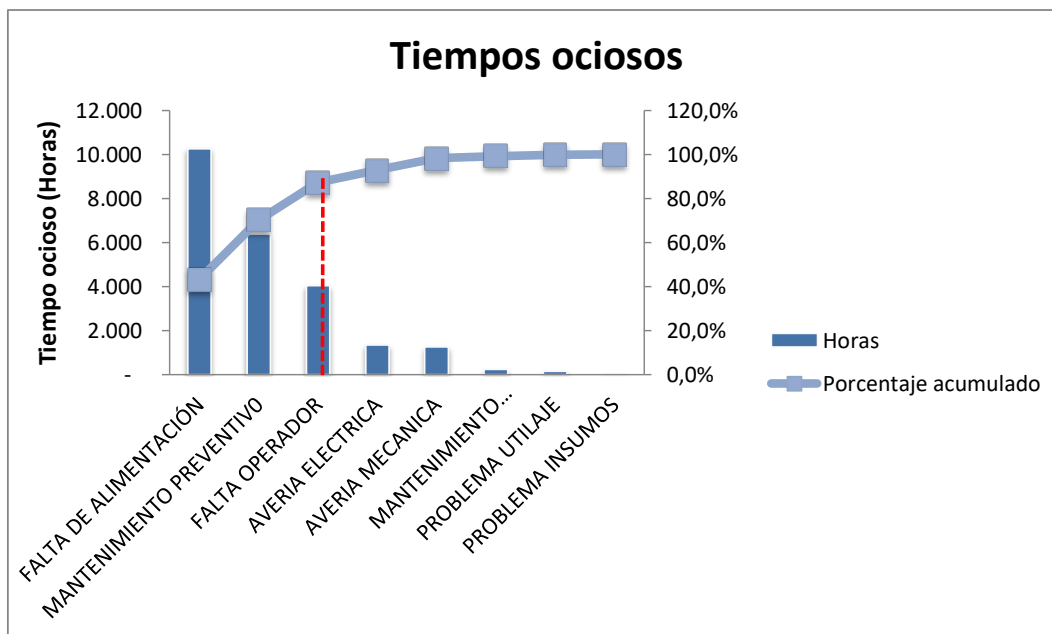


Ilustración 5. 3: Total tiempos ociosos. Fuente: Elaboración propia

Debido a las restricciones mencionadas en el Capítulo 2, de tiempos ociosos que no serán considerados debido a su ocurrencia de manera necesaria, los tiempos ociosos considerados en este caso de estudio se muestran en la Ilustración 5.4.

| Problema | Horas | Porcentaje acumulado |
|-----------------------|-------|----------------------|
| FALTA DE ALIMENTACIÓN | 7.361 | 53% |
| FALTA OPERADOR | 3.630 | 80% |
| AVERIA ELECTRICA | 1.361 | 89% |
| AVERIA MECANICA | 1.276 | 98,7% |
| PROBLEMA UTILAJE | 164 | 99,9% |
| PROBLEMA INSUMOS | 15 | 100% |

Tabla 5. 3: Tiempos ociosos año 2015. Fuente: Gerencia de operaciones.

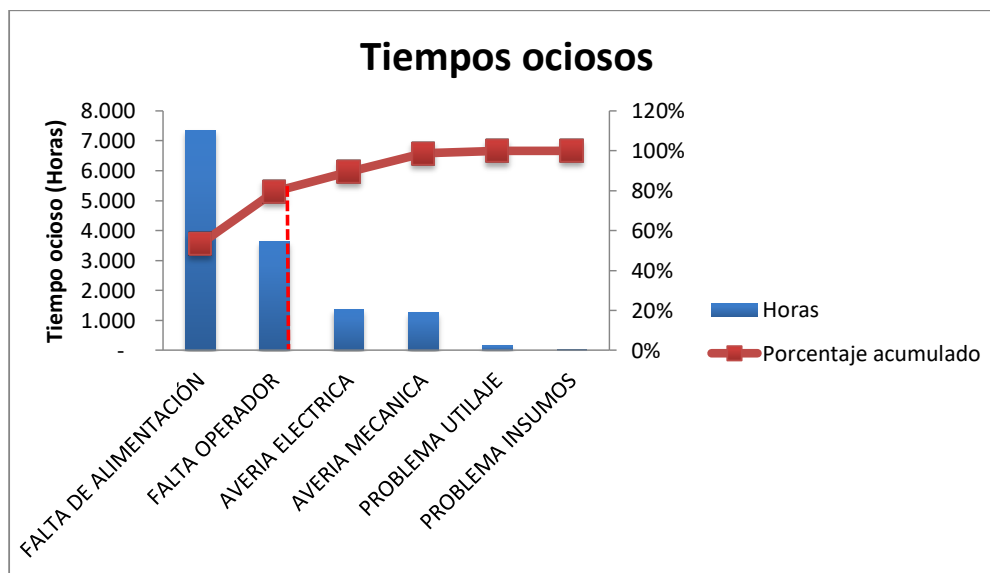


Ilustración 5. 4: Tiempos ociosos. Fuente: Elaboración propia

El tiempo ocioso generado por el 80% de las causas, presentó significativas pérdidas para el periodo 2015. La falta de alimentación representó una pérdida de \$893MM, mientras que falta de operador generó pérdida fue de \$440MM. Ambos conceptos, sumó un total de \$1.333MM (Ver Ilustración 5.4).

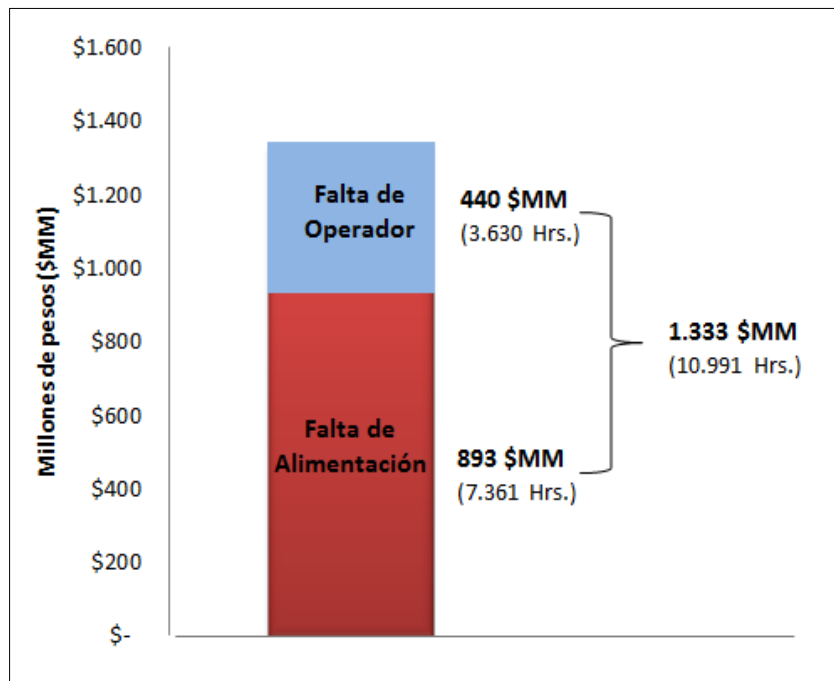


Ilustración 5. 5: Pérdida causada por tiempo ocioso (falta de operador y falta de alimentación) durante el año 2015. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.1 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Para el periodo 2015, la producción real alcanzó sólo un 80% a la estimada. Como se aprecia en la Ilustración 5.6 la productividad para este año fue del 80%.

| | | 2015 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--|
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | |
| Producción programada | 806 | 908 | 1.003 | 856 | 922 | 718 | 717 | 819 | 826 | 780 | 723 | 730 | |
| Producción real | 677 | 722 | 696 | 587 | 557 | 437 | 540 | 600 | 589 | 704 | 853 | 822 | |
| Productividad | 84% | 80% | 69% | 69% | 60% | 61% | 75% | 73% | 71% | 90% | 118% | 113% | |

Ilustración 5. 6: Productividad 2015 en toneladas. Fuente: Gerencia de operaciones.

En la Ilustración 5.7, se aprecia un análisis SIPOC. Este análisis describe los componentes principales del proceso productivo, determinando en qué etapa es donde se produce la problemática. Las principales etapas de este análisis son: Proveedores, Entradas (materias primas que inician desde su estado bruto y sufren transformaciones en cada etapa del proceso), Salidas (productos) y Consumidor final o Clientes (Ver Capítulo 3: Marco teórico).

Al observar las etapas del proceso (P) y sus salidas se aprecia un problema común. Cada una de ellas presenta un tiempo ocioso el cual genera una pérdida de costo de oportunidad para la empresa. Por lo tanto, con estos antecedentes se define las etapas que se medirán; Trefilación, Cableado, Buncher, Extrusión, Corte y rollo.

5.1.2 ANÁLISIS SIPOC

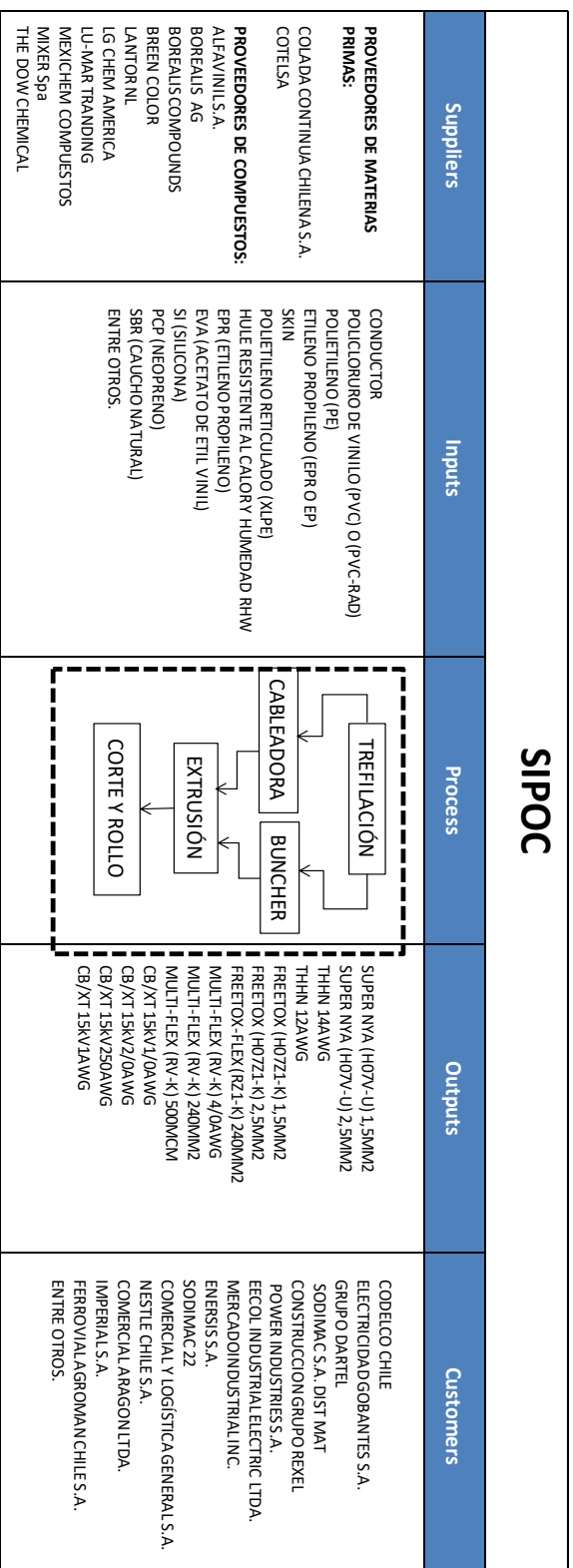


Ilustración 5. 7: Análisis SIPOC. Fuente: Elaboración propia.

5.2 MEDIR LA SITUACIÓN ACTUAL

5.2.1 GRÁFICO DE CONTROL INICIAL

Los registros de tiempo ocioso son notificados a diario por cada operador, y estos fueron reunidos en una planilla para facilitar el análisis de los mismos.

Los datos presentados a continuación corresponden al periodo 2015, en donde el promedio de 2 horas aplicado a cada diagrama es considerado por Nexans Chile como tiempo estándar máximo de tiempo ocioso (ver Tabla 5.4, 5.5 y 5.6, 5.7) (ver Ilustración 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11).

La tabla 5.4 que se presenta a continuación, muestra los datos históricos mensuales de falta de alimentación.

| MES | PROMEDIO HORAS | X | LS |
|------------|----------------|---|-------------|
| Enero | 7,510720721 | 2 | 6,600794232 |
| Febrero | 6,292814815 | 2 | 6,600794232 |
| Marzo | 5,202242424 | 2 | 6,600794232 |
| Abril | 6,178677249 | 2 | 6,600794232 |
| Mayo | 6,45345 | 2 | 6,600794232 |
| Junio | 4,317282609 | 2 | 6,600794232 |
| Julio | 4,660763052 | 2 | 6,600794232 |
| Agosto | 3,588186047 | 2 | 6,600794232 |
| Septiembre | 3,684731707 | 2 | 6,600794232 |
| Octubre | 2,933522727 | 2 | 6,600794232 |
| Noviembre | 3,20746114 | 2 | 6,600794232 |
| Diciembre | 3,21119403 | 2 | 6,600794232 |

Tabla 5. 4: Promedio tiempo ocioso mensual por falta de alimentación. Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos se realizó un gráfico de control (ver Ilustración 5.8), en donde se puede apreciar que existen 11 sobre 12 puntos bajo control, generando una curva con tendencia descendente.

Además se puede identificar que el mes de Enero alcanza un promedio de 7,5 horas ociosas, excediendo el promedio considerado aceptable por la empresa.

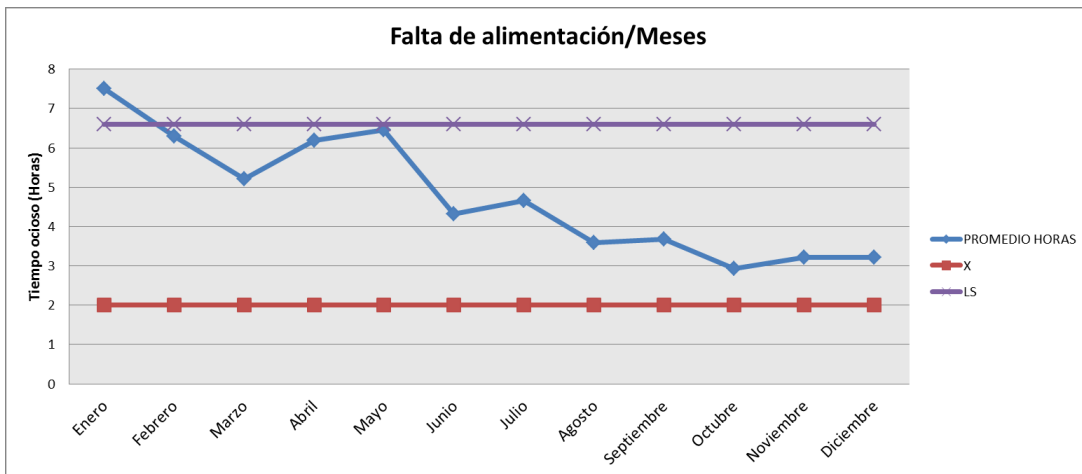


Ilustración 5. 8: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de alimentación – meses del año). Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5.5, muestra los datos históricos por días del mes de falta de alimentación.

| DIA DEL MES | PROMEDIO HORAS | X | LS |
|-------------|----------------|---|-------------|
| 1 | 3,25804878 | 2 | 5,091499973 |
| 2 | 3,949425287 | 2 | 5,091499973 |
| 3 | 6,687605634 | 2 | 5,091499973 |
| 4 | 4,2221875 | 2 | 5,091499973 |
| 5 | 6,368382353 | 2 | 5,091499973 |
| 6 | 7,137432432 | 2 | 5,091499973 |
| 7 | 3,821616162 | 2 | 5,091499973 |
| 8 | 4,922666667 | 2 | 5,091499973 |
| 9 | 4,843814433 | 2 | 5,091499973 |
| 10 | 4,532888889 | 2 | 5,091499973 |
| 11 | 3,651029412 | 2 | 5,091499973 |
| 12 | 4,30953125 | 2 | 5,091499973 |
| 13 | 4,636 | 2 | 5,091499973 |
| 14 | 5,265131579 | 2 | 5,091499973 |
| 15 | 5,693421053 | 2 | 5,091499973 |
| 16 | 3,923736264 | 2 | 5,091499973 |
| 17 | 3,858888889 | 2 | 5,091499973 |
| 18 | 5,110674157 | 2 | 5,091499973 |
| 19 | 5,514933333 | 2 | 5,091499973 |
| 20 | 4,715454545 | 2 | 5,091499973 |
| 21 | 4,43537037 | 2 | 5,091499973 |
| 22 | 3,942222222 | 2 | 5,091499973 |
| 23 | 3,4825 | 2 | 5,091499973 |
| 24 | 3,560821918 | 2 | 5,091499973 |
| 25 | 4,193714286 | 2 | 5,091499973 |
| 26 | 6,26974359 | 2 | 5,091499973 |
| 27 | 4,943333333 | 2 | 5,091499973 |
| 28 | 3,593098592 | 2 | 5,091499973 |
| 29 | 3,426825397 | 2 | 5,091499973 |
| 30 | 3,31119403 | 2 | 5,091499973 |
| 31 | 4,197 | 2 | 5,091499973 |

Tabla 5. 5: promedio tiempo ocioso días del mes por falta de alimentación.

Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos, se realizó un gráfico de control que se muestra a continuación (ver Ilustración 5.9) en donde se puede apreciar que los primeros días del mes, a mediados y casi al término de cada mes, existe un tiempo ocioso que excede el considerado aceptable por parte de la empresa, siendo estos de 7 horas, 5 horas y 6 horas respectivamente, generando una curva con tendencia aleatoria.

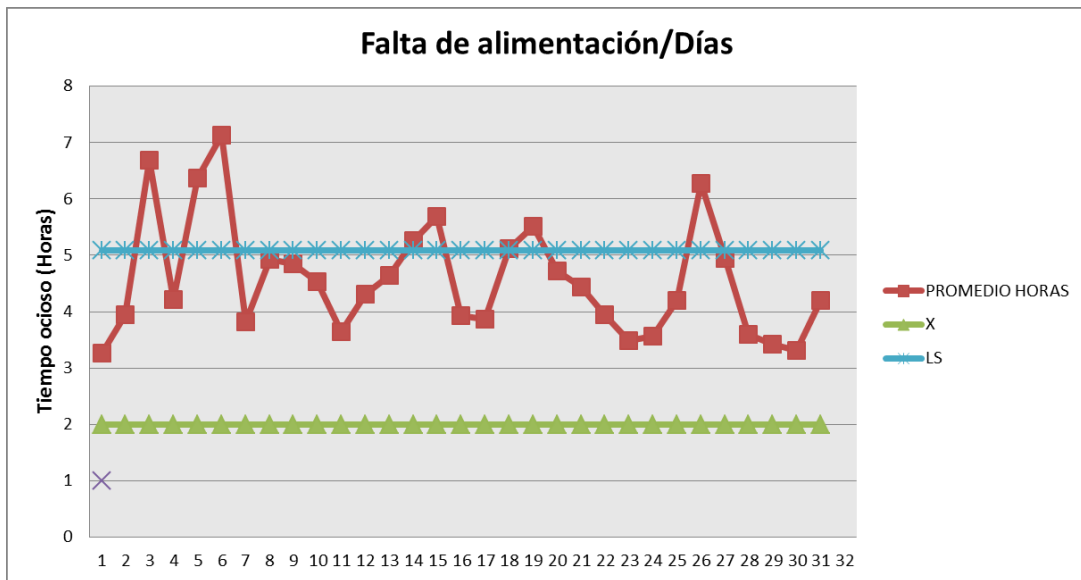


Ilustración 5. 9: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de alimentación – días del mes).

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5.6 que se presenta a continuación, muestra los datos históricos mensuales por falta de operador.

| MESES | PROMEDIO HORAS | x | LS |
|------------|----------------|---|-------------|
| Enero | 6,05132777 | 2 | 5,868280837 |
| Febrero | 5,38203125 | 2 | 5,868280837 |
| Marzo | 3,013103448 | 2 | 5,868280837 |
| Abril | 4,039215686 | 2 | 5,868280837 |
| Mayo | 6,031320755 | 2 | 5,868280837 |
| Junio | 5,865277778 | 2 | 5,868280837 |
| Julio | 6,042252252 | 2 | 5,868280837 |
| Agosto | 4,116754386 | 2 | 5,868280837 |
| Septiembre | 3,921747573 | 2 | 5,868280837 |
| Octubre | 4,398717949 | 2 | 5,868280837 |
| Noviembre | 3,807831325 | 2 | 5,868280837 |
| Diciembre | 3,035762712 | 2 | 5,868280837 |

Tabla 5. 6: Promedio tiempo ocioso mensual por falta de operador. Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos, se realizó el gráfico de control que se muestra a continuación (ver ilustración 5.10), en donde se puede apreciar que los meses de Enero, Mayo y Julio, son los que presentan un mayor tiempo perdido por falta de operador, excediendo el promedio considerado como aceptable por la empresa.

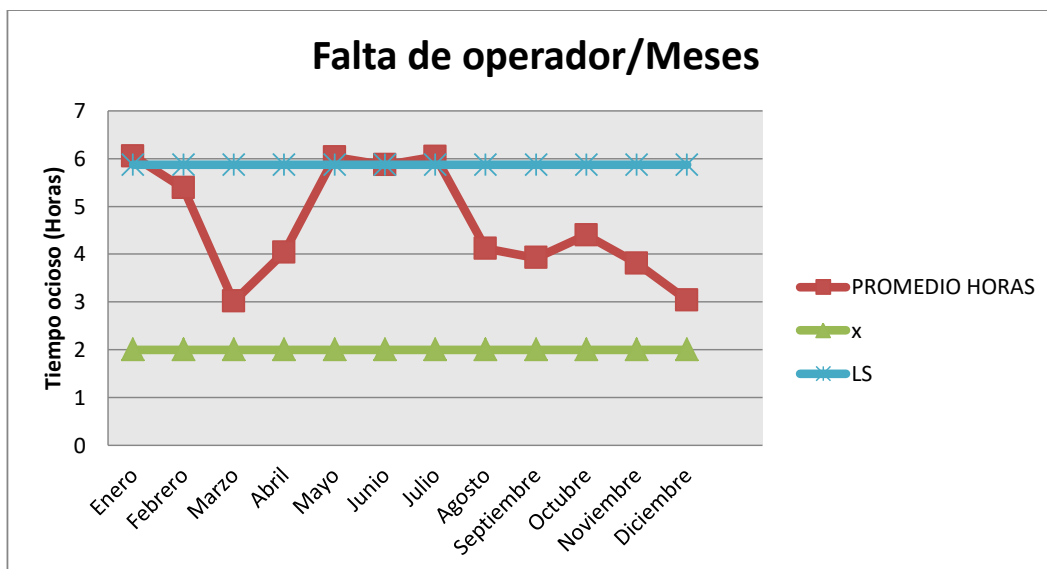


Ilustración 5. 10: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de operador – meses del año). Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5.7 que se presenta a continuación, muestra los datos históricos por días del mes de falta de operador.

| DIAS DEL MES | PROMEDIO HORAS | X | LS |
|--------------|----------------|---|------------|
| 1 | 7,244444444 | 2 | 5,33966634 |
| 2 | 6,506153846 | 2 | 5,33966634 |
| 3 | 4,91 | 2 | 5,33966634 |
| 4 | 6,193243243 | 2 | 5,33966634 |
| 5 | 3,870526316 | 2 | 5,33966634 |
| 6 | 5,351666667 | 2 | 5,33966634 |
| 7 | 3,496785714 | 2 | 5,33966634 |
| 8 | 4,073076923 | 2 | 5,33966634 |
| 9 | 4,01025641 | 2 | 5,33966634 |
| 10 | 4,264166667 | 2 | 5,33966634 |
| 11 | 4,0925 | 2 | 5,33966634 |
| 12 | 4,542857143 | 2 | 5,33966634 |
| 13 | 5,749534884 | 2 | 5,33966634 |
| 14 | 5,899811321 | 2 | 5,33966634 |
| 15 | 4,053428571 | 2 | 5,33966634 |
| 16 | 4,111153846 | 2 | 5,33966634 |
| 17 | 3,435581395 | 2 | 5,33966634 |
| 18 | 2,560384615 | 2 | 5,33966634 |
| 19 | 2,561 | 2 | 5,33966634 |
| 20 | 3,199268293 | 2 | 5,33966634 |
| 21 | 3,778684211 | 2 | 5,33966634 |
| 22 | 3,813703704 | 2 | 5,33966634 |
| 23 | 5,822 | 2 | 5,33966634 |
| 24 | 3,865254237 | 2 | 5,33966634 |
| 25 | 4,973513514 | 2 | 5,33966634 |
| 26 | 3,8875 | 2 | 5,33966634 |
| 27 | 3,883448276 | 2 | 5,33966634 |
| 28 | 3,841538462 | 2 | 5,33966634 |
| 29 | 4,737083333 | 2 | 5,33966634 |
| 30 | 3,376551724 | 2 | 5,33966634 |
| 31 | 4,4225 | 2 | 5,33966634 |

Tabla 5. 7: Promedio tiempo ocioso días del mes por falta de operador. Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos, se realizó el gráfico de control que se muestra a continuación (ver ilustración 5.11), en donde se aprecia que los días 1,2, 4, 13 y 14, presentan puntos que exceden el promedio de horas aceptable por la empresa, presentándose tiempos ociosos por falta de operador del rango de 6-7 horas.

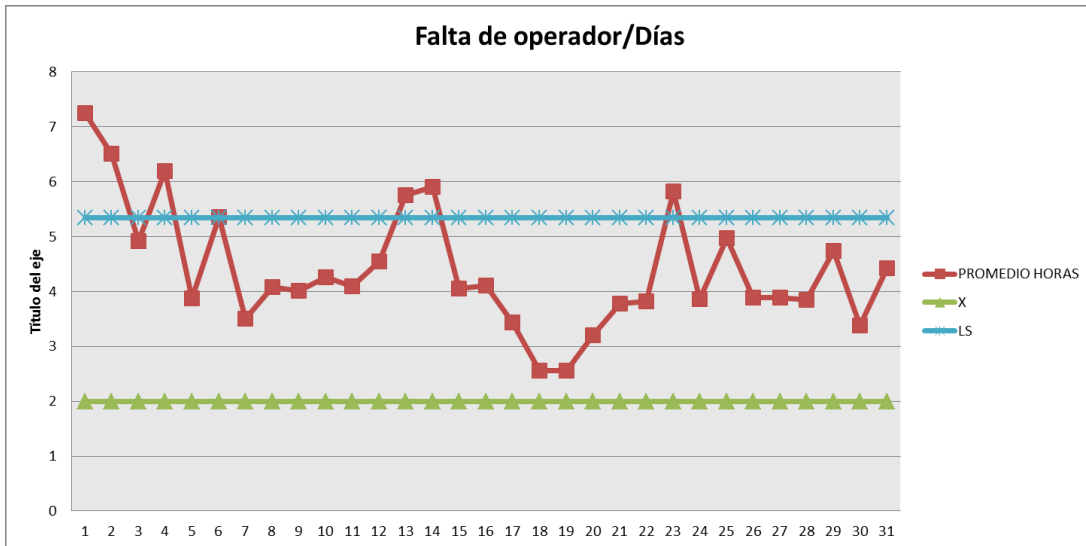


Ilustración 5. 11: Gráfico de control (tiempo ocioso por falta de operador – días del mes).

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 GRÁFICA DE PARETO: CONDICION INICIAL

De la base de datos para el año 2015, por falta de alimentación se obtuvieron los siguientes resultados:

| Línea productiva | Horas ociosas | Porcentaje acumulado |
|------------------|---------------|----------------------|
| 216 | 735,3 | 10% |
| 222 | 475,58 | 16% |
| 320 | 465,86 | 23% |
| 218 | 449,97 | 29% |
| 211 | 405,93 | 34% |
| 219 | 364,84 | 39% |
| 210 | 357,22 | 44% |
| 226 | 321,41 | 49% |
| 223 | 304,43 | 53% |
| 225 | 270,75 | 56% |
| 405 | 264,27 | 60% |
| 332 | 242,34 | 63% |
| 205 | 228,57 | 66% |
| 122 | 210,84 | 69% |
| 200 | 191,67 | 72% |
| 221 | 184,48 | 74% |
| 135 | 163,87 | 77% |
| 406 | 158,71 | 79% |
| 201 | 157,19 | 81% |
| 308 | 156,41 | 83% |
| 253 | 141,82 | 85% |
| 232 | 122,69 | 87% |
| 404 | 113,04 | 88% |
| 315 | 77,53 | 89% |
| 215 | 76,04 | 90% |
| 410 | 73,63 | 91% |
| 300 | 72,57 | 92% |
| 331 | 71,35 | 93% |
| 204 | 67,69 | 94% |
| 311 | 65,57 | 95% |
| 131 | 64,48 | 96% |
| 407 | 60,47 | 97% |
| 203 | 56,75 | 97% |
| 224 | 47,03 | 98% |
| 302 | 34,04 | 98,6% |
| 304 | 26,05 | 98,9% |
| 130 | 22,35 | 99,2% |
| 105 | 16,18 | 99,4% |
| 602 | 10,5 | 99,6% |

| Línea productiva | Horas ociosas | Porcentaje acumulado |
|------------------|---------------|----------------------|
| 310 | 9,25 | 99,7% |
| 121 | 8,27 | 99,8% |
| 301 | 5,83 | 99,89% |
| 230 | 4,05 | 99,94% |
| 400 | 1,8 | 99,97% |
| 101 | 1,13 | 99,98% |
| 411 | 0,98 | 99,996% |
| 252 | 0,28 | 100% |

Tabla 5. 8: Tiempos ociosos falta de alimentación por líneas productivas. Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos históricos, se obtuvo el diagrama de Pareto que se observa en la Ilustración 5.12.

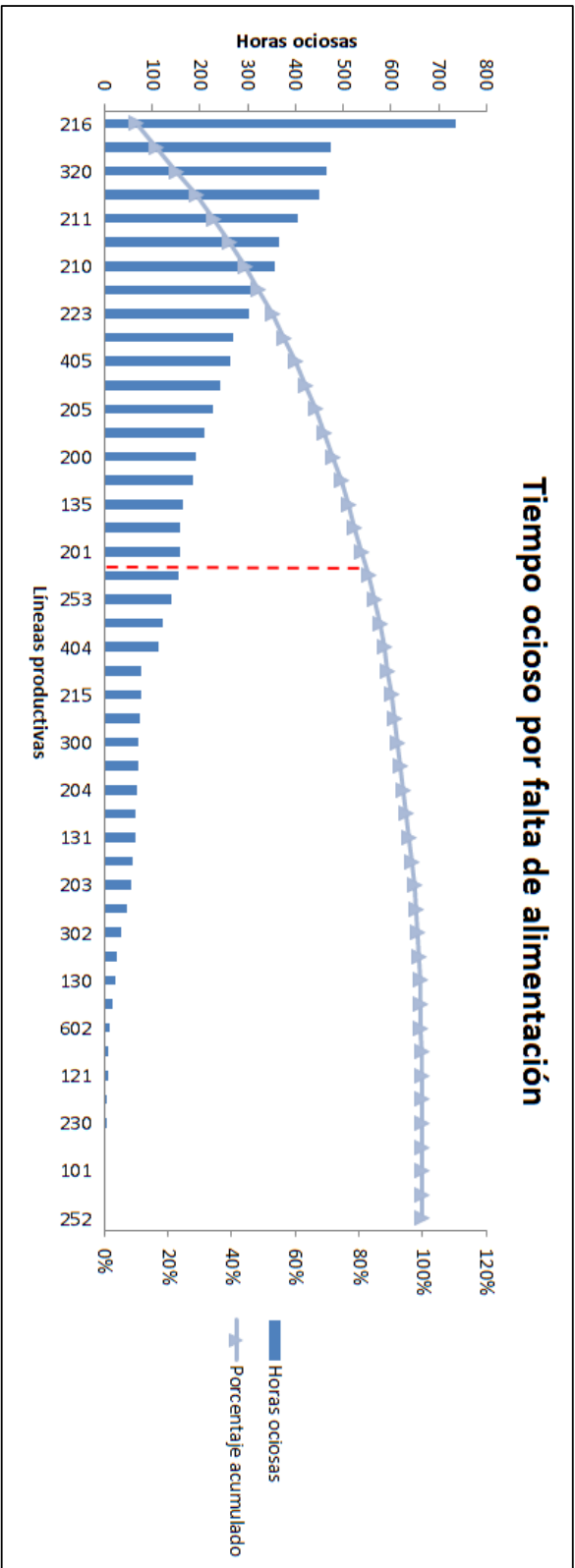


Ilustración 5. 12: Diagrama de Pareto, tiempo ocioso causado por falta de alimentación. Fuente: Elaboración propia.

En base a la Ilustración 5.12, se identificó que el 80% del tiempo ocioso generado por falta de alimentación, es producido por las primeras 19 líneas de producción. Estas líneas productivas clasificadas en familia de maquinarias indican que las buncher y cableadoras son las que presentan el mayor tiempo ocioso (Ver Tabla 5.9).

| FALTA ALIMENTACIÓN | |
|---------------------|---------------|
| Familia maquinarias | Horas ociosas |
| Buncher | 2.777 |
| Cableado | 1.313 |
| Extrusión | 466 |
| Corte y rollo | 423 |
| Trefilación | 375 |
| Blindado | 357 |
| Cv line | 242 |
| Total | 5.953 |

Tabla 5. 9: Jerarquía por líneas productivas tiempo ocioso por falta de alimentación.

Fuente: Elaboración propia.

De la base de datos para el año 2015, por falta de operador, se obtuvieron los siguientes resultados:

| Línea productiva | Horas ociosas | Porcentaje acumulado |
|------------------|---------------|----------------------|
| 405 | 240,36 | 7% |
| 226 | 201,52 | 12% |
| 225 | 191,48 | 17% |
| 216 | 186,73 | 23% |
| 222 | 186,58 | 28% |
| 211 | 169,48 | 32% |
| 210 | 167,6 | 37% |
| 223 | 163,29 | 42% |
| 204 | 149,15 | 46% |
| 205 | 147,19 | 50% |
| 320 | 145,39 | 54% |
| 201 | 136,61 | 57% |
| 232 | 123,48 | 61% |
| 406 | 119,56 | 64% |
| 308 | 119,53 | 67% |
| 200 | 97,08 | 70% |
| 219 | 93,48 | 73% |
| 135 | 80,8 | 75% |
| 105 | 77,82 | 77% |

| Línea productiva | Horas ociosas | Porcentaje acumulado |
|------------------|---------------|----------------------|
| 302 | 68,15 | 79% |
| 122 | 65,51 | 81% |
| 218 | 65,13 | 83% |
| 404 | 62,43 | 84% |
| 331 | 49,21 | 86% |
| 203 | 49 | 87% |
| 315 | 47,51 | 88% |
| 130 | 47,38 | 90% |
| 407 | 43,07 | 91% |
| 131 | 39,83 | 92% |
| 304 | 38,79 | 93% |
| 311 | 34,54 | 94% |
| 411 | 32,33 | 95% |
| 121 | 30,38 | 95,6% |
| 224 | 25,78 | 96% |
| 410 | 22,67 | 97% |
| 215 | 22,46 | 97,56% |
| 601 | 17,38 | 98,04% |
| 412 | 14,88 | 98% |
| 253 | 14,62 | 98,8% |
| 400 | 13,81 | 99% |
| 230 | 10,72 | 99,52% |
| 110 | 9,27 | 99,78% |
| 332 | 7,98 | 100% |

Tabla 5. 10: Tiempos ociosos falta de operador por líneas productivas. Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos, se realizó el diagrama de Pareto que se muestra en la Ilustración 5.13.

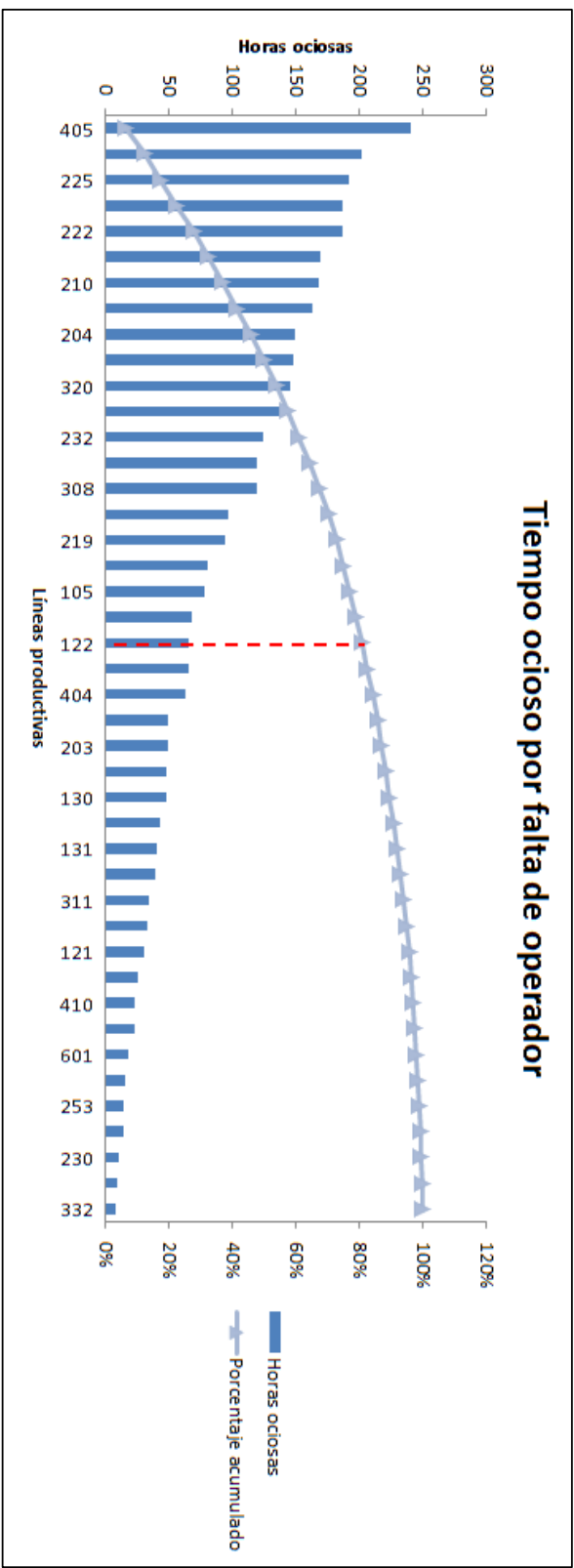


Ilustración 5. 13: Diagrama de Pareto, tiempo ocioso causado por falta de operador. Fuente: Elaboración propia.

En base a la Ilustración 5.13, se identificó que el 80% del tiempo ocioso generado por falta de operador, es producido por las primeras 21 líneas de producción. Estas líneas productivas clasificadas en familia de maquinarias indican que las buncher y cableadoras son las que presentan el mayor tiempo ocioso (Ver Tabla 5.11).

| FALTA DE OPERADOR | |
|--------------------|---------------|
| Familia maquinaria | Horas ociosas |
| Buncher | 1.006 |
| Cableadora | 717 |
| Corte y rollo | 360 |
| Extrusora | 333 |
| Trefilación | 224 |
| Blindado | 168 |
| Trenzado | 123 |
| Total | 2.931 |

Tabla 5. 11: Líneas productivas generadores del 80% de tiempo ocioso por falta de operador.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 LÍNEAS PRODUCTIVAS CON MAYOR MOD

En base a la producción del año 2015, se determinaron las líneas productivas que presentaron una mayor demanda de mano de obra directa, obtenidos a través de datos históricos (ver Tabla 5.12).

| Líneas productivas | Horas MOD |
|--------------------|-----------|
| 320 | 5.688 |
| 332 | 5.312 |
| 315 | 4.477 |
| 311 | 4.386 |
| 407 | 3.610 |
| 105 | 2.806 |
| 410 | 2.469 |
| 300 | 2.280 |
| 302 | 2.203 |
| 308 | 2.158 |

| Líneas productivas | Horas MOD |
|--------------------|-----------|
| 331 | 1.988 |
| 304 | 1.971 |
| 205 | 1.907 |
| 406 | 1.819 |
| 210 | 1.785 |
| 232 | 1.657 |
| 200 | 1.640 |
| 201 | 1.426 |
| 135 | 1.372 |
| 219 | 1.335 |
| 405 | 1.335 |
| 404 | 1.241 |
| 218 | 1.213 |
| 222 | 953 |
| 223 | 924 |
| 122 | 906 |
| 226 | 886 |
| 225 | 876 |
| 131 | 862 |
| 211 | 839 |
| 204 | 835 |
| 310 | 825 |
| 216 | 792 |
| 130 | 748 |
| 203 | 700 |
| 253 | 683 |
| 301 | 378 |
| 224 | 315 |
| 601 | 279 |
| 602 | 254 |
| 230 | 214 |
| 252 | 197 |
| 221 | 168 |
| 220 | 154 |
| 411 | 143 |
| 400 | 136 |
| 121 | 116 |

| Líneas productivas | Horas MOD |
|--------------------|-----------|
| 412 | 84 |
| 110 | 61 |
| 215 | 23 |
| 101 | 18 |
| 303 | 4 |
| Total | 69.450 |

Tabla 5. 12: Demanda MOD periodo 2015. Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos, se realizó el histograma que se muestran en la Ilustración 5.14.

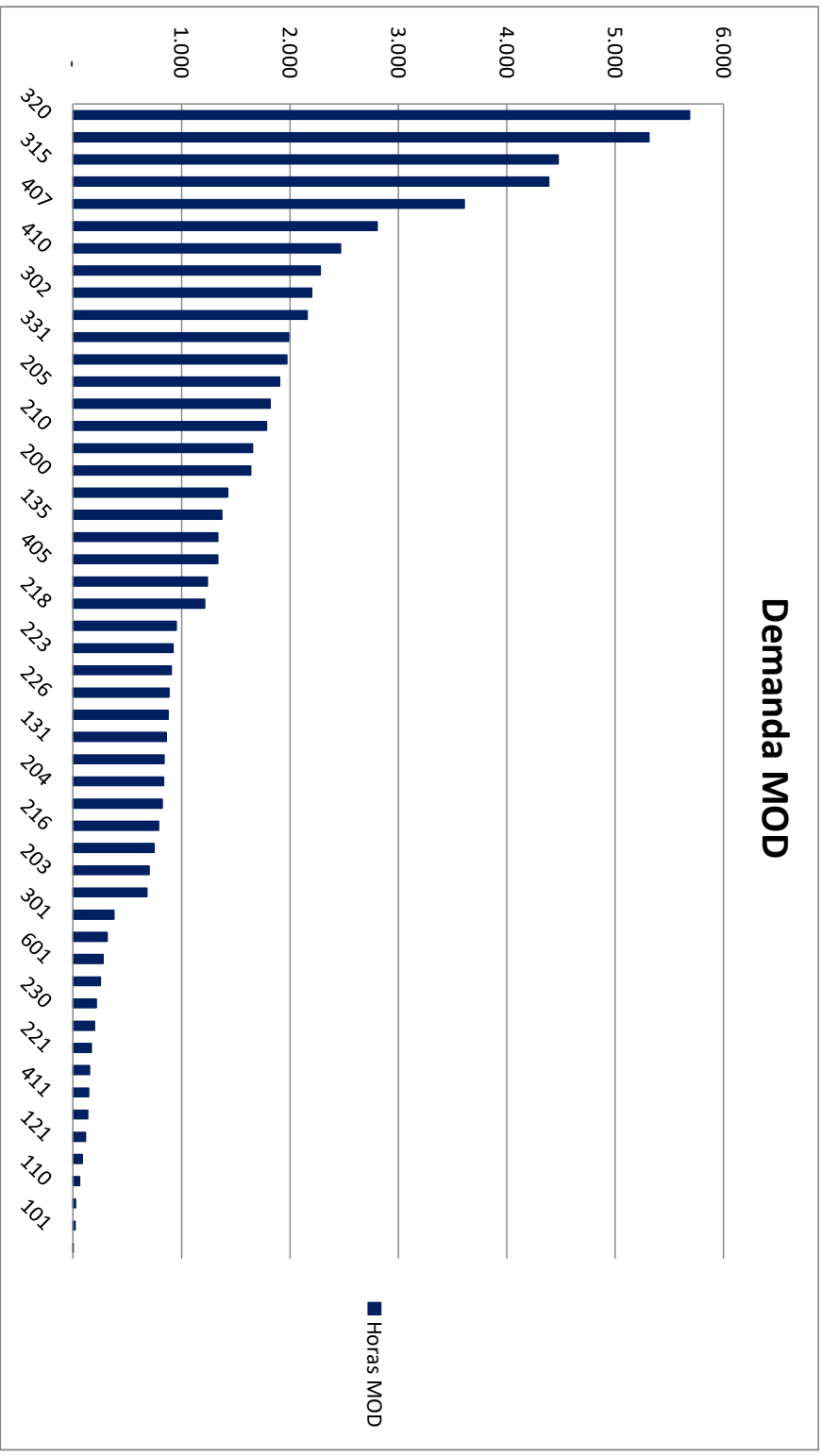


Ilustración 5. 14: Histograma demanda MOD. Fuente: Elaboración propia.

En base al histograma de la Ilustración 5.14, se clasificó por familia de maquinarias las que registraron una mayor demanda de mano de obra directa (MOD) para el año 2015 (ver Tabla 5.13).

| DEMANDA MOD | |
|------------------------|---------------------|
| Familia de maquinarias | Horas de producción |
| Extrusora | 26.358 |
| Corte y rollo | 10.559 |
| Cableadora | 9.791 |
| Buncher | 7.662 |
| Trefiladora | 6.889 |
| Cv line | 5.312 |
| Trenzado | 1.871 |
| Estañadora | 534 |
| Blindado | 197 |
| Rollo | 143 |
| Corte | 136 |
| Total | 69.450 |

Tabla 5. 13: Horas MOD. Fuente: Elaboración propia.

En base a este análisis, se pudo concluir que las líneas productivas con una mayor demanda de MOD para el 2015 son las Extrusoras con 26.358 horas, siguiendo Corte y rollo con 10.559, Cableadoras con 9.791, Buncher con 7.662, Trefiladora con 6.889 y Cv line con 5.312.

5.3 ANALIZAR PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS

5.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS POTENCIALES DE TIEMPO OCIOSO

Para lograr una correcta identificación de las causas de la problemática, se utilizaron herramientas que ayudaron a visualizar de forma más clara cuáles son los factores que afectan de manera directa en la contribución del tiempo ocioso.

A continuación se presentan puntos críticos, considerados posibles causas que afectan a la problemática:

1. Recursos humanos

El área de Recursos humanos es el encargado de realizar el reclutamiento y selección de personal, así como inducción y capacitaciones. Actualmente Nexans Chile cuenta con 72 operadores en su planta productiva, los que trabajan en 3 turnos diarios, manteniéndose las producciones las 24 horas. Teniendo 41 líneas productivas los trabajadores son distribuidos en cuadrillas divididas por cadenas de valor: Metalurgia, Media tensión y Building Wire.

Una de las alternativas existentes es la baja dotación de personal, debido a las recurrentes faltas de operadores en las líneas de producción. Sin embargo, al realizar un análisis de la base de datos históricos para el año 2015, las principales notificaciones de estas faltas de operadores no ahondan en falta de personal, sino más bien falta de maestros que estén clasificados para la operación de la maquinaria, siendo estos reasignados en sus labores al manejo de otra maquinaria en la cual estén capacitados.

2. Falta de estándares de operación

Para realizar buenas prácticas y mejorar la operación de las maquinarias, en Nexans Chile existen estándares de operaciones para las líneas productivas.

La estandarización es realizada en base a la creación de un SOP (ver Anexo 4), por sus siglas; “Standard Operating Procedure”. Traducido al español es; “Procedimientos Operativos Estandarizados”. Cada línea de producción debe contar con un SOP, el cual contiene todas las tareas a realizar para la operación de la maquinaria. Las instrucciones de estas tareas se realizan en base a SWI, por sus siglas; “Standard Work Instruction”. Traducido al español es; “Instrucciones De Trabajo Estándar” (ver Anexo 5) y OPL, por sus siglas; “One Point Lesson”. Traducido al español es; “Un Punto De Lección” (ver Anexo 6).

Sin embargo no se cuenta con la totalidad de estándares de operación por los cuales se rijan los operadores, produciéndose acciones mal hechas que afectan tanto la calidad de maquinarias como la seguridad de los trabajadores, en donde queda manifiesta la poca autonomía en el manejo de maquinarias, generándose tiempo ocioso en la producción al momento de depender de terceros en actividades como; ingreso de una nueva recta de fabricación, ingreso de nuevas concentraciones de materiales de recubrimiento y edición de nuevas marcadoras, entre otras.

3. Capacitación

La capacitación de personal es un aspecto de gran relevancia, debido a que la operación de las líneas productivas requiere un entrenamiento especializado, alcanzando distintos rangos de manejo de maquinaria dentro de la empresa.

En Nexans Chile existe una escala de 5 grados de polifuncionalidad (ver Tabla 5.14); que en orden creciente son: Aprendiz, Junior, Experto, Master y Senior Master. En donde el 7% de los operarios se encuentran en grado Aprendiz, es decir, no tienen suficiente conocimiento para operar una maquinaria solos, el 39% de los operarios se encuentran en grado Junior, con un manejo entre 1 a 3 máquinas, el 42% en grado Experto, con un manejo de 4 a 6 máquinas y un 13% con grado Master, con un manejo entre 7 a 10 máquinas. No contando con operadores en grado Senior Master.

| Grado Operador | N° de Máquinas | Calificación |
|-----------------------|-----------------------|---|
| Aprendiz | 0 | |
| Junior | 1 – 3 |  |
| Experto | 4 – 6 |  |
| Master | 7 – 10 |  |
| Senior Master | > 10 |  |

Tabla 5. 14: Niveles de especialización. Fuente: Gerencia de operaciones.

5.3.2 DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO

A continuación se presenta un diagrama causa efecto 4M, en donde se identificaron las causas potenciales para cada área (Ver Ilustración 5.15).

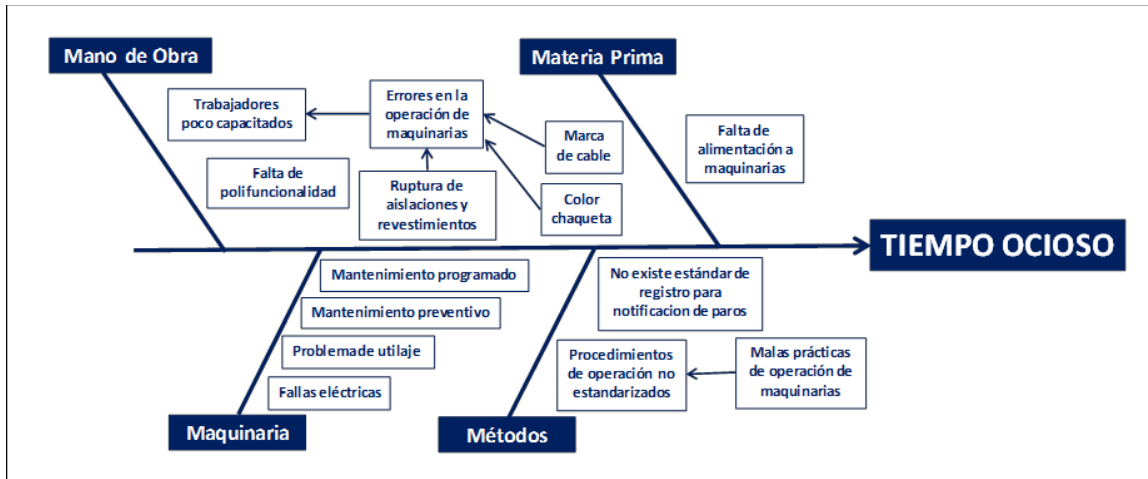


Ilustración 5. 15: Diagrama causa efecto. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 DIAGRAMA DE ÁRBOL

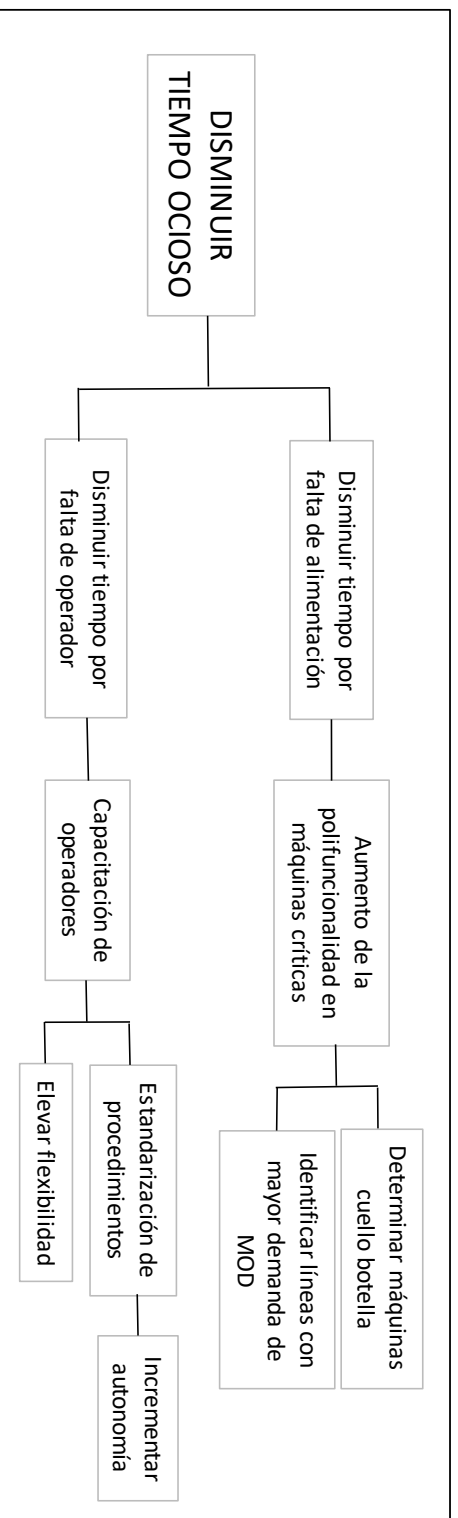


Ilustración 5. 16: Diagrama de árbol. Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

A través de la matriz de priorización que se aprecia en la Tabla 5.15, se puede diferenciar los problemas críticos de los poco relevantes.

La poca capacitación y estándares de operación son problemas que contribuyen con una mayor intensidad en la generación del tiempo ocioso, por lo tanto aspectos claves a atacar para la disminución del tiempo perdido.

| Problema | Frecuencia | Importancia | Factibilidad | Total |
|----------------------------------|------------|-------------|--------------|-------|
| Problemas de utilaje | 1 | 3 | 1 | 5 |
| Poca capacitación | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Falta de estándares de operación | 3 | 3 | 5 | 11 |
| Falta de bobinas | 3 | 3 | 1 | 7 |
| Fallas eléctricas | 1 | 3 | 1 | 5 |
| Fallas por avería | 1 | 3 | 1 | 5 |

Tabla 5. 15: Matriz de priorización. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como base los tres aspectos considerados anteriormente como posibles puntos críticos, estos son; Área recursos humanos, falta de capacitación y falta de estándares de operación, queda patente la necesidad de incrementar la dotación de conocimientos a los trabajadores, como así dar las herramientas necesarias para eliminar el error en el manejo de las maquinarias, a modo de disminuir los paros de estas y realizar prácticas más eficientes, contribuyendo así una mayor productividad para cada cadena de valor, generando mayores ingresos para la empresa.

5.4 MEJORAR

5.4.1 PRIORIZACIÓN DE MEJORAS POTENCIALES

Luego de identificar las causas potenciales que generan los tiempos ociosos, se creó una tabla de clasificación con las líneas productivas que generan mayor tiempo perdido y aquellas con mayor demanda de mano de obra directa, para finalmente intersectarlos, determinando el orden jerárquico de maquinarias que requieren mayor polifuncionalidad (ver Tabla 5.16, 5.17 y 5.18).²

| FALTA ALIMENTACIÓN | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Familia de maquinaria | Líneas productivas |
| Buncher | 218,222,219,226,211,225,223 |
| Cableadora | 216,200,205,253,201 |
| Extrusora | 320,308,310 |
| Corte y rollo | 405,406 |
| Blindado | 210 |
| Trefilación | 122 |
| Cv-line | 332 |

Tabla 5. 16: Jerarquización líneas productivas con mayor falta de alimentación.
Fuente: Elaboración propia.

| FALTA OPERADOR | |
|--------------------|-----------------------------|
| Familia maquinaria | Líneas productivas |
| Buncher | 226,225,222,211,223,219,218 |
| Cableadora | 216,205,204,201,200 |
| Corte y rollo | 405,406,404 |
| Extrusora | 320,308 |
| trefilación | 135,105 |
| Blindado | 210 |
| Trenzado | 232 |

Tabla 5. 17: Jerarquización líneas productivas con mayor falta de operador. Fuente:
Elaboración propia.

| PRODUCCIÓN MOD | |
|--------------------|---|
| Familia maquinaria | Líneas productivas |
| Extrusora | 320,315,311,300,302,308,331,304,310,301,303 |
| Corte y rollo | 407,410,406,405,404,412 |
| Trefiladora | 105,135,122,131,130,121,110,101 |
| Cableadora | 205,210,200,201,204,216,203,253,215 |
| Buncher | 219,218,222,223,226,225,211,224,221,220 |
| Cv-line | 332 |
| Trenzado | 232, 230 |
| Estañadora | 601,602 |
| Blindado | 252 |
| Rollo | 411 |
| Corte | 400 |

Tabla 5. 18: Jerarquización líneas productivas con mayor MOD. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar estos resultados e intersectarlos, se obtiene la siguiente tabla que muestra el orden jerarquizado de líneas productivas en las cuales se debe aumentar la polifuncionalidad de los operadores (ver tabla 5.19).

| familia maquinarias | Líneas productivas |
|---------------------|---|
| Buncher | 219,218,222,223,226,225,211,224,221,220 |
| Cableadora | 205,200,201,204,216,253,210,203,215 |
| Extrusora | 320,308.310,315,311,300,302,331,304,301,303 |
| Trefilación | 105,135,122,131,130,121,110,101 |
| Blindado | 210,252 |
| Cv- line | 332 |
| Trenzado | 232,23 |
| Estañadora | 601,602 |

Tabla 5. 19: Jerarquización de maquinarias para aumentar polifuncionalidad. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 PROPUESTA DE MEJORAS

En base a la información recaudada para el año 2015, se logró generar propuestas para disminuir las pérdidas producidas por los tiempos ociosos por falta de alimentación y falta de operador.

Para la realización de estas propuestas, se dividieron las líneas productivas por cadena de valor, estas son: Metalurgia, Building Wire y Media Tensión; las cuales son compuestas por 23, 25 y 24 trabajadores respectivamente.

Una vez identificadas las líneas productivas correspondientes a cada cadena, se consideraron las horas de producción, horas ociosas, polifuncionalidad y trabajadores que actualmente operan cada una de las líneas productivas, para determinar en cuánto se debe aumentar el manejo de cada maquinarias a fin de lograr una disminución, dada de las pérdidas por horas ociosas.

Lo anterior queda efectivo al término del programa “Certificación de operadores” (Ver Capítulo 6), donde se procederá a la capacitación de los trabajadores en nuevas maquinarias, lo cual se deberá regir según las propuestas que se plantean en la Tabla 5.20, 5.21 y 5.22.

Para reducir totalmente el tiempo ocioso, en la cadena de Metalurgia se deberá realizar un aumento de polifuncionalidad en 50 maquinarias (Ver tabla 5.20). Considerando que esta cadena la conforman 23 trabajadores, trabajando en 3 turnos, es decir, dos turnos con 8 operadores y un turno con 7, se deberá certificar a cada operador en 7 maquinarias nuevas.

En la cadena Building Wire se deberá realizar un aumento de polifuncionalidad en 27 maquinarias (Ver Tabla 5.21). Considerando un total de 25 operadores para esta cadena, trabajando en 3 turnos, es decir, dos turnos con 8 operadores y un turno con 9, se deberá certificar a cada operador en el manejo de 4 maquinarias nuevas aproximadamente.

Para la cadena de Media tensión, se debe realizar un aumento de polifuncionalidad en 20 maquinarias (Ver Tabla 5.22). Considerando un total de 24 operadores, trabajando en 3 turnos, es decir, cada turno cuenta con 8 operadores, se deberá certificar a cada trabajador en el manejo de 3 maquinarias nuevas aproximadamente.

| CADENA DE VALOR | FAMILIA MAQUINARIA | LINEAS PRODUCTIVAS | HORAS PRODUCTIVAS INICIAL | TIEMPO OCIOSO | HORAS PRODUCTIVAS POTENCIAL | NRO. TRABAJADORES QUE OPERAN ACTUALMENTE | NRO. NECESARIO DE OPERADORES | CANTIDAD A AUMENTAR | |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------|----|
| M E T A L U R G I A | TREFILACIÓN | 105-106 | 2.806 | 232 | 3.038 | 5 | 6 | 1 | |
| | | 110 | 61 | 10 | 71 | 3 | 4 | 1 | |
| | | 135 | 1.372 | 345 | 1.717 | 6 | 8 | 2 | |
| | | 122 | 906 | 276 | 1.182 | 6 | 8 | 2 | |
| | | 130 | 748 | 198 | 946 | 6 | 8 | 2 | |
| | | 131 | 862 | 104 | 967 | 6 | 7 | 1 | |
| | | Total | 6.755 | 1.166 | 7.921 | 32 | 41 | 9 | |
| | | CABLEADORA | 201-202 | 1.426 | 394 | 1.820 | 5 | 7 | 2 |
| | | | 203 | 700 | 106 | 806 | 8 | 10 | 2 |
| | | | 204 | 835 | 217 | 1.052 | 8 | 11 | 3 |
| | | | 205 | 1.907 | 376 | 2.283 | 4 | 5 | 1 |
| | | | 215 | 23 | 99 | 122 | 3 | 16 | 13 |
| | | Total | 792 | 922 | 1.714 | 6 | 13 | 7 | |
| BUNCHER | Total | 5.683 | 2.113 | 7.796 | 34 | 62 | 28 | | |
| | 220-226 | 4.275 | 523 | 4.798 | 10 | 12 | 2 | | |
| | 218-219 | 2.549 | 973 | 3.522 | 10 | 14 | 4 | | |
| TOTAL | 211 | 839 | 575 | 1.414 | 10 | 17 | 7 | | |
| | Total | 7.662 | 2.072 | 9.734 | 30 | 43 | 13 | | |
| TOTAL | | | 20.100 | 5.351 | 25.451 | 96 | 146 | 50 | |

Tabla 5. 20: Aumento polifuncionalidad cadena de valor Metalurgia. Fuente: Elaboración propia.

| CADENA DE VALOR | FAMILIA MAQUINARIA | LINEAS PRODUCTIVAS | HORAS PRODUCTIVAS INICIAL | TIEMPO OCIOSO | HORAS PRODUCTIVAS POTENCIAL | NRO. TRABAJADORES QUE OPERAN ACTUALMENTE | NRO. NECESARIO DE OPERADORES | CANTIDAD A AUMENTAR |
|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------|
| BUILDING WIRE | EXTRUSIÓN | 302 | 2.203 | 202 | 2.405 | 7 | 8 | 1 |
| | | 303 | 4 | - | 4 | 8 | 8 | 0 |
| | | 304 | 1.971 | 145 | 2.116 | 10 | 11 | 1 |
| | | 308 | 2.158 | 276 | 2.434 | 3 | 4 | 1 |
| | | 310 | 825 | 234 | 1.059 | 10 | 13 | 3 |
| | | Total | 7.162 | 857 | 8.019 | 38 | 44 | 6 |
| | | 400 | 136 | 122 | 258 | 6 | 12 | 6 |
| | | 401-406 | 1.819 | 278 | 2.097 | 22 | 26 | 4 |
| | | 404 | 1.241 | 175 | 1.417 | 5 | 6 | 1 |
| | | 405 | 1.335 | 505 | 1.840 | 9 | 13 | 4 |
| CORTE Y ROLLO | 410 | 2.469 | 232 | 2.701 | 4 | 5 | 1 | |
| | 411-412 | 227 | 122 | 349 | 7 | 11 | 4 | |
| | 407 | 3.610 | 232 | 3.842 | 3 | 4 | 1 | |
| | 615 | - | - | - | 0 | - | 0 | |
| | Total | 10.838 | 1.666 | 12.505 | 56 | 77 | 21 | |
| TOTAL | 18.000 | 2.523 | 20.523 | 94 | 121 | 27 | | |

Tabla 5. 21: Aumento polifuncionalidad cadena de valor Building Wire. Fuente: Elaboración propia.

| CADENA DE VALOR | FAMILIA MAQUINARIA | LINEAS PRODUCTIVAS | HORAS PRODUCTIVAS INICIAL | TIEMPO OCIOSO | HORAS PRODUCTIVAS POTENCIAL | NRO. TRABAJADORES QUE OPERAN ACTUALMENTE | NRO. NECESARIO DE OPERADORES | CANTIDAD A AUMENTAR | |
|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------|---|
| MEDIA TENSION | CABLEADO | 200 | 1.640 | 289 | 1.929 | 3 | 4 | 1 | |
| | | 210 | 1.785 | 525 | 2.310 | 10 | 13 | 3 | |
| | | 253 | 683 | 156 | 839 | 5 | 7 | 2 | |
| | | Total | 4.107 | 970 | 5.077 | 18 | 24 | 6 | |
| | | EXTRUSIÓN | 300 | 2.280 | 124 | 2.404 | 11 | 12 | 1 |
| | | | 301 | 378 | 123 | 501 | 7 | 10 | 3 |
| | | | 311 | 4.386 | 134 | 4.520 | 5 | 6 | 1 |
| | | | 315 | 4.477 | 125 | 4.602 | 4 | 5 | 1 |
| | | | 320 | 5.688 | 618 | 6.306 | 4 | 5 | 1 |
| | | | 331 | 1.988 | 232 | 2.220 | 6 | 7 | 1 |
| Total | 19.196 | 1.356 | 20.552 | 37 | 45 | 8 | | | |
| CV LINE | 332 | 5.312 | 290 | 5.602 | 6 | 7 | 1 | | |
| TRENZADO | 231-232 | 1.657 | 278 | 1.935 | 8 | 10 | 2 | | |
| ESTANÑADO | 601-602 | 534 | 222 | 756 | 6 | 9 | 3 | | |
| TOTAL | | 30.807 | 3.116 | 33.923 | 75 | 94 | 20 | | |

Tabla 5. 22: Aumento polifuncionalidad cadena de valor Media Tensión. Fuente: Elaboración propia.

5.5 CONTROLAR

5.5.1 CONTROL Y ENTRENAMIENTO

Luego de implementar las propuestas para disminuir el tiempo ocioso se debe seguir midiendo el rendimiento del proceso de forma continua ajustando su funcionamiento cuando los datos indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente. Para este efecto se debe:

- Realizar un entrenamiento periódico de los trabajadores, a modo de mantener actualizados los conocimientos necesarios para la operación.
- Revisión periódica de los estándares de las maquinarias, para mantener las buenas prácticas en la operación de las maquinarias.
- Crear planillas de control para monitorear el tiempo ocioso generado identificando sus causantes.
- Evaluar la implementación propuesta a través de indicadores logísticos (KPI), como:

Nivel de cumplimiento de entrega a clientes:

$$\frac{\text{Total de pedidos no entregados a tiempo} \times 100}{\text{Total de pedidos entregados}}$$

Calidad de los pedidos generados:

$$\frac{\text{Productos generados sin problema} \times 100}{\text{Total de pedidos generados}}$$

Índice de duración de materiales:

$$\frac{\text{Inventario final} \times 30}{\text{Ventas promedio}}$$

Ventas perdidas:

$$\frac{\text{Valor pedido no entregados}}{\text{Total ventas compañía}}$$

CAPÍTULO 6: PROYECTO MEJORA CONTINUA “CERTIFICACIÓN DE OPERADORES”

Como base para desarrollar la temática de este proyecto de título, es necesario ahondar en los aspectos principales del proyecto “Certificación de operadores” desarrollado por Nexans Chile s.a.

Nexans se destaca por su calidad de servicio, entregando sus productos en las condiciones y tiempos establecidos. Por lo tanto, uno de sus aspectos claves para cumplir con esto es la efectividad en sus operaciones. Sin embargo se ha detectado deficiencias en esta área, tanto por la baja polifuncionalidad de sus operadores como con conocimientos básicos necesarios para la comprensión de cada tarea.

A través de un diagnóstico a operadores y ayudantes de producción, se logró identificar las falencias que existen en conocimientos básicos, como; comprensión de lectura, matemática, metrología e informática (ver Ilustración 6.1).

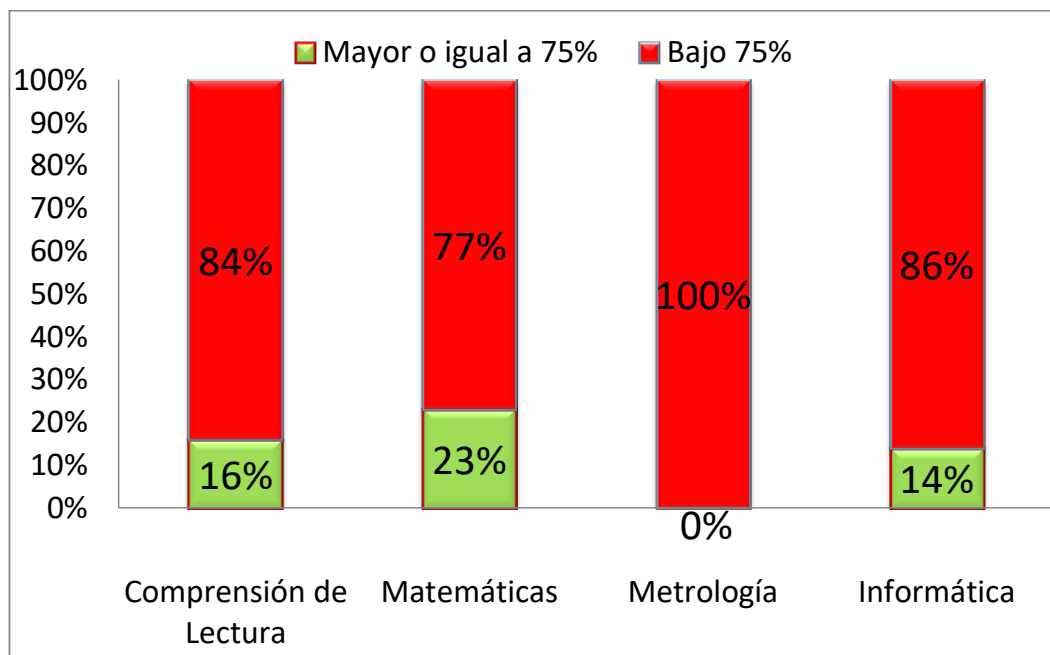


Ilustración 6. 1: Diagnóstico de operadores y ayudantes de producción-resultados.

Fuente: Gerencia de recursos humanos.

En donde el 16% de los operadores respondió de manera correcta el 75% de la evaluación de comprensión de lectura, el 23% responde de manera correcta el 75% de la evaluación de matemáticas, un 0% responde de manera correcta el 75% de la evaluación de metrología y el 14% responde correctamente el 75% de la evaluación de informática.

6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

1. Aumentar la polifuncionalidad.
2. Incrementar autonomía.
3. Mayor capacitación, menos riesgos de accidentes.
4. Lograr una operación más estándar (Disminuir la Variabilidad).
5. Elevar flexibilidad.

6.2 METODOLOGÍA

1. Decisión y compromiso del Gerente de Operaciones
2. Creación de un comité:
 - Gerente de Operaciones y Analista de Control de Gestión
 - Jefe de Producción y Coordinador de Mejoramiento Continuo
 - Senior Lean Champion
 - Jefe de Salud y Seguridad
 - Ingeniero de Procesos
 - Jefe y Analista de Mantenición
 - Jefe de Control de Calidad
 - Gerente de Recursos Humanos, Especialista y Analista de Desarrollo Organizacional

6.3 ETAPAS

1. Realizar diagnóstico a operadores y ayudantes de producción.
2. Crear un manual de certificación:
 - Malla curricular
 - Ejecución de cursos de malla
 - Evaluación y Certificación
3. Determinar tutores internos para ser entrenados en un curso llamado: “Cómo transferir nuestro conocimiento” quienes realizaran la posterior certificación de los operadores.

6.3.1 MALLA CURRICULAR

6.3.1.1 PLAN COMÚN

Consiste en la realización de distintos cursos internos y otros dictados por Duoc UC a partir de agosto del 2015, desde nivelación hasta temas más técnicos con el objetivo de entregarles una base de conocimientos, habilidades y actitudes para estar mejor preparados para la siguiente etapa (ver Anexo 3 e Ilustración 6.2 y 6.3).

| Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--|-----|--|-------------------|---|
| PLAN COMÚN | | | | |
| Expresión Oral y Escrita | | Matemáticas | Metrología | Informática |
| El Mundo de los Cables | | Seguridad (SUSA - JSA) | | Mejoramiento Continuo (5S - SQDEC - Resoluc Problemas) |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #0070C0; margin-right: 5px;"></div> Cursos Externos </div> | | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #C00000; margin-right: 5px;"></div> Cursos Internos </div> | | |

Ilustración 6. 2: Planificación malla curricular 2015. Fuente: Gerencia de recursos humanos.

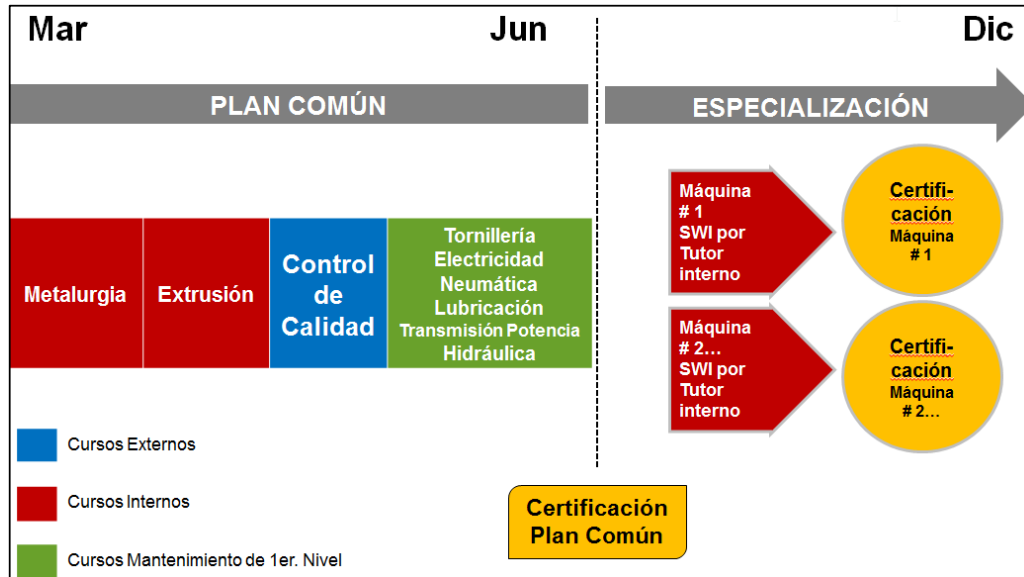


Ilustración 6. 3: Planificación malla curricular 2016. Fuente: Gerencia de recursos humanos.

6.3.1.2 ESPECIALIZACIÓN

Certificación del personal en la operación de las distintas máquinas, basado en SWI, con Tutores internos certificados tanto en la operación de la máquina como tutores internos, es decir, que hayan aprobado el curso “Cómo transferir nuestro conocimiento” (ver Anexo 3 e Ilustración 6.4).

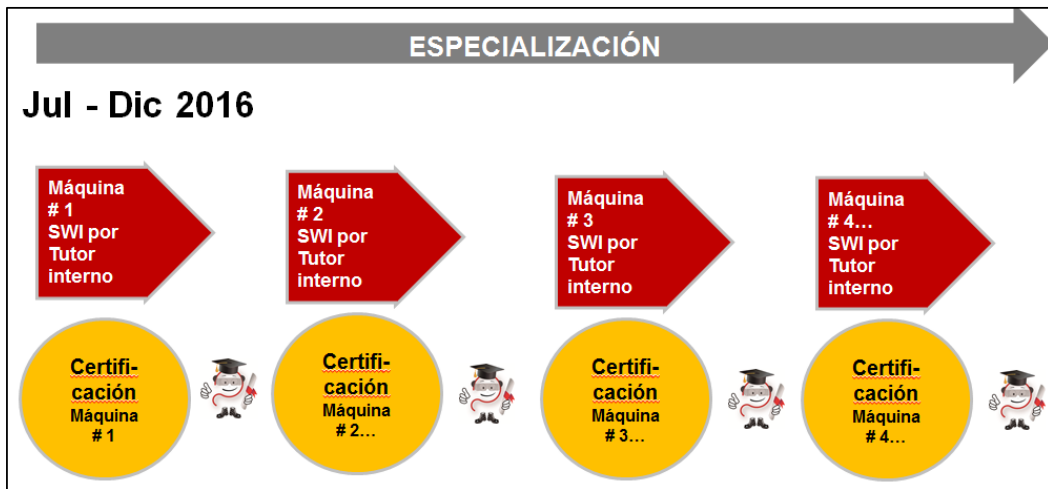


Ilustración 6. 4: Especialización. Fuente: Gerencia de recursos humanos.

6.3.2 PLAN DE CERTIFICACIÓN



Ilustración 6. 5: Plan de certificación. Fuente: Gerencia de operaciones.

Posterior a la certificación, se evaluará la polifuncionalidad de los operadores de acuerdo a una escala de niveles de especialización (ver Tabla 5.14).

6.4 ESTÁNDARES PARA LÍNEAS PRODUCTIVAS

Con el objetivo de disminuir la variabilidad, realizar buenas prácticas y mejorar la operación de las maquinarias, se propuso un plan de creación de estándares faltantes hasta lograr la estandarización de todas las líneas productivas de la planta.

La estandarización es realizada en base a la creación de un SOP (ver Anexo 4), por sus siglas; “Standard Operating Procedure”. Traducido al español es; “Procedimientos Operativos Estandarizados”. Cada línea de producción cuenta con un SOP, el cual contiene todas las tareas a realizar para la operación de la maquinaria. Las instrucciones de estas tareas se realizan en base a SWI, por sus siglas; “Standard Work Instruction”. Traducido al español es; “Instrucciones De Trabajo Estándar” (ver Anexo 5) y OPL, por sus siglas; “One Point Lesson”. Traducido al español es; “Un Punto De Lección” (ver Anexo 6).

6.5 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente se espera la realización de 600 SWI para la estandarización de las líneas productivas faltantes (ver Tabla 6.1).

Tiempo promedio para realizar un SWI:

- 5 horas para un practicante
- 2,5 horas para un operador con conocimientos de computación.

| | Ene-16 | feb-16 | mar-16 | abr-16 | may-16 | jun-16 | jul-16 | ago-16 | Sep-16 | Total de SWI |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| Practicante 1 | 50 | | 50 | | | 50 | | | | 558 |
| Practicante 2 | 50 | | 50 | | | 50 | | | | |
| Practicante 3 | 50 | | 50 | | | 50 | | | | |
| Operador | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| Operador | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| Operador | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |

Tabla 6. 1: Propuesta SWI a realizar por practicantes y operadores. Fuente: Gerencia de operaciones.

6.6 NEXANS TRAINING CENTER

6.6.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Tener un espacio cercano a los operadores para dictar entrenamientos con pruebas prácticas en las variables de proceso, incluyendo temas de New, metalurgia y Extrusión, sumando además bancos de entrenamiento AM (ver Ilustración 6.6).

6.6.2 SITUACIÓN ACTUAL

- Cuenta con 165m² en centro de la planta.
- Sala de 25 m² cerrada. (15 personas).
- 26mts² con puntos de red habilitados.
- 114 m² para estaciones de simulación práctica.

6.6.3 PROPUESTA

- Crear una sala de entrenamiento con proyector con capacidad de 15 personas.
- Tener un punto con 4 PC para realización de estándares
- Stand de metalurgia
- Stand de extrusión
- Stand de electricidad y neumática (AM)
- Stand de tornillería y transmisiones (AM)

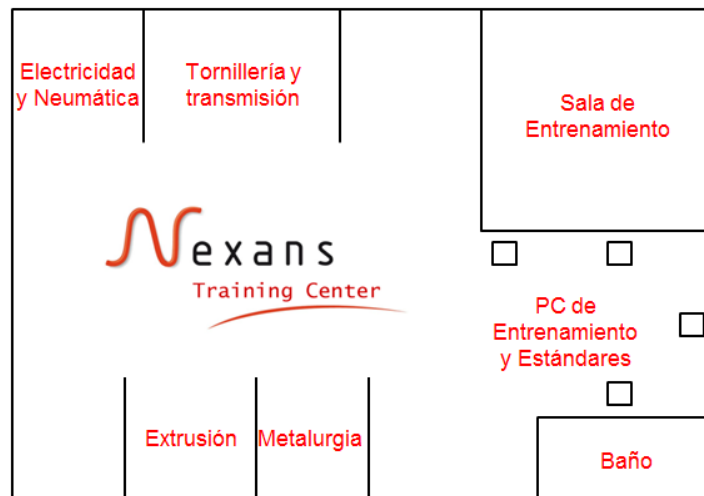


Ilustración 6. 6: Layout training center. Fuente: Gerencia de operaciones.

El desarrollo de este proyecto es fundamental para una implementación de las propuestas generadas en este trabajo de titulación, al contribuir con la base que es la capacitación de los trabajadores.

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS ECONÓMICO

Para evaluar la rentabilidad del proyecto, que tendrá como fin la reducción de tiempos ociosos, se realizó una evaluación económica a través de flujo de caja para los años 2015, 2016 y 2017, comparando la situación actual versus la situación con proyecto.

Como se mencionó en el capítulo 6, el proyecto “Certificación de operadores” comenzó a desembolsar gastos desde el año 2015 hasta el 2016, y sus resultados se verán reflejados el año 2017. Gracias al departamento de operaciones, se cuenta con una base de datos que reporta las ventas y costos para el periodo 2015, por lo tanto para los años 2016 y 2017 se realizó una proyección de ventas y costos obtenidos a través del promedio de datos históricos a 5 años (ver Tabla 7.1).

La realización del proyecto contempla una inversión y ciertos gastos. Estos incluyen; preparación de sala de entrenamiento, estándares de operación y cursos de capacitación. La Tabla 7.2 muestra la inversión necesaria para la adaptación de la sala de entrenamiento, la Tabla 7.3 los costos de estándares de producción y la Tabla 7.4 el costo detallado de los cursos de capacitación.

| Año | Histórico | | | | | Proyección | | |
|---|-----------|-------|--------|---------|--------|------------|--------|--------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Ventas | 9,091 | 9,823 | 9,559 | 7,892 | 7,494 | 8,422 | 8,342 | 8,113 |
| Costos | 7,690 | 7,869 | 7,590 | 6,089 | 6,242 | 7,028 | 6,946 | 6,815 |
| MC (Margen comercial) | 1,401 | 1,954 | 1,969 | 1,803 | 1,252 | 1,394 | 1,397 | 1,298 |
| Variación de ventas respecto año anterior | | 8,05% | -2,68% | -17,44% | -5,05% | 12,40% | -0,95% | -2,74% |
| Variación de costos respecto año anterior | | 2,32% | -3,54% | -19,77% | 2,51% | 12,60% | -1,18% | -1,88% |

Tabla 7. 1 : Proyección ventas y costos. Fuente: Elaboración propia.

| Item | Cantidad | \$ Unitario | Total |
|----------------------------------|----------|--------------|--------------|
| Pintar sala | 12 | \$ 13.490 | \$ 161.880 |
| Proyector + Telón | 1 | \$ 400.000 | \$ 400.000 |
| Pendón | 1 | \$ 76.000 | \$ 76.000 |
| Reparación de baño | 1 | \$ 150.000 | \$ 150.000 |
| Materiales para bancos de prueba | 1 | \$ 1.500.000 | \$ 1.500.000 |
| Pizarras | 2 | \$ 50.000 | \$ 100.000 |
| Total | | | \$ 2.387.880 |

Tabla 7. 2: Inversión sala de entrenamiento. Fuente: Gerencia de operaciones.

| Item | Costo Supervisor | Costo Ing. Procesos | Costo Practicante | Costo Total Procedimientos/Mes |
|--|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| Procedimientos por realizar mensual (Enero - Septiembre) | \$ 3.913.194 | \$ 2.217.477 | \$ 208.704 | \$ 6.339.375 |

Tabla 7. 3: Costo estándares de operación. Fuente: Gerencia de operaciones.

| MODALIDAD | AGOSTO-DICIEMBRE 2015 | |
|-----------------|--------------------------|---------------|
| | ASIGNATURAS | COSTOS |
| CURSOS EXTERNOS | Expresión oral y escrita | \$ 5.680.000 |
| | Matemáticas | \$ 5.680.000 |
| | Metrología | \$ 5.680.000 |
| | Informática | \$ 5.680.000 |
| CURSOS INTERNOS | El mundo de los cables | \$ 2.272.000 |
| | Seguridad | \$ 2.840.000 |
| | Metrología aplicada | \$ 2.840.000 |
| | Mejoramiento continuo | \$ 5.680.000 |
| TOTAL | | \$ 36.352.000 |

| MODALIDAD | MARZO-JUNIO 2016 | |
|-------------------------------|---|---------------|
| | ASIGNATURAS | COSTOS |
| CURSOS INTERNOS | Metalurgia | \$ 2.840.000 |
| | Extrusión | \$ 2.840.000 |
| CURSO EXTERNO | Control de calidad | \$ 5.680.000 |
| CURSO MANTENIMIENTO 1ER NIVEL | Tornillería, electricidad, neumática, lubricación, transmisión potencia, hidráulica | \$ 2.840.000 |
| TOTAL | | \$ 14.200.000 |

Tabla 7. 4: Costo cursos. Fuente: Gerencia de operaciones.

TASA DE DESCUENTO A TRAVÉS DEL CAPM

Para determinar la tasa de descuento se utilizó el modelo CAPM, por su fórmula:

$$\text{Tasa de descuento: } R_f + B(R_m - R_f)$$

Rf: Tasa libre de riesgo. Obtenida por la rentabilidad de los BCP, donde se utilizó la tasa a 5 años, considerando la evaluación del proyecto de 3 años.

B: Riesgo del mercado. Obtenida por Damodaran. Se utilizó el sector de Electricidad cuyo valor es de 0,49.

Rf: Riesgo del mercado. Obtenida a través de las variaciones del IPSA para el periodo 2015 y 2016. Para el año 2017 según estadística, se estima que el riesgo tendrá una tasa alrededor del 15%.

| Sel. | Serie | Cálculo | 2015 |
|--------------------------|--|----------------|------|
| <input type="checkbox"/> | Tasa de interés mercado secundario de los bonos licitados por el BCCh (BCP) a 1 año | Serie original | 3,50 |
| <input type="checkbox"/> | Tasa de interés mercado secundario de los bonos licitados por el BCCh (BCP) a 2 años | Serie original | 3,62 |
| <input type="checkbox"/> | Tasa de interés mercado secundario de los bonos licitados por el BCCh (BCP) a 5 años | Serie original | 4,14 |

Tabla 7. 5: Tasa libre de riesgo. Fuente: Banco central de Chile.

| Año | Meses | Histórico del IPSA | Rentabilidad IPSA |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------------|
| 2015 | Enero | 3.836,73 | -0,37% |
| | Febrero | 3.983,72 | 3,83% |
| | Marzo | 3.916,92 | -1,68% |
| | Abril | 4.043,45 | 3,23% |
| | Mayo | 4.045,62 | 0,05% |
| | Junio | 3.897,10 | -3,67% |
| | Julio | 3.870,35 | -0,69% |
| | Agosto | 3.840,21 | -0,78% |
| | Septiembre | 3.685,18 | -4,04% |
| | Octubre | 3.827,99 | 3,88% |
| | Noviembre | 3.655,30 | -4,51% |
| | Diciembre | 3.680,21 | 0,68% |
| Promedio (Rm mensual) | | | -0,34% |
| Rm anual | | | -4,06% |

Tabla 7. 6: Riesgo del mercado 2015. Fuente: Bolsa de Santiago.

| Año | Meses | Histórico del IPSA | Rentabilidad IPSA |
|-----------------------|------------|--------------------|-------------------|
| 2016 | Enero | 3.705,92 | 0,70% |
| | Febrero | 3.715,84 | 0,27% |
| | Marzo | 3.937,49 | 5,97% |
| | Abril | 4.002,07 | 1,64% |
| | Mayo | 3.934,71 | -1,68% |
| | Junio | 3.995,91 | 1,56% |
| | Julio | 4.117,47 | 3,04% |
| | Agosto | 4.119,28 | 0,04% |
| | Septiembre | 4.015,25 | -2,53% |
| | Octubre | 4.289,78 | 6,84% |
| | Noviembre | | |
| | Diciembre | | |
| Promedio (Rm mensual) | | | 1,58% |
| Rm anual | | | 19,01% |

Tabla 7. 7: Riesgo del mercado 2016. Fuente: Bolsa de Santiago.

Utilizando la fórmula del CAPM, se obtiene la tasa de descuento para los periodos 2015,2016 y 2017. (Ver Tabla 7.8).

| | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------------|--------|--------|-------|
| Rf | 4,14% | 4,14% | 4,14% |
| B | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Rm | -4,06% | 19,01% | 15% |
| Tasa de descuento | 0,12% | 11,43% | 9,46% |

Tabla 7. 8: Tasa de descuento. Fuente: Elaboración propia.

IMPUESTO

Para determinar el impuesto aplicado, se utilizó la información del Servicio de impuestos internos, de impuesto a la renta de 1 categoría (ver Tabla 7.9).

| Año Tributario | Año Comercial | Tasa | Circular SII |
|----------------|---------------|-------|--------------------------------------|
| 2002 | 2001 | 15% | N° 44, 24.09.1993 |
| 2003 | 2002 | 16% | N° 95, 20.12.2001 |
| 2004 | 2003 | 16,5% | N° 95, 20.12.2001 |
| 2005 al 2011 | 2004 al 2010 | 17% | N° 95, 20.12.2001 |
| 2012 al 2014 | 2011 al 2013 | 20% | N° 63 30.09.2010 N° 48 19.10.2012 |
| 2015 | 2014 | 21% | N° 52, 10.10.2014 |
| 2016 | 2015 | 22,5% | N° 52, 10.10.2014 |
| 2017 | 2016 | 24% | N° 52, 10.10.2014 |
| 2018 y sgtes. | 2017 y sgtes. | 25% | N° 52, 10.10.2014 |
| 2018 | 2017 | 25,5% | N° 52, 10.10.2014 |
| 2019 y sgtes. | 2018 y sgtes. | 27% | N° 52, 10.10.2014 |

Tabla 7. 9: Impuesto de primera categoría. Fuente: Servicio de impuestos internos (SII).

AUMENTO DE VENTAS AÑO 2017 POR IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO

El proyecto de capacitación de trabajadores terminó en Junio del año 2016, contando con 6 meses para el proceso de certificación de operadores en nuevas maquinarias. De este modo, los efectos de la implementación del proyecto se comenzarán a ver reflejados en el año 2017, donde habrá un incremento de la productividad al reducir tiempos ociosos por falta de alimentación y falta de operador.

Teniendo datos duros para el periodo 2015 donde se detalla el tiempo ocioso evitable mensual, se obtuvo una proyección para el 2017 de incremento de las ventas, asumiendo para este cálculo una producción sostenida de 69.451 horas (cantidad de horas trabajadas para el periodo 2015, considerando que no se contratan trabajadores, es decir, se mantiene la situación actual), utilizando la siguiente formula:

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| Ventas 2017 | 69.451 (Hrs) |
| X (incremento venta 2017) | Hrs ociosas evitables |

Los tiempos ociosos en la realidad no se reducirán de manera inmediata al 100%, por esta razón se realizó un incremento progresivo, comenzando con un 70% de reducción de tiempo para el primer trimestre, 80% para el segundo, llegando a un 95% en Diciembre, logrando un incremento gradual en las ventas para el periodo 2017 (ver Tabla 7.10).

| Mes | Horas ociosas evitables 2015 | Incremento potencial venta 2015 | Incremento potencial venta 2017 | Incremento gradual ventas 2017 |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Enero | 409,14 | \$ 49.614.506 | 47.796.395 | 33.457.477 |
| Febrero | 630,1 | \$ 76.409.299 | 73.609.299 | 53.734.788 |
| Marzo | 442,48 | \$ 53.657.493 | 51.691.228 | 39.285.333 |
| Abril | 1158,42 | \$ 140.476.210 | 135.328.495 | 105.556.226 |
| Mayo | 1287,74 | \$ 156.158.245 | 150.435.866 | 120.348.693 |
| Junio | 1244,9 | \$ 150.963.237 | 145.431.228 | 119.253.607 |
| Julio | 1598,68 | \$ 193.864.494 | 186.760.379 | 156.878.718 |
| Agosto | 1040,25 | \$ 126.146.283 | 121.523.684 | 104.510.369 |
| septiembre | 971,53 | \$ 117.812.928 | 113.495.703 | 99.876.219 |
| Octubre | 802,52 | \$ 97.317.871 | 93.751.682 | 84.376.514 |
| Noviembre | 830,33 | \$ 100.690.260 | 97.000.491 | 89.240.452 |
| Diciembre | 574,88 | \$ 69.713.026 | 67.158.410 | 63.800.489 |
| TOTAL | 10.991 | \$ 1.332.823.852 | 1.283.982.860 | 1.070.318.884 |

Tabla 7. 10: Incremento potencial ventas. Fuente: Elaboración propia.

FLUJOS SIN IMPLEMENTACIÓN

| Evaluación sin implementación | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2015 | | | | | | | | | | | | |
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Ventas | \$660.376.723 | \$744.600.607 | \$727.796.045 | \$775.670.219 | \$570.735.530 | \$615.620.012 | \$810.784.853 | \$617.876.486 | \$787.444.449 | \$704.764.611 | \$696.225.554 | \$710.594.801 |
| Costo de venta | \$2772.322.396 | \$326.238.867 | \$343.400.484 | \$370.577.974 | \$253.349.830 | \$262.601.395 | \$375.108.054 | \$272.573.256 | \$385.435.690 | \$320.435.687 | \$298.534.090 | \$333.451.083 |
| Materia prima | \$124.580.261 | \$143.126.067 | \$138.362.031 | \$154.151.265 | \$114.903.899 | \$130.293.038 | \$166.524.161 | \$124.453.700 | \$145.765.890 | \$134.580.980 | \$129.765.689 | \$142.589.086 |
| Mano de obra directa | \$263.474.066 | \$275.235.673 | \$246.033.530 | \$250.940.980 | \$202.481.801 | \$222.725.579 | \$269.152.638 | \$220.849.530 | \$256.242.869 | \$249.747.944 | \$267.925.775 | \$234.554.632 |
| Resultado bruto | \$115.088.392 | \$141.052.787 | \$133.492.542 | \$164.357.375 | \$85.082.556 | \$114.933.310 | \$163.637.529 | \$113.456.766 | \$166.908.978 | \$118.765.090 | \$115.909.870 | \$118.909.700 |
| Gastos operativos | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 |
| Depreciaciones | \$123.385.674 | \$109.182.886 | \$87.540.988 | \$61.583.605 | \$92.399.245 | \$82.792.269 | \$80.515.109 | \$82.392.764 | \$64.333.891 | \$105.982.854 | \$127.015.905 | \$90.644.932 |
| Resultado antes de impuesto | \$25.910.992 | \$22.928.406 | \$18.383.607 | \$12.932.557 | \$19.403.841 | \$17.386.376 | \$16.908.173 | \$17.302.480 | \$13.510.117 | \$22.256.399 | \$26.673.340 | \$19.035.436 |
| Ahorro de impuesto | \$97.474.682 | \$86.254.480 | \$69.157.380 | \$48.651.048 | \$72.995.403 | \$65.405.892 | \$63.606.936 | \$65.090.284 | \$50.823.774 | \$83.726.455 | \$100.342.565 | \$71.609.496 |
| Utilidad después de impuesto | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 |
| Depreciaciones | \$122.474.682 | \$111.254.480 | \$94.157.380 | \$73.651.048 | \$97.995.403 | \$90.405.892 | \$88.606.936 | \$90.090.284 | \$75.823.774 | \$108.726.455 | \$125.342.565 | \$96.609.496 |
| Flujo Neto | | | | | | | | | | | | |
| VAN 2015 sin implementación | | | | | | | | | | | \$ | 1.167.307.774 |

Tabla 7. 11: Flujo 2015 sin implementación. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación sin implementación

| | 2016 | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Ventas | \$654.132.954 | \$737.560.514 | \$720.914.836 | \$768.336.367 | \$565.339.306 | \$609.799.412 | \$803.118.997 | \$612.034.551 | \$779.999.273 | \$698.101.161 | \$689.642.840 | \$703.876.228 |
| Costo de venta | \$269.115.324 | \$322.396.835 | \$339.356.344 | \$366.213.771 | \$250.366.193 | \$259.508.805 | \$370.690.501 | \$269.363.230 | \$380.896.512 | \$316.661.997 | \$295.018.330 | \$329.524.114 |
| Materia prima | \$123.113.111 | \$141.440.508 | \$136.732.576 | \$152.335.865 | \$113.550.705 | \$128.758.610 | \$164.563.048 | \$122.988.040 | \$144.049.242 | \$132.996.054 | \$128.237.471 | \$140.909.851 |
| Mano de obra directa | \$261.904.519 | \$273.723.171 | \$244.825.916 | \$249.786.731 | \$201.422.408 | \$221.531.997 | \$267.865.447 | \$219.683.281 | \$255.053.519 | \$248.443.110 | \$266.387.039 | \$233.442.263 |
| Resultado bruto | \$113.733.025 | \$139.391.644 | \$131.920.434 | \$162.421.780 | \$84.080.560 | \$113.579.770 | \$161.710.411 | \$112.120.614 | \$164.943.333 | \$117.366.424 | \$114.544.829 | \$117.509.331 |
| Gastos operativos | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 |
| Depreciaciones | \$120.171.494 | \$106.331.527 | \$84.905.481 | \$59.364.951 | \$89.341.848 | \$79.952.227 | \$78.155.036 | \$79.562.666 | \$62.110.186 | \$103.076.686 | \$123.842.210 | \$87.932.932 |
| Resultado antes de impuesto | \$27.038.586 | \$23.924.593 | \$19.103.733 | \$13.357.114 | \$20.101.916 | \$17.989.251 | \$17.584.883 | \$17.901.600 | \$13.974.792 | \$23.192.254 | \$27.864.497 | \$19.784.910 |
| Ahorro de impuesto | \$93.132.908 | \$82.406.933 | \$65.801.748 | \$46.007.837 | \$69.239.932 | \$61.962.976 | \$60.570.153 | \$61.661.066 | \$48.135.394 | \$79.884.432 | \$95.977.713 | \$68.148.022 |
| Utilidad después de impuesto | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 |
| Depreciaciones | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 |
| Flujo Neto | \$121.132.908 | \$110.406.933 | \$93.801.748 | \$74.007.837 | \$97.239.932 | \$89.962.976 | \$88.570.153 | \$89.661.066 | \$76.135.394 | \$107.884.432 | \$123.977.713 | \$96.148.022 |

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| VAN 2016 sin implementación | \$ 697.089.688 |
|------------------------------------|-----------------------|

Tabla 7. 12: Flujo 2016 sin implementación. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación sin implementación

| | 2017 | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Ventas | \$636.182.373 | \$717.320.531 | \$701.131.641 | \$747.251.839 | \$549.825.382 | \$593.065.423 | \$803.118.997 | \$612.034.551 | \$779.999.273 | \$698.101.161 | \$689.642.840 | \$703.876.228 |
| Costo de venta | \$264.063.818 | \$316.345.193 | \$332.986.359 | \$359.339.650 | \$245.666.623 | \$254.637.621 | \$370.690.501 | \$269.363.230 | \$380.896.512 | \$316.661.997 | \$295.018.330 | \$329.524.114 |
| Materia prima | \$120.802.181 | \$138.785.558 | \$134.165.998 | \$149.476.401 | \$111.419.269 | \$126.341.710 | \$164.563.048 | \$122.988.040 | \$144.049.242 | \$132.996.054 | \$128.237.471 | \$140.909.851 |
| Mano de obra directa | \$251.316.375 | \$262.189.780 | \$233.979.284 | \$238.435.788 | \$192.739.490 | \$212.086.093 | \$267.865.447 | \$219.683.281 | \$255.053.519 | \$248.443.110 | \$266.387.039 | \$233.442.263 |
| Resultado bruto | \$111.598.167 | \$136.775.153 | \$129.444.184 | \$159.372.995 | \$82.502.302 | \$111.447.788 | \$161.710.411 | \$112.120.614 | \$164.943.333 | \$117.366.424 | \$114.544.829 | \$117.509.331 |
| Gastos operativos | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 |
| Depreciaciones | \$109.718.208 | \$95.414.627 | \$74.535.100 | \$49.062.793 | \$80.237.188 | \$70.638.305 | \$76.155.036 | \$77.562.666 | \$60.110.186 | \$101.076.686 | \$121.842.210 | \$85.932.932 |
| Resultado antes de impuesto | \$26.332.370 | \$22.899.510 | \$17.888.424 | \$11.775.070 | \$19.256.925 | \$16.953.193 | \$18.277.209 | \$18.615.040 | \$14.426.445 | \$24.258.405 | \$29.247.130 | \$20.623.904 |
| Ahorro de impuesto | \$83.385.838 | \$72.515.116 | \$56.646.676 | \$37.287.723 | \$60.980.263 | \$53.685.111 | \$57.877.827 | \$58.947.626 | \$45.683.741 | \$76.818.282 | \$92.600.079 | \$65.309.028 |
| Utilidad después de impuesto | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 | \$30.000.000 |
| Depreciaciones | \$113.385.838 | \$102.515.116 | \$86.646.676 | \$67.287.723 | \$90.980.263 | \$83.685.111 | \$87.877.827 | \$88.947.626 | \$75.683.741 | \$106.818.282 | \$122.600.079 | \$95.309.028 |
| Flujo Neto | | | | | | | | | | | | |

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| VAN 2017 sin implementación | \$ 714.584.710 |
|------------------------------------|-----------------------|

Tabla 7. 13: Flujo 2017 sin implementación. Fuente: Elaboración propia.

FLUJOS CON IMPLEMENTACIÓN

| Evaluación con implementación | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2015 | | | | | | | | | | | | |
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Ventas | \$660.376.723 | \$744.600.607 | \$727.796.045 | \$775.670.219 | \$570.735.530 | \$615.620.012 | \$810.784.853 | \$617.876.486 | \$787.444.449 | \$704.764.611 | \$696.225.554 | \$710.594.801 |
| Ventas Adicionales | | | | | | | | | | | | |
| Costo de venta | \$272.322.396 | \$326.238.867 | \$343.400.484 | \$370.577.974 | \$253.349.830 | \$262.601.395 | \$375.108.054 | \$272.573.256 | \$385.435.690 | \$320.435.687 | \$298.534.090 | \$333.451.083 |
| Materia prima | | | | | | | | | | | | |
| Mano de obra directa | \$124.580.261 | \$143.126.067 | \$138.362.031 | \$154.151.265 | \$114.903.899 | \$130.293.038 | \$166.524.161 | \$124.453.700 | \$145.765.890 | \$134.580.980 | \$129.765.689 | \$142.589.086 |
| Resultado bruto | \$263.474.066 | \$275.235.673 | \$246.033.530 | \$250.940.980 | \$202.481.801 | \$222.725.579 | \$269.152.638 | \$220.849.530 | \$256.242.869 | \$249.747.944 | \$267.925.775 | \$234.554.632 |
| Gastos operativos | \$115.088.392 | \$141.052.787 | \$133.492.542 | \$164.357.375 | \$85.082.556 | \$114.933.310 | \$163.637.529 | \$113.456.766 | \$166.908.978 | \$118.765.090 | \$115.909.870 | \$118.909.700 |
| Gastos por cursos | | | | | | | | \$7.270.400 | \$7.270.400 | \$7.270.400 | \$7.270.400 | \$7.270.400 |
| Gastos por procedimiento | | | | | | | | | | | | |
| Depreciaciones | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 |
| Resultado antes de Impuesto | \$123.385.674 | \$109.182.886 | \$87.540.988 | \$61.583.605 | \$92.399.245 | \$82.792.269 | \$80.515.109 | \$75.122.364 | \$57.063.491 | \$98.712.454 | \$119.745.505 | \$83.374.532 |
| Ahorro de impuesto | \$25.910.992 | \$22.928.406 | \$18.383.607 | \$12.932.557 | \$19.403.841 | \$17.386.376 | \$16.908.173 | \$15.775.696 | \$11.983.333 | \$20.729.615 | \$25.146.556 | \$17.508.652 |
| Utilidad después de impuesto | \$97.474.682 | \$86.254.480 | \$69.157.380 | \$48.651.048 | \$72.995.403 | \$65.405.892 | \$63.606.936 | \$59.346.668 | \$45.080.158 | \$77.982.839 | \$94.598.949 | \$65.865.880 |
| Depreciaciones | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 | \$25.000.000 |
| Inversiones | | | | | | | | | | | | |
| Flujo Neto | \$122.474.682 | \$111.254.480 | \$94.157.380 | \$73.651.048 | \$97.995.403 | \$90.405.892 | \$88.606.936 | \$84.346.668 | \$70.080.158 | \$102.982.839 | \$119.598.949 | \$90.865.880 |
| VAN 2015 con implementación \$ 1.138.904.287 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 7. 14: Flujo 2015 con implementación. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación con implementación

2016

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ventas | \$654.124.320 | \$737.550.778 | \$720.905.320 | \$768.326.225 | \$565.331.844 | \$609.791.363 | \$803.108.396 | \$612.026.473 | \$779.988.977 | \$698.091.947 | \$689.633.737 | \$703.866.937 |
| Ventas Adicionales | | | | | | | | | | | | |
| Costo de venta | | | | | | | | | | | | |
| Materia prima | \$269.111.050 | \$322.391.714 | \$339.350.954 | \$366.207.954 | \$250.362.217 | \$259.504.683 | \$370.684.613 | \$269.358.951 | \$380.890.462 | \$316.656.967 | \$295.013.644 | \$329.518.880 |
| Mano de obra directa | \$123.111.155 | \$141.438.261 | \$136.730.405 | \$152.333.445 | \$113.548.901 | \$128.756.565 | \$164.560.434 | \$122.986.087 | \$144.046.954 | \$132.993.941 | \$128.235.435 | \$140.907.612 |
| Resultado bruto | \$261.902.115 | \$273.720.803 | \$244.823.962 | \$249.784.826 | \$201.420.726 | \$221.530.115 | \$267.863.348 | \$219.681.434 | \$255.051.562 | \$248.441.038 | \$266.384.659 | \$233.440.444 |
| Gastos operativos | \$113.731.219 | \$139.389.430 | \$131.918.339 | \$162.419.200 | \$84.079.225 | \$113.577.965 | \$161.707.843 | \$112.118.834 | \$164.940.713 | \$117.364.559 | \$114.543.009 | \$117.507.464 |
| Gastos por cursos | | | | | | | | | | | | |
| Gastos por procedimiento | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 | 6.339.375 |
| Depreciaciones | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 |
| Resultado antes de Impuesto | \$113.831.521 | \$99.991.998 | \$75.016.248 | \$49.476.251 | \$79.452.126 | \$70.062.774 | \$71.816.130 | \$73.223.226 | \$55.771.473 | \$103.076.478 | \$123.841.649 | \$87.932.980 |
| Ahorro de impuesto | \$25.612.092 | \$22.498.199 | \$16.878.656 | \$11.132.156 | \$17.876.728 | \$15.764.124 | \$16.158.629 | \$16.475.226 | \$12.548.582 | \$23.192.208 | \$27.864.371 | \$19.784.921 |
| Utilidad después de Impuesto | \$88.219.429 | \$77.493.798 | \$58.137.592 | \$38.344.094 | \$61.575.398 | \$54.298.650 | \$55.657.501 | \$56.748.000 | \$43.222.892 | \$79.884.271 | \$95.977.278 | \$68.148.060 |
| Depreciaciones | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 | \$28.000.000 |
| Inversiones | | | | | | \$2.387.880 | | | | | | |
| Flujo Neto | \$116.219.429 | \$105.493.798 | \$86.137.592 | \$66.344.094 | \$89.575.398 | \$82.298.650 | \$83.657.501 | \$84.748.000 | \$71.222.892 | \$107.884.271 | \$123.977.278 | \$96.148.060 |

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| VAN 2016 con implementación | \$ 659.682.265 |
|------------------------------------|-----------------------|

Tabla 7. 15: Flujo 2016 con implementación. Fuente: Elaboración propia.

Evaluación con Implementación

2017

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ventas | \$636,163,713 | \$717,299,490 | \$701,111,075 | \$747,229,921 | \$549,809,255 | \$593,048,027 | \$803,108,396 | \$612,026,473 | \$779,988,977 | \$698,091,947 | \$689,633,737 | \$703,866,937 |
| Ventas Adicionales | \$33,457,477 | \$53,734,788 | \$39,285,333 | \$105,556,226 | \$120,348,693 | \$119,253,607 | \$156,878,718 | \$104,510,369 | \$99,876,219 | \$84,376,514 | \$89,240,452 | \$63,800,489 |
| Costo de venta | | | | | | | | | | | | |
| Materia prima | \$264,054,554 | \$316,334,095 | \$332,974,677 | \$359,327,045 | \$245,658,005 | \$254,628,688 | \$370,684,613 | \$269,358,951 | \$380,890,462 | \$316,656,967 | \$295,013,644 | \$329,518,880 |
| Mano de obra directa | \$120,797,943 | \$138,780,689 | \$134,161,292 | \$149,471,157 | \$111,415,360 | \$126,337,277 | \$164,560,434 | \$122,986,087 | \$144,046,954 | \$132,993,941 | \$128,235,435 | \$140,907,612 |
| Resultado bruto | \$284,768,692 | \$315,919,494 | \$273,260,439 | \$343,987,945 | \$313,084,582 | \$331,335,668 | \$424,742,066 | \$324,191,803 | \$354,927,780 | \$332,817,552 | \$355,625,110 | \$297,240,934 |
| Gastos operativos | \$111,594,252 | \$136,770,355 | \$129,439,643 | \$159,367,404 | \$82,499,408 | \$111,443,878 | \$161,707,843 | \$112,118,834 | \$164,940,713 | \$117,364,559 | \$114,543,009 | \$117,507,464 |
| Gastos por cursos | | | | | | | | | | | | |
| Gastos procedimiento | | | | | | | | | | | | |
| Depreciaciones | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 |
| Resultado antes de Impuesto | \$143,174,440 | \$149,149,139 | \$113,820,796 | \$154,620,541 | \$200,585,174 | \$189,891,790 | \$233,034,223 | \$182,072,969 | \$159,987,067 | \$185,452,992 | \$211,082,101 | \$149,733,469 |
| Ahorro de impuesto | \$34,361,866 | \$35,795,793 | \$27,316,991 | \$37,108,930 | \$48,140,442 | \$45,574,030 | \$55,928,214 | \$43,697,513 | \$38,396,896 | \$44,508,718 | \$50,659,704 | \$35,936,033 |
| Utilidad después de impuesto | \$108,812,574 | \$113,353,345 | \$86,503,805 | \$117,511,611 | \$152,444,732 | \$144,317,760 | \$177,106,010 | \$138,375,457 | \$121,590,171 | \$140,944,274 | \$160,422,397 | \$113,797,437 |
| Depreciaciones | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 | \$30,000,000 |
| Inversiones | | | | | | | | | | | | |
| Flujo Neto | \$138,812,574 | \$143,353,345 | \$116,503,805 | \$147,511,611 | \$182,444,732 | \$174,317,760 | \$207,106,010 | \$168,375,457 | \$151,590,171 | \$170,944,274 | \$190,422,397 | \$143,797,437 |

| | | |
|-----------------------------|----|---------------|
| VAN 2017 con implementación | \$ | 1,206,941,293 |
|-----------------------------|----|---------------|

Tabla 7. 16: Flujo 2017 con implementación. Fuente: Elaboración propia.

COMPARACIÓN DEL VAN

El proyecto genera gastos e inversiones por \$60.000.000 aproximadamente, obteniendo para el periodo 2015-2016 una disminución del flujo neto, siendo estos de -\$28.403.487 y -\$37.407.423 respectivamente.

Para el 2017 se pronostica un incremento de los ingresos, logrando un margen por sobre los \$490.000.000, lo que confirma la rentabilidad de realizar el proyecto.

| Año | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------|------------------|----------------|------------------|
| VAN sin implementación | \$ 1.167.307.774 | \$ 697.089.688 | \$ 714.584.710 |
| VAN con implementación | \$ 1.138.904.287 | \$ 659.682.265 | \$ 1.206.941.293 |
| Margen | \$ -28.403.487 | \$ -37.407.423 | \$ 492.356.584 |

Tabla 7. 17: Comparación del VAN. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo de título, denota que es posible realizar una reducción del tiempo ocioso generado por falta de alimentación y falta de operadores, el cual tomando la base de datos para el periodo 2015, se determina en cuánto se pueden disminuir las pérdidas producidas por estos tiempos ociosos “evitables”, obteniendo como resultado en cuántas maquinarias es necesario aumentar la polifuncionalidad de los trabajadores.

Para lograr este efecto, se requirió de una recolección de la totalidad de los datos para dicho periodo y un análisis en base a la metodología DMAIC.

La reducción del tiempo ocioso es posible debido a que en los registros de estos tiempos, los trabajadores no se encuentran operando directamente una línea productiva, sino se delegan otras labores como reasignaciones de maquinarias.

Al desarrollar la propuesta, se determinó que para disminuir el tiempo ocioso en la cadena de valor de Metalurgia, por cada turno, en las líneas de productivas del área de Trefilación requieren un aumento de polifuncionalidad de 1 operador para la máquina 105-106, 110 y 131, y de 2 operadores para la máquina 135, 122 y 130.

Para el área de Cableadoras, por cada turno se requiere un aumento de polifuncionalidad de 1 trabajador para la máquina 205, 2 operadores para las máquinas 201-202 y 203, 3 trabajadores para la máquina 204, 7 operadores para la maquinaria 216 y 13 operadores para la máquina 215.

El área de Buncher, por cada turno se requiere un aumento de polifuncionalidad de 2 operadores para la máquina 220-226, 4 trabajadores para la maquinaria 218-219 y 7 trabajadores para la máquina 211.

Para la cadena de valor Building Wire, el área de Extrusión, por cada turno requiere un aumento de polifuncionalidad de 1 operador para la máquina 302, 304 y 308, y de 3 operadores para la maquinaria 310.

Para el área de Corte y Rollo, por cada turno requiere un aumento de polifuncionalidad de 1 operador para las maquinarias 404, 410 y 407, de 4 operadores para las máquinas 401-406, 405 y 411-412 y de 6 para la 400.

Para la cadena de valor Media Tensión, el área de Cableado, por cada turno requiere un aumento de polifuncionalidad de 1 operador para la máquina 200, 2 operadores para la maquinaria 253 y 3 operadores para la 210.

El área de Extrusión requiere un aumento de polifuncionalidad de 1 operador para las máquinas 300, 311, 315, 320 y 331.

La línea de producción 332 de Cv-line requiere por cada turno un aumento de polifuncionalidad de 1 trabajador. La línea 231-232 de Trenzado requiere un aumento de polifuncionalidad de 2 operadores por cada turno y la línea de Estañadora 601-602 un aumento de 3 trabajadores por cada turno.

Por lo tanto para lograr una disminución de las 10.991 horas ociosas generadas por falta de alimentación y falta de operador, es necesario realizar un aumento de

polifuncionalidad en un 37%, lo que se traduce en un aumento en el manejo de 97 maquinarias, logrando un aumento potencial en la productividad del 13% para la empresa, lo que incrementaría los ingresos en \$1.333MM.

En torno a su evaluación económica, si bien el proyecto genera gastos e inversiones por \$60.000.000 aproximadamente, obteniendo para el periodo 2015-2016 una disminución del flujo neto. Para el 2017 se pronostica un incremento de los ingresos, logrando un margen por sobre los \$490.000.000, lo que confirma la rentabilidad de realizar el proyecto.

A modo de recomendación, para una gestión eficiente de las medidas a implementar, el control forma parte fundamental de esta mejora continua, donde se debe seguir midiendo el rendimiento del proceso de manera periódica, ajustando su funcionamiento cuando los datos indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. S. (2004). *Capacitación y desarrollo de personal*. Limusa S.A. .
- Barca., R. G. (2000). *www.calidad.com*.
- Bernal, J. J. (2015). *www.pdcahome.com*.
- Breyfogle, Forrest W. (1946). *Implementing six sigma: Smarter solutions using statistical methods*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Cárdenas), K. I. (2005). *Qué es el control total de calidad*.
- Castro, A. (2013). *www.productividad y eficiencia.com*.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Criollo, R. G. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Mc Graw Hill.
- Cuatrecasas., I. (2005). *Gestión integral de la calidad*.
- Díaz, A. (2014). *www.sincal.com*.
- Heizer, J., & Render, B. (2001). *Dirección de la producción*. Madrid: Prentice Hall.
- Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar. (2004). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Mc Graw Hill.
- Kaoru Ishikawa, Margarita Cárdenas. (1986). *¿Qué es el control total de calidad?*. Bogotá: Norma.
- Kubiak, T. M. (2009). *The certified six sigma black belt handbook*. Milwaukee, Wis: ASQ Quality Press.
- Lee J. Krajewski (2008) *Administración de operaciones*. Pearson.
- León Lefcovich Mauricio. (2004). *Estrategia y dirección estratégica*. Recuperado el 15 de 05 de 2016, de <http://www.gestiopolis.com/kaizen-para-la-eliminacion-de-desperdicios-y-reduccion-de-costos/>
- Lluís Cuatrecasas. (2000). *Gestión integral de la calidad*. Gestión 2000.
- Mongomery, Douglas C. (2004). *Control Estadístico de La Calidad*. Limusa-Wiley.

Pande, Peter S. (2002). *¿Qué es seis sigma?*. Traducción Enrique Barba. Madrid: Mc Graw Hill.

Pande, Peter S. Neuman Robert P. Cavanagh Roland R. (2007). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. Traducción Juan Manuel Caro. Madrid: McGraw-Hill.

Paul James (2000). *Gestión de la calidad total*. Prentice Hall.

Pyzdek, Thomas. *The Six Sigma handbook a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. New York: Mc Graw Hill.

Ricardo G. Barca. (2000). *Las siete herramientas de la calidad*. Recuperado el 5 de 06 de 2016, de www.calidad.com.ar

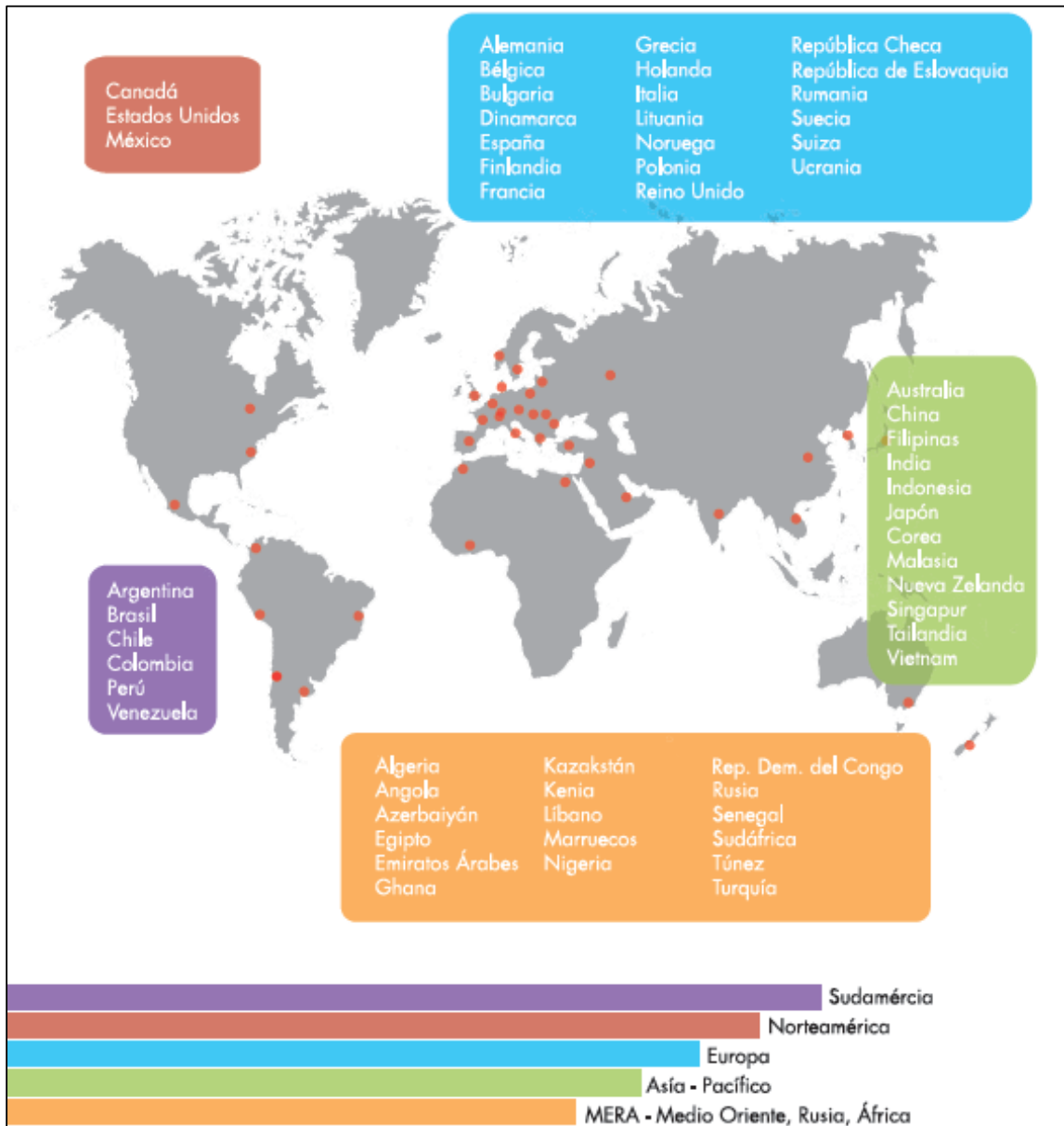
Roberto García Criollo. *Estudio del Trabajo*. 2° edición. (1999). Mc Graw-Hill.

S., P. (2007). *Las claves prácticas de Seis Sigma*.

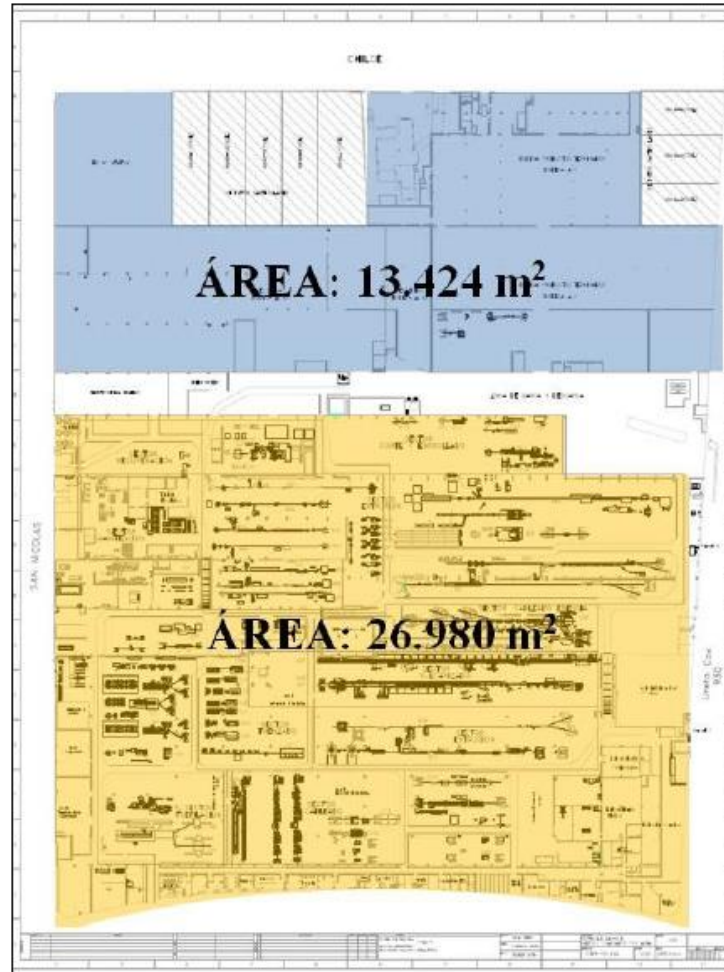
Salazar., H. G. (2000). *Control estadístico de calidad y seis sigma*.

ANEXOS

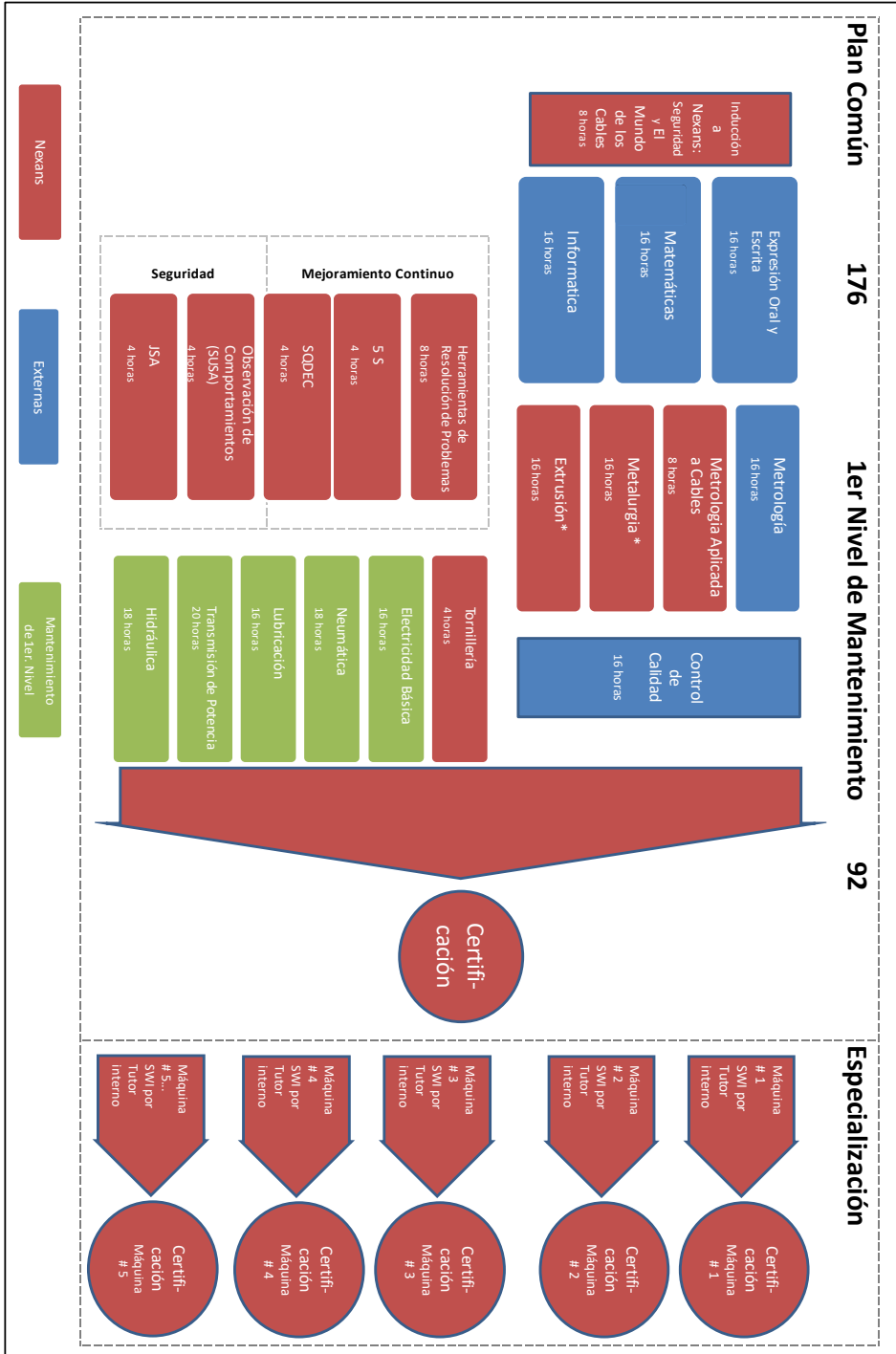
ANEXO 1: PRESENCIA MUNDIAL DE NEXANS. FUENTE: GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS.



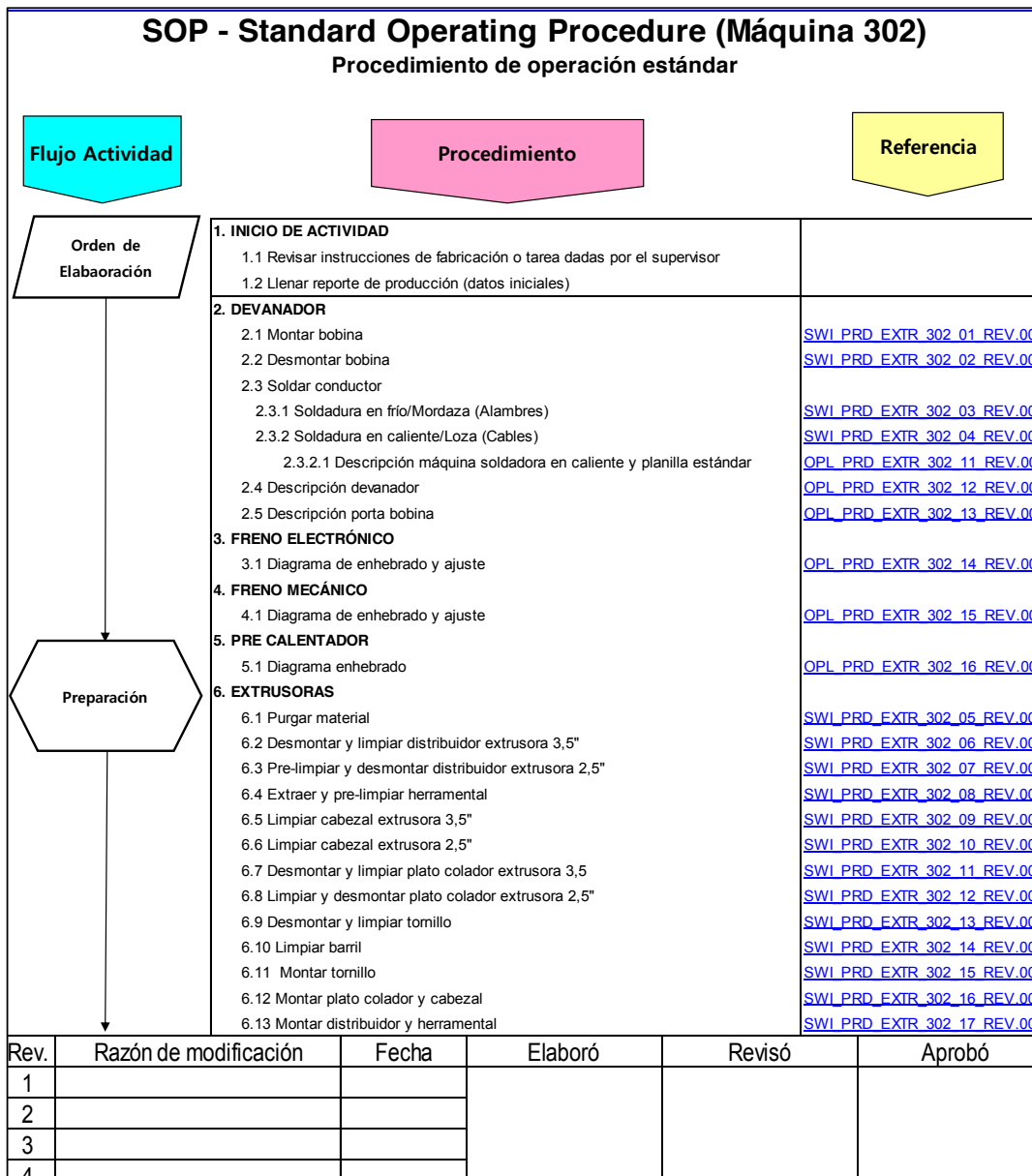
ANEXO 2: LAYOUT PLANTA PRODUCTIVA. FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.





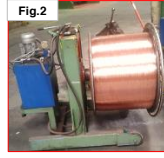

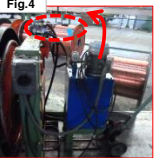
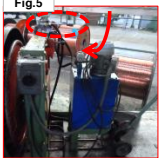




ANEXO 3: MALLA CURRICULAR OPERADORES. FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.



ANEXO 4: EJEMPLO SOP “STANDARD OPERATING PROCEDURE” MÁQUINA 302. FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.



ANEXO 5: EJEMPLO SWI “STANDARD WORK INSTRUCTION” MÁQUINA 308. FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

| TAREA | | RIESGO, MEDIDA DE CONTROL O PUNTO CLAVE | I | E | Valoración del Riesgo | | | FIGURA |
|-------|---|--|---|---|-----------------------|---|---------------------------|--|
| | | | | | P | C | CR | |
| 1 | El operador debe solicitar a chofer de grúa horquilla que traiga una bobina dependiendo del producto que se esté fabricando (Fig. 1). | Atropello y caída de elementos Mantenerse a una distancia de al menos 3 mt de la grúa horquilla mientras esté en movimiento. | | | 1 | 3 | 1 a 3 Riesgo Aceptable | Fig.1   |
| 2 | Montar bobina en porta bobina (Fig. 2) y encender (Fig 3). Para conocer con más detalle la descripción del porta bobina ver: OPL_PRD_EXTR_308_13.REV.00 | | | | | | | Fig.2  Fig.3  |
| 3 | Si requiere levantar bobina, mueva palanca de accionamiento hacia arriba (Fig. 4) Si requiere bajar bobina, mueva palanca de accionamiento hacia abajo (fig. 5) | | | | | | | Fig.4  Fig.5  |
| 4 | Montar volante en la parte frontal de la bobina (Fig. 6), fijarlo presionando hacia dentro y luego girando en sentido horario. | | | | | | | Fig.6   |
| 5 | Situar bobina dentro del cono, controlando posición a través de botonera y palanca de control del porta bobina (Fig 7). Para conocer con más detalle la descripción del devanador, ver: OPL_PRD_EXTR_308_12.REV.00 | Sobresfuerzo Si realiza fuerza mayor a 50 kg, solicitar ayuda a compañero. | | | 1 | 1 | 1 a 3 Riesgo Aceptable | Fig.7   |
| 6 | | | | | | | | |

Montar bobina en devanador

SWI_PRD_EXTR_308_01_REV.00

| Rev. | Razón de modificación | Fecha | Seguridad | S | Elaboró | Revisó | Aprobó | Aprobó |
|------|-----------------------|-------|---------------|---|--------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 0 | | | Calidad | Q | Melisa Muñoz | Francisco Parra | Ricardo Briones | Oscar Alt |
| 1 | | | Medioambiente | E | | | | |
| 2 | | | Entrega | D | | | | |
| 3 | | | Costo | C | | | | |


ANEXO 6: EJEMPLO OPL “ONE POINT LESSON” ÁREA DE EXTRUSIÓN. FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

| | | | | | |
|--|--|--|-----------------|---------------|----------------|
|  | OPL - One Point Lesson (Lección de un punto) |  | | | |
| Tema : Herramientas para corte de muestra Tipo de lección : Conocimiento básico | | | | | |
| Depto. : Producción Emisión : 3 de Marzo del 2016 | Sub-Equipo : Extrusión Código : OPL_PRD_EXTR_02_REV.01 Planta : Santiago | | | | |
| <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>La selección de herramienta para el corte perpendicular de una muestra será de acuerdo al tamaño del cable. Hay tres herramientas para realizar esta tarea y son las siguientes:</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>Fig. 1</p> </div> <div style="width: 65%; border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>Cortador de muestras AM102-25 (Fig. 1): Esta herramienta sirve para cortar aislaciones o revestimientos de cables que tienen un diámetro menor o igual a 13 milímetros.</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">   </div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>Fig. 2</p> </div> <div style="width: 65%; border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>Cortador de muestras KKN96 (Fig. 2): Esta herramienta sirve para cortar aislaciones o revestimientos de cables que tienen un diámetro mayor a 13 milímetros. Especialmente puede cortar compuestos como XLPE, PU, entre otros.</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">   </div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%; text-align: center;">  <p>Fig. 3</p> </div> <div style="width: 65%; border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>Cortador de muestras 16BHS30F (Fig. 3): Esta herramienta sirve para cortar aislaciones o revestimientos de diversos diámetros, desde 1 hasta 30 milímetros.</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">  </div> </div> </div> | | | | | |
| POTENCIALES RIESGOS | | USO DE EPP OBLIGATORIO | | | |
|   | |     | | | |
| Rev. | Razón de modificación | Fecha | Elaboró | Revisó | Aprobó |
| 0 | Actualización de formato y código. | 03-03-2016 | Francisco Parra | Gastón Zarate | Fernando Muñoz |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |


ANEXO 7: MATRIZ HABILIDADES OPERADORES CADENA DE VALOR METALURGIA.
FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

| NOMBRE | Matriz de habilidades Cadena Metalurgia - Planta Santiago | | | | | | | | | | | | | | | Fecha inicial 10/12/2015 | |
|------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|---------|---------|-----|-----|-----|-----------------------------|--------------------------------|
| | Habilidades | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | METALURGIA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 105-106 | 110 | 135 | 122 | 130 | 131 | 201-202 | 203 | 204 | 205 | 220-226 | 218-219 | 211 | 215 | 216 | TOTAL MAQUINAS QUE OPERA | % POLIFUNCIONALIDAD TRABAJADOR |
| TRABAJADOR 1 | | ● | | ● | | | | | | | ● | ● | | | | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 2 | | | ● | | | | | ● | | | ● | | | | ● | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 3 | | ● | | | ● | | | | | | ● | | ● | | | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 4 | | | ● | | | ● | | | | | | ● | ● | | | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 5 | | | | ● | | | | ● | | | ● | | | | ● | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 6 | | | | ● | | ● | | | | | | ● | | | | 3 | 20% |
| TRABAJADOR 7 | | ● | | | | | | ● | ● | | | | | | | 3 | 20% |
| TRABAJADOR 8 | ● | | | | ● | | | | | | ● | ● | ● | | | 5 | 33% |
| TRABAJADOR 9 | | | ● | | | | | ● | ● | | | | | | ● | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 10 | | | | ● | | | | | | | ● | | | | ● | 3 | 20% |
| TRABAJADOR 11 | ● | | | | | ● | | | ● | | | | | | | 3 | 20% |
| TRABAJADOR 12 | | | | | ● | | | ● | ● | | | | ● | | | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 13 | ● | | | | | ● | | | | ● | | | ● | | | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 14 | ● | | | | | | | ● | ● | | ● | ● | | | | 5 | 33% |
| TRABAJADOR 15 | | | ● | | | ● | | | | ● | ● | ● | | | | 5 | 33% |
| TRABAJADOR 16 | | | | | ● | | | | | | ● | ● | ● | | ● | 5 | 33% |
| TRABAJADOR 17 | | | ● | | | | ● | | | | | | | ● | | 3 | 20% |
| TRABAJADOR 18 | | | | ● | | | ● | | | | | | | ● | | 3 | 20% |
| TRABAJADOR 19 | | | | ● | | | | ● | ● | | ● | ● | ● | | | 6 | 40% |
| TRABAJADOR 20 | | | | | ● | | ● | | | ● | | | | | ● | 4 | 27% |
| TRABAJADOR 21 | | | ● | | | | ● | | | ● | | ● | ● | | | 5 | 33% |
| TRABAJADOR 22 | ● | | | | | ● | | ● | ● | | | ● | ● | | | 6 | 40% |
| TRABAJADOR 23 | | | | | ● | | ● | | ● | | | | ● | ● | | 5 | 33% |
| TOTAL TRABAJADORES QUE OPERAN | 5 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 8 | 8 | 4 | 10 | 10 | 10 | 3 | 6 | | |
| POLIFUNCIONALIDAD LÍNEA PRODUCTIVA | 22% | 13% | 26% | 26% | 26% | 26% | 22% | 35% | 35% | 17% | 43% | 43% | 43% | 13% | 26% | | |

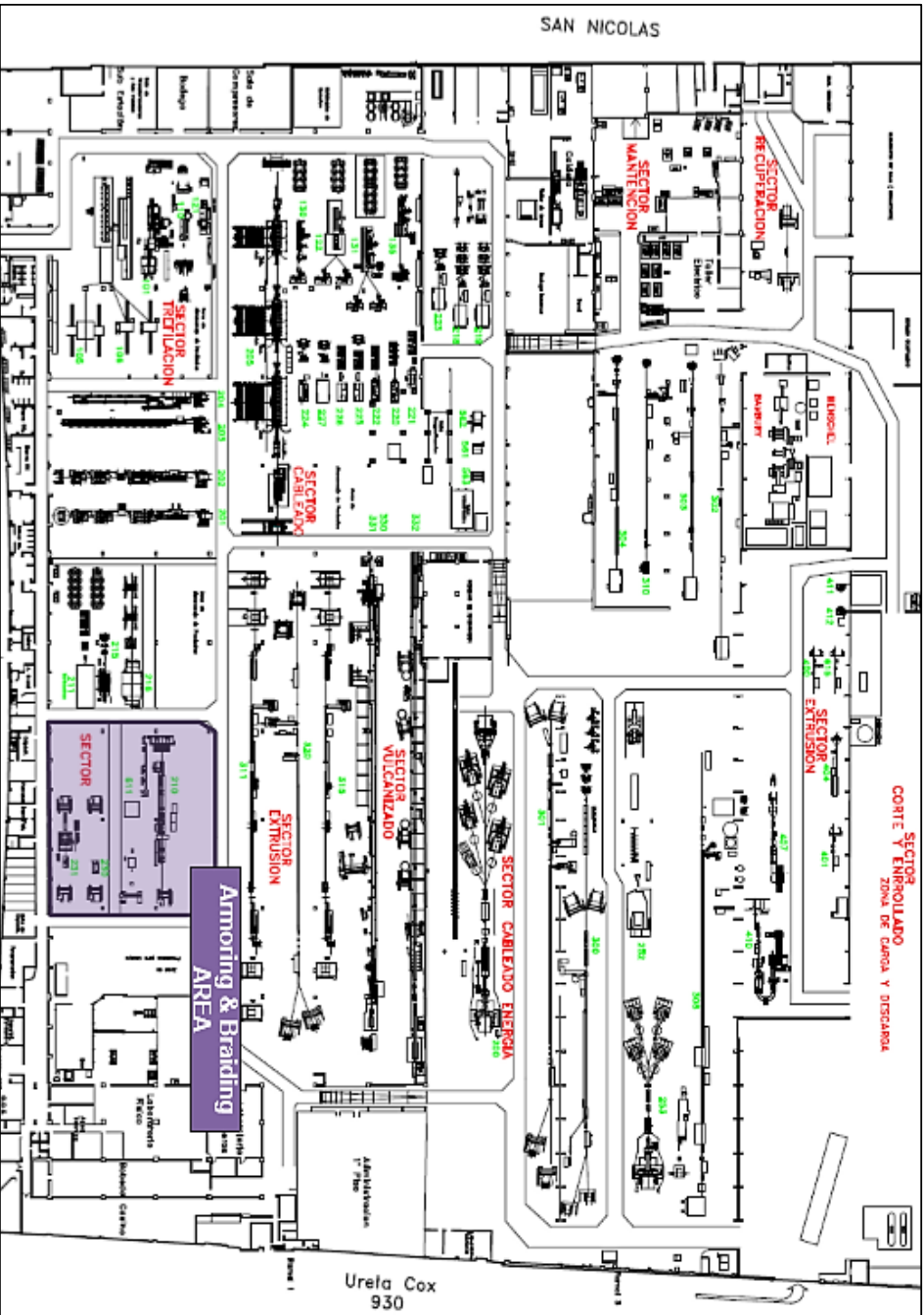
ANEXO 8: MATRIZ HABILIDADES OPERADORES CADENA DE VALOR BUILDING WIRE.
FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

|  | Matriz de habilidades Cadena Building Wire- Planta Santiago | | | | | | | | | | | Fecha inicial 10/12/2015 | | |
|---|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Habilidades | | | | | | | | | | | | TOTAL MAQUINAS QUE OPERA | % POLIFUNCIONALIDAD TRABAJADOR |
| | BUILDING WIRE | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | 302 | 303 | 304 | 308 | 310 | 400 | 401-406 | 404 | 405 | 410 | 411 - 412 | 407 | | |
| TRABAJADOR 1 | | | ● | | ● | | ● | ● | | | | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 2 | | ● | ● | | | | ● | | ● | | | ● | 5 | 42% |
| TRABAJADOR 3 | | | ● | | ● | | ● | | ● | | | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 4 | | | | | ● | | ● | | ● | | | ● | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 5 | | | | | | | ● | ● | ● | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 6 | | ● | | | | | ● | ● | ● | | | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 7 | | | | | ● | | ● | | ● | ● | | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 8 | | | ● | | ● | | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 9 | | | ● | | | | | ● | | ● | ● | ● | 5 | 42% |
| TRABAJADOR 10 | ● | | | | | | ● | | | ● | ● | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 11 | | | ● | | | ● | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 12 | ● | | | | | ● | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 13 | ● | | | | | ● | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 14 | | | ● | | | ● | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 15 | | | ● | | | | | ● | | ● | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 16 | | ● | | | ● | | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 17 | | | ● | | ● | | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 18 | | ● | | | ● | | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 19 | ● | | | | ● | | | | ● | | ● | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 20 | ● | | | ● | ● | | ● | | ● | | ● | | 6 | 50% |
| TRABAJADOR 21 | ● | ● | | | | | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 22 | | | ● | ● | | | ● | | | | ● | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 23 | | ● | | | | ● | ● | | | | ● | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 24 | | ● | | ● | | ● | ● | | | | ● | | 5 | 42% |
| TRABAJADOR 25 | ● | ● | | | | | ● | | ● | | | | 4 | 33% |
| TOTAL TRABAJADORES QUE OPERAN | 7 | 8 | 10 | 3 | 10 | 6 | 22 | 5 | 9 | 4 | 7 | 3 | | |
| POLIFUNCIONALIDAD LÍNEA PRODUCTIVA | 28% | 32% | 40% | 12% | 40% | 24% | 88% | 20% | 36% | 16% | 28% | 12% | | |

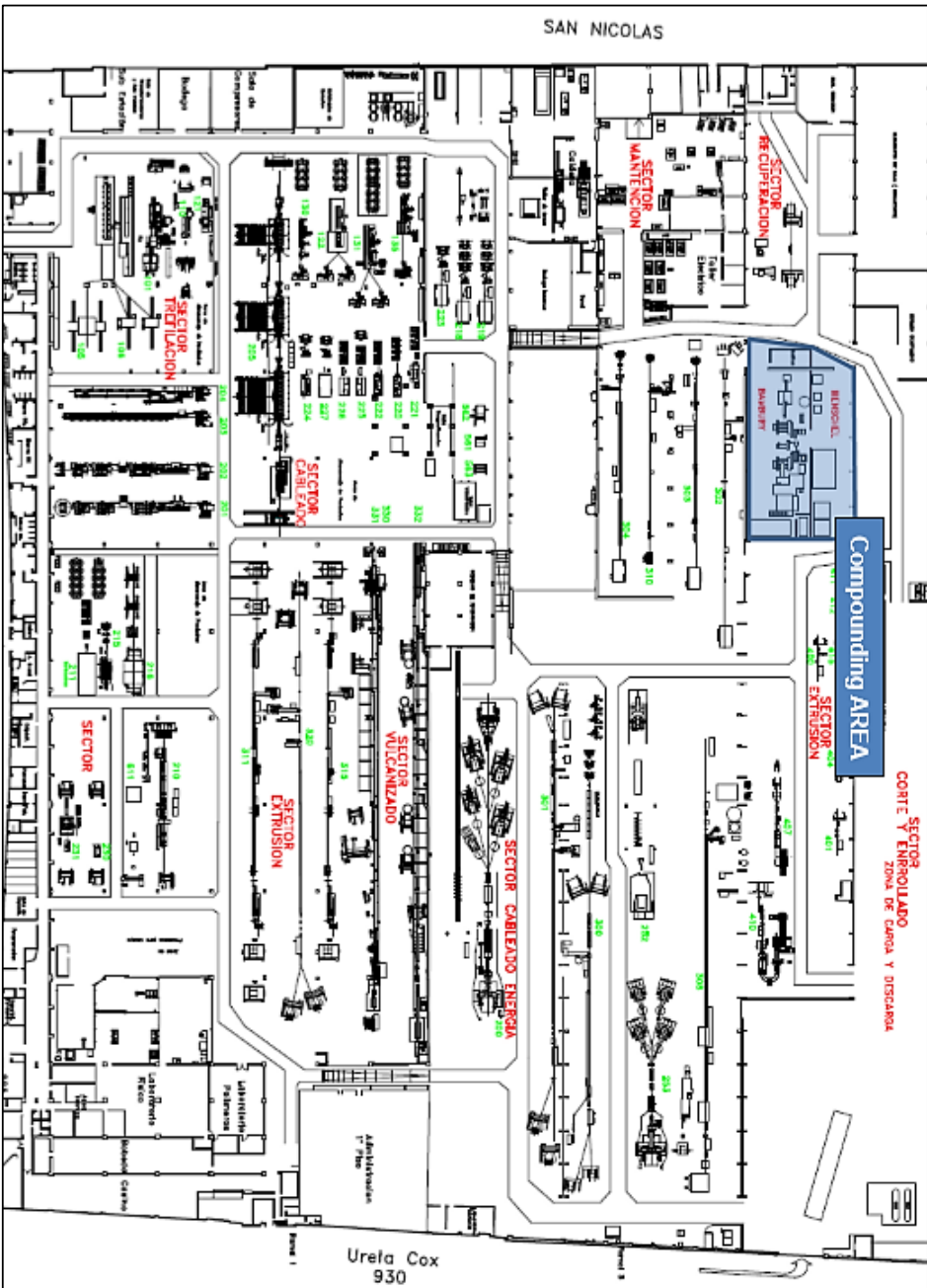
ANEXO 9: MATRIZ HABILIDADES OPERADORES CADENA DE VALOR MEDIA TENSIÓN.
FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

|  | Matriz de habilidades Cadena Media Tensión - Planta Santiago | | | | | | | | | | | Fecha inicial 10/12/2015 | | |
|---|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | Habilidades | | | | | | | | | | | | TOTAL MAQUINAS QUE OPERA | % POLIFUNCIONALIDAD TRABAJADOR |
| | MEDIA TENSIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE | 200 | 210 | 253 | 300 | 301 | 311 | 315 | 320 | 331 | 332 | 231-232 | ESTAÑADORAS | | |
| TRABAJADOR 1 | | ● | | | | | ● | | | | ● | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 2 | ● | ● | | ● | | | ● | | | | | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 3 | | | | | | | ● | | | | ● | | 2 | 17% |
| TRABAJADOR 4 | | ● | ● | | | | | | | | ● | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 5 | ● | | | ● | | | ● | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 6 | | | | | | | | | | | ● | ● | 2 | 17% |
| TRABAJADOR 7 | | | | | | | | | ● | ● | ● | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 8 | | ● | ● | ● | | | | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 9 | | | | | | | | ● | | ● | ● | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 10 | | | | | | | | ● | | ● | ● | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 11 | ● | ● | | | | ● | | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 12 | | | ● | ● | ● | ● | | | | | | | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 13 | | | | | | | | ● | ● | ● | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 14 | | ● | | | ● | | | | | | | | 2 | 17% |
| TRABAJADOR 15 | | | | | ● | | | ● | ● | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 16 | | ● | | ● | | ● | | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 17 | | | | ● | ● | ● | | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 18 | | | | | | | | | ● | ● | | ● | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 19 | | | | ● | ● | | | | | | | ● | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 20 | | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 21 | | ● | ● | | | ● | | | | | | | 3 | 25% |
| TRABAJADOR 22 | | | | ● | ● | | | | ● | | | ● | 4 | 33% |
| TRABAJADOR 23 | | ● | | ● | ● | | | | | | ● | ● | 5 | 42% |
| TRABAJADOR 24 | | ● | ● | ● | | | | | | | | | 3 | 25% |
| TOTAL TRABAJADORES QUE OPERAN | 3 | 10 | 5 | 11 | 7 | 5 | 4 | 4 | 6 | 6 | 8 | 6 | | |
| POLIFUNCIONALIDAD LÍNEA PRODUCTIVA | 13% | 42% | 21% | 46% | 29% | 21% | 17% | 17% | 25% | 25% | 33% | 25% | | |

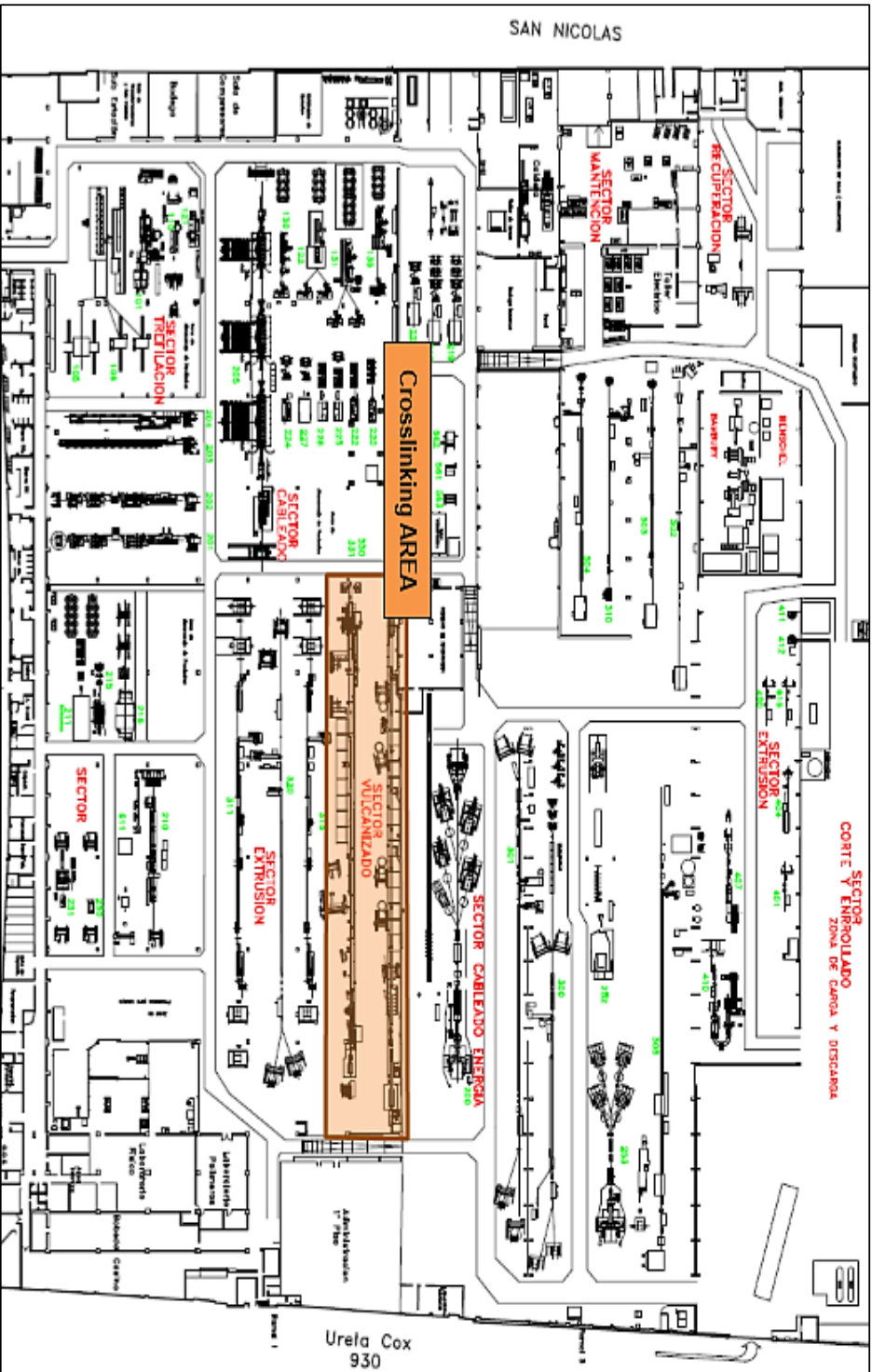
ANEXO II: LAYOUT ÁREA BLINDADO Y TRENZADO (ARMORING AND BRAIDING AREA). FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.



ANEXO 13: LAYOUT ÁREA (COMPOUNDING AREA), FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

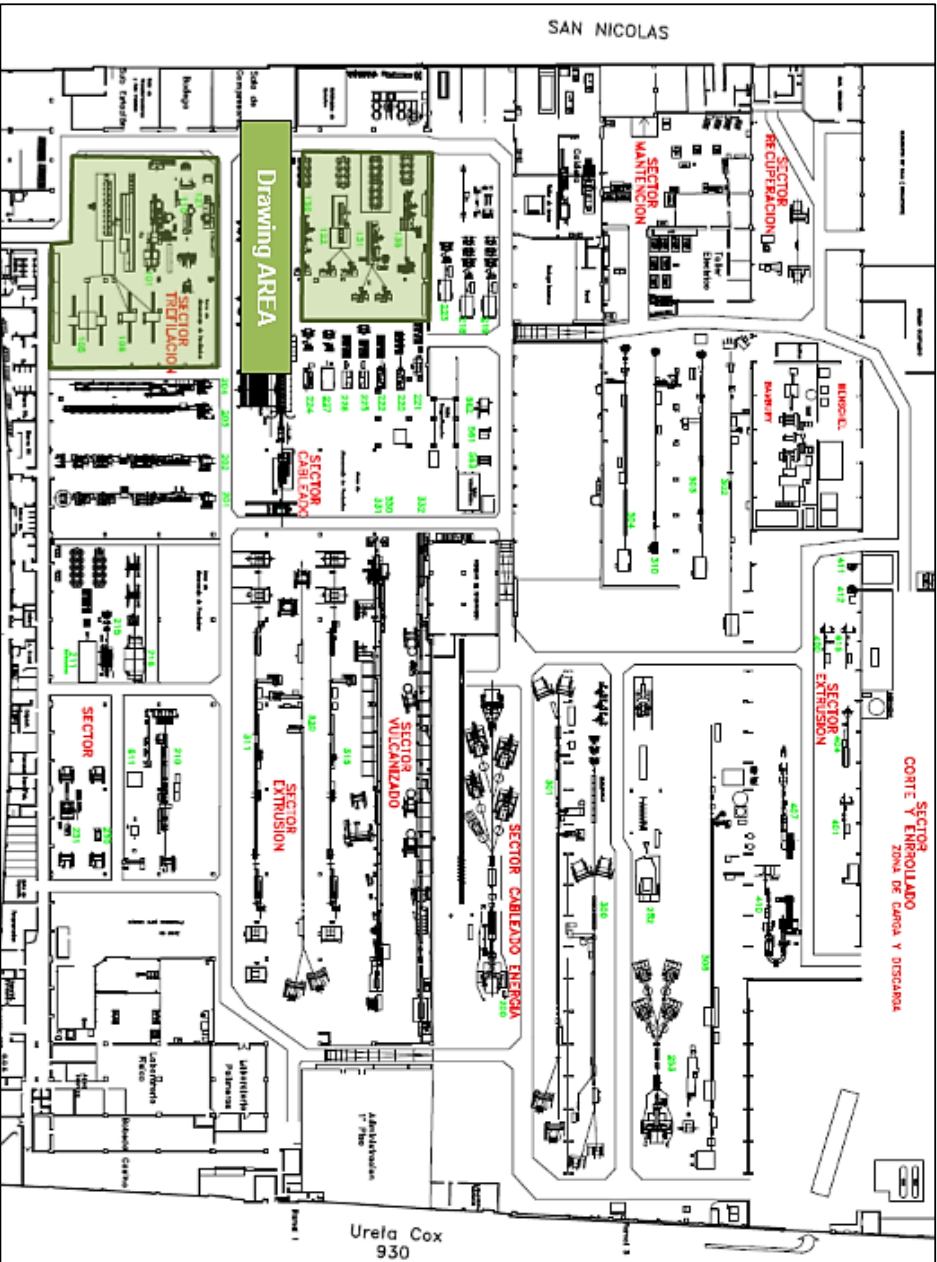


ANEXO 14 : LAYOUT ÁREA DE RETICULACIÓN (CROSSLINKING AREA), FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

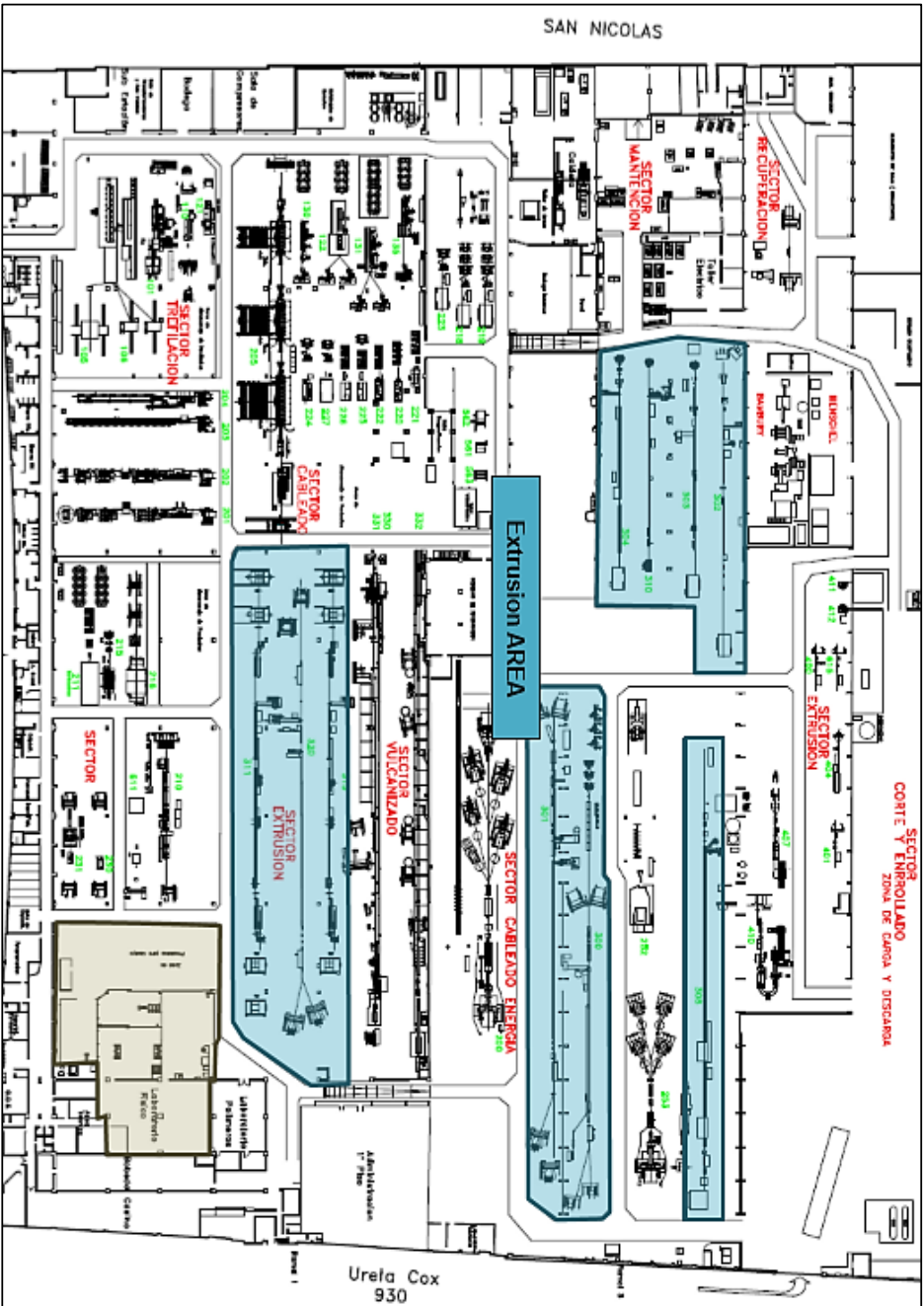


ANEXO 15 LAYOUT ÁREA DE DIBUJO (DRAWING AREA). FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

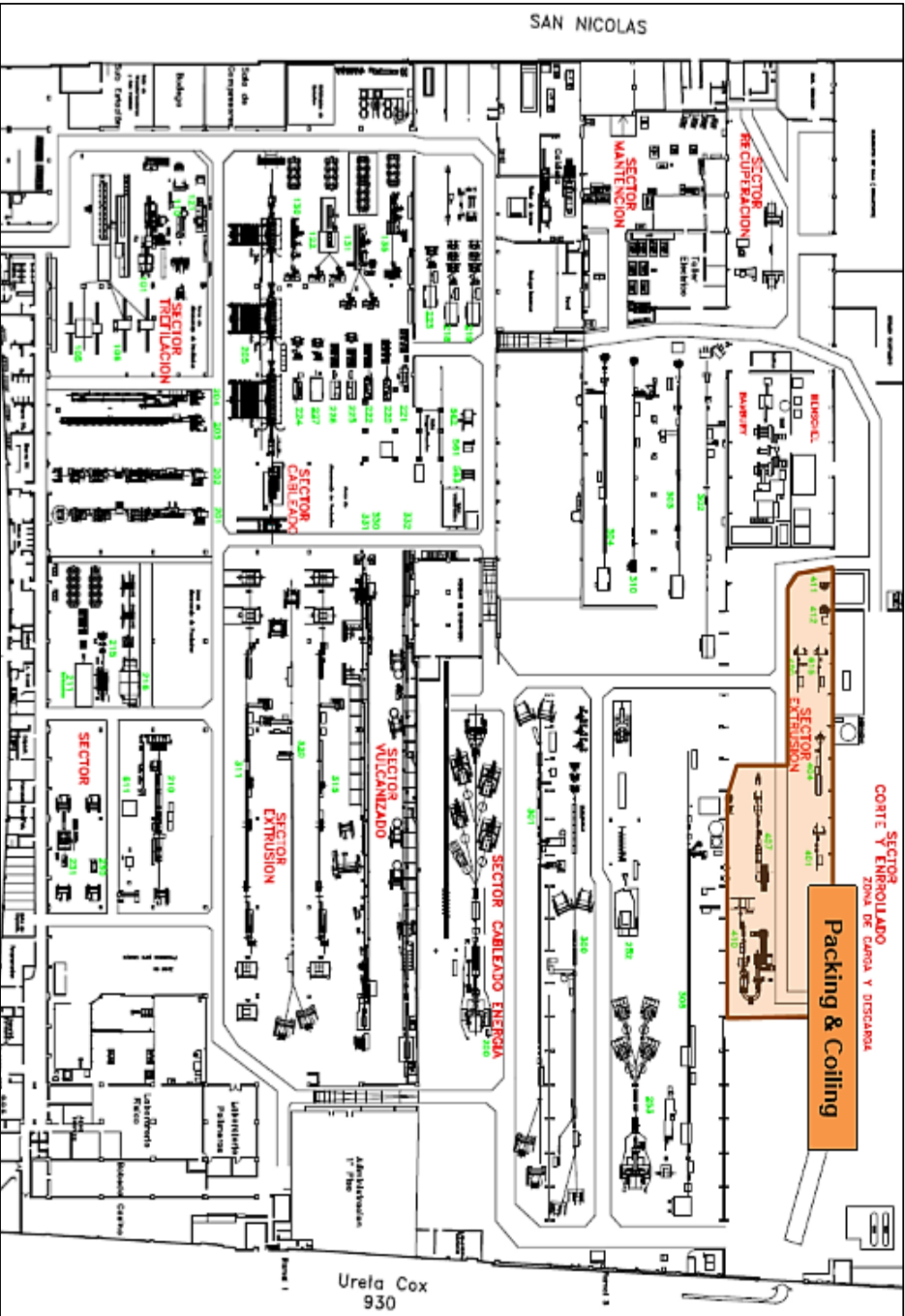
172



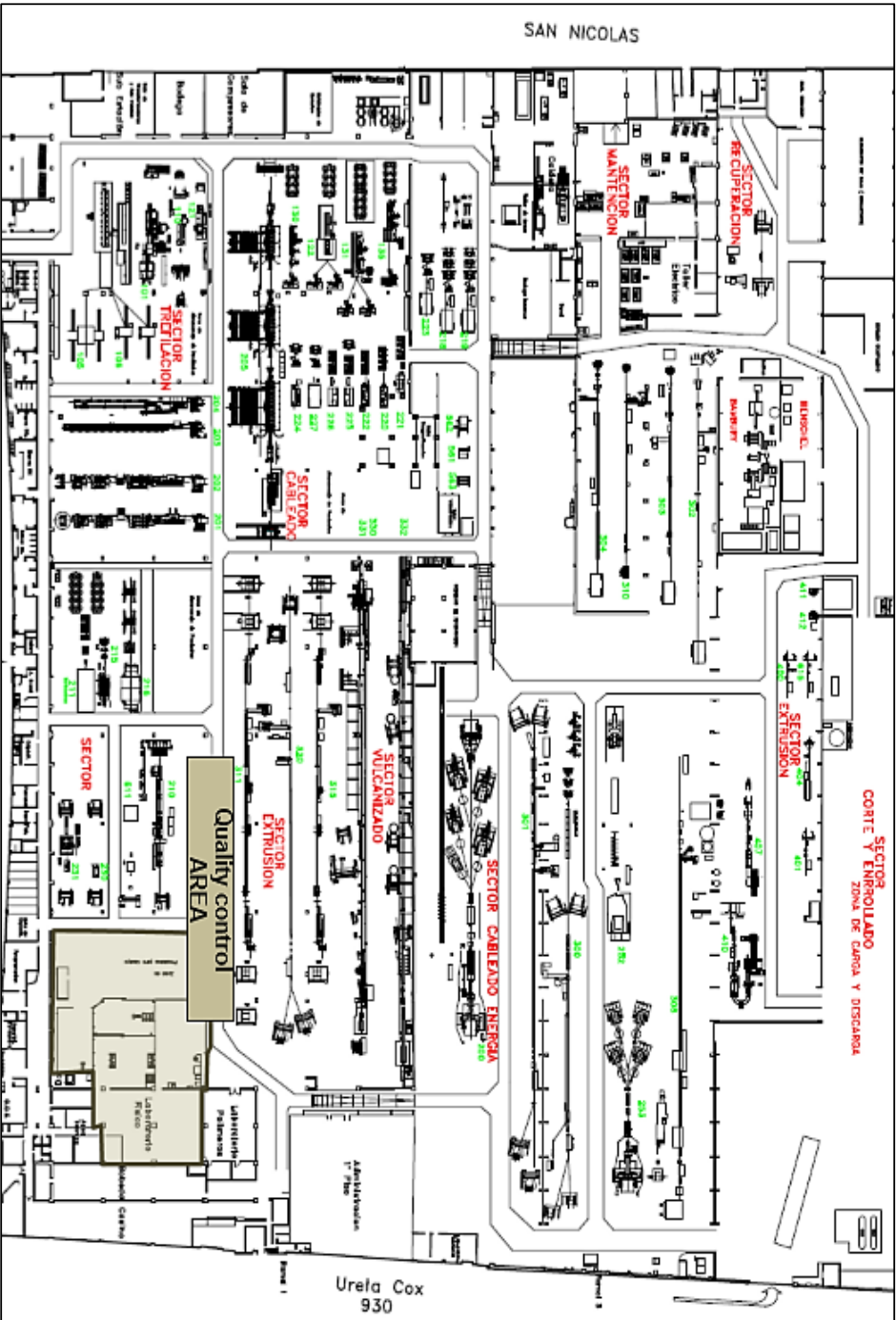
ANEXO 16: LAYOUT ÁREA EXTRUSIÓN. FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.



ANEXO 17: LAYOUT ÁREA EMBALAJE Y BOBINADO (PACKING AND COLLING). FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.



ANEXO 18: LAYOUT CONTROL DE CALIDAD (QUALITY CONTROL AREA), FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.



ANEXO 19: LAYOUT ÁREA DE VARADA (STRANDING AREA). FUENTE: GERENCIA DE OPERACIONES.

