

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**Diseño de un Plan de Mejora Operacional a Línea de corte de
electrodos en Indura S.A.**

por

Pablo Ignacio Polanco Valdés

Felipe Ignacio Rojas Espinoza

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

Prof. Guía Luis Seccatore Gómez

Noviembre 2017

Índice

GLOSARIO	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE GRÁFICAS.	8
RESUMEN EJECUTIVO	9
INTRODUCCIÓN.	10
1. CAPÍTULO I.....	11
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	11
IDENTIFICACIÓN DEL NEGOCIO	11
SU HISTORIA	11
INFRAESTRUCTURA Y COBERTURA.	12
ESPECIFICACIÓN DEL NEGOCIO.	12
INDURA EN CHILE.	13
2. CAPÍTULO II.....	14
2. SITUACIÓN ACTUAL.	14
2.1. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE FABRICACIÓN.	14
2.2. RUTA DE LOS POLVOS.	16
FORMULACIÓN.	16
MEZCLADO.	17
PANERA.	18
2.3. RUTA DEL ALAMBRÓN.	19
ADQUISICIÓN DE ALAMBRÓN.	20
TREFILACIÓN.	21
CORTE.	22
2.4. UNIÓN DE AMBAS RUTAS POLVOS Y ALAMBRÓN.	23
PRENSAS.	24
HORNOS.	25
LÍNEA DE ENVASADO Y CONTROL DE CALIDAD.	26
2.5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	29
VALUE STREAM MAPPING (VSM).	29
FAMILIA DE PRODUCTOS.	29
REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE (VENTAS).	30
TIEMPO DISPONIBLE	30
PROCESO PRODUCTIVO.	31
DIAGRAMA SITUACIÓN ACTUAL.	32
ANÁLISIS VSM.	33
ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL MÁQUINAS CORTADORAS INDURA Y C800.	34

CATEGORIZACIONES DE LAS DETENCIONES.....	35
RESUMEN DE CATEGORIZACIONES CORTADORA INDURA.....	38
RESUMEN DE CATEGORIZACIONES CORTADORA C800.....	39
EFFECTOS INDESEADOS.....	40
COSTO DE NO CALIDAD DE LAS ENREDAS.....	41
COSTO DE NO CALIDAD A CAUSA DE LAS FALLAS MECÁNICAS.....	43
BAJA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS INDURA Y C800.....	46
BAJA PRODUCCIÓN EN CORTADORAS INDURA Y C800.....	46
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	48
2.6. OBJETIVOS.....	48
OBJETIVO GENERAL.....	48
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	48
3. CAPITULO III.....	49
3. MARCO TEÓRICO.....	49
3.1. LEAN SIX SIGMA.....	49
3.2. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS.....	50
INTRODUCCIÓN.....	50
DEFINICIONES DE TÉRMINOS FUNDAMENTALES DEL AMEF.....	50
METODOLOGÍA AMEF.....	54
3.3. DISEÑO DE EXPERIMENTO FACTORIAL.....	55
CLASIFICACIÓN DE EXPERIMENTOS.....	56
4. CAPITULO IV.....	57
4. APLICACIÓN.....	57
4.1. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS.....	57
RESULTADOS DE LA AMEF.....	61
4.2. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA).....	62
OBTENCIÓN DE DATOS.....	62
VALIDACIÓN DE SUPUESTOS.....	63
SUPUESTO DE INDEPENDENCIA DE LOS RESIDUOS.....	63
SUPUESTO DE NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS.....	64
SUPUESTO DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS (HOMOCEDASTICIDAD).....	65
5. CAPITULO V.....	69
5. PROPUESTAS.....	69
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ANTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN.....	69
5.2. IMPLEMENTACIÓN SENSOR.....	69
5.3. REGULACIÓN EN PORCENTAJE UTILIZADOS DE LUBRICANTES.....	71
5.4. MANUAL DE BUEN USO DE CORTADORAS C800 – INDURA.....	72
6. CONCLUSIÓN.....	94
7. BIBLIOGRAFÍA.....	95

6. ANEXOS96

Glosario

- Alambión: Es un rollo con acero limpio, de sección circular, superficie lisa, no decapada, que se fabrica en calidades al carbono, conforme a una composición química conocida y que se obtiene al laminar una palanquilla.
- Axisimétrica: Correspondencia exacta en la disposición regular de las partes de un cuerpo o figura con relación a un centro o eje.
- Cadena de Valor: Modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial generando valor al cliente final
- Dureza: Oposición que ofrecen los materiales a alteraciones físicas como la penetración, la abrasión y el rayado.
- Electrodo: Es un conductor eléctrico utilizado para soldaduras
- Enredas: Corte inesperado de alambre que genera pérdidas del mismo, bloqueo de las cortadoras, por tanto, ineficiencia en la producción.
- Error aleatorio: Es la variabilidad observada que no se puede explicar por los factores estudiados; resulta del pequeño efecto de los factores no estudiados y del error experimental.
- Error experimental: Componente del error aleatorio que refleja los errores del experimentador en la planeación y ejecución del experimento.
- Excentricidad: Parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica con respecto a una circunferencia.
- Factor: son las variables independientes que pueden influir en la variabilidad de la variable de interés.
- Homogeneizar: Transformar en homogénea una cosa compuesta de elementos diversos.
- Materias primas: materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.
- Niveles Los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental
- Reología: Parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir.
- Tarro: Recipiente utilizado para depositar la mezcla particular de materias primas para cada electrodo en particular.
- Tratamiento es una combinación específica de los niveles de los factores en estudio. Son, por tanto, las condiciones experimentales que se desean comparar en el experimento. En un diseño con un único factor son los distintos niveles del factor y en un diseño con varios factores son las distintas combinaciones de niveles de los factores.
- Unidad experimental: Pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado de la prueba.
- Variable respuesta: A través de esta(s) variable(s) se conoce el efecto o los resultados de cada prueba experimental.

Lista de Figuras

Figura 2.1 Flujo general del Proceso	14
Figura 2.2 Diagrama global de procesos para la producción de electrodos	15
Figura 2.3 Diagrama ruta de los polvos.....	16
Figura 2.4 Pesa de materias primas.....	17
Figura 2.5 Mezcladora para la homogenización de Polvos-Agua-Silicato de sodio.....	18
Figura 2.6 Formación de panes de revestimiento.....	19
Figura 2.7 Diagrama Ruta del Alambrón.....	20
Figura 2.8 Alambrones en espera de su ingreso en Trefilación.....	21
Figura 2.9 Máquina Trefiladora utilizada por INDURA.....	22
Figura 2.10 Máquina cortadora Curto Indura.....	23
Figura 2.11 Diagrama Unión de ambas Rutas Polvos y Alambrón.....	24
Figura 2.12 Zona de prensas extrusoras.....	25
Figura 2.13 Horno de secado ETC.....	26
Figura 2.14 Línea de envasado ETC.....	27
Figura 2.15 Retiro de muestras para pruebas mecánicas.....	28
Figura 2.16 Mapa de la cadena de valor	32
Figura 3.1 Clasificación de experimentos.....	56
Figura 5.1 Ejemplos de enredas.....	69
Figura 5.2 Ubicación del sensor en la cortadora Indura.....	70
Figura 5.3 Tablero de control sensor	71

Lista de Tablas

Tabla 2.1 Familia de productos	29
Tabla 2.2 Tiempos de jornada laboral	30
Tabla 2.3 Información proceso productivo	31
Tabla 2.4 Categorización de detenciones para ambas máquinas cortadoras	35
Tabla 2.5 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Cambio de pieza”	36
Tabla 2.6 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Actividad extra programática”	36
Tabla 2.7 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falla eléctrica”	36
Tabla 2.8 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falla eléctrica”	36
Tabla 2.9 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falta de Carros”	37
Tabla 2.10 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Regulación pieza”	37
Tabla 2.11 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falla mecánica”	37
Tabla 2.12 Frecuencia por tipo de detención en cortadora Indura	38
Tabla 2.13 Frecuencia por tipo de detención en cortadora C800	39
Tabla 3.1 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo	52
Tabla 3.2 Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo	52
Tabla 3.3 Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario	53
Tabla 4.1 AMEF proceso trefilación	59
Tabla 4.2 AMEF proceso corte	60
Tabla 4.3 Porcentaje en volumen	62
Tabla 4.4 Resultado de ANOVA	66
Tabla 4.5 Tabla de ANOVA	67
Tabla 4.6 Comparaciones en parejas de Tukey	68
Tabla 5.1 Comparativa Implementación sensor	70
Tabla 5.2 Implementación de la recomendación	72

Lista de Gráficas.

Gráfica 2.1 Ventas de electrodos en el periodo 2010 – 2014.....	30
Gráfica 2.2 Diagrama de Pareto Número de detenciones cortadura Indura	39
Gráfica 2.3 Diagrama de Pareto cortadora C800.	40
Gráfica 2.4 Promedio diario de enredas cortadora Indura y C800.	41
Gráfica 2.5 Promedio de Kg diarios perdidos a causa de enredas.....	41
Gráfica 2.6 Promedio diario de Costo de no calidad a causa de las detenciones por enreda.....	42
Gráfica 2.7 Tiempo perdido por cada detención durante el tiempo de estudio (6 meses)	43
Gráfica 2.8 Costo de no calidad por cada categoría de Falla mecánica.	44
Gráfica 2.9 Detención mensual por cada ítem de la categoría Falla mecánica.	45
Gráfica 2.10 Costo de no calidad por cada ítem de la categoría Falla mecánica.	45
Gráfica 2.11 Promedio de disponibilidad diaria para ambas cortadoras.	46
Gráfica 2.12 Promedio diario de kg producidos cortadoras Indura y C800	47
Gráfica 4.1 Residuos vs Orden	63

Resumen ejecutivo

Se pudo establecer que los principales problemas que afectan a la producción de alambre para electrodo están relacionados con la dosificación de los lubricantes utilizados en la zona de Trefilación, etapa antecesora a la de corte y a la falta de un instructivo estándar de trabajo en las cortadoras a modo de operar en forma segura, eficiente y amigable con el medio ambiente.

La aplicación de una AMEF permitió identificar las causas críticas presentes en la operación tanto del área de Trefilación como de Corte. La principal variable a estudiar y controlar fueron los lubricantes que se están utilizando en el proceso de Trefilación, pues la falta aparente de control en sus dosificaciones podría ser la causa principal de la baja disponibilidad de las máquinas cortadoras producto de las enredas múltiples durante su jornada laboral.

Utilizando el diseño completamente al azar y ANOVA se pudo determinar la influencia en la generación de enredas en las máquinas de corte en base a distintas dosificaciones para los lubricantes utilizados, logrando determinar la cantidad óptima para cada uno de ellos disminuyendo en un 50% la cantidad de enredas por cada jornada laboral.

Adicionalmente se logró implementar un dispositivo de seguridad (sensor) que permite detectar la ausencia de alambre en corte y detener el funcionamiento del equipo para evitar enredas masivas y detenciones prolongadas en el proceso. Como dispositivo Pokeyoque, permitió estandarizar la complejidad de las enredas solo al tiempo de parada de 7 segundos por máquina logrando disminuir la duración de las detenciones por enreda en un 57%.

Finalmente se desarrolló un instructivo de trabajo que servirá de guía operacional diaria para los trabajadores a modo de desarrollar un trabajo seguro y efectivo, que junto a las otras soluciones permitiría una mayor eficiencia en la línea de corte.

Introducción.

INDURA es una empresa del grupo Air Products, una de las principales compañías de gases industriales a nivel mundial, con más de 70 años de historia, presencia en más de 50 países y con más de 20.000 trabajadores. Se dedica a la producción, comercialización y desarrollo de soluciones con gases y soldaduras. INDURA, es el principal productor de gases y soldaduras en Chile. A lo largo de los años, ha sabido obtener una ventaja competitiva clara frente a sus competidores, a través de la oferta integral de servicios para diferentes industrias, lo que se refleja en el 46% de participación de mercado que presenta.

Para sus operaciones en Chile, INDURA posee ocho plantas de producción de gases del aire (II, V, VI, VIII y X Región), dos plantas de dióxido de carbono (Región Metropolitana y VIII Región), una de óxido nitroso (RM) y tres de acetileno (RM, II y VII Región) y 20 plantas de envasado de gases comprimidos a lo largo del país. Asimismo, cuenta con una planta de electrodos y una de soldaduras continuas en la RM donde se desarrolló el presente trabajo.

Los ingresos por soldadura se consideraban un commodity por INDURA, visión que cambió a inicios del año 2017, donde los nuevos dueños, el grupo Air Products estableció nuevos lineamientos corporativos al darse cuenta del potencial de esta área a nivel latinoamericano proponiendo una meta de 2 millones de dólares como beneficio neto. Esto implica elevar los niveles de eficiencia y calidad de los procesos en la sección de soldadura al mismo estándar que maneja Air Products sobre los procesos relacionados al aire, siendo este el objetivo del presente trabajo.

Capítulo I

1. Descripción de la Empresa.

Identificación del negocio

INDURA, es una empresa con 65 años de experiencia en la producción, comercialización y desarrollo de soluciones con gases y soldaduras, con más de 2.500 trabajadores corporativos. La empresa posee un profundo conocimiento de cada mercado en que está presente y contribuye en forma activa al desarrollo de las empresas con las que trabaja, gracias a la entrega de soluciones integrales con gases y soldaduras a la medida de los clientes, las que complementa con un completo mix de productos y servicios asociados al uso de los mismos. Al mismo tiempo, Indura se caracteriza por adoptar las mejores prácticas y los más altos estándares internacionales en sus procesos, productos y servicios, manteniendo un permanente cuidado por el medio ambiente, la seguridad y salud de sus trabajadores, colaboradores y clientes.

Su historia

INDURA, nació en Chile en 1948 para satisfacer las necesidades de un incipiente sector metalmecánico. Trece años más tarde, con el objetivo de ampliar su oferta de productos se creó la primera planta de gases criogénicos para la producción de oxígeno, acetileno y nitrógeno.

A partir de esta sólida base, INDURA se abrió al mundo ingresando a los mercados de Ecuador, Perú, Argentina, México y Colombia. Asimismo, mediante un efectivo canal de distribución de soldaduras, Indura está presente en Estados Unidos, Venezuela y Centroamérica.

Sin duda, la clave del crecimiento ha sido el modelo de negocios implementado, el que centra su oferta de productos y servicios en el cliente. Esto le ha permitido obtener una clara diferenciación y fuerte liderazgo en los nueve mercados en los que participa:

- Metalmecánico – Procesos industriales
- Acuícola – Vitivinícola
- Alimentos – Salud
- Seguridad industrial – Científico

Otro factor que ha influido en estos logros, es la implementación de tecnología, lo que ha sido una constante en la historia de la empresa. A partir de esto, los clientes han podido aumentar la rentabilidad de sus negocios, mejorar la calidad de sus productos y velar por el manejo seguro de gases y soldaduras.

Infraestructura y cobertura.

INDURA, es hoy parte del grupo de empresas de la estadounidense Air Products, una de las principales compañías de gases industriales a nivel mundial, con 72 años de historia, presencia en más de 50 países y con más de 20.000 trabajadores. Se fortalece el conocimiento y respaldo de Indura., tiene como principales beneficiados a sus actuales y potenciales clientes.

Especificación del negocio.

a) Visión.

“Ser líderes en el mercado Latinoamericano en la entrega de soluciones tecnológicas integrales a otras industrias, principalmente con gases, soldaduras y seguridad industrial”

b) Misión.

“Somos una corporación internacional que entrega soluciones tecnológicas integrales, principalmente asociadas al uso de gases y soldaduras, y para la seguridad de las personas. Somos un eje de desarrollo para otras industrias, a través de la innovación y generación de valor hacia nuestros clientes y trabajadores. Nos focalizamos en la eficiencia y la rentabilidad que asegure nuestro crecimiento y posicionamiento en los países donde operamos”.

Indura en Chile.

INDURA, es el principal productor de gases y soldaduras en Chile y con los años la empresa ha sabido obtener una ventaja competitiva clara frente a sus competidores, a través de la oferta integral de servicios para diferentes industrias, lo que se refleja en el 46% de participación de mercado que presenta. Dentro de los principales competidores en este mercado están Linde-Agá y Air Liquide.

En el país, los productos y servicios de Indura están dirigidos a los segmentos de metalmecánica, salud, seguridad y procesos, siendo el área metalmecánica, la más relevante en términos de contribución a las ventas, representando prácticamente la mitad de los ingresos, y mayor margen. Indura extendió sus operaciones en Chile al área de seguridad industrial a través de la adquisición de Garmendía, empresa fabricante y comercializadora de artículos de seguridad. Este segmento ha enfrentado una mayor competencia el último tiempo.

Para sus operaciones en Chile, Indura posee ocho plantas de producción de gases del aire (II, V, VI, VIII y X Región), dos plantas de dióxido de carbono (Región Metropolitana y VIII Región), una de óxido nitroso (RM) y tres de acetileno (RM, II y VII Región) y 20 plantas de envasado de gases comprimidos a lo largo del país. Asimismo, cuenta con una planta de electrodos y una de soldaduras continuas en la RM.

Capítulo II

2. Situación actual.

2.1. Introducción al proceso de fabricación.

La Planta de Electroodos cuenta con 14 áreas de trabajo en las cuales tiene 75 trabajadores distribuidos de la siguiente forma:

- Personal Administrativo 4.
- Operarios 71 distribuidos en dos turnos.

La jornada laboral es de 8 horas diarias en 2 turnos de lunes a sábado, siendo este último día trabajado en turnos de 5 horas.

Se muestra en la figura 2.1 un plano general del proceso, comenzando con la adquisición de materias primas en formato de polvos y alambres, siendo almacenados en la bodega. Ambas entradas continúan procesos distintos para unirse finalmente en las prensas extrusoras.

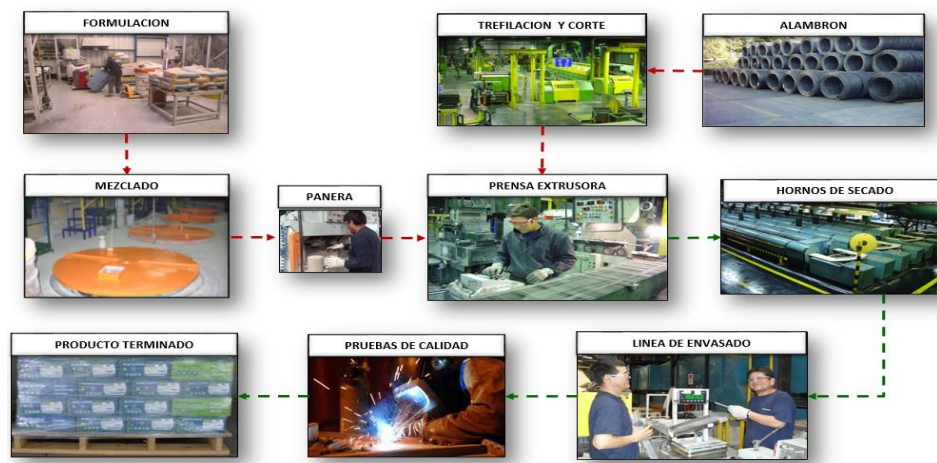


Figura 2.1 Flujo general del Proceso.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2.2, se muestra el proceso de producción actual. Se explicará en su totalidad siguiendo el camino de ambas entradas, desde la compra de “Materias primas” y “Alambrón” continuando con la unión de ambas para la confección final del electrodo.

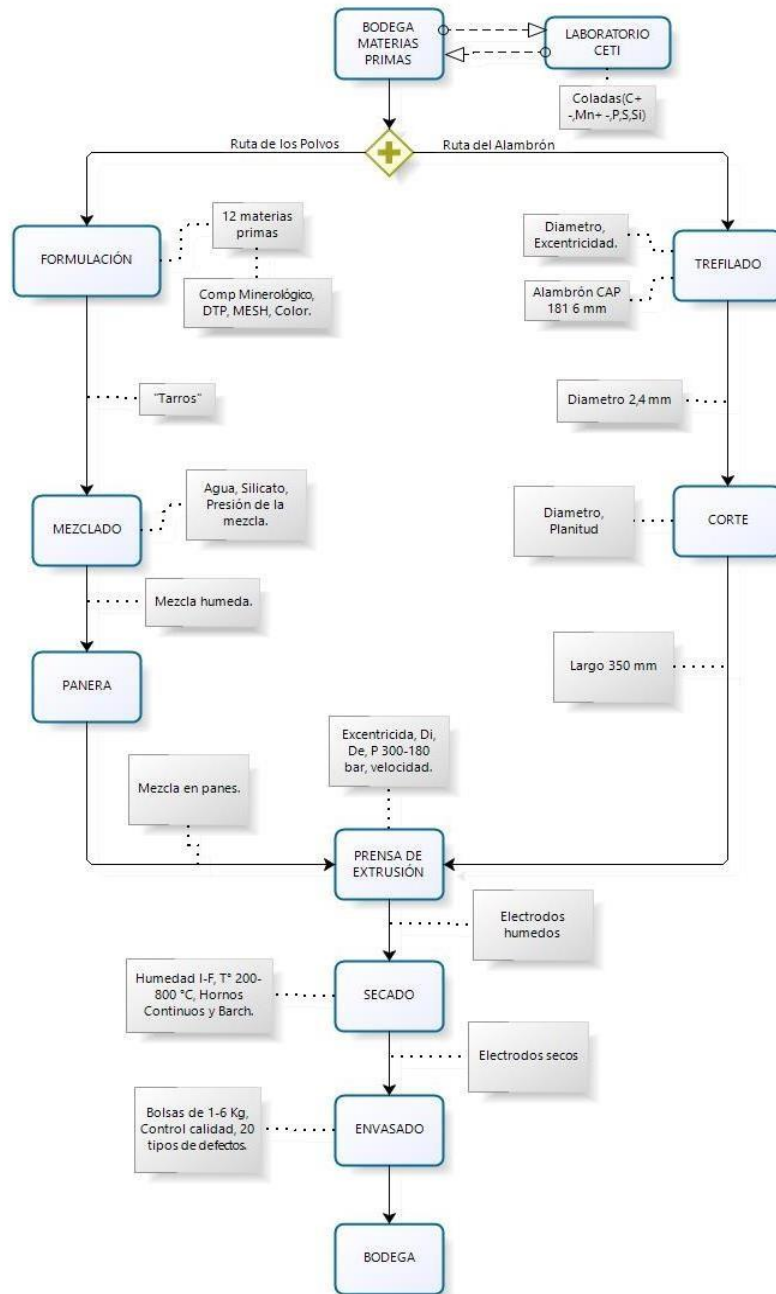


Figura 2.2 Diagrama global de procesos para la producción de electrodos.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2. Ruta de los Polvos.

La ruta contempla los procesos que siguen los elementos químicos denominados “polvos” necesarios para el revestimiento de los electrodos hasta la unión en las prensadoras extrusoras con los alambres como se muestra en la figura 2.3. A continuación, se describe cada uno de los procesos señalados.



Figura 2.3 Diagrama ruta de los polvos.

Fuente: Elaboración Propia

Formulación.

Desde Administración se inicia el proceso de formulación. El encargado recibe una orden de trabajo (OT), donde figuran las distintas materias primas a utilizar, según la fórmula existente por variedad de electros, teniendo que pesar cada elemento e ingresarlo por capa en un tambor que denominan “Tarro”. Es enviado al siguiente proceso de mezclado con una

etiqueta rotulada en la que se especifica fórmula, peso del tarro, OT de fabricación, fecha , etc. Cabe mencionar que el operador en “Formulación” solo debe juntar los distintos polvos y no mezclarlos.

Se utilizan 12 elementos químicos, entre ellos Mn, Si, P, S, Cr, Ni, Mo denominados “Polvos”, como también cuarzo, arcilla, caolín, feldespato, mica, talco y yeso para fabricar 400 tipos de electrodos. Se requieren ciertas características que deben cumplir los polvos que repercutirán en la porosidad del electrodo, como la distribución de tamaño de partículas medida en mesh, el porcentaje de composición mineralógica y el color son importantes ya que si el recubrimiento queda muy fino, sus partículas se encuentran muy compactadas, y junto a la presión de la prensa extrusora costaría mucho eliminar el agua en su interior. Por otro lado, si la porosidad es mayor, el recubrimiento, ante una caída o mala manipulación se desprende, siendo causa de devolución por parte de los clientes. Se muestra en la Figura 2.4, la pesa de materias primas utilizada en el área de formulación.



Figura 2.4 Pesa de materias primas.

Fuente: Elaboración propia.

Mezclado.

Se procede a verter los polvos en la máquina mezcladora aproximadamente por 15 minutos para homogeneizar la mezcla en seco. Posteriormente el operario agrega agua y silicato de sodio o potasio en cantidades acordes a la formulación del tipo de electrodo a fabricar continuando con la mezcla por otros 10 minutos, esta vez en húmedo. Se continúa por otros 15

minutos hasta formar una pasta que adquiere la consistencia de un terrón y tiene la presión necesaria para la extrusión. Se extrae una muestra del terrón para medir su comportamiento reológico, se ingresa al interior de un cilindro donde en su boquilla de salida se encuentra un dado con el diámetro del electrodo a producir. Posterior, un pistón hidráulico comienza a ejercer una fuerza sobre el cilindro, generándose una presión de extrusión. El operador deberá verificar la consistencia de salida del terrón desde el cilindro. Por tanto, si el terrón sale muy duro, el operador tendrá que agregar agua en la mezcladora para lograr bajar la presión. Por el contrario, si el terrón se encuentra muy fluido, tendrá que agregar más polvos de la formulación para aumentar su dureza y su presión de extrusión. Cada tipo de revestimiento tiene una presión ideal de extrusión la que se encuentra especificada en la formulación del tipo de electrodo a producir. Cabe destacar que el silicato, una vez la mezcladora detiene su movimiento, comienza a endurecerse, por lo que es vital trasladar rápidamente a los terrones hacia la panera, para luego alimentar a las prensas extrusoras. Se muestra en la Figura 2.5, tipo de mezcladora utilizada.



Figura 2.5 Mezcladora para la homogenización de Polvos-Agua-Silicato de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

Panera.

Este equipo es operado por un trabajador quien es el encargado de recibir el revestimiento cuando está listo y es entregado por el área de mezclado, este revestimiento es depositado en un carro el cual a través de un teclé es elevado hasta la parte más alta de la panera para luego vaciarlo dentro de ella. Una vez que el revestimiento está en la panera el operador llena dos cilindros que tienen la medida de la camisa de extrusión de las Prensas

ETC, cuando estos cilindros están llenos bajan dos pistones que se encargan de prensar la pasta para conformar una masa compacta, estos cilindros de pasta también llamados panes, son entregados en las prensas extrusoras para que los operarios comiencen la fabricación de los electrodos revestidos.

Se muestra en la Figura 2.6, un pan recién confeccionado, que se recubrirá con una bolsa para evitar modificar su presión debido a la temperatura ambiente.



Figura 2.6 Formación de panes de revestimiento.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.Ruta del Alambrón.

La ruta contempla los procesos desde la compra del Alambrón, materia prima indispensable, que permite obtener el alambre necesario para la fabricación de electrodos, hasta la unión con los polvos en las prensadoras extrusoras, como se muestra en la figura 2.7. A continuación, se detalla cada uno de los procesos de la ruta.



Figura 2.7 Diagrama Ruta del Alambrón.

Fuente: Elaboración propia.

Adquisición de Alambrón.

El proceso de fabricación de electrodos en la planta de Indura comienza con la llegada del Alambrón, producto de sección circular, superficie lisa, no decapada, que se fabrica en calidades al carbono, conforme a una composición química conocida y que se obtiene al laminar una palanquilla. Se realiza la compra en CAP y se envían muestras denominadas “coladas” hacia el laboratorio mecánico CETI, donde se mide la cantidad de C⁺⁻, Mn⁺⁻, P, Si y S. Posterior al análisis se genera el certificado aprobando la composición química de la colada.

En la figura 2.8 se muestran alambrones almacenados en la bodega de materias primas.



Figura 2.8 Alambrones en espera de su ingreso en Trefilación.

Fuente: Elaboración propia.

Trefilación.

El proceso consiste en la reducción del diámetro del alambón desde 6 mm a de 2.4 mm (85% de la producción) y de 3,2 mm, dejando una apariencia superficial mejorada. Se controla la excentricidad del alambre, de forma que sea perfectamente circular, por tanto, el trefilado del alambre se hace reduciendo de forma asimétrica el diámetro al pasarlo a través de una hilera cónica mediante tracción. Las hileras se mantienen en constante movimiento de giro mientras el alambre pasa por su centro.

En la figura 2.9, se muestra la maquinaria encargada del proceso de Trefilado.



Figura 2.9 Máquina Trefiladora utilizada por INDURA.

Fuente: Elaboración Propia.

Corte.

El alambre es alimentado a la máquina cortadora a través de un alimentador principal y auxiliar, el cuál cumple labores de apoyo. Por tanto, existe una pista por la que circula el alambre desde el auxiliar hacia la entrada de la zona de corte. Posteriormente, por medio del principal con cuatro pares de ruedas de avances, el alambre es alimentado a la máquina cortadora.

En este proceso se debe controlar que el diámetro, la excentricidad y la planitud del alambre sean correctos, mediante la extracción de una muestra, la que debe rodar sobre una superficie de mármol, de lo contrario significa que el alambre se encuentra arqueado. Se verifica el largo, en variedades 300, 350, 450 milímetros, siendo el segundo el de mayor producción (85% de la producción). Los alambres cortados se acumulan en carros de 900kg de capacidad.

Las Líneas de corte analizadas en el presente trabajo serán la Curto800 y Curto600 o también llamada Indura (Figura 2.10). Ambas cortadoras tienen una capacidad de 800 alambres por minuto.



Figura 2.10 Máquina cortadora Curto Indura.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.Unión de ambas Rutas Polvos y Alambrón.

En esta etapa, ambas materias primas tanto los Polvos en formato de Panes como los Alambrones ya como alambre cortado, se unen para la conformación de los electrodos siguiendo los procesos como se aprecia en la figura 2.11. A continuación, se detalla cada uno de los procesos de la ruta.



Figura 2.11 Diagrama Unión de ambas Rutas Polvos y Alambrón
Fuente: Elaboración propia.

Prensas.

En esta etapa se deben tomar en cuenta; la excentricidad del núcleo respecto al recubrimiento, de forma que el eje quede totalmente centrado; las presiones de extrusión, 300 o 400 bar según la prensa en la que se trabaje; la velocidad de extrusión y densidad de la pasta. Es importante trabajar rápido ya que el silicato se endurece con el tiempo.

En esta etapa se unen los panes con los alambres con el diámetro y largo requerido para la variedad del electrodo a producir.

Tanto los alambres como los panes llegan hacia la prensa mediante carros. Los alambres son depositados en la parte alta de la prensa en un receptáculo para que caigan por gravedad hacia la guía de la prensa, en tanto los panes son ingresados manualmente por el operario en la medida que el recubrimiento se agotó. De esta forma los alambres comienzan a moverse al

mismo tiempo que la prensa extrusora genera presión sobre los panes logrando revestirlos con la formulación. Los electrodos ya con el revestimiento continúan hacia la zona de cepillado, donde según el electrodo a producir quedarán con un cepillado fino o grueso. Posteriormente pasan al proceso de secado. Figura 2.12, se muestra zona de prensa extrusora de fabricación de electrodos revestidos.



Figura 2.12 Zona de prensas extrusoras.

Fuente: Elaboración propia.

Hornos

Lo que se busca en esta etapa es retirar el agua que en el proceso de mezclado se agregó, para esto existe 2 tipos de hornos, el Continuo y el Barh. Los electrodos ingresan con un 20% de humedad y al terminar el proceso deben quedar con un 4% - 2% de humedad. El agua se debe eliminar de forma gradual, por tal motivo, el horno Continuo aproximadamente de 200 mt, se encuentra dividido en 5 pases de 50 mt donde se incrementa en forma gradual la temperatura hasta llegar como máximo a 200°C, en la parte final bajo la correa transportadora unos ventiladores enfrían gradualmente a los electrodos. Aproximadamente 20 minutos demoran los electrodos en recorrer la totalidad del horno. En el caso de electrodos finos de bajo hidrógeno, continúan hacia el horno Barh y se dejan ahí a una temperatura máxima de 800°C por 8 hrs consiguiendo eliminar el agua molecular,

quedando el electrodo con una humedad bajo el 1%. En ambos casos luego del paso por los hornos viene la etapa de envasado y control de calidad. Figura 2.13, se muestra la línea de hornos continuos ETC monitorizada en tiempo real mediante cámaras y sensores de temperatura.



Figura 2.13 Horno de secado ETC

Fuente: Elaboración propia.

Línea de envasado y control de calidad.

Los electrodos con la humedad adecuada continúan por la correa transportadora hacia una maquina timbradora automática que imprime el tipo de electrodo y lote. Luego se llenan cajas de forma manual en bolsas de 1 y 6 kg, como también cajas con electrodos a granel a pedido. Los pallets son transportados hasta la bodega de productos terminados.

Posterior al timbraje, el control de calidad verifica 20 tipos de defectos en los electrodos. Entre ellos revisa los largos, quiebres, perdidas de revestimiento, electrodos quebrados, que provocaran que los productos sean retirados y sean llevados a la zona de recuperación de material, de forma de quitar el revestimiento para poder ser usado

nuevamente y en caso de que el alambre se encuentra en condiciones también reciclarlo. Figura 2.14, se muestra el área de timbraje y envasado ETC.



Figura 2.14 Línea de envasado ETC.

Fuente: Elaboración propia.

La inspección final se lleva a cabo durante el proceso de envasado, donde el inspector de calidad en conjunto con el jefe de turno retira muestras aleatorias desde la línea de envasado, y las utiliza como patrón para realizar las distintas pruebas de soldabilidad, mecánicas, de medición, humedad y apariencia, Sí las características de los electrodos cumplen con la especificaciones estipuladas de fabricación, son aprobados para su despacho, de lo contrario los lotes son rechazados o reprocesados.

En la figura 2.15, se muestra el retiro de muestras por parte de los operarios para realizar las pruebas mecánicas finales.



Figura 2.15 Retiro de muestras para pruebas mecánicas.

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas en taller están en función de los siguientes parámetros:

- Estabilidad del arco sin chisporroteo y uniforme.
- Excentricidad, debe estar el núcleo en los parámetros solicitados por especificación.
- Estado de la escoria en apariencia y desprendimiento controlado.
- Sin cortes de arco, asociados a la humedad.

2.5. Definición del problema.

Value Stream Mapping (VSM)

Para contextualizar la situación actual se utilizó una herramienta de Lean Manufacturing llamada Visual Stream Mapping (VSM) que permite el entendimiento del problema y el proceso a través de una representación esquemática del flujo de materiales e información.

Familia de productos

En la tabla del anexo A se muestran los diferentes tipos de electrodos producidos en Indura, clasificados por su aplicación. Cada uno de los tipos de electrodos se fabrican en distintos largos que son 300mm y 350mm, como también en distintos diámetros de núcleo, que pueden ser en 2,0 2,4, 3,0, 3,2, 4,0 y 4,8 mm.

Si bien, todos los electrodos cumplen con el mismo proceso productivo, los electrodos con núcleo de 2,4mm utilizan ciertas maquinarias de la línea de producción y representa el 80% de la producción de Indura, es por esta razón que se ha escogido como familia de productos a estudiar. En la tabla 2.1 se puede apreciar que los electrodos de núcleo de 2,0 y 2,4 mm comparten en su mayoría las maquinarias utilizadas en el proceso productivo. Es por esto que se ha seleccionado como familia de productos para la confección del mapa de la cadena de valor.

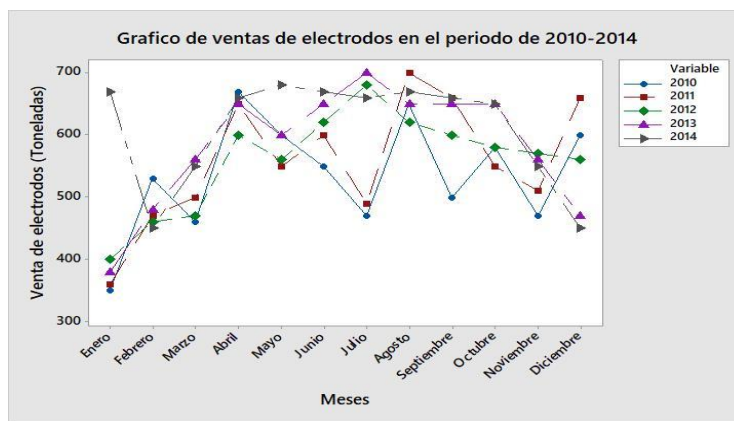
Tabla 2.1 Familia de productos

Maquinaria	Trefiladora 4p		Cortadora			Prensa extrusión				Horno de secado		Mezclador			
	4 pasos	7 pasos	INDURA	Curto 800	M1000	Brenel 1	Brenel 2	ETC 1	ETC 2	Bach	ETC	M1	M2	M3	M4
2	x	x	x	x			x	x	x		x	x			
2,4	x	x	x	x				x	x		x	x	x		
3,0	x	x			x	x		x	x	x	x		x	x	
3,2	x		x		x	x	x			x	x			x	x
4,0	x			x	x	x	x			x	x			x	x
4,8	x			x	x	x	x			x	x			x	x

Fuente: Elaboración propia

Requerimientos del cliente (Ventas)

Para la construcción del mapa de la cadena de valor (VSM) es necesario conocer los requerimientos del cliente, es decir, la cantidad de electrodos que el consumidor está comprando. Según información obtenida del área comercial de Indura S.A. las ventas históricas anuales en el periodo comprendido entre 2010 y 2014, de electrodos expresados en toneladas, se muestran en la gráfica 2.1.



Gráfica 2.1 Ventas de electrodos en el periodo 2010 – 2014

Fuente: Indura

Tiempo disponible

Las jornadas laborales son de lunes a sábado y cuentan con 2 turnos de 8 horas cada uno con una colación de 30 min y una pausa de 15 min para que los operarios realicen gimnasia. En la tabla 2.2 se puede observar que el tiempo disponible es de 14,5 horas.

Tabla 2.2 Tiempos de jornada laboral

Jornada laboral	Duración (horas)	Cantidad	Total (horas)
Turnos	8	2	16
Colación	0,5	2	1
Gimnasia de pausa	0,25	2	0,5
Tiempo disponible			14,5

Fuente: Elaboración Propia

Proceso Productivo.

En la tabla 2.3 se muestra información relevante de los procesos para la construcción del mapa de la cadena de valor. Esta se define en conjunto con un equipo de trabajo conformado por operarios, jefe de turno y jefe de planta. La información en cada tabla consta de:

- Número de operarios: Cantidad de trabajadores que operan la máquina.
- Tiempo de ciclo (TC): Tiempo que demora el material en ser procesado, desde que entra hasta que sale del proceso.
- Tiempo de cambio (TCP): Tiempo necesario de preparación para procesar otra medida.
- Disponibilidad: Tiempo en que la maquina se encuentra disponible para realizar el trabajo dentro de la jornada.
- Inventario observado: Cantidad, en días, de inventario a la salida de cada proceso.

Tabla 2.3 Información proceso productivo

	Trefilado	Corte	Prensado	Secado/Envasado	Formulación	Mezclado
Nº operarios	1	1	3	2	2	2
Tiempo de ciclo (min)	67	120	90	25	25	45
Tiempo de cambio (min)	60	30	60	10	25	20
Disponibilidad	80%	53%	75%	82%	100%	85%
Inventario Observado (días)	1,9	0,52	0	0	1	0

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que los procesos productivos son de gran volumen, se utiliza una unidad general para la diagramación del mapa y posterior comparación de estos. Esta unidad correspondo a la fabricación de 1 kg de electrodo, por lo que se realiza la transformación de tiempos de ciclo correspondiente. En la figura 2.16 contiene los resultados.

Esta información previa es necesaria para la construcción del mapa de la cadena de valor. A continuación se muestra el mapa confeccionado a modo de herramienta visual, con la finalidad de una mejor comprensión de la situación actual del sistema productivo.

Diagrama situación actual

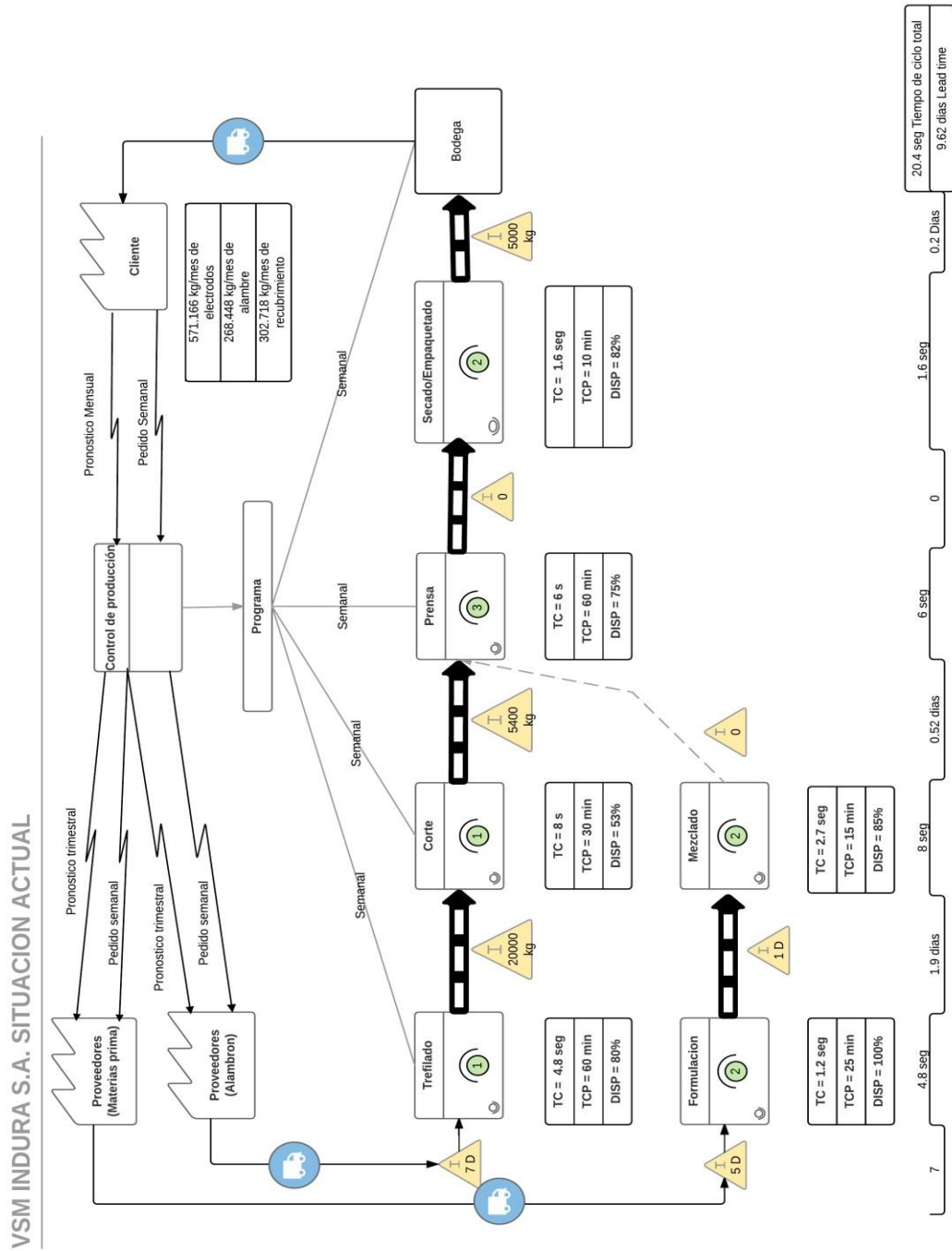


Figura 2.16 Mapa de la cadena de valor

Fuente: Elaboración propia

Análisis VSM

Como se puede observar en la figura 2.16 correspondiente al mapa de la cadena de valor, existen dos flujos de material que se procesan de forma simultánea, para el análisis de la situación actual solo se tomara en cuenta el flujo con la línea de tiempo de entrega (lead time) de mayor valor, esto corresponde a la ruta del alambroón.

El indicador tack time entrega la frecuencia con la que el cliente está adquiriendo el producto, este indicador se calcula con la siguiente formula y es necesario para una posterior comparación con los resultados expuestos en el mapa.

$$Tack\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ por\ dia}{Demanda\ diaria\ del\ cliente}$$

Según los datos en la gráfica 2.1 se puede extraer que la demanda promedio mensual es de 6.854.000 kg lo que se puede traducir a que la demanda diaria corresponde a 23.798 kg/día de electrodos lo que se traduce a 11.185 kg de alambre, debido a que el núcleo representa en promedio el 43% del peso del electrodo.

Según la tabla 2.3 las jornadas laborales para la realización de este proceso operan de la siguiente forma, se trabaja de lunes a sábado con 2 turnos de 8 horas por día, cada turno tiene 2 pausas que constan en colación de 30 minutos y gimnasia de 15 min, esto quiere decir que el tiempo disponible por día es de 52.200 segundos,

Por lo que el indicador tack time será

$$Tack\ time = \frac{52.200\ segundos}{11.185\ kg} = 4.66\ \frac{s}{kg}$$

Comparando el este indicador con los tiempos de procesamiento, se puede observar que la diferencia mayor se encuentra en el proceso de corte, cuyo valor es de 8 segundos. Es en este proceso donde se produce el cuello de botella, además tiene una disponibilidad solo del 53% lo que conlleva a dos efectos negativos, el primero es la aglomeración de productos terminados del proceso anterior, que deben quedar en inventario al no poder ser procesados, el segundo es la subutilización de las maquinarias de prensa, que no cuentan con materia prima para llevar a cabo su función.

Se estudiará de forma particular la maquinaria de corte involucrada en el proceso productivo de electrodos con núcleo de 2.0 y 2.4 mm con el fin de poder determinar las causas de su elevado tiempo de procesamiento y su bajo nivel de disponibilidad, que afectan a la línea de producción produciendo un cuello de botella.

Análisis situación actual máquinas cortadoras Indura y C800.

Para el análisis actual de las cortadora Indura y C800, se realizó un levantamiento de datos desde Mayo hasta Octubre del 2016, a petición de la empresa de modo de representar un año de producción normal. Gracias al levantamiento de datos desde las hojas de producción, logramos obtener la siguiente información:

- Detalles de detención por turno de cada cortadora.
- Tiempos de detención por cada máquina cortadora.
- Producción diaria por cortadora.
- Perdidas al inicio del Corte por cortadora.
- Velocidad Máquina por cortadora.
- Velocidad Enderezador por cortadora.
- Enredas por cortadora.

En base a los datos analizados y de campo obtenidos en reuniones con Jefatura y operarios, se obtuvo:

- Trabajo real por jornada laboral.
- Promedio de tiempo perdido por enreda.
- El tiempo de detención sin considerar enredas, aseo y gimnasia de parada.
- Kilogramos perdidos a causa de las enredas.
- Costo de no calidad a causa de las enredas.
- Costo de no calidad por horas detenidas.
- Categorización mensual de Fallas.
- Categorización por cada Falla y tiempos de detención individual.

Llamaremos **“Costo de no calidad”** a petición de la jefatura de la empresa a las pérdidas detectadas por detención de la máquina independiente de la razón, en cuánto ellos cumplen su meta mensual, por tanto, para ellos no son pérdidas.

Categorizaciones de las detenciones.

En base a los datos obtenidos de los 6 meses analizados, se logró crear una categorización como se detalla en la tabla 2.4 de los distintos tipos de detenciones que están ocurriendo en las máquinas cortadoras Indura y C800.

Tabla 2.4 Categorización de detenciones para ambas máquinas cortadoras.

Cambio de Piezas
Actividad extra-programática
Falla eléctrica
Falta de bobinas
Falla mecánica
Falta de carros
Regulación pieza
Enredas/Corte de alambre

Fuente: Elaboración propia

- a) Cambio de Piezas: Se refiere al cambio de algún componente específico dentro de la máquina de corte.
- b) Actividad extra-programática: Se refiere a las actividades no obligatorias o fortuitas establecidas en el calendario laboral de los operarios que les impide trabajar normalmente.
- c) Falla eléctrica: Se refiere a cualquier tipo de falla de eléctrica en las máquinas de corte.
- d) Falta de bobinas: Se refiere a la falta de alambrones para su procesamiento en la zona de corte.
- e) Falla mecánica: Se refiere a cualquier falla mecánica por desgaste de las piezas o falta de mantención.
- f) Falta de carros: Se refiere a la falta de carros para el almacenamiento de alambre cortado procesado en las máquinas cortadoras.
- g) Regulación pieza: Se refiere a los ajustes manuales que deben hacer los operarios a componentes específicos para el correcto funcionamiento de las máquinas cortadoras.

Se procede a clasificar cada categorización, midiendo su frecuencia y tiempo promedio de detención que causa cada una. De esta forma se observa claramente qué situaciones ocurren por cada ítem de detención y su repercusión económica. Desde la tabla 2.5 hasta la tabla 2.11 se detalla lo anteriormente expuesto.

Tabla 2.5 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Cambio de pieza”.

Cambio de Piezas	Frecuencia Cambio	Tiempo (minutos)
Cuchillo de Corte	1 cada 2 meses	40
Tobera	1 cada 2 meses	40
Bobina	48 cada mes	10
Correas	1 cada mes	10
Eyector	1 cada 6 meses	30
Guía	1 cada 3 meses	30
Tuercas	1 cada 6 meses	30
Enderezador	1 cada 3 meses	480
Caras de los rolletes	1 cada 4 meses	480
Chabetas	1 cada 4 meses	180

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Actividad extra programática”

Actividad extra programática	Frecuencia	Tiempo (minutos)
Reuniones	3 cada mes	60
Capacitaciones	1 cada 6 meses	2400
Trabajos de pintura	1 cada 12 meses	2880

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.7 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falla eléctrica”

Falla eléctrica	Frecuencia	Tiempo (minutos)
Tablero de Control	1 cada 2 meses	60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.8 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falla eléctrica”

Falta de bobinas	Frecuencia	Tiempo (minutos)
Sin inventario	1 cada mes	480

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.9 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falta de Carros”

Falta de Carros	Frecuencia	Tiempo (minutos)
Carros llenos	1 cada 6 meses	960

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.10 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Regulación pieza”

Regulación pieza	Frecuencia Mensual	Tiempo (minutos)
Curva enderezador	2	90
Alambre chueco	4	90
Contrapeso fuera de posición	1	90
Entrada enderezador tapada	3	60
Salida enderezadora tapada	2	60
Alimentador	1	60
Tuerca tensor	1	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.11 Frecuencia y tiempo de detención para cada ítem de la categorización “Falla mecánica”.

Falla mecánica	Frecuencia Mensual	Tiempo (minutos)
Recalentamiento	3	60
Rodamiento quebrado	1	480
Correas	4	20
Eyector	2	60
Guía	5	30
Tuercas	1	30
Enderezador	2	480
Caras rolletes	1	180
Container	1	60
Puerta desbobinador	1	60
Cuchillos	2	40
Filtración de agua	1	960
Corte de pernos	1	40
Tuercas afirma dados	1	30
Sensor defectuoso	115	45

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la base de los datos obtenidos de las categorizaciones (Tabla 2.4), se confeccionó un resumen para cada una de las cortadoras en base a la frecuencia de sus detenciones durante los meses analizados, de forma de detectar cuál es la categorización que causa mayores detenciones y por tanto mayores costos de no calidad para la empresa.

Resumen de categorizaciones Cortadora Indura.

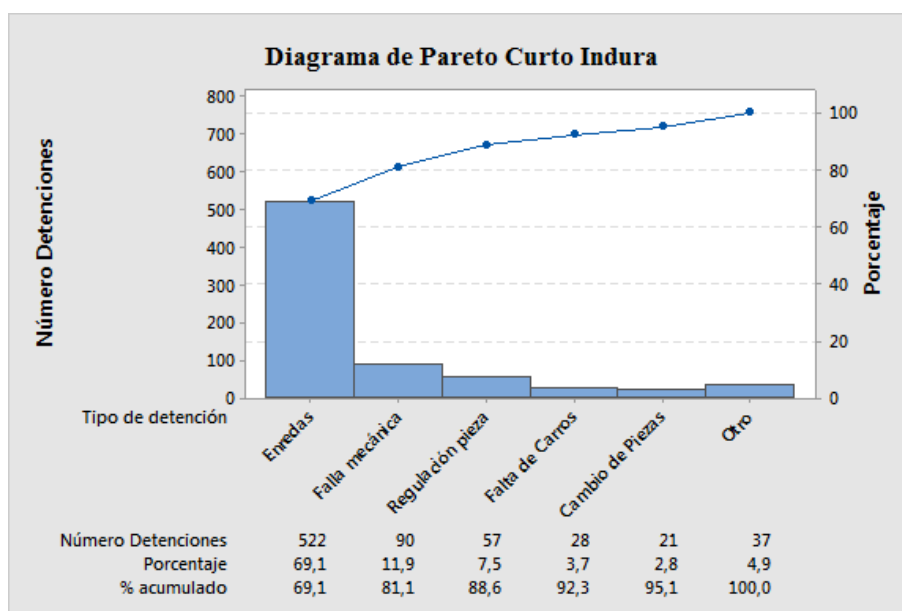
Para obtener este resumen, se registraron las categorizaciones que ocurrieron específicamente en la cortadora Indura durante los 6 meses de análisis. En la tabla 2.12 se detalla lo comentado.

Tabla 2.12 Frecuencia por tipo de detención en cortadora Indura.

Tipo de detención	Número Detenciones	Frecuencia Acumulada
Enredas	522	69%
Falla mecánica	90	82%
Regulación pieza	57	89%
Falta de Carros	28	92%
Cambio de Piezas	21	95%
Actividad extra programática	18	97%
Falta de bobinas	11	99%
Falla eléctrica	8	100%
Total	755	

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la tabla 2.12, se procede a generar un diagrama de Pareto gráfica 2.2, de forma de observar de manera concreta los tipos de detención que más afectan a la máquina de corte Indura, y que por tanto generarían los mayores costos de no calidad en la misma por estar detenida.



Gráfica 2.2 Diagrama de Pareto Número de detenciones cortadura Indura.

Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, se muestra en la gráfica 2.2 que las principales causas actuales de detención en la cortadora Curto Indura son las enredas y las fallas mecánicas, siendo la segunda un síntoma de la mantención correctiva que se aplica actualmente.

Resumen de categorizaciones Cortadora C800.

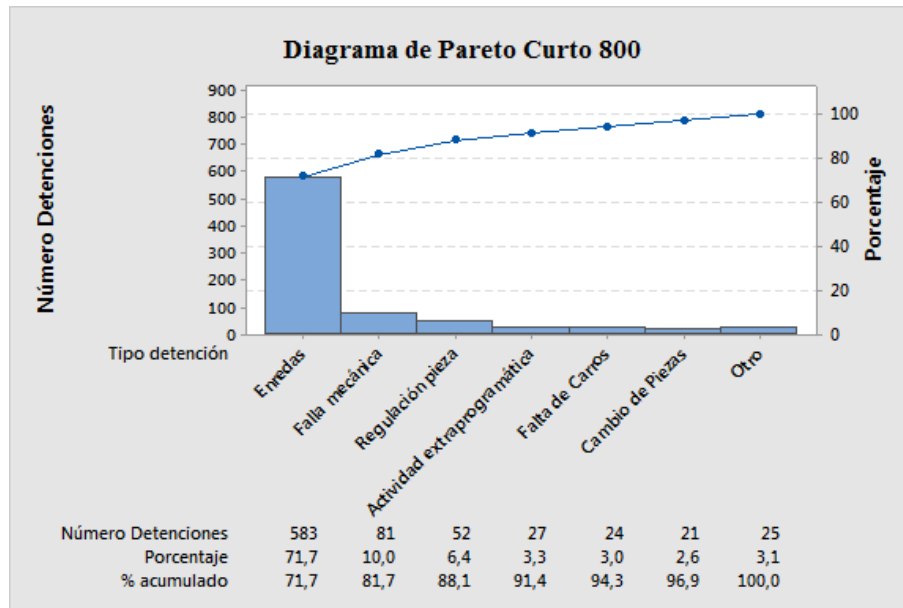
Para obtener este resumen, se registraron las categorizaciones que ocurrieron específicamente en la cortadora C800 durante los 6 meses de análisis. En la tabla 2.13 se detalla lo comentado.

Tabla 2.13 Frecuencia por tipo de detención en cortadora C800.

Tipo detención	Número Detenciones	Frecuencia Acumulada
Enredas	583	72%
Falla mecánica	81	82%
Regulación pieza	52	88%
Actividad extraprogramática	27	91%
Falta de Carros	24	94%
Cambio de Piezas	21	97%
Falta de bobinas	15	99%
Falla eléctrica	10	100%
Total	813	

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la tabla 2.13, se procede a generar un diagrama de Pareto gráfica 2.3, de forma de observar de manera concreta los tipos de detención que más afectan a la máquina de corte C800, y que por tanto generarían los mayores costos de no calidad en la misma por estar detenida.



Gráfica 2.3 Diagrama de Pareto cortadora C800.

Fuente: Elaboración propia.

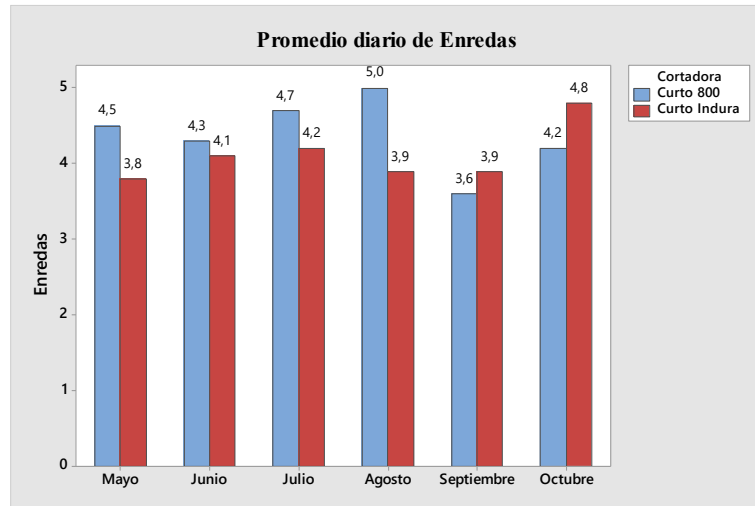
Se muestra en la gráfica 2.3 que las principales causas actuales de detención en la cortadora Curto 800 son a causa de las enredas y de las fallas mecánicas, siendo la segunda un síntoma de la mantención correctiva que se aplica actualmente. No sorprende encontrar resultados similares respecto a la otra máquina cortadora Indura, pues ambas se encuentran en iguales condiciones de operación.

Efectos Indeseados.

Los efectos indeseados generados debido a las 2 causas principales encontradas “Enredas” y “Fallas mecánicas” serán detallados a continuación para cada una de las maquinarias de corte analizadas.

Costo de no calidad de las enredas

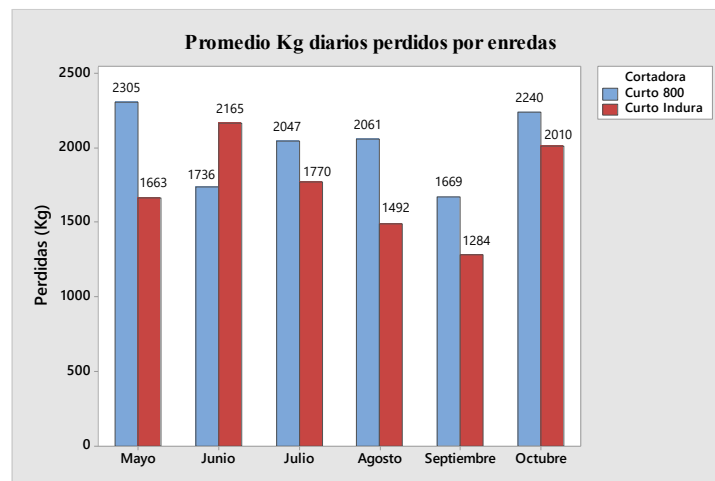
Para obtener el costo de no calidad a causa de las Enredas, en primera instancia se obtiene el promedio de enredas gráfica 2.4, posteriormente los kg diarios de alambre perdidos por ellas gráfica 2.5.



Gráfica 2.4 Promedio diario de enredas cortadora Indura y C800.

Fuente: Elaboración propia.

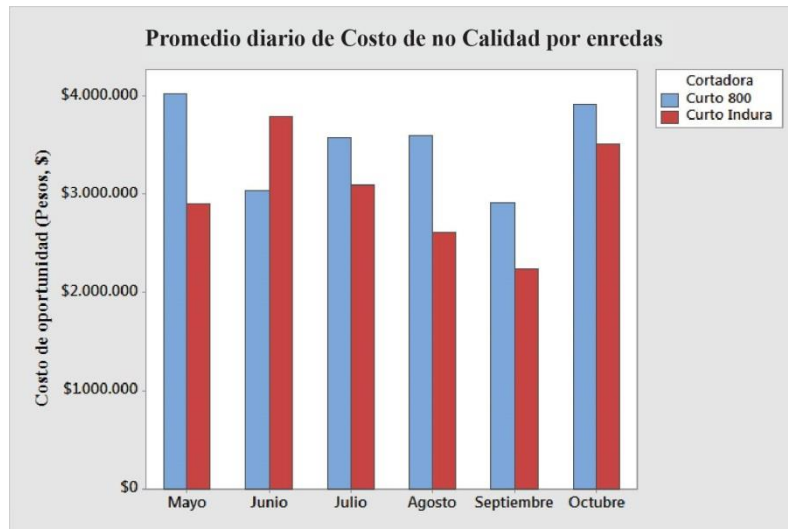
En base a la gráfica 2.4 se observa que la cortadora Indura, tiene un promedio de 4,12 enredas durante el día. Por su parte y de forma muy similar, la cortadora C800 tiene un promedio de 4,36 enredas durante el día.



Gráfica 2.5 Promedio de Kg diarios perdidos a causa de enredas.

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la base de los datos de no calidad, en la gráfica 2.5 se observa que la cortadora Indura, pierde en promedio 1700 kg de alambre diariamente. Por su parte, la cortadora C800 pierde en promedio 2000 kg de alambre durante su jornada laboral.



Gráfica 2.6 Promedio diario de Costo de no calidad a causa de las detenciones por enreda.

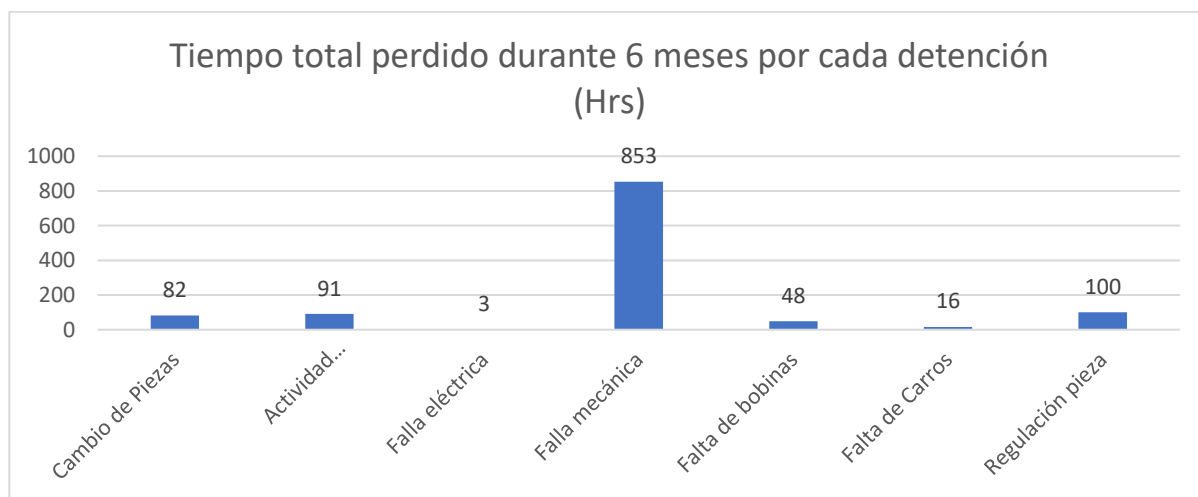
Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 2.6 se observa un costo de no calidad de \$3.000.000 día. Por tanto, \$72.000.000 mensual. Por su parte, en la cortadora C800 se genera un costo de no calidad de \$3.500.000 día. Por tanto, \$84.000.000 mensual. Entre ambas máquinas cortadoras se obtiene un promedio total de \$6.500.000 de costo de no calidad diarios y de \$157.000.000 mensualmente.

Costo de no calidad a causa de las Fallas mecánicas.

Para obtener el costo de no calidad a causa de las fallas mecánicas, se analizó el tiempo total perdido durante el tiempo de estudio (6 meses) por cada detención en promedio tomando en cuenta ambas máquinas cortadoras. Posteriormente se obtuvo el costo de no calidad por cada uno de los tipos de detención dentro de esta categoría (figura 2.8).

Se muestra en la gráfica 2.7, que las fallas mecánicas implican 853 hrs perdidas son la principal causa de la baja disponibilidad en las máquinas de corte dentro del total de categorizaciones clasificadas.



Gráfica 2.7 Tiempo perdido por cada detención durante el tiempo de estudio (6 meses).

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra en la gráfica 2.8 que la categoría Falla Mecánica tiene el mayor impacto en cuanto a costo de no calidad para la empresa, valorizando las horas de detención en \$500.000.000 por perdidas en producción durante el tiempo de estudio de 6 meses.

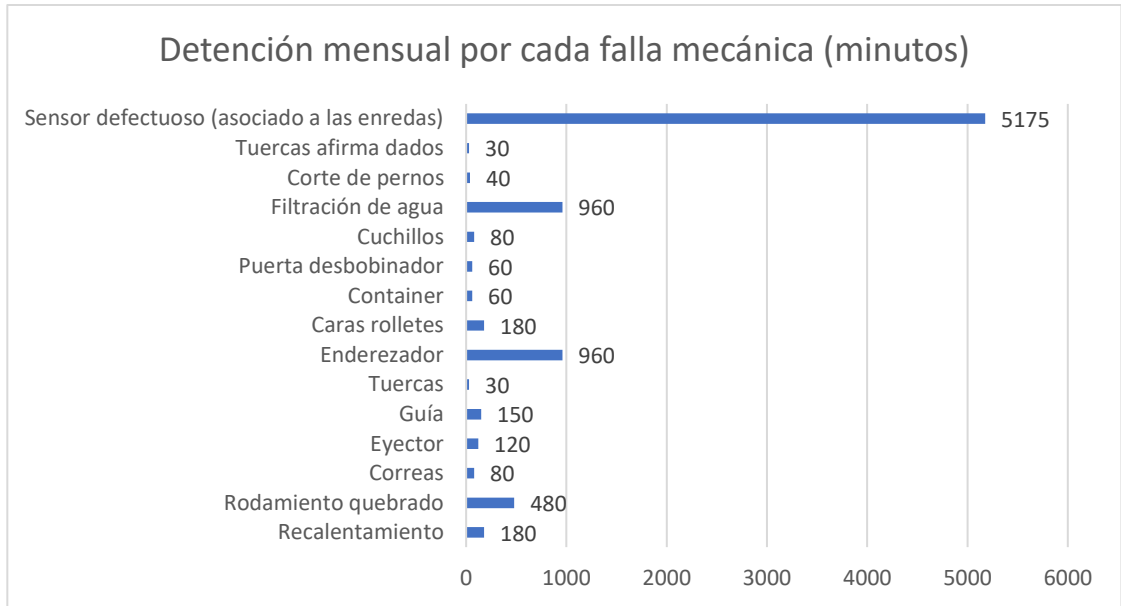


Gráfica 2.8 Costo de no calidad por cada categoría de Falla mecánica.

Fuente: Elaboración propia.

Se evalúa cuáles son los ítems dentro de la categoría Falla mecánica de mayor impacto en los tiempos muertos de operación de las máquinas. Se muestra en la gráfica 2.9, que el ítem de mayor relevancia dentro de la categoría Fallas mecánicas son los sensores defectuosos de parada de emergencia en ambas máquinas de corte, responsable de aproximadamente 87 horas de detención todos los meses, además de estar en directa relación con el nivel de complejidad de las enredas y kilos perdidos.

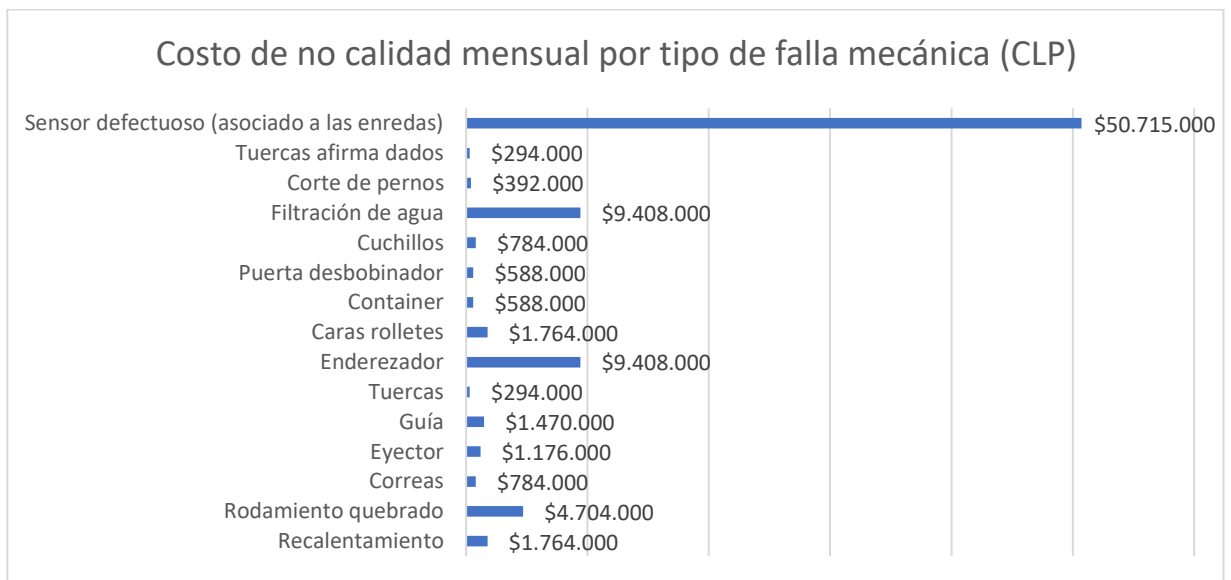
Se desprende de los bajos tiempos en los ítems relacionados a las regulaciones o cambios de piezas, al plan de mantenimiento exclusivamente correctivo que actualmente existe para las máquinas cortadoras.



Gráfica 2.9 Detención mensual por cada ítem de la categoría Falla mecánica.

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 2.10 se muestra el costo de no calidad que tiene el sensor de parada de emergencia, alcanzando los \$50.000.000 mensuales. Por otro lado, filtraciones de agua o fallas en el enderezador están en directa relación al mantenimiento exclusivamente reactivo.

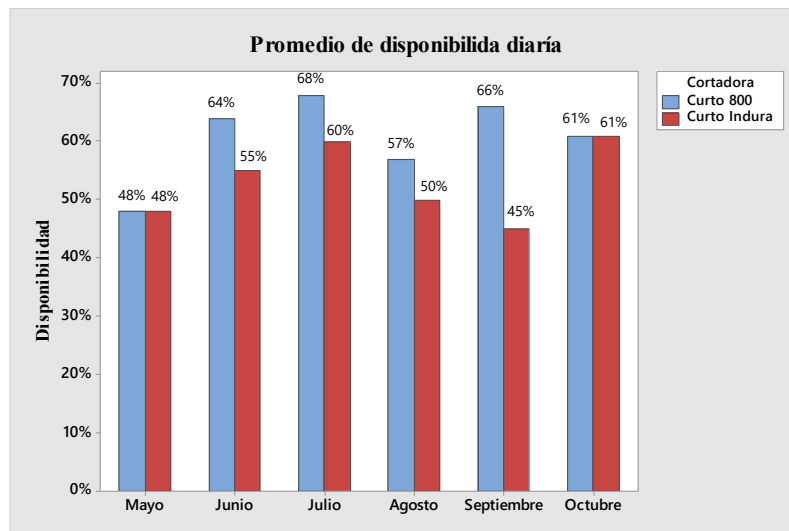


Gráfica 2.10 Costo de no calidad por cada ítem de la categoría Falla mecánica.

Fuente: Elaboración propia.

Baja disponibilidad de las máquinas Indura y C800.

A causa de las enredas y fallas mecánicas, ambas máquinas ven restringido su tiempo de disponibilidad operacional (figura 2.11), que a su vez provoca una merma en los kilos diarios de producción de alambre para electrodos (figura 2.12). Ambos impactos son detallados a continuación.



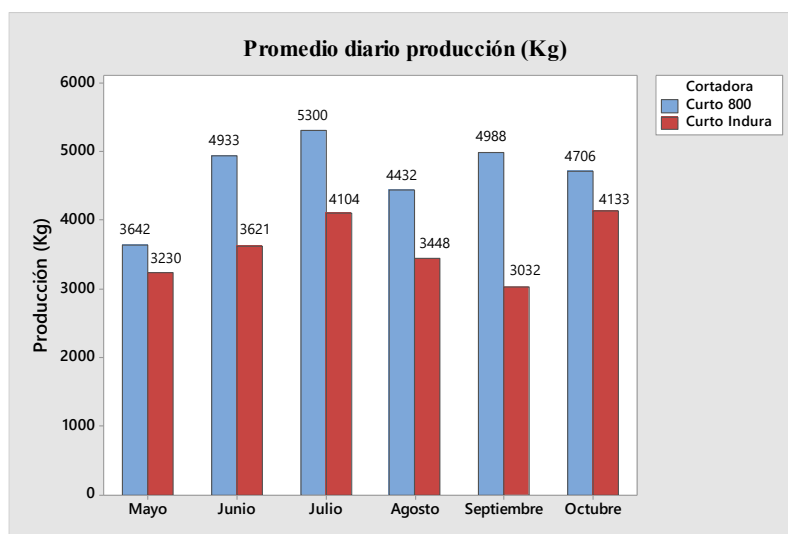
Gráfica 2.11 Promedio de disponibilidad diaria para ambas cortadoras.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica 2.11, en promedio, la disponibilidad es de solo un 53% de la cortadora C600, y un 60% la disponibilidad de la cortadora C800 durante los meses analizados, es decir, poco más de 1 turno de 8 horas han estado operativas individualmente en total por jornada.

Baja Producción en cortadoras Indura y C800.

A causa de las enredas y fallas mecánicas, ambas máquinas ven mermada su producción diaria de kilos de alambre para electrodos. Esto se detalla en la gráfica 2.12.



Gráfica 2.12 Promedio diario de kg producidos cortadoras Indura y C800.

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de producción diario de la cortadora Indura, considerando su capacidad de corte de 800 varillas/minuto, durante los meses analizados fue de 3600 kg de alambres cortados, cifra distante de las 6.4 toneladas diarias que debiera producir. Esto significa que se encuentra en un 44% bajo la producción esperada por jornada, en promedio. Esto implica un costo de no calidad diario de \$5.000.000

Por su parte la Curto800, con igual capacidad de corte de 800 varillas/minuto, durante los meses analizados, el promedio diario fue de 4600 kg de alambres cortados. Esto significa que se encuentra en un 28% bajo la producción diaria esperada en promedio. Esto implica un costo de no calidad diario de \$3.000.000.

Planteamiento del Problema.

La línea cuenta con 2 equipos de corte Indura y C800, que se encargan de realizar los cortes en 2 turnos diarios de 8 hrs 24 días al mes. Los diámetros requeridos por alambre son de 2.4 mm (80% de la producción), con un largo estándar de 350 mm. En base al análisis de la situación actual, se logró cuantificar el alto costo de no calidad, que repercute en la merma producción de kilos de alambre cortados y baja disponibilidad con la que se encuentran funcionando las maquinarias. Se cuantificó un costo de no calidad anual de \$1.800.000.000 millones de pesos. Del mismo modo, se corrobora la baja disponibilidad de las cortadoras, encontrándose ambas en promedio fuera de servicio en un 43% al día. Esto se materializa en un cuello de botella para el siguiente proceso de prensado, pues al encontrarse con un 28% y 44% respectivamente bajo la producción de kg de alambre cortado esperados, las prensadoras de alto procesamiento (1200 varillas/min) quedan con su proceso detenido, por tanto, con una sub-utilización de estas.

2.6.Objetivos.

Objetivo General.

Diseño de un Plan de Mejora Operacional a Línea de corte de alambre, con el propósito de lograr un aumento en la producción de electrodos en INDURA S.A.

Objetivos Específicos.

- Identificar variables claves de la línea de corte y su relación con los efectos indeseados.
- Diseñar plan de mejora operacional en Línea de corte de electrodos.
- Formular un manual de buen uso para las maquinarias del proceso de corte.

CAPITULO III

3. Marco teórico

3.1. Lean Six Sigma

Lean Six Sigma es la combinación de dos metodologías científicas llamadas Lean Manufacturing y Six Sigma, de forma separada, ambas buscan la maximización de la productividad, sin embargo juntas no sólo enfatizan la maximización sino que también la reducción de costos y el mejoramiento de los procesos, y que entrega por resultado una mayor competitividad a las empresas en sus respectivos mercados.

Lean Manufacturing y Six Sigma han sido herramientas de mejora continua que la industria manufacturera ha utilizado por 20 años. La ideología de Lean Manufacturing enfatiza en contar con todas las herramientas y/o maquinarias trabajando en conjunto para crear un sistema de alta calidad que produzca lo que el cliente demande con poco o incluso nada de desperdicios (Shah and war 2007). Mientras que el fundamento de Six Sigma es el análisis estadístico donde el índice más común de medición es defectos por millón de oportunidades, que podrían incluir cualquier forma, desde un componente, una pieza de material hasta asuntos administrativos (Brady and Allen 2005) Además, este fundamento cuenta con una norma ISO 13053: 2011, que consta de dos partes, la metodología DMAIC que describe las fases para la aplicación (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), mientras que la segunda parte describe las herramientas y técnicas a aplicar.

La razón por la que éstas se unieron bajo el nombre de Lean Six Sigma, es que individualmente presentan defectos como, mientras que al trabajar en conjunto se incorporan las mejores técnicas, principios y metodologías de ambas para la mejora continua. Lean Six Sigma busca la reducción de los llamados siete desperdicios de Shigeo Shingo que se pueden definir como todo aquello que es adicional a los mínimos recursos necesarios para la producción de un bien, estos siete desperdicios se reconocen por los siguientes nombres:

- Sobreproducción
- Defectos
- Inventario innecesario
- Procesos inapropiados
- Transporte excesivo
- Tiempo muerto
- Movimiento Innecesario

Al aplicar la metodología Lean Six Sigma se logra minimizar los desperdicios en el proceso a través de herramientas de análisis, incrementar la productividad, mejorar la colaboración y la comunicación entre las distintas áreas de la empresa, identificar oportunidades de mejora y aumentar la competitividad global de la organización y con esto la satisfacción de clientes y consumidores.

3.2. Análisis modal de Fallos y Efectos

Introducción.

El **Análisis del Modo y Efecto de Fallas**, también conocido como **AMEF o FMEA** por sus siglas en inglés (Failure Mode Effect Analysis), nace en Estados Unidos a finales de la década del 40. Esta metodología fue desarrollada por la NASA, se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, en la medida en que determina los efectos de las fallas de estos.

Mediante este procedimiento, se puede identificar fallas en productos, procesos y sistemas, evaluando y clasificando sus efectos, causas y elementos de identificación de forma de evitar su ocurrencia generando un método documentado de prevención. La AMEF aplicada en Procesos, sirve de forma predictiva para detectar las posibles fallas en las etapas de producción, lográndose anticipar a los efectos que puedan ocurrir en las etapas posteriores del proceso.

Definiciones de términos fundamentales del AMEF.

Anterior a la descripción del método, es necesario esclarecer ciertos términos y conceptos fundamentales utilizados en la AMFE descritos en las Notas Técnicas de Prevención 679 (Bestratén M., et al., 2004).

a) **Ciente o usuario.**

En el AMFE, el cliente dependerá de la fase del proceso o ciclo de vida del producto en el que apliquemos el método. La situación más crítica se produce cuando un fallo generado en un proceso productivo repercute en la calidad de un producto no es controlado a tiempo y llega en esas condiciones al último cliente. Siempre se debe responder a las necesidades y requisitos que el cliente solicite, en cuanto marca el objetivo final.

b) **Producto.**

El producto puede ser una pieza, un conjunto de piezas, el producto final obtenido de un proceso o incluso el mismo proceso. Lo importante es poner el límite a lo que se pretende analizar y definir la función esencial a realizar, lo que se denomina identificación del elemento y determinar de qué subconjuntos / subproductos está compuesto el producto.

c) **Seguridad de funcionamiento.**

Se utiliza este concepto con el fin de integrar la conservación, disponibilidad y seguridad a la fiabilidad de respuesta en sus funciones ante posibles riesgos de daños en condiciones normales u ocasionales. Al analizar la seguridad de un producto/proceso, se debe detectar los distintos modos de producirse los fallos, su frecuencia, gravedad y detectabilidad. A continuación, se definen estos conceptos.

d) **Detectabilidad.**

Es un concepto esencial en el AMFE. Si durante un proceso ocurre un fallo, se trata de averiguar cuan probable es el que no se detecte, logrando pasar a etapas posteriores, provocando una serie de problemas y afectando por tanto al cliente. Entre más difícil sea detectar el fallo existente más tiempo requerirá su detección, por tanto, mayores serán sus consecuencias. En la tabla 3.1 se muestra la clasificación según el grado de detección.

Tabla 3.1 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo.

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Fuente: NTP 679 Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

e) Frecuencia.

Mide la ocurrencia de un determinado fallo. Lo que en términos de prevención es llamado la probabilidad de aparición del fallo. Tabla 3.2 muestra el valor asociado a su frecuencia.

Tabla 3.2 Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente: NTP 679 Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

f) Gravedad.

Mide el daño esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente. Se considera el daño máximo esperado, el que también se relaciona a su probabilidad de generación. Tabla 3.3 muestra la clasificación según gravedad.

Tabla 3.3 Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario.

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Fuente: NTP 679 Análisis modal de fallos y efectos. AMFE

g) Índice de Prioridad de Riesgo (IPR).

Se basa en los mismos fundamentos que el método de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T, incorporando el factor de detectabilidad. Por tanto, será el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad. Eso se traduce a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Debe ser calculado para todas las causas de Fallo.

$$\mathbf{IPR = D * G * F}$$

D= Detectabilidad.

G= Gravedad.

F= Frecuencia.

Es importante determinar los puntos críticos del proceso a analizar, para ello se puede recurrir a la observación directa realizada por el grupo de trabajo, brainstorming, VSM, etc. El análisis dependerá de la composición del grupo y de su cualificación, del tipo de producto a analizar y del tiempo hábil disponible. No se establece un criterio de clasificación para el índice

IPR, no obstante un índice inferior a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuyera a mejorar aspectos de calidad del productor o proceso.

Es vital que aunque el ordenamiento que entrega el índice IPR otorga una ventana inicial de escala de importancia para las causas de modo de fallo, es la reflexión detenida de los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisión final para la acción preventiva.

h) Acción correctora.

Se debe mirar desde el punto de vista de la eficiencia del proceso y la minimización de costos de todo tipo, es recomendable reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que dedicar recursos a la detección de fallos. No obstante, la gravedad de las consecuencias del modo de fallo deberá ser el factor determinante del índice IPR.

Metodología AMEF.

Los siguientes son los pasos establecidos por la metodología:

- 1) Desarrollar un mapa del proceso (Representación gráfica de las operaciones).
- 2) Formar un equipo de trabajo (Team Kaizen), documentar el proceso, el producto, etc.
- 3) Determinar los pasos críticos del proceso.
- 4) Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
- 5) Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
- 6) Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
- 7) Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
- 8) Proponer acciones preventivas, correctivas o de mejora.

Al concretar cada uno de los pasos anteriormente expuestos se materializa la matriz AMFE y la aplicación de las listas de chequeo con los requerimientos de la metodología de Análisis del Modo y Efecto de Fallas.

3.3. Diseño de experimento factorial.

El diseño estadístico de experimentos es la forma más eficaz de hacer pruebas. Consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa forma dilucidar los elementos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

- Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.
- Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
- Determinar los factores de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
- Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
- Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
- Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales.
- Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.
- Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales.

También conocido como Diseño factorial, consiste en realizar una serie o conjunto de pruebas planeadas adecuadamente, con el principal objetivo de generar conocimiento y aprendizaje de manera eficiente. Los datos obtenidos de estas pruebas proporcionan evidencia que permite responder las interrogantes planteadas sobre la situación analizada. Esa metodología se ha consolidado como un conjunto de técnicas de estadística y de ingeniería, las que permiten comprender de manera más profunda las situaciones complejas de relación causa-efecto [Gutierrez12].

Clasificación de experimentos

Existen muchos diseños experimentales para estudiar la gran diversidad de problemas o situaciones que ocurren en la práctica. Esta cantidad de diseños hace necesario saber cómo elegir el más adecuado para una situación dada y, por ende, es preciso conocer cómo es que se clasifican los diseños de acuerdo con su objetivo y su alcance [Gutiérrez12].

Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido de que cuando cambian, por lo general, nos llevan a cambiar de diseño, son:

1. El objetivo del experimento.
2. El número de factores a estudiar.
3. El número de niveles que se prueban en cada factor.
4. Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
5. El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

En la figura 3.1 se muestra la clasificación general de los diseños experimentales de acuerdo con su objetivo. Dentro de cada categoría se pueden clasificar de acuerdo al número de factores, al tipo de efectos que se pretende estudiar y según las restricciones existentes.

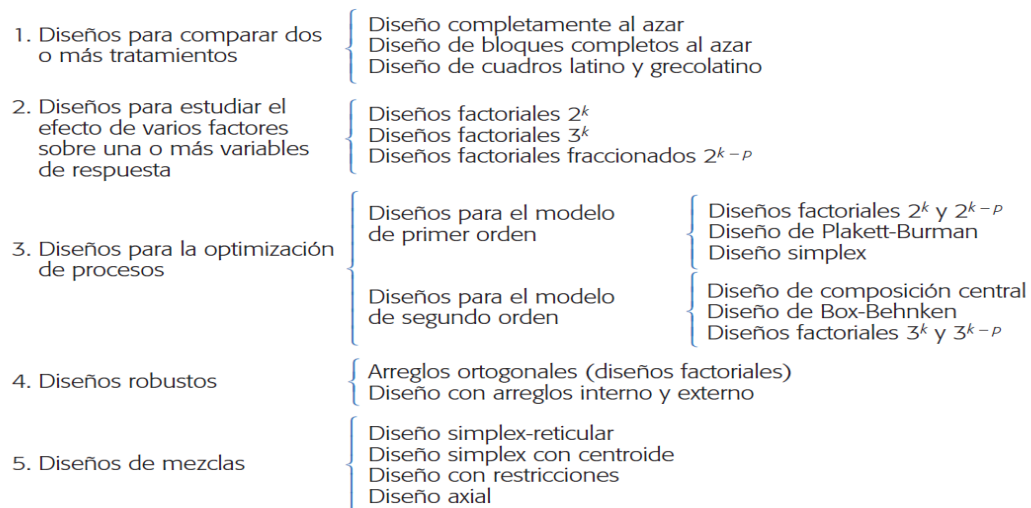


Figura 3.1 Clasificación de experimentos

Fuente: Análisis y diseño de experimentos, Gutiérrez y Pulido

CAPITULO IV

4. Aplicación

4.1. Análisis modal de Fallos y Efectos.

Posterior al desarrollo del VSM actual, sumado a la información obtenida de los 6 meses de análisis de datos, se realizó una AMEF sobre el proceso crítico de Corte, que actualmente se encuentra con una baja disponibilidad operacional, baja producción en kilos de corte de alambre y un elevado número de enredas diarias.

Para comenzar con el procedimiento de la AMEF, se conformó un equipo de trabajo (Team Kaizen) con personas que manejaran a la perfección el proceso de Corte desde una manera macroscópica con la visión del Jefe de Planta hasta a un nivel operacional dominado por la experiencia de un operario. De esta forma se logró analizar cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad de primera mano.

El equipo estuvo compuesto por las siguientes personas:

- Héctor Ventura (Jefe de Planta).
- Luis Reyes (jefe de turno).
- Adolfo Machuca (Operario Trefilación).
- Robinson Contreras (Operario Corte).
- Pablo Polanco (Coordinador).
- Felipe Rojas (Coordinador).

Los roles a nivel de coordinador fueron los siguientes:

- Dirigir la Metodología.
- Coordinar las reuniones.
- Facilitar el trabajo del equipo.

- Sintetizar los avances.
- Documentar los resultados.

El papel principal del resto de los participantes fue el de aportar sus conocimientos y habilidades acerca del producto y el proceso.

Se incorporó en el análisis de la AMEF el proceso de Trefilación, pues cada una de las maquinarias de corte son clientes directos de este proceso, solicitando alambres trefilados con el diámetro correcto. Por tanto, es imprescindible el análisis del proceso alimentador vital de las máquinas de corte.

Se reunió al personal de los procesos a analizar “Trefilado y Corte” para informar y explicar sobre la metodología que se realizará de forma de lograr una recolección de información expedita y exacta.

En las siguientes tablas se muestra la AMFE desarrollada tanto para Trefilación (tabla 4.1) como para Corte (tabla 4.2).

Tabla 4.1 AMEF proceso trefilación

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)											
AMFE DE PROCESO		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE/PARTE DEL PROCESO:			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN			HOJA: 1			
NOMBRE Y DPTO DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR Hector Ventura (Jefe de Planta)-Luis Reyes (Jefe de turno)-Adolfo Machuca (Trefilación)-Robinson Contreras (Corte)- Pablo Polanco (Coordinador)-Felipe Rojas (Coordinador).		Alambrión trefilado			MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN			FECHA INICIO:17/05/17 FECHA REVISIÓN:			
		COORDINADOR Pablo Polanco- Felipe Rojas									
OPERACIÓN FUNCIÓN	FALLO Nº	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL						
		MODO DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	CONTROL ACTUAL CAUSA	CONTROL ACTUAL GENERAL	F	G	D	IPR	
Trefilación	1.1	Exceso de lubricante	Se tapa guía de la trefiladora, (enredas, dados de enderezadores tapados, cortes en ángulo y largo incorrecto en máquinas cortadoras), alimentador prensadoras tapado.	Falta de jabonera de Agua.	Sin control	Inspección visual operador.	7	8	8	448	
				Geometría del dado de trefilación alterada	Inspección visual operador		3	8	8	192	
	1.3				Calidad de las hileras	Inspección visual operador	Inspección operador mediante un Calibre.	3	7	3	63
					Velocidades	Control manual operador		4	7	3	84
	1.5				Falta de lubricante	Inspección visual operador	Inspección operador mediante un Calibre.	1	7	3	21
					Falta de sensores	Inspección operador mediante un Calibre		4	7	3	84
	1.7				Desgaste dados enderezador	Inspección visual operador	Inspección visual operador	2	6	8	96
					Variación en la Velocidad de trefilado	Inspección visual operador		5	7	8	280
	1.9				Correas gastadas	Inspección visual operador	Inspección visual operador	2	6	8	96

Tabla 4.2 AMEF proceso corte

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)										
AMFE DE PROCESO		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE/PARTE DEL PROCESO			CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN			HOJA: 1		
Hector Ventura (Jefe de Planta)-Luis Reyes(Jefe de turno)-Adolfo Machuca (Trefilación)-Robinson Contreras (Corte)- Pablo Polanco (Coordinador)-Felipe Rojas (Coordinador).		Alambre para electrodos COORDINADOR Pablo Polanco - Felipe Rojas			MODELO/SISTEMA/ FABRICACIÓN			FECHA INICIO: 24/05/17 FECHA REVISIÓN:		
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	MODOS DE FALLO	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				
			EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	CONTROL ACTUAL POR CAUSA	CONTROL ACTUAL GENERAL	F	G	D	IPR
Corte	1.1	Varilla torcida	Bloqueo alimentador y tranca boquilla en prensadoras.	Bobina con exceso de jabón	Inspección visual operador	Operador realiza inspección visual. Además existe una mesa con desnivel donde verifica que los alambres rueden.	6	7	3	126
	1.2			Curva enderezador incorrecta	Inspección visual operador		4	7	3	84
	1.3			Alambre duro	Ninguno		4	7	3	84
	1.4	Variación longitud varilla	Escobillado sale disparado en proceso de prensado y posible bloqueo de prensadora.	Desgaste cara de rolletes superiores	Ninguno		3	7	4	84
	1.5			Desgaste cara de rolletes inferiores	Ninguno		3	7	4	84
	1.6	Falla corte 90°	Amputación de extremidades superiores del operario, proceso detenido.	Desgaste de correa	Ninguno	Operario realiza mediciones con una regla.	3	7	4	84
	1.7			Desgaste de cuchillo	Ninguno		3	7	4	84
	1.8			Desgaste cuchillo	Ninguno	Operario realiza mediciones con una regla.	2	8	7	112
	1.9	Cortar cuerpo operario		Desgaste correa estética.	Ninguno		2	8	7	112
	1.10			Exceso jabón alambre	Ninguno		3	8	7	168
	1.11			Mala manipulación	Medidas de seguridad provistas por prevencionista de riesgo	Medidas de seguridad provistas por prevencionista de riesgo	1	9	1	9
	1.12			Falta de sensores	Ninguno			2	9	1

Resultados de la AMEF.

Como resultado de la confección de la AMEF, se puede apreciar de una manera mucho más clara los problemas existentes en el proceso, priorizando qué medidas de mejora serán las primeras en aplicarse de acuerdo al número de prioridad y por supuesto al análisis de cada uno de los IPR en conjunto con el equipo de trabajo dándose el contexto pertinente.

En ambas AMEF, se aprecia claramente como la principal variable a estudiar y controlar es el lubricante que se está utilizando en el proceso de Trefilación, pues la falta aparente de control podría ser la causa principal de la baja disponibilidad de las máquinas cortadoras producto de las enredas múltiples durante su jornada laboral. En base a los resultados expuestos por el equipo de trabajo, teniendo en cuenta el objetivo de encontrar la causa de la situación actual de las cortadoras Indura y C800, se estudió, mediante un análisis estadístico en base a experimentos, la relación entre el exceso de lubricante utilizado en Trefilación y las enredas presentes en las máquinas cortadoras.

Del mismo modo, se hará el mismo análisis para descartar la relación existente entre la velocidad de corte de las máquinas y el número de enredas presentes diariamente. De manera preliminar se concluyó que no existe una correlación en base a los datos analizados durante los meses de estudio.

Respecto a los otros IPR de interés, queda en evidencia la falta de mantención preventiva que existe en ambos procesos, por tanto, es pertinente dejar el modo reactivo en cuanto a las mantenciones y pasar a generar un ambiente proactivo y dinámico con mayor empoderamiento de los mismos operarios de manera de evitar las pérdidas de tiempo a causa de fallas mecánicas asociadas a altos costos de oportunidad a lo largo de un año de operación.

4.2. Análisis de varianza (ANOVA)

Obtención de datos.

Consecuente con el resultado de la matriz AMEF del punto anterior, se realizó una toma de muestra de los lubricantes utilizados en el proceso de trefilación con la finalidad de obtener información relevante de su incidencia en la generación de enredas en el proceso siguiente (proceso de corte).

En el proceso de trefilación se utilizan 2 tipos de jabones como lubricantes (anexo B), Tractol sb-6, que es un lubricante granulado de color celeste y Gripen C 66-M, que es un lubricante en polvo de color blanco amarillento. El primero es parcialmente soluble en agua, mientras que el segundo es insoluble en agua. La cantidad utilizada de cada lubricante no está estandarizada y es el operario, a través de su experiencia, quien decide cuanto aplicar de cada uno, por lo general son cantidades similares.

Tabla 4.3 Porcentaje en volumen

Combinación	Porcentaje en volumen	
	Tractol sb-6	Gripen C 66-M
1	50%	50%
2	70%	30%
3	30%	70%
4	90%	10%
5	10%	90%

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la influencia de cada lubricante en la producción de enreda se realizó una toma de muestra de la cantidad de enredas producidas por diferentes porcentajes de combinación de lubricantes. En tabla 4.3 se muestran las combinaciones utilizadas. La recolección de datos se realizó tres días a la semana en un turno cada día con el mismo operario durante el periodo comprendido entre agosto y noviembre de 2017. Una vez obtenidos los datos, se realizó un análisis de varianza y posterior a esto, comparaciones múltiples con la finalidad de

determinar cuál de las combinaciones produce la menor cantidad de enredas en el proceso de corte.

Validación de supuestos.

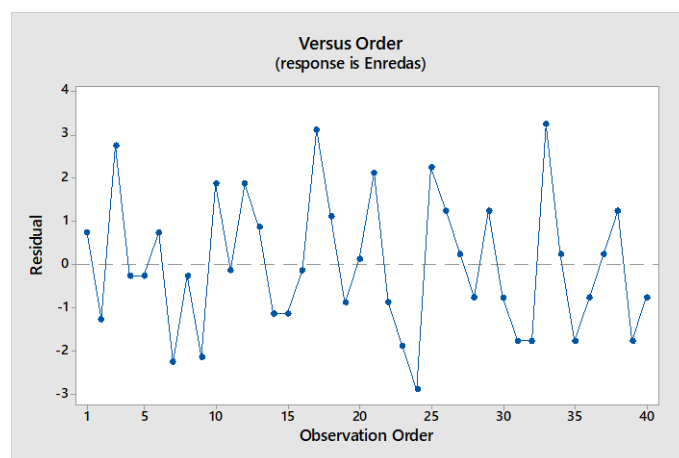
Para que los resultados entregados por el ANOVA sean representativos, se requiere validar tres supuestos.

- Independencia
- Distribución normal
- Homogeneidad de varianza

Supuesto de independencia de los residuos.

Los residuos constituyen la principal herramienta para el diagnóstico del modelo, puesto que son los estimadores de las perturbaciones. El procedimiento gráfico para analizar la existencia de autocorrelación entre datos secuenciales es su representación a lo largo del tiempo. En el caso de los residuos, dicho procedimiento consiste en la representación de los residuos frente al orden en que se recopilaron los datos y buscar en dicho gráfico rachas de residuos de igual signo, así como cualquier tendencia creciente o decreciente en los mismos.

El gráfico 4.1 muestra el resultado de los residuos vs orden, y se puede apreciar que los puntos están distribuidos de forma aleatoria alrededor de la línea central, sin ningún patrón observable, esto significa que los residuos son independientes entre sí. Con esta información se puede asumir independencia en los datos.

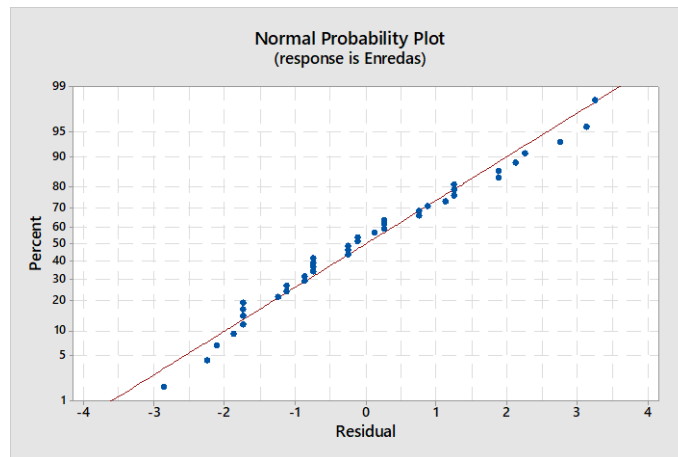


Gráfica 4.1 Residuos vs Orden

Fuente: Elaboración Propia

Supuesto de normalidad de los residuos.

El gráfico 4.2 muestra la probabilidad normal de los residuos, y se puede apreciar que los puntos están cercanos a la línea recta de 45° sin ningún patrón o punto atípico observable, esta alineación sobre la diagonal del gráfico resulta cuando los residuos observados se correlacionan con los residuos esperados, lo que quiere decir que estos se distribuyen de forma normal, con lo que se puede asegurar que el supuesto de normalidad de los datos está validado.



Gráfica 4.2 Probabilidad normal de los residuos

Fuente: Elaboración Propia

Como el número de muestras por grupo no cumple con las directrices para el tamaño de la muestra, es conveniente complementar la información extraída del gráfico con una prueba de normalidad utilizando el estadístico de Kolmogorov-Smirnov.

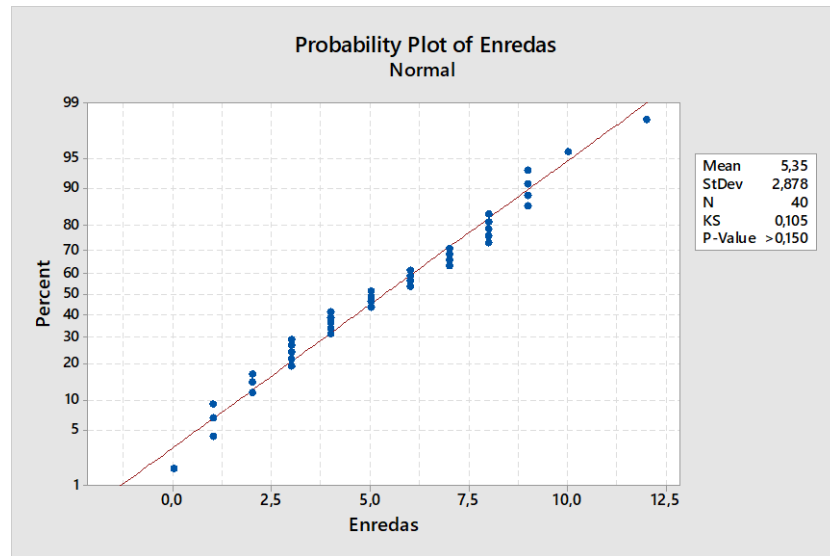
La prueba normalidad contrarresta la siguiente hipótesis:

H0: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos NO provienen de una distribución normal

Para lo cual utiliza el estadístico Kolmogorov-Smirnov para calcular el valor-p.

Como se puede observar en el cuadro de resultado del gráfico 4.3 el valor-p = 0.150 es mayor que el nivel de significancia = 0.05 por lo que podemos corroborar que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.

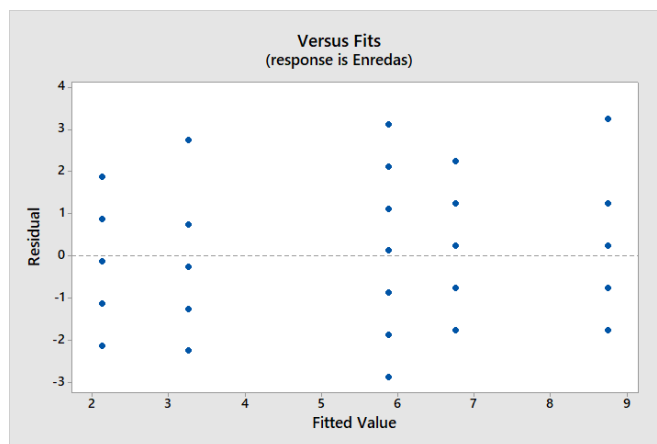


Gráfica 4.3 Resultado test Kolmogorov-Smirnov

Fuente: Elaboración Propia

Supuesto de homogeneidad de varianzas (Homocedasticidad)

La gráfica 4.4 de residuos vs ajustes muestra la distribución de los residuos, y se puede observar que estos están distribuidos de forma aleatoria a ambos lados de la línea central (valor 0) ninguno de los grupos parece tener una variabilidad sustancialmente diferente y no se aprecia ningún patrón en la distribución ni valor atípico o alejado del 0. Esta información es suficiente para validar el supuesto de homogeneidad de varianzas.



Gráfica 4.4 Residuos vs ajustes

Fuente: Elaboración Propia

La prueba de hipótesis de un análisis de varianza de un solo factor es:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_r$$

H_1 : Al menos una media no es igual a las otras

Donde la sentencia de la hipótesis nula es que todas las medias son iguales mientras que la hipótesis alterna es que al menos una media es diferente.

La variable independiente corresponde al factor Combinación el cual tiene 5 niveles (cada método de combinación de lubricantes es un nivel). La variable dependiente o de respuesta es Enredas que contiene la cantidad de enredas detectadas en cada medición del experimento.

En la tabla 4.4 se muestran los resultados de la aplicación del análisis de varianza a los datos recogidos. Este modelo utiliza el estadístico F (Fisher-Snedecor) para calcular el valor-p.

Como el valor-p es menor al nivel de significancia $\alpha=0.05$ se puede rechazar la hipótesis nula de que todas las medias son iguales y aceptar la hipótesis alterna de que al menos una media es diferente. Con esta información se puede concluir que el método de combinación de lubricantes en el proceso de trefilación tiene una relación con la producción de enredas en el proceso de corte. Se utilizó la comparación múltiple de Tukey, con la finalidad de conocer con mayor precisión cuáles combinaciones de lubricantes son las ideales para disminuir la cantidad de enredas generadas. Es un test de comparaciones múltiples, que permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

Tabla 4.4 Resultado de ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Combinación	4	228,85	57,213	21,25	0,000
Error	5	94,25	2,693		
Total	9	323,10			

Fuente: Elaboración Propia

Las fórmulas utilizadas para el cálculo del valor-p son las que se muestran en la tabla 4.5. Extraída de la bibliografía consultada Análisis y diseño de experimentos, Gutiérrez y Pulido

Tabla 4.5 Tabla de ANOVA

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	F_0	Valor-p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i\cdot}^2}{n_i} - \frac{Y_{\cdot\cdot}^2}{N}$	$k - 1$	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{\cdot\cdot}^2}{N}$	$N - 1$			

Fuente: Análisis y diseño de experimentos, Gutiérrez y Pulido

Como se puede observar en la tabla 4.6 los métodos de combinación de lubricantes con los que menos enredas se generan son el método 1 y 2 los cuales tienen una media de 3,250 y 2,125 respectivamente, ambos comparten el grupo, lo que quiere decir que no existe diferencia significativa entre ellos, no así con los métodos 3, 4 y 5 quienes muestran medias superiores a los otros dos métodos. Además, de estos resultados se puede deducir que utilizar una cantidad mayor de Gripen C 66-M que de Tractol sb-6 aumenta la probabilidad de generación de enredas.

Con la información obtenida se puede concluir que el porcentaje de combinación de lubricantes óptimos para disminuir la generación de enredas en el proceso de cortes esta entre 70% y 50% de Tractol sb-6 y entre 30% y 50% de Gripen C 66-M, siendo recomendable mantener la cantidad de este último lubricante siempre menor que la de su par, sin embargo, descartar su utilización tampoco es recomendable, ya que como se puede observar en la tabla la combinación con el método 4 (10% Tractol sb-6 y 90% de Gripen C 66-M) presenta una media alta y se encuentra en un grupo distinto a los métodos 2 y 1.

Tabla 4.6 Comparaciones en parejas de Tukey

Combinación	N	Media	Agrupación	
Método5	8	8,750	A	
Método4	8	6,750	A	B
Método3	8	5,875	B	
Método1	8	3,250	C	
Método2	8	2,125	C	

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

5. Propuestas

5.1. Descripción de la situación anterior a la implementación.

Al producirse una enreda, la máquina continuaba suministrando alambre provocando enredas de gran complejidad pues la detención del equipo se generaba solo cuando el operador se percataba. A mayor volumen de alambre enredado, mayor tiempo de intervención por parte del operador será necesario para liberar la máquina cortadora y continuar cortando alambre. En la figura 5.1 se observan ejemplos de enredas.



Figura 5.1 Ejemplos de enredas

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Implementación Sensor.

Con la implementación, cada vez que deje de pasar alambre por el eyector, el sensor asume que hay una enreda de alambre y detiene el equipo de forma automática. Inicialmente el tiempo promedio de detención de la cortadora posterior a una enreda era de 11,5 minutos. Gracias al sensor se logró disminuir a tan solo 5 minutos, lo que representa una disminución de un 56% en el tiempo de puesta en marcha posterior a una enreda. Con esta reducción se logró disminuir el costo de no calidad por enredas en un 57%. Cada máquina de corte demora solo 7 segundos en detenerse, por tanto, se logró estandarizar la complejidad y los tiempos de liberación de la línea a ese tiempo estándar obteniéndose una mayor eficiencia en ambas

maquinarias. En la Tabla 5.1 se puede observar los costos de oportunidad anterior y posterior a la implementación del sensor.

Tabla 5.1 Comparativa Implementación sensor

Implementación del sensor	Costo por Kilos de alambre			
	C. Indura		C. 800	
	Antes	Después	Antes	Después
Costo de no calidad diario	\$ 3.000.000	\$ 1.290.000	\$ 3.800.000	\$ 1.634.000
Costo de no calidad mensual	\$72.000.000	\$30.960.000	\$84.000.000	36.120.000

Fuente: Elaboración Propia

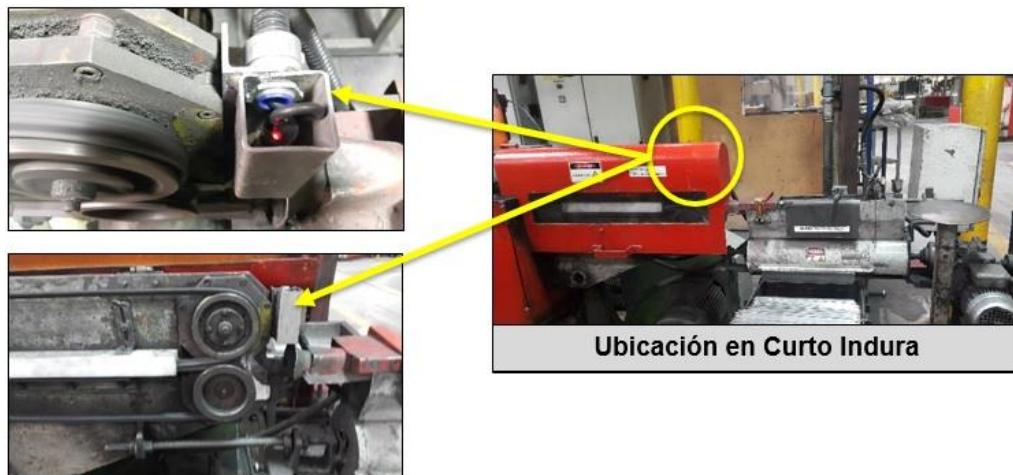


Figura 5.2 Ubicación del sensor en la cortadora Indura.

Fuente: Elaboración Propia

El operador, cuando el equipo está detenido debe dejar el interruptor en Función OFF. Luego de iniciar el corte y verificar que todo funciona bien, dejar el interruptor en Función ON. La luz piloto en el tablero indica que el sensor está detectando alambre. En la figura 5.3 se observa el tablero de control Curto Indura.

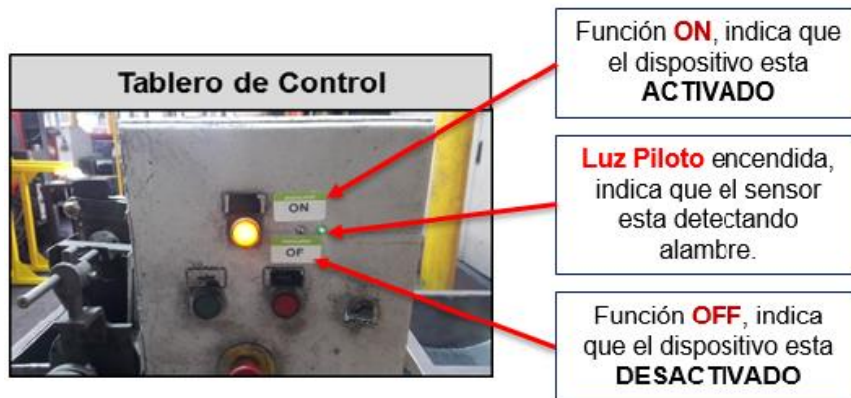


Figura 5.3 Tablero de control sensor

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Regulación en porcentaje utilizados de lubricantes.

Con la finalidad de reducir la cantidad de enredas generadas en el proceso de traficación, se recomienda regular el porcentaje dosificación, realizada por el operario, de cada lubricante en la trefiladora.

Para lograr este objetivo, se propone mezclar los jabones utilizados como lubricante en el porcentaje de 30% y 70% (porcentaje de volumen) de Tractol sb-6 y de Gripen C 66-M respectivamente, antes de dosificar en la trefiladora, con la finalidad que al momento de suministrar los lubricantes al proceso, la mezcla de jabones sea uniforme. Para esto se presenta como alternativa utilizar un contenedor de 5 litros con una marca de color celeste a los 1.5 litros, simbolizando la cantidad necesaria de Tractol sb-6, y el resto, es decir los 3.5 litros restantes, de Gripen C 66-M, y mezclar por agitación.

Con esta propuesta se pretende reducir la cantidad de enredas generadas, bajando de una media de 4,24 enredas por día a un promedio estimado de 2.13 enredas, el impacto de esta reducción se verá reflejado como 2 efectos.

- Disminución del tiempo perdido por el operario para solucionar la enreda, es decir, el tiempo empleado en desenredar el alambre, enhebrar nuevamente y en poner en funcionamiento la maquinaria.
- Disminución de kilogramos perdidos de alambre debido a la generación de enredas.

Después de la situación resultante por la instalación del sensor en las maquinarias de corte, se estima que la disminución del costo de no calidad sea de un 49,7%. Impacto correspondiente al porcentaje en que se espera reducir la cantidad de enredas generadas.

La tabla 5.2 se muestran los costó de oportunidad actuales y los esperados luego de la implementación de la recomendación.

Tabla 5.2 Implementación de la recomendación.

Implementación de recomendación	Costo por Kilos de alambre	
	Actual	Esperado
Costo de no calidad diario	\$ 2.924.000	\$ 1.470.772
Costo de no calidad mensual	\$ 67.080.000	\$ 33.741.240

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Manual de buen uso de cortadoras C800 – Indura.

Mediante el Instructivo realizado se estableció instrucciones detalladas y claras para llevar a cabo el Proceso de corte en maquinarias Curto 800 e Indura, para ser utilizado en el proceso de fabricación de corte de alambres. Se busca proteger la vida y salud de los trabajadores, controlar los impactos negativos para el medio ambiente y cumplir con los requisitos de calidad establecidos para este proceso. El instructivo fue desarrollado en base a una retroalimentación constante con los operarios y la jefatura lo que permitió que se encuentre en uso actualmente.

Finalmente el instructivo de trabajo, que se presenta a continuación servirá de guía operacional diaria para los trabajadores a modo de desarrollar un trabajo seguro y efectivo, que junto a las otras soluciones permitirá una mayor eficiencia en la línea de corte.

Edición: 1	Fecha: 02-12-2017	Emi.: Polanco Pablo. Rojas Felipe	Rev.: Luis Reyes	Apr.: Héctor Ventura
------------	----------------------	---	---------------------	-------------------------

1. Objetivo

Establecer instrucciones detalladas y claras para llevar a cabo el **Proceso de corte en maquinarias Curto 800 e Indura para ser utilizado en el proceso de fabricación de electrodos**. Se busca proteger la vida y salud de los trabajadores, controlar los impactos negativos para el medio ambiente y cumplir con los requisitos de calidad establecidos para este proceso.

2. Referencias

ET-ALACO-XX	Especificación Técnica: Corte alambre para Electrodo
DA-ELE-TECLE-XX	Documento de Apoyo: Inspección de Tecele
DA-ELE-MPELCEL-XX	Documento de Apoyo: Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos – Planta de Electrodo
DA-ELE-EPP-XX	Documento de Apoyo: Matriz de Identificación de EPP por Cargos - Planta de Electrodo
MP-ELE-PEMER-XX	Manual de Procedimientos: Plan de Emergencia Planta de Electrodo- Cerrillos

3. Definiciones

Peligro:

Fuente, situación o acto con potencial de causar daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos.

Desviación:

Evento potencial o real que afecta negativamente al producto o servicio en el proceso establecido.

Impacto Ambiental:

Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

Acción Preventiva:

Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad potencial o cualquier otra situación potencial indeseable, a modo de prevenir que algo suceda.

Acción Correctiva:

Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable, a modo de prevenir que algo vuelva a ocurrir.

Acción Inmediata:

Acción tomada en el instante para eliminar o minimizar las consecuencias, lesiones e impactos negativos para el Sistema. Por ejemplo, atención de primeros auxilios y aplicación de procedimientos de emergencia.

Límites de Exposición:

Es el valor aceptable de exposición frente a un agente químico, físico o biológico. Con esto se asegura que el trabajador en el desarrollo de sus actividades laborales no sufrirá efectos adversos para su salud, siempre y cuando se cumplan las medidas de prevención y métodos de trabajo correcto.

dB(A):

Es la unidad de medida que establece los niveles de presión sonora a los cuales un trabajador puede estar expuesto durante su jornada laboral.

4. Instrumentos, materiales y/o herramientas utilizadas.

- | | | |
|------------|----------------|------------|
| 1. Alicata | 6. Llave 19 mm | 11. Huaipe |
|------------|----------------|------------|

2. Martillo	7. Llave 17 mm	12. Recolector de varillas
3. Llave para enderezador	8. Llave 27 mm	
4. Micrómetro	9. Llave Francesa	
5. Pie de metro	10. Feeler	

5. Sustancias químicas utilizadas.

NOMBRE DEL PRODUCTO / SINÓNIMO	NOMBRE QUÍMICO	CLASIFICACIÓN N Ch. 382	ASPECTO	OLOR	LIMITES DE EXPOSICIÓN (Salud / Seguridad)
WD-40	Nafta (Petróleo), Fracción Pesada tratada con hidrógeno	Gas No Inflamable	Líquido Aerosol	Característico	Nafta (Petróleo), Fracción Pesada tratada con hidrógeno: 600 mg/m ³ Dióxido de Carbono: 5000 ppm (9150 mg/m ³) Niebla de Aceite Mineral: 5 mg/m ³
Aceite Torcula	Shell Torcula Oil	No Clasificado	Líquido Café	Característico del aceite mineral	8-hora TWA (5 mg/m ³) 15-min STEL (10 mg/m ³)

6. Elementos de protección personal de uso obligatorio.

Lentes de Seguridad	Protector Auditivo	Careta Facial	Guantes de Cabritilla Natural con Forro	Guantes de Cuero Cortos	Coeto Soldador Descarne	Zapatos de Seguridad
		 CARETA FACIAL				

7. Clasificación de riesgos establecida.

CLASIFICACIÓN	ACCIONES A SEGUIR
Clase I INTOLERABLE	Se actuará inmediatamente en estos peligros o deficiencias. El peligro será aislado (acordonado, bloqueado, etiquetado, etc.) hasta que se pueda corregir el riesgo.
Clase A MAYOR	Estos peligros o No Conformidades Mayores serán evaluados para determinar si se necesita acción inmediata. Se deben realizar controles u otras medidas periódicas para disminuir el riesgo. Normalmente, estos peligros se corregirán dentro de 2 meses.
Clase B SERIO	Estos peligros o No conformidades Menores, serán evaluados para determinar acciones, es posible implementar medidas de protección adicionales. Se corregirán dentro de 6 meses.
Clase C MENOR	Normalmente estos peligros u Observaciones se corregirán dentro de 1 año por seguridad. Para calidad y medio ambiente dentro de 6 meses.
Clase D BAJO	Se deberá realizar un CONTROL sistemático, observando que el riesgo detectado no aumente su magnitud de riesgo en el tiempo.


8. Instructivo de trabajo y seguridad

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
8.1 CORTE 800 E INDURA			
8.1.1 Cada operador al iniciar el turno deberá efectuar una inspección visual de toda su línea de producción para asegurar que las condiciones de trabajo sean las adecuadas.	Peligro: Presencia de condiciones inseguras	B	Acción Preventiva: Cuando detecte una condición subestandar reporte de inmediato a su Jefe Directo para que evalúe la situación y determine las acciones a seguir. Registre en el formato de Control de Producción de Trefilación y Corte: FR-ITELETREFCORTE-XX (planilla excel)
8.1.2 Realice la inspección de pre-uso del tecele por cada turno, según las especificaciones establecidas en el documento: DA-ELE-TECLE-XX y deje registro de ello en el formato de pre-uso tecele: FR-INSPTECLE-XX	Desviación: Detección de no conformidades en la inspección de pre-uso del tecele	B	Acción Inmediata: Si encuentra alguna anomalía, debe dejar registro en el formato de inspección de pre - uso del tecele: FR-INSPTECLE-XX (planilla excel)

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
<p>8.1.3 Revisión de equipos:</p> <p>Si detecta problemas en los equipos deberá reportar de inmediato a su Jefe Directo la condición de la máquina para que coordine con el equipo de mantención su reparación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El operador deberá permanecer en su puesto de trabajo hasta que el personal de mantención se haga presente y efectúe la primera inspección, luego de aquello decidirán si el operador prestará colaboración en otras funciones mientras dure la mantención. • En el caso de ser requerido el operador podrá colaborar con tareas simples, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Facilitar elementos • Efectuar limpieza de componentes • Trasladar cargas livianas • Ajuste y alineación de componentes 	<p>Peligro:</p> <p>Utilización de dispositivos que deben utilizar bloqueo</p>	A	<p>Acción Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por ningún motivo intervenga equipos bloqueados. • El equipo debe ser bloqueado mediante la instalación de dispositivos adecuados y candados de seguridad, además de la disposición de tarjetas personalizadas de señalización (ambos deben bloquear, área de mantención y operador) sistema que permanecerá hasta que hayan culminado los trabajos.
	<p>Peligro:</p> <p>Contacto con sustancias químicas</p>	B	<p>Acción Preventiva:</p> <p>Para efectuar labores de limpieza deberá utilizar los equipos y elementos suministrados por personal de mantención:</p> <p>EPP: Traje Tyvex, Guantes de PVC</p>
	<p>Peligro:</p> <p>Sobreesfuerzo por manejo manual de carga</p>	B	<p>Acción Preventiva:</p> <p>No manipule cargas que estén más allá de su capacidad física (50 Kg.), solicitando ayuda mecánica si fuese necesario.</p>

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
<p>8.1.4 Verificación de presión de aire y lubricación:</p> <p>Las siguientes actividades serán realizadas por los Jefes de Turno cada vez que exista un problema con la presión de aire:</p> <p>Presión de aire:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diríjase al patio de acopio de alambrón y verifique la presión de aire del compresor, para ello deberá considerar: <p>Despiche automático:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accione el botón start para que comience la descarga de agua, una vez que se detenga la descarga podrá continuar con el paso siguiente. <p>Una vez realizados las actividades por el Jefe de Turno deberá:</p> <p>Accionar botón de carga:</p> <p>Abra las llaves de paso debidamente indicadas. Verifique visualmente la lubricación de la máquina accionando la llave de paso de</p>	<p>Peligro:</p> <p>Caídas a mismo nivel</p>	B	<p>Acción Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transite por lugares autorizados y libres de obstáculos. • Respete las señalizaciones de los lugares autorizados para tránsito de peatones. <p>EPP: Zapatos de seguridad (limpios y secos)</p>
	<p>Desviación:</p> <p>Máquina cortadora sin lubricación</p>	B	<p>Acción Inmediata:</p> <p>Incorpore aceite Torcula-32 al vaso de la máquina.</p>
	<p>Desviación:</p> <p>Fallas en la descarga de agua</p>	B	<p>Acción Inmediata:</p> <p>Informe a Jefe Directo la situación para que determine las acciones a seguir.</p>
	<p>Impacto Ambiental:</p> <p>Derrame de sustancia química (aceite torcula)</p>	B	<p>Acción Inmediata:</p> <p>Actué bajo los criterios establecidos en el Plan de Emergencias: MP-ELE-PEMER-XX</p>

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
la cortadora y asegure que la caída de aceite sea constante.			
8.1.5 Controles al proceso: <ul style="list-style-type: none"> • Enderezador: Cada vez que se realice un cambio de diámetro, puede que se pierdan los parámetros, en este caso el operador deberá realizar controles en la cortadora. • Gire los cuchillos de corte y las caras de los rolletes siempre que estos se encuentren deteriorados. Si todos sus cuchillos se encuentran en mal estado, reemplácelos. 	Peligro: Contacto con objetos cortantes o punzantes	B	Acción Preventiva: EPP: Guantes de cuero cortos.
	Peligro: Aplastamiento de extremidades inferiores por caída de enderezador	A	Acción Preventiva: Cuando requiera reemplazar el enderezador deberá disponerlo en el carro (este debe estar apegado al enderezador para darle un pequeño levante) para este efecto y no llevarlo a pulso hasta el.
8.1.6 Según la cantidad de stock y necesidades de las prensas deberá realizar la producción.	–	–	–
8.1.7 Encender equipos: Encienda los equipos posicionando “on” en las máquinas que va a utilizar.	Peligro: Exposición a Ruido Industrial sobre 85 dB(A) sin protección auditiva	A	Acción Preventiva: Mientras se encuentre dentro de la planta, debe utilizar en todo momento: EPP: Protector Auditivo.

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
 IMPORTANTE: El tablero general de las máquinas cortadoras sólo debe apagarse en caso de mantención. Se debe mantener con llave.			
8.1.8 Volteado de Bobinas: <ul style="list-style-type: none"> De acuerdo con el tipo de alambre a cortar, según las especificaciones definidas en el documento: ET-ALACO-XX, deberá solicitar a operador de grúa que traiga las bobinas y las disponga en el volteador. La bobina deberá quedar de forma vertical en el volteador, dejando un espacio para que el operador pueda colocar la eslinga entre la bobina y el volteador. Con la botonera del volteador se da el giro a la bobina, verifique que la punta de esta bobina quede en posición adecuada para enhebrarla. 	Peligro: Atrapamiento de extremidades superiores entre la bobina y el volteador	A	Acción Preventiva: Mantenga una distancia prudente entre el borde de la bobina y el volteador.
	Peligro: Atropello por grúa horquilla	B	Acción Preventiva: Respete todas las señalizaciones, en particular la de las zonas y vías correspondientes al paso de los vehículos y las reservadas a los peatones.
	Peligro: Aplastamiento por caída de bobina	B	Acción Preventiva: <ul style="list-style-type: none"> Mientras el operador de grúa horquilla manipula la carga no permanezca en la zona de movimiento. Cuando manipule la carga

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
	Peligro: Caídas al mismo nivel por área de trabajo con obstáculos	B	desde el tablero de control del teclé, deberá realizarlo a una distancia prudente de la zona donde se encuentra la carga. Acción Preventiva: Mantenga el área de trabajo ordenada y libre de obstáculos. EPP: Zapatos de seguridad (limpios y secos).

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
<p>8.1.9 Montaje de la Bobina DIN 1000:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez volteada la bobina deberá moverla con un pequeño empuje hasta el desbobinador por el nivel ubicado en el suelo, el cual lo guía para dejarlo en el centro. • Para evitar que la bobina se devuelva sosténgala brevemente. Verifique que el pistón junto con el pasador y el plato queden centrados con el orificio de la bobina afirmándola con el cuerpo. • Apriete el botón open/close, para asegurarla. • Confirme la operación realizada levantando la plataforma interior del desbobinador. 	<p>Peligro: Atrapamiento de extremidades superiores al momento de montar la bobina con la contrapunta</p>	<p>B</p>	<p>Acción Preventiva:</p> <p>La posición correcta de las bobinas debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monte en una contrapunta fija el pasador. • Accione la contrapunta móvil del pistón. <p>De ninguna manera, ingrese las manos al momento de esta operación.</p>

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
8.1.10 Enhebrar dancier, alimentador auxiliar y alimentador de la cortadora: <ul style="list-style-type: none"> • De dos vueltas en las poleas del dancier. • Gire la bobina tensionando el dancier. • Posteriormente se debe guiar el alambre hacia el alimentador auxiliar que está en la entrada de la curto, dando dos vueltas para seguir hacia la unidad alimentadora de la cortadora, en donde es regulable por rolletes, dependiendo del diámetro alambre. • También deberá cambiar las poleas dentadas y correas. • En el caso del equipo curto 800 además se deberá cambiar el rodillo de corte (plato) de acuerdo al largo del núcleo a cortar. (300mm–350mm). Cierre la puerta del desbobinador y para dar inicio a la partida.	Peligro: Caída de rodillo de corte y polea al sacarlo	B	Acción Preventiva: EPP: Zapatos de seguridad.
	Peligro: Golpe con herramientas	B	Acción Preventiva: <ul style="list-style-type: none"> • Utilice y mantenga las herramientas en buen estado. • Realice una revisión de ellas cada vez que las va a utilizar. • Informe a su Jefe Directo cada vez que sus herramientas se encuentren en mal estado para que las sustituya cuando sea necesario. EPP: Lentes de seguridad, Guantes de cabritilla natural con Forro / Guantes de cuero cortos, Zapatos de seguridad.

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
8.1.11 Ingresar coordenadas de corte: Las coordenadas que se coloquen en el tablero de la curto son las velocidades de trabajo para cada medida de corte.	Desviación: Error en el ingreso de coordenadas	B	Acción Preventiva: Verifique que las coordenadas del tablero correspondan a las velocidades de trabajo.
8.1.12 Regulación de carro de varillas corte 800 e Indura: Una vez realizados todos los pasos anteriores, se debe regular el container a la medida de las varillas a fabricar (300mm-350mm) ⚠ IMPORTANTE: Esta tarea debe realizarla con el equipo detenido	Peligro: Aplastamiento de extremidades superiores por aspas del container.	B	Acción Preventiva: Cuando manipule deberá realizarlo a una distancia prudente. Mantenga el área de trabajo ordenada y libre de obstáculos EPP: Lentes de seguridad, Guantes de cabritilla natural con Forro / Guantes de cuero cortos, Zapatos de seguridad.
8.1.13 Cambio de enderezador. (cambio de medida):	Peligro: Golpe por caída de enderezador	B	Acción Preventiva: EPP: Zapatos de seguridad.

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
<p>Para cambios de medida se deberán realizar los siguientes cambios dependiendo del equipo:</p> <p>Curto 800: Enderezador, rodillos de corte y poleas en el caso de cambio de diámetro.</p> <p>Curto Indura: Enderezador, poleas del sistema de corte, tobera y dependiendo de la condición cuchillos.</p>	<p>Peligro: Golpe con herramientas</p>	A	<p>Acción Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilice y mantenga las herramientas en buen estado. • Realice una revisión de ellas cada vez que las va a utilizar. • Informe a su Jefe Directo cada vez que sus herramientas se encuentren en mal estado para que las sustituya cuando sea necesario. <p>EPP: Lentes de seguridad, Guantes de cabritilla natural con Forro / Guantes de cuero cortos, Zapatos de seguridad.</p>
<p>8.1.14 Funcionamiento de cortadora - operación normal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el tablero de la máquina cortadora se encuentra ubicado el botón de partida general, el cual da inicio al proceso de corte. Además en dicho tablero se encuentran los botones para dar velocidad individualmente al motor principal, enderezador y al eyector. • La velocidad del 	<p>Desviación: Alambre enredado</p>	B	<p>Acción Inmediata: Enredo entre enderezadora</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detenga la máquina • Espere que enderezadora se detenga completamente • Suelte pernos y saque guía del enderezador • Corte con un alicate el alambre enredado • Verifique visualmente que no existan elementos extraños dentro del enderezador
	<p>Desviación: Atochamiento de</p>		<p>Acción Inmediata:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detenga la máquina

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
desbobinador es controlado por la cortadora.	varillas en entrada de container.	B	<ul style="list-style-type: none"> • Retire protección del container. • Retire varillas atochadas • Vuelva a poner la protección del container.
<p>8.1.15 Verificar producto de partida:</p> <p>En cada detención y puesta en marcha de la máquina deberá colocar encima del carro (donde se depositan las varillas) una lata, la cual evita mezclar el producto inicial. Esto con la finalidad de no mezclar varillas que posiblemente se encuentren no conformes.</p>	<p>Peligro:</p> <p>Proyección de partículas</p>	B	<p>Acción Preventiva:</p> <p>EPP: Lentes de seguridad.</p>

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
<p>8.1.16 Controles al producto: Los controles deberá realizarlos por carro al menos una vez, considere las especificaciones definidas en el documento: ET-ALACO-XX</p>	<p>Desviación: Producto no Conforme</p>	B	<p>Acción Inmediata:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Pese las varillas no conformes y dispóngalas en el sector de rechazo. •Si detecta que la cantidad de varillas no conformes es considerablemente alta, rechace la bobina mediante etiqueta de rechazo y dispóngala en la zona de almacenamiento de productos rechazados. <p>Acción Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Verifique las regulaciones mecánicas de las cortadoras. •Todo producto no conforme debe ser identificado mediante etiqueta de rechazo y dejado en zona de rechazo.
<p>8.1.17 Deposito de alambre en carros:</p> <ul style="list-style-type: none"> •El alambre que ha pasado las inspecciones es colocado en los carros por el container (máquina que distribuye el alambre en los carros). 	<p>Peligro: Contacto con elementos a alta temperatura</p>	B	<p>Acción Preventiva: EPP: Guantes de cuero cortos.</p>

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
<p>8.1.18 Una vez completado el carro debe separarlo y poner uno nuevo para continuar el proceso. Traslade el carro hacia la zona del teclé y mediante el tablero de control del mismo. Debe levantarlo para depositarlo en el sector de retiro por el operador de grúa horquilla para llevarlo al sector de pesas.</p>	<p>Peligro: Atropello por grúa horquilla</p>	B	<p>Acción Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respete todas las señalizaciones, en particular la de las zonas y vías correspondientes al paso de los vehículos y las reservadas a los peatones. • Circule por los lugares destinados al tránsito peatonal.
	<p>Peligro: Aplastamiento por caída de bobina</p>	B	<p>Acción Preventiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mientras el operador de grúa horquilla manipula la carga no permanezca en la zona de movimiento. • Cuando manipule la carga desde el tablero de control del teclé, deberá realizarlo a una distancia prudente de la zona donde se encuentra la carga.
<p>8.1.19 Identificación de producto terminado: Deberá completar todos los datos que las etiquetas de identificación soliciten, las cuales deberá adherirlas a los carros.</p>	<p>Desviación: Pérdida de identificación de alambres cortados o en mal estado</p>	B	<p>Acción Inmediata: Identifique el carro con etiqueta de producto rechazado y déjelo en la zona de producto rechazado.</p>

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
8.1.20 Registro: Complete todos los datos que el Control de Producción de Trefilación y Corte solicite: FR-ITELETREFCORTE-XX	Desviación: Errores en el ingreso de información	B	Acción Preventiva: No descuide esta tarea, ya que los errores en ella pueden provocar pérdida de trazabilidad.
8.2 ORDEN Y LIMPIEZA			
8.2.1 Orden: <ul style="list-style-type: none"> • Separe los elementos que utilizara para el desarrollo de su actividad de los que no serán necesarios. • No deje al alcance de terceros objetos punzantes o filosos, guardelos en lugares seguros. • Las zonas de circulación, salidas y vías de evacuación deberá mantenerlas libres de obstáculos. No puede considerar su trabajo terminado hasta que las herramientas, materiales y equipos utilizados estén en 	Peligro: Caídas a mismo nivel	B	Acción Preventiva: Mantenga el área de trabajo ordenada y libre de obstáculos. EPP: Zapatos de seguridad (limpios y secos)
	Peligro: Caídas a distinto nivel	B	Acción Preventiva: Mantenga el área de trabajo ordenada y libre de obstáculos. EPP: Zapatos de seguridad (limpios y secos)
	Peligro: Utilización inadecuada de elementos por terceros	B	Acción Preventiva: Guarde los elementos en cada lugar destinado para ellos. Mantenga a su alcance aquellos que necesitara utilizar para el desarrollo de su actividad.

TAREA	PELIGRO; DESVIACIÓN; IMPACTO AMBIENTAL	CLASE DE RIESGO	ACCIÓN PREVENTIVA INMEDIATA / CORRECTIVA
los lugares que correspondan.			
8.2.2 Limpieza: <ul style="list-style-type: none"> • Al finalizar el turno deberá limpiar el puesto de trabajo y superficies de los equipos. • Limpie el lugar de trabajo y equipos después de su uso. • Limpie las herramientas después de su uso y compruebe su funcionalidad. • Elimine la chatarra, desperdicios y excedentes que no sean de utilidad en los procesos de trabajo. • Los pisos deben encontrarse limpios sin materiales resbalosos ni objetos tirados. 	Peligro: Caídas a mismo nivel	B	Acción Preventiva: Mantenga el área de trabajo ordenada y libre de obstáculos. EPP: Zapatos de seguridad (limpios y secos)
	Peligro: Caídas a distinto nivel	B	Acción Preventiva: Mantenga el área de trabajo ordenada y libre de obstáculos. EPP: Zapatos de seguridad (limpios y secos)

9. Puntos críticos del proceso.

CONTROLES A REALIZAR		
Tipo de Control	Frecuencia	Registro Asociado
Diámetro, longitud y peso del alambre	Por carro	Control de Producción de Trefilación y Corte: FR-ITELETREFCORTE-XX
Inspección de Pre-Uso Teclé	Diaria / Por Turno	Formato de Inspección Pre – Uso Teclé: FR-INSPTTECLE-XX

10. Disposición de residuos sólidos y líquidos.

RESIDUOS GENERADOS	ORIGEN	DISPOSICIÓN
Varillas rechazadas	Controles al producto	Disponga en carro contenedor de varillas de rechazo
Alambre enredado	Proceso	Disponga en contenedor amarillo
Envases de WD-40 , Bidón aceite Torcula-32	Lubricación de equipos	Disponer en contenedores de color negro de residuos peligrosos.

11. Respuesta para emergencias.

En caso de ocurrir una situación de emergencia se deberá dar cumplimiento a lo establecido en el Plan de Emergencias de la Localidad y las Fichas de Actuación. Las instrucciones serán impartidas y comunicadas y oportunamente por los encargados de la emergencia y los trabajadores por su parte, deberán dar pleno cumplimiento a ellas.

12. Responsabilidad.

Maestro de Cortadoras: Es el responsable de respetar estrictamente lo señalado en este Instructivo de Trabajo, además es responsable de mantener el aseo y orden de su lugar de trabajo.

Jefe Directo: Deberá evaluar, calificar y autorizar al personal competente para efectuar los procedimientos establecidos en el presente instructivo de trabajo.

Jefe de Turno: Debe asegurar en forma permanente que el desarrollo de las actividades son realizadas conforme a lo establecido.

13. Etiquetas.

13.1 Identificación del Producto.

INDURA			
TIPO DE ALAMBRE			
DIAMETRO			
LARGO			
CANTIDAD	kg.		
FECHA FAB			
Nº COLADA			
MAESTRO TREF-CORTE			
MAESTRO TREFILADO			
TURNO	M	T	N
Nº. CARRO			
Nº. ROLLO			

13.2 Producto Rechazado.

INDURA PRODUCTO RECHAZADO	
Producto	
Diámetro	
Fecha	
Sección	
Peso Kg.	
Operario	

6. Conclusión

En el presente trabajo de título se logró optimizar las líneas de corte C800 y Indura, identificando las causas y puntos críticos del proceso principales relacionados con los efectos indeseados. Esto permitió disminuir el número de enredas en un 50% y aumentar los tiempos de disponibilidad de las máquinas de corte en un 56%. Con la implementación del sensor y si se concreta la implementación de las dosificaciones de jabón recomendadas se obtendría una disminución potencial de un 78% en el costo de no calidad anual desperdiciado con el modo actual de trabajo, es decir, desde \$1872MM a \$412MM anuales.

Junto con lo anterior, se logró completar el plan de mejora operacional a las líneas de corte mediante un instructivo de trabajo que permitió establecer instrucciones detalladas y claras para llevar a cabo el Proceso de corte en maquinarias Curto 800 e Indura para ser utilizado en el proceso de fabricación de electrodos. Se buscó proteger la vida y salud de los trabajadores, controlar los impactos negativos para el medio ambiente y cumplir con los requisitos de calidad establecidos para este proceso. Se utilizará como guía operacional diaria para los trabajadores a modo de desarrollar un trabajo seguro y efectivo, que junto a las otras soluciones permitiría una mayor eficiencia en la línea de corte.

7. Bibliografía

Brady, J. & Allen T., 2006. Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research. *Quality and Reliability Engineering International*. Vol. 22 (3)

Bestratén M., Orriols R., Mata C., 2004. Notas Técnicas de Prevención 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. Ministerio de Empleo y Seguridad Social de España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España.

Emiliani, M., 2004. Using value-stream maps to improve leadership. *The Leadership & Organization Development Journal*. Vol. 25(8): 622-645 pp.

Gutiérrez, H. & Vara, R., 2012. *Análisis y diseño de experimentos: Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar*. 2º edición. McGrawHill. México D.F.

Monden, Y., 1993. *Toyota Production System: An integrated approach to Just-in-Time*, Norcross, GA, Industrial Engineering and Management Press.

Rachna S. & Peter W., 2003. “Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance,” *Journal of Operations Management*. Vol. 21 (2): 129-149 pp.

Rivera, L. & Frank Chen, F., 2007. Measuring the impact of Lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol.23 (6): 684 – 689 pp.

Rother, M. & Shook, J., 1999. *Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate MUDA*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, Massachusetts, USA.

Stamm L. Markus and Neitzert T., 2007. *Value stream mapping in am manufacturing to order small and medium enterprises*, School of engineering, AUT University. Auckland, New Zeland.

Womack, J. & Jones, D., 2003. *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster. New York.

ANEXOS

Anexo A Tipos de electrodos de Indura

ELECTRODOS INDURA

Composición química (valores típicos)

Aplicación	Clasificación AWS	Electrodos INDURA	Corriente	Composición Química (%) del metal depositado (valores típicos)										
				C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Otros		
Acero al carbono	E6010 / E4310	6010	CC	0,11	0,55	0,24	0,014	0,008						
	E6011 / E4311	230-S	CA-CC	0,09	0,51	0,29	0,013	0,012						
	E6011 / E4311	6011	CA-CC	0,11	0,41	0,23	0,010	0,017						
	E6011 / E4311	Punto Azul	CA-CC	0,11	0,57	0,24	0,012	0,020						
	E6011 / E4311	Punto Verde	CA-CC	0,11	0,59	0,25	0,017	0,020						
	E 6012 / E4312	6012	CA-CC	0,08	0,50	0,25	0,018	0,019						
	E6013 / E4313	6013	CA-CC	0,11	0,40	0,22	0,015	0,010						
	E6013 / E4313	90	CA-CC	0,11	0,47	0,24	0,015	0,018						
	E7014 / E4914	Facilarc 14	CA-CC	0,07	0,89	0,55	0,018	0,020						
	E7018 / E4918	7018-RH	CC	0,06	1,05	0,49	0,015	0,010						
	E7018 / E4918	7018-AR	CC	0,09	1,05	0,55	0,020	0,015						
	E7024 / E4924	Facilarc 12	CA-CC	0,08	0,88	0,55	0,020	0,011						
	Acero de baja aleación	E7010-A1	7010-A1	CC	0,11	0,50	0,23	0,010	0,009	0,03	0,04	0,55		
E7018-A1		7018-A1	CC	0,05	0,87	0,66	0,013	0,010	0,05	0,06	0,51			
E7018-G		7018-RC	CC	0,04	0,63	0,15	0,022	0,009	0,03	0,53	0,02	0,60 Cu		
E8018-B2		8018-B2	CC	0,08	0,57	0,52	0,012	0,009	1,14	0,07	0,56			
E8018-B6		8018-B6	CC	0,05	0,76	0,79	0,021	0,007	5,24	0,18	0,47			
E8018-B8		8018-B8	CC	0,06	0,98	0,41	0,012	0,006	10,32	0,21	1,17			
E8018-C1		8018-C1	CC	0,04	0,94	0,28	0,015	0,009	0,06	2,49	0,02			
E8018-C2		8018-C2	CC	0,05	1,15	0,51	0,004	0,006	0,02	3,73	0,004			
E8018-C3		8018-C3	CC	0,05	1,11	0,41	0,015	0,008	0,04	0,95	0,21			
E8018-W2		8018-W2	CC	0,04	1,07	0,39	0,024	0,009	0,61	0,70	0,02	0,45 Cu		
E9018-B3		9018 B3	CC	0,05	0,86	0,55	0,012	0,009	2,31	0,06	1,08			
E9018-M		9018-M	CC	0,05	0,88	0,42	0,012	0,010	0,10	1,42	0,24			
E11018-M		11018-M	CC	0,04	1,54	0,32	0,013	0,010	0,30	1,86	0,40			
Acero inoxidable	E308-16 / E308H-16	308/308H	CA-CC	0,05	0,54	0,67	0,021	0,005	18,7	10,2	0,07			
	E308L-16	308L	CA-CC	0,02	0,63	0,76	0,025	0,008	18,7	10,0	0,18			
	E309L-16	309L	CA-CC	0,02	0,69	0,80	0,022	0,009	22,5	13,4	0,16			
	E309LMo-16	309MoL	CA-CC	0,02	0,73	0,51	0,018	0,010	22,3	12,5	2,39			
	E310-16	25-20	CA-CC	0,13	1,25	0,71	0,021	0,008	25,8	21,4	0,10			
	E312-16	29-9 S	CA-CC	0,11	0,97	0,69	0,028	0,003	29,0	10,1	0,23			
	E316L-16	316L	CA-CC	0,02	0,63	0,77	0,022	0,009	18,5	11,7	2,70			
	E316-16 / E316H-16	316/316H	CA-CC	0,05	1,20	0,80	0,020	0,020	18,7	12,0	2,30			
	E347-16	347	CA-CC	0,03	0,76	0,90	0,032	0,005	18,5	10,0	0,25	0,40 Nb		
	E410NiMo-15	13/4	CC	0,04	0,48	0,29	0,019	0,011	11,5	4,1	0,48			
E2209-16	2209	CA-CC	0,03	1,01	0,38	0,011	0,013	22,9	10,1	3,00				
Ni y sus aleaciones	ENiCrFe-3	Nicroelastic 46	CA-CC	0,03	6,04	0,17	0,014	0,004	16,26	Balance	0,02	1,6Nb, 7,2Fe		
	ENiCrMo-3	Nicromo 3	CA-CC	0,05	0,85	0,45	0,020	0,010	21,60	Balance	9,00	3,5Nb, 4,3Fe		
Hierro Fundido	E-NiCr	Nickel 99	CA-CC	0,74	0,18	0,11	0,006	0,003	0,10	Balance	0,02	2,7Fe		
	E-NiFe-Cr	Nickel 55	CA-CC	0,91	0,54	0,13	0,015	0,002	0,53	Balance	0,02	46Fe		
	E-St	77	CA-CC	0,10	0,43	0,08	0,015	0,010				Balance Fe		
Cu y sus aleaciones	ECuSn-A	70	CC	6.0 Sn, 0.25 Fe, 0.10 Si, 0.10 P, balance Cu										
Ac. al Manganeso	E-FeMn-A	Timang	CA-CC	0,78	14,47	0,19	0,020	0,003	4,16	2,50	0,02			

Anexo B Hoja de seguridad y contaminación ambiental de lubricantes



PANTOQUÍMICA

**REGISTRO SOBRE DATOS DE SALUBRIDAD,
SEGURIDAD Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Producto: GRIPEN C - 66 M

1. Componentes

Componente	%	Datos de Seguridad
Jabón cálcico - sódico	100	Umbral límite: 10 mg/m ³ . Según anexo 3 corresp. Al art. 61 de la Resolución N° 444

2. Propiedades Físicas

Apariencia	Solubilidad	pH
Polvo blanco amarillento	Insoluble en agua	NA

3. Datos sobre Protección Contra Incendios:

Inflamable: No inflamable

PI (°C): NA

Combustible o explosivo: Por su naturaleza parcialmente orgánica (aprox. 40% de contenido graso) evitar contacto con oxidantes y ácidos.

Método de Extinción Recomendado

H₂O
 CO₂
 Polvo Químico
 Espuma Química

Procedimientos Especiales: Frente a siniestro utilizar equipo de protección completo con respirador artificial.

4. Datos Sobre Exposición:

Datos sobre efectos Crónicos de Exposición.

Cancerígeno: SI NO *

*Sus componentes no figuran en los listados de la DNSST N° 01/95.

Procedimientos de Emergencia:

Inhalación: retirar del área al afectado, suministrar aire fresco.

Ingestión: No suministrar nada por vía oral si la persona está inconsciente. Atención médica inmediata

Piel: Lavar con agua abundante por 15 minutos. Remover ropa y calzado contaminado.

Ojos: Lavar con agua abundante por 15 minutos manteniendo ambos párpados tensos para que el agua penetre en toda la superficie ocular.

Es muy importante la rapidez en el lavado para minimizar lesiones. Atención del especialista.

5. Precauciones para Uso, Manipuleo y Almacenamiento
 Procedimiento para Derrame o Fuga : Utilizar protección personal recomendada en punto 6.
 Recoger en contenedor plástico para su reutilización o disposición final, según recomendaciones locales vigentes.

Almacenamiento y Manipuleo: Almacenar en lugar seco lejos de productos oxidantes y ácidos. En lugar destinado a productos sólidos. Manipular según recomendaciones de punto 6

Información Adicional: Abrir los envases con precaución.
 No comer, beber o fumaren área de producto.

6. Medidas de Control Recomendadas:

Ventilación Local exhaustiva
 de Área

Protección Respiratoria
 Cartucho Respiratorio Especial Máscara General Barbijo

Protección Ocular
 Anteojos de Seguridad Antiparras Protección Facial

Protección Manual (Guantes)
 Neoprene Goma Natural PVC Otros

Otros posibles Equipos de Protección: Delantal, zapatos y botas de seguridad con suela antideslizante.


Información Adicional:

Referencias:

- NA: No Aplicable
- NI: Información No Relevante
- DL: Dosis Letal 50
- STEL: Límite Exposición Período Corto
- TWA: Límite Exposición Sustancia en Aire
- TVL: Límite de Exposición para Concentración en Aire en Repetidas Jornadas de Trabajo

Fecha de emisión: 02-04-03

Este registro de seguridad suministra de buena fe, a requerimiento del cliente, los datos con los que cuenta la empresa sobre el tema, sin responsabilidad ni obligación legal por los mismos y sin garantía expresa o implícita con respecto a dichos datos. Dado que las condiciones de uso están fuera del control de PANTOQUIMICA S.A., el usuario deberá asumir todos los riesgos y responsabilidades. Los datos ofrecidos son solamente para información y consideración del cliente.

 REGISTRO SOBRE DATOS DE SALUBRIDAD, SEGURIDAD Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL		
Producto: <p style="text-align: center;"><i>TRACTOL SB - 6</i></p>		
1. Componentes		
Componente	%	Datos de Seguridad
<i>Lubricante seco en polvo.</i>	<i>100</i>	<i>Umbral límite: 10 mg/m3. Según anexo 3 corresp. Al art. 61 de la Resolución N° 444</i>
2. Propiedades Físicas		
Apariencia	Solubilidad	pH
<i>Polvo granular celeste</i>	<i>Parcialmente soluble en agua</i>	
3. Datos sobre Protección Contra Incendios:		
<i>Inflamable: NO</i>		
<i>PI (°C): NA</i>		
<i>Combustible o explosivo: Evitar contacto con oxidantes fuertes.</i>		
<i>Método de Extinción Recomendado</i>		
<input checked="" type="checkbox"/> H ₂ O	<input checked="" type="checkbox"/> CO ₂	<input checked="" type="checkbox"/> Polvo Químico <input type="checkbox"/> Espuma Química
<i>Procedimientos Especiales: En caso de siniestro utilizar equipo de protección completa con respirador.</i>		
4. Datos Sobre Exposición:		
<i>Datos sobre efectos Crónicos de Exposición.</i>		
<i>Cancerígeno: SI NO x *</i>		
<i>*Sus componentes no figuran en los listados de la DNSST N° 01/95.</i>		
<i>Procedimientos de Emergencia:</i>		
<i>Inhalación: Retirar del área al afectado. Suministrar aire fresco.</i>		
<i>Ingestión: No suministrar nada por vía oral si la persona está inconsciente. Si el medico lo indica dar a beber agua para reducir efectos.</i>		
<i>Piel: Lavar con agua y jabón por 15 minutos.</i>		
<i>Ojos: Lavar con agua abundante por 15 minutos manteniendo ambos párpados abiertos.</i>		

0401-6

5. Precauciones para Uso, Manipuleo y Almacenamiento:
--

<p><i>Procedimiento para Derrame o Fuga: Utilizar equipo de protección personal adecuada en punto 6. Recoger el sólido en envases plásticos para su utilización o disposición final según reglamentaciones locales vigentes.</i></p> <p><i>Almacenamiento y Manipuleo: Manipular con elementos de protección personal indicados en punto 6. Almacenar en lugar seco, lejos de ácidos y oxidantes fuertes.</i></p> <p><i>Información Adicional: No comer ni beber o fumar en área de producto.</i></p>		
<p>6. Medidas de Control Recomendadas:</p>		
Ventilación	<input checked="" type="checkbox"/>	Local exhaustiva
	<input type="checkbox"/>	de Área
<p>Protección Respiratoria</p>		
<input type="checkbox"/> Cartucho Respiratorio Especial	<input type="checkbox"/> Máscara General	<input checked="" type="checkbox"/> Barbijo
<p>Protección Ocular</p>		
<input type="checkbox"/> Anteojos de Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/> Antiparras	<input type="checkbox"/> Protección Facial
<p>Protección Manual (Guantes)</p>		
<input checked="" type="checkbox"/> Neoprene	<input checked="" type="checkbox"/> Goma Natural	<input checked="" type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Otros
<p><i>Otros posibles Equipos de Protección: Lava ojos y ducha de emergencia. Ropa protectora y botas de seguridad con suela antideslizante.</i></p>		
<p>Información Adicional:</p>		
<p>Referencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • NA: No Aplicable • NI: Información No Relevante • DL: Dosis Letal 50 • STEL: Límite Exposición Periodo Corto • TWA: Límite Exposición Sustancia en Aire • TVL: Límite de Exposición para Concentración en Aire en Repetidas Jornadas de Trabajo 		
Fecha de emisión: 02-04-03	Elaboró:	Aprobó:
<p><i>Este registro de seguridad suministra de buena fe, a requerimiento del cliente, los datos con los que cuenta la empresa sobre el tema, sin responsabilidad ni obligación legal por los mismos y sin garantía expresa o implícita con respecto a dichos datos. Dado que las condiciones de uso están fuera del control de PANTOQUIMICA S.A., el usuario deberá asumir todos los riesgos y responsabilidades. Los datos ofrecidos son solamente para información y consideración del cliente.</i></p>		

0401-6 (Reverso)