

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

Incremento de la disponibilidad de una línea de producción en una
compañía que procesa tubos de acero

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Luis Giovanni Ramírez Ponce

Christian Ricardo Suárez Carpio

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar por guiarme y haberme permitido cumplir este objetivo que es tan importante dentro de la etapa de mi vida.

A mis padres, hermana, y familiares por todo su apoyo de manera incondicional y que siempre estuvieron pendiente de mi formación académica.

A mi compañero de materia integradora por el esfuerzo, dedicación y por hacer de este proyecto todo un éxito.

Agradezco a todos los docentes y tutores de la universidad por guiarme, darme soporte y motivación en las diferentes actividades académicas durante toda la carrera.

Luis Ramírez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios sobre todas las cosas por haberme permitido culminar con éxito esta etapa importante de mi vida.

A mis padres por el apoyo incondicional a lo largo de estos años, a mis hermanas por el cariño transformado en fuerzas para salir adelante.

A mi novia por los consejos y el soporte brindado en cada momento para cumplir ser mejor persona cada día.

A mi compañero de materia integradora por toda la experiencia y aprendizaje alcanzado.

Agradezco a los profesionales que fueron parte de mi carrera, tanto docentes como tutores de prácticas que estimularon mi pasión por la ingeniería industrial.

Christian Suárez.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Luis Giovanni Ramírez Ponce y Christian Ricardo Suárez Carpio damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Luis Ramírez P.

Autor 1



Christian Suárez C.

Autor 2

EVALUADORES



Dr. Jorge Abad

PROFESOR DE LA MATERIA



M.Sc. Ingrid Adanaqué

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en una compañía que procesa acero ofertando soluciones para la construcción, el objetivo principal de este fue incrementar el porcentaje de la disponibilidad en una línea de producción de tubos.

Utilizando la metodología DMAIC se establecieron el objetivo general y los objetivos específicos para llegar a identificar las causas que afectan la disponibilidad. Estas causas centradas en los cambios de producto y averías permitieron establecer los problemas enfocados sobre los cuales se aplicaron diferentes herramientas para eliminar o reducir el impacto de las causas raíz.

Las propuestas de mejoras que se implementaron fueron la metodología 5S, implementación de SMED para cambios de matricería, diseño de una hoja digital para reportes de producción de tubos conformes y no conformes, etiquetado de coche de herramientas y gestión visual para soporte de la gestión de órdenes de trabajo de la línea de producción.

Estas implementaciones permitieron que la empresa pueda aprovechar el tiempo utilizado en actividades que no agregan valor teniendo una ventaja de conversión de 45.70 Toneladas de acero mensuales.

Palabras Clave: 5S, SMED, DMAIC, disponibilidad, OEE, cambio de producto, averías.

ABSTRACT

This project was carried out in a company that processes steel offering construction solutions, the main objective of this was to increase the percentage of availability in a pipe production line.

Using the DMAIC methodology, the general objective and specific objectives were established to identify the causes that affect availability. These causes focused on product changeovers and breakdowns to establish the focused problems on which different tools were applied to eliminate or reduce the impact of root causes.

The proposals for improvements that were implemented were the 5S methodology, implementation of SMED for matrix changes, design of a digital sheet for conforming and non-conforming tube production reports, tool car labeling and visual management to support the management of work orders from the production line.

These implementations allowed the company to take advantage of the time used in activities that do not add value having a conversion advantage of 45.70 tons of steel per month.

Keywords: 5S, SMED, DMAIC, availability, OEE, changeover, breakdowns.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes de la organización.....	1
1.2 Descripción del problema	1
1.3 Variable de medición	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 Marco teórico	4
1.5.1 Lean Manufacturing.....	4
1.5.2 DMAIC.....	4
1.5.3 Diagrama de Pareto	5
1.5.4 Técnica de los 5 por qué	5
1.5.5 OEE.....	6
1.5.6 Disponibilidad.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología	7
2.1 Definición.....	7

2.2	Medición	12
2.2.1	Plan de recolección de datos	12
2.2.2	Verificación de datos	14
2.3	Análisis	21
2.3.1	Generación de causas	21
2.3.2	Análisis de altos tiempos en cambio completo de producto	21
2.3.3	Verificación de causas por cambio completo de producto.	24
2.3.4	Análisis de altos tiempos de paras por averías	29
2.3.5	Verificación de causas por cambio completo de producto.	31
2.3.6	Cinco Por qué	34
CAPÍTULO 3.....		37
3.	Resultados y análisis de soluciones.....	37
3.1	Implementación y Control	37
3.1.1	Implementación 5s - Condiciones de organización y limpieza del área .	39
3.1.2	Implementación SMED.....	41
3.1.3	Diseño de una hoja para carga digital de reportes de producción de conformes y no conformes	46
3.1.4	Etiquetado de herramientas y gabinete de almacenamiento.....	48
3.1.5	Gestión visual de las órdenes de trabajo de la línea de producción	49
CAPÍTULO 4.....		51
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	51
4.1	Conclusiones	51
4.2	Recomendaciones	51
BIBLIOGRAFÍA.....		52

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measurement, Analyze, Improvement &Control
CTQ	Critical to Quality
SMED	Single Minute Exchange Die
OEE	Overall Equipment Effectiveness
SIPOC	Suppliers, Input, Process, Output, Costumers
OT	Orden de trabajo
SKU	Stock Keeping Unit

SIMBOLOGÍA

Min	Minuto
Ton	Tonelada
Unid	Unidad
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Secciones de la línea de producción	2
Figura 1.2 Histórico de la disponibilidad abril-septiembre.....	3
Figura 2.1 Esquematización de las necesidades de la compañía.....	8
Figura 2.2 Comportamiento mensual y promedio de la disponibilidad	9
Figura 2.3 Árbol de Variables Críticas de Calidad.	10
Figura 2.4 Árbol de Variables Críticas de Calidad (Sostenibilidad).....	11
Figura 2.5 Análisis de capacidad de proceso de cambios de producto.	15
Figura 2.6 Comparación de tiempos de cambios históricos y observación.....	16
Figura 2.7 Diagrama de Pareto de paradas no programadas.....	17
Figura 2.8 Diagrama de Pareto de tipos de cambios	18
Figura 2.9 Diagrama de proceso de cambio completo de producto.....	19
Figura 2.10 Desperdicios identificados en cambios de productos	20
Figura 2.11 Tiempos de preparación de secciones de la línea	20
Figura 2.12 Diagrama Ishikawa - Altos tiempos en cambio de producto	22
Figura 2.13 Matriz impacto esfuerzo de cambio de producto	23
Figura 2.14 Desorden y suciedad en la línea de producción	24
Figura 2.15 Reportes de producción.....	25
Figura 2.16 Problemas en el armado de turca.....	26
Figura 2.17 Problemas de armado en paso de quebradores.....	26
Figura 2.18 Falta de herramientas en la línea de producción	27
Figura 2.19 Disponibilidad de herramientas en la línea de producción	27
Figura 2.20 Lista de verificación de actividades SMED (cinco operadores)	28
Figura 2.21 Tiempos de cambios observados en cambios de producto	28
Figura 2.22 Diagrama Ishikawa - Altos tiempos en paras por averías	29
Figura 2.23 Matriz impacto esfuerzo de paradas por averías	31
Figura 2.24 Orden de trabajo ingresada en el sistema D7.....	32
Figura 2.25 Tiempo de orden de trabajo en proceso	32
Figura 2.26 Tiempo de permanencia de una orden de trabajo en el sistema	33
Figura 2.27 Condiciones de máquina	34
Figura 3.1 Reunión con Gerencia y Jefatura	38
Figura 3.2 Limpieza de armarios y secciones de la máquina	39

Figura 3.3 Estándar de limpieza por cada sección de la máquina	40
Figura 3.4 Cronograma de limpieza mensual de la máquina	41
Figura 3.5 Actividades que se realizan durante un cambio de producto	42
Figura 3.6 Actividades internas y externas durante un cambio de producto	43
Figura 3.7 Cronograma de actividades para cambios de producto	44
Figura 3.8 Tablero SMED	45
Figura 3.9 Resultados de la implementación SMED	46
Figura 3.10 Reporte de producción de conformes y no conformes	47
Figura 3.11 Registro de reporte de producción automatizado	47
Figura 3.12 Carro de herramientas – Situación inicial	48
Figura 3.13 Carro de herramientas – Situación actual	49
Figura 3.14 Interfaz de ingreso de órdenes de trabajo	49
Figura 3.15 Visualizador de órdenes de trabajo	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Cargos de los participantes en la entrevista	8
Tabla 2.2 Histórico de tiempos de la tubera #5.....	9
Tabla 2.3 SIPOC de la tubera #5.....	12
Tabla 2.4 Plan de recolección de datos	13
Tabla 2.5 Tiempos observados en cambios de productos.....	14
Tabla 2.6 Horas extras semanales de operadores	16
Tabla 2.7 Cargos de los participantes en la sesión de lluvia de ideas	21
Tabla 2.8 Ponderación de causas de cambio de producto	22
Tabla 2.9 Plan de verificación de causas cambio de producto	24
Tabla 2.10 Tiempo perdido por falta de revisión de matricería	25
Tabla 2.11 Ponderación de causas de paradas por averías.....	30
Tabla 2.12 Plan de verificación de causas de paradas por averías.....	31
Tabla 2.13 Cinco por qué de problema enfocado de cambio de producto.....	35
Tabla 2.14 Cinco por qué de problema enfocado de averías	36
Tabla 3.1 Propuestas de soluciones para cambio de productos.....	37
Tabla 3.2 Propuestas de soluciones para las paradas por averías.....	37
Tabla 3.3 Soluciones por cada problema enfocado.....	39
Tabla 3.4 Tiempo acumulado por cada actividad.....	43
Tabla 3.5 Información para el cálculo de los beneficios.....	45
Tabla 3.6 Tiempos de las actividades después de la implementación.....	46
Tabla 3.7 Número de observaciones en llenar un reporte de producción.....	48

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes de la organización

La compañía desarrolla sus actividades desde el año 1973, siendo de gran influencia liderazgo en el mercado a través de la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción. Estas son utilizadas en modernas construcciones industriales y agroindustriales, instalaciones comerciales, educativas, deportivas, de viviendas y en infraestructuras viales del Ecuador y el exterior. La compañía cuenta con tres plantas en el Ecuador, en las ciudades de Quito, Latacunga y Guayaquil.

La compañía cuenta con certificaciones de calidad para la fabricación de sus productos, por el sistema de gestión ambiental cuenta con puntos verdes por el tratamiento de los residuos generados que tiene como objetivo minimizar el impacto por contaminación. El crecimiento sostenido que han logrado en los últimos 5 años los ha acercado al propósito de "Ser reconocidos como una empresa dinámica, innovadora, en constante crecimiento en la industria del acero en el Ecuador". (Cevallos & Mieles, 2019)

1.2 Descripción del problema

El presente proyecto de mejora continua nace como iniciativa de la compañía a partir de su objetivo de cubrir la demanda y aprovechar óptimamente la capacidad de la línea de producción de tubos #5, llamada por el equipo de producción como la "Tubera 5", que produce tubería de acero de diferentes formas, espesores y diámetros.

La gestión de control de la efectividad de la línea #5 de producción de tubos se lleva a cabo por medio del indicador *Overall Equipment Effectiveness*, conocido por sus iniciales como el OEE. Este indicador debido a sus frentes: rendimiento, disponibilidad y calidad; permite tomar medidas y planes de acción identificando las condiciones que restan capacidad de producir a velocidades estándares y no contar con la máquina lista para producir dentro de especificaciones.

El foco de este proyecto es incrementar la disponibilidad de la línea de producción, identificando y analizando las oportunidades de mejora, estableciendo nuevas

condiciones de trabajo que lleven a materializar las expectativas de la compañía en la forma de realizar las tareas del equipo operativo, establecer guías seguras y eficientes de trabajo, y facilitar herramientas de soporte para mejorar la gestión de mantenimiento, calidad y suministros.

La Tubera #5 utiliza flejes como materia prima, estos son dispuestos en forma de bobina o rollos delgados que se desenrollan y almacenan temporalmente en el acumulador para luego pasar por los cuerpos de formado que moldean el acero para establecer la forma cilíndrica de la tubería, pasando por la soldadura, la tubería queda totalmente cerrada. Para el tamaño y forma esperada es necesario que el tubo pase por los cuerpos de *sizing* que dan el modelamiento final. En la siguiente fase el sistema de corte se encarga de dar la longitud requerida a medida que el tubo va saliendo. Finalmente, los tubos son empaquetados, etiquetados y entregados como producto terminado. En la Figura 1.1 se pueden apreciar las secciones del proceso de producción.



Figura 1.1 Secciones de la línea de producción

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Las principales secciones de Tubera #5 son: puente grúa, porta flejes, debobinador, acumulador, conformado, cortadora y empaquetadora, donde respectivamente la materia prima es transportada, almacenada temporalmente, desenrollada, acumulada, formada, cortada y almacenada.

Bajo las condiciones y métodos que han trabajado desde el mes de abril hasta septiembre del presente año la disponibilidad promedio es de 48.15% con una organización de cuatro operadores por turno. En la Figura 1.2 se puede observar el comportamiento a lo largo de los últimos seis meses del presente año.

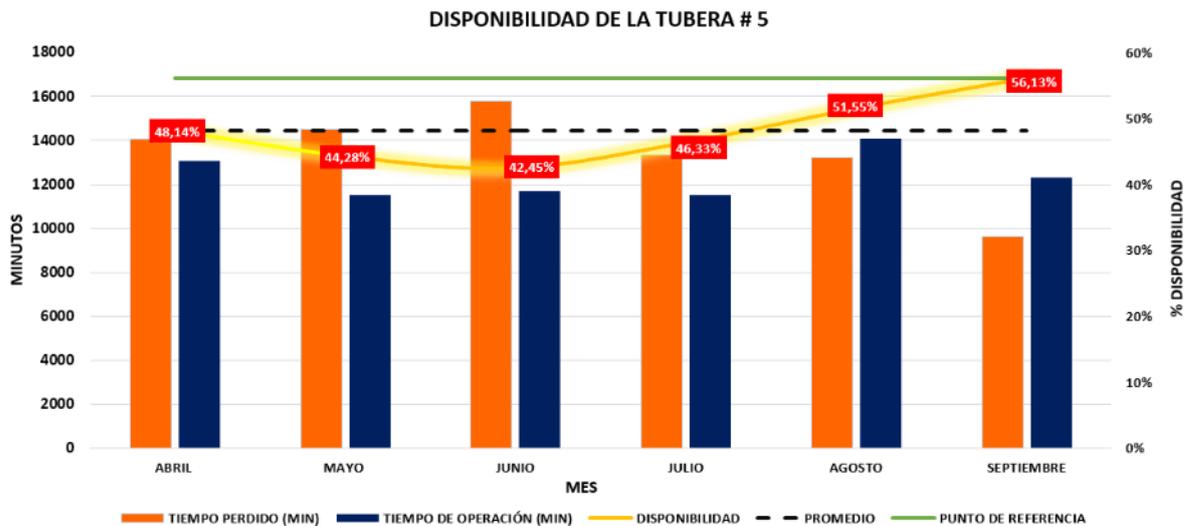


Figura 1.2 Histórico de la disponibilidad abril-septiembre

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

El alcance del proyecto se establece dentro de las operaciones de la Tubera #5, es decir a partir de la recepción de la materia prima hasta el empaquetado de producto terminado incluyendo actividades de soporte como organización de línea, gestión de mantenimiento y procedimientos necesarios para la producción.

1.3 Variable de medición

La variable de medición bajo análisis en este proyecto es definida como disponibilidad, esta variable nos indica qué porcentaje del tiempo programado para producir es realmente utilizado en la producción de tubos dentro de especificaciones. Alcanzar una disponibilidad del 100% es un gran desafío debido a diferentes actividades que no necesariamente son realizadas por el equipo de operaciones. Por ejemplo, cambios de producto, averías, producción de productos no conformes, ajustes, calibraciones, etc. Esta variable es calculada bajo la ecuación 1.1.

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo de operación de la máquina}}{\text{Tiempo disponible de la máquina para operar}} \quad (1.1)$$

Conocido el valor promedio actual alcanzado de 48.15% para el semestre abril-septiembre, se puede afirmar que la máquina está disponible para producir un poco menos de la mitad del tiempo total que se programa para fabricar tubos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Incrementar la disponibilidad de la línea de producción Tubera #5 de 48,15% a 52,14% al final de enero del 2020.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Medir los tiempos de paradas no programadas en los diferentes turnos de trabajo.
- Identificar las causas raíz que generan retrasos en el plan de producción.
- Diseñar un plan de mejora para reducir los tiempos de paradas no programadas que afectan directamente la disponibilidad.
- Implementar la propuesta de mejora y establecer un plan de control sostenible en el tiempo.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Lean Manufacturing

Es una filosofía de trabajo que se enfoca principalmente en la reducción de desperdicios y optimizar procesos de un sistema de producción, consiste en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas de varios estudios según la necesidad del proceso. El pensamiento Lean consiste en la evolución permanente o mejora continua que va seguido del aprendizaje que se va adquiriendo en cada implementación aplicando diferentes técnicas según los entornos industriales.

1.5.2 DMAIC

Las etapas de la metodología DMAIC se aplican dentro de un proyecto de mejora Seis Sigma. En la primera etapa, definición, se enfoca el proyecto, se alinea el alcance de este, se define el marco de trabajo incluyendo a los participantes, así como conocer el problema sobre el cual se va a trabajar. En la segunda etapa se realiza la medición actual donde se comprende y cuantifica mejor la magnitud del problema, se define el flujo de trabajo, los puntos de decisión y se establecen las métricas con las que se evaluará el proyecto.

En la fase de análisis la meta es identificar las causas raíz identificando las X vitales y como estas generan el problema y se confirman las causas con datos. En esta etapa se utilizan herramientas exploratorias para facilitar el análisis.

Dentro de la etapa de mejora el objetivo es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz y asegurarse de que se corrija o reduzca el problema.

Por último, en la etapa de control cuando se alcanzan las mejoras deseadas, se debe diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas (Pulido, 2010).

1.5.3 Diagrama de Pareto

La estratificación permite analizar problemas, fallas, quejas o datos, agrupándolos de acuerdo con factores que, se cree, pueden influir en la magnitud de estos.

Es imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas de un proceso o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo.

El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que sólo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, sólo unos cuantos son realmente importantes. (Pulido, 2010)

1.5.4 Técnica de los cinco por qué

El método de los cinco por qué se lleva a cabo organizando reuniones inmediatamente después de que la empresa haya encontrado un problema. El problema puede pertenecer a múltiples categorías. Siempre que surja algo no deseado, se puede utilizar este proceso para analizar la causa raíz del problema.

Los cinco por qué es una herramienta para entender por qué ocurrió algo no deseado o inesperado. Además, puede ayudar a la empresa a tomar algunas medidas y hacer algunos cambios para asegurar que el mismo problema no vuelva a ocurrir. (Manufacturing, 2019)

1.5.5 OEE

OEE (Overall Equipment Effectiveness) es el estándar de oro para medir la productividad de fabricación. En pocas palabras: identifica el porcentaje de tiempo de fabricación que es realmente productivo. Una puntuación OEE del 100% significa que está fabricando sólo piezas buenas, tan rápido como sea posible, sin tiempo de parada. En el lenguaje de OEE significa 100% de calidad (sólo piezas buenas), 100% de rendimiento (lo más rápido posible) y 100% de disponibilidad (sin tiempo de parada).

La medición de OEE es una práctica recomendada de fabricación. Al medir OEE y las pérdidas subyacentes, obtendrá información importante sobre cómo mejorar sistemáticamente su proceso de fabricación. OEE es la mejor métrica para identificar pérdidas, evaluar el progreso y mejorar la productividad de los equipos de fabricación (es decir, eliminar los residuos). (Vorne, 2019)

1.5.6 Disponibilidad

La disponibilidad tiene en cuenta las paradas no planificadas y planificadas. Una puntuación de disponibilidad del 100% significa que el proceso siempre se está ejecutando durante el tiempo de producción planificado.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló bajo la implementación DMAIC, esta metodología permite identificar el problema utilizando técnicas y herramientas de mejora continua para implementar soluciones que mitiguen o minimicen el impacto de las causas raíz, reduciendo todo tipo de costos y aumentando la productividad dentro de la organización.

2.1 Definición

Dentro de la primera etapa de la metodología DMAIC es primordial conocer la situación actual de la empresa. Se recolectaron las necesidades de los clientes y usuarios de la línea de producción para así, tener una perspectiva clara sobre la situación actual que se va a analizar.

Para la recolección de la información sobre las necesidades del cliente se realizaron reuniones planificadas y entrevistas a el jefe de producción, supervisores, asistente de producción y operadores. A continuación, se listan las necesidades del cliente:

- Máquina operativa durante el tiempo programado.
- Reducir los tiempos de cambios y calibración.
- Tener abastecimiento de flejes.
- Cumplir con el plan de producción.
- Incrementar la disponibilidad.
- Confiabilidad en los reportes de producción.
- Reducir horas extras.

En esta actividad participaron miembros del equipo de producción, en la Tabla 2.1 se detallan los cargos bajo los que laboran en la compañía.

Tabla 2.1 Cargos de los participantes en la entrevista

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Cargo
Jefe de producción
Supervisores
Asistente de producción
Operadores



Figura 2.1 Esquemmatización de las necesidades de la compañía

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.1 se detallan en la parte superior las necesidades del proyecto, mismas que se asocian a diferentes variables medibles que conducen a la disponibilidad de la Tubera #5. Bajo esta dirección se analizaron los datos históricos para verificar el comportamiento de la disponibilidad de la línea de producción.

Tabla 2.2 Histórico de tiempos de la tubera #5

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

MES	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (MIN)	TIEMPO PERDIDO (MIN)	TIEMPO OPERACIONAL (MIN)	DISPONIBILIDAD (%)
ABRIL	27120	14065	13055	48,14%
MAYO	26053	14518	11535	44,28%
JUNIO	27488	15818	11670	42,45%
JULIO	24853	13338	11515	46,33%
AGOSTO	27306	13229	14077	51,55%
SEPTIEMBRE	21905	9610	12295	56,13%

En la Tabla 2.2 se puede visualizar los tiempos operacionales, tiempos perdidos y el cálculo de la disponibilidad durante los últimos seis meses.

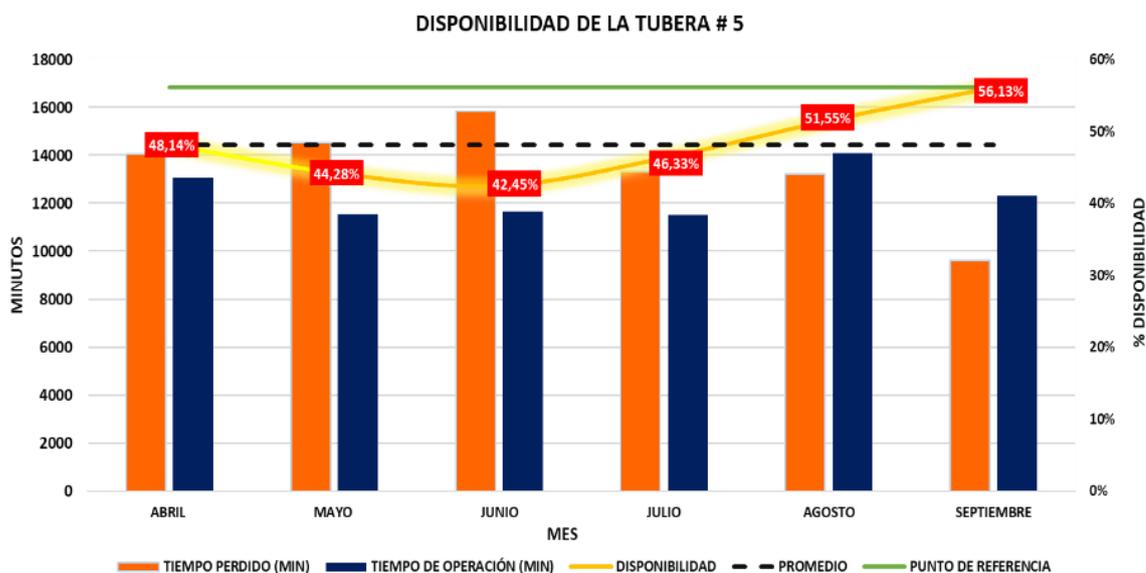


Figura 2.2 Comportamiento mensual y promedio de la disponibilidad

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.2 se observa el comportamiento de la disponibilidad desde el mes de abril hasta septiembre de 2019. Las barras naranjas indican el tiempo perdido de

producción y las barras azules representa el tiempo de operación, la línea amarilla representa la disponibilidad mensual, mientras que la línea punteada de color negro muestra la disponibilidad promedio de la tubera #5. Por último, la línea verde es el *benchmarking*, mismo que representa el mejor nivel alcanzado con respecto a la disponibilidad durante los seis meses.

Bajo este análisis se pudo establecer y definir el problema, para esto fue necesario conocer el valor que el equipo de producción espera alcanzar.

La disponibilidad promedio de la línea de producción de la Tubera #5 desde abril 2019 hasta septiembre 2019 es 48,15%; el mejor valor mensual alcanzado ha sido 56,13% mientras que la compañía espera al menos un 70%.

Definido el problema y la variable de respuesta, se realizó el árbol de CTQ para trazar el tipo de impacto que tienen las diferentes variables o frentes. En la Figura 2.3 se establecieron los tipos de paradas que afectan los tiempos por paras no programadas.

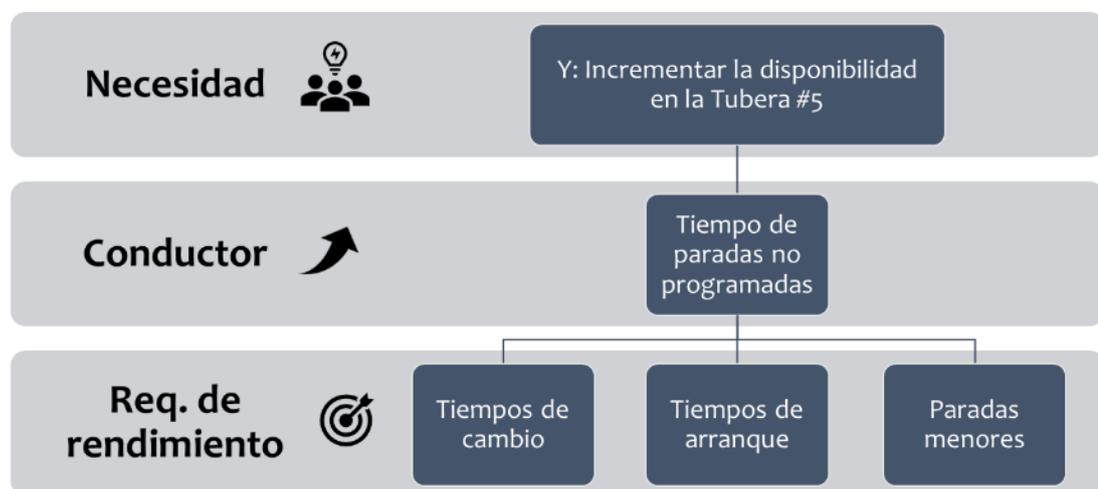


Figura 2.3 Árbol de Variables Críticas de Calidad.

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.3 se puede observar el árbol crítico de la calidad, indicando la necesidad de la organización, la cual es, incrementar la disponibilidad de la línea de producción, misma que es afectada por las paradas no programadas.

Unos de los requerimientos del cliente es que el cambio total de producto sea menor o igual a 2,5 horas, cambios de espesor por producto sea menor o igual a 0,5 horas y que no exista traslape en los cambios de turno.

El proyecto actual no solo consiste en medir las variables y atributos que afectan directamente a la variable de respuesta sino también a variables que están relacionadas con los pilares de la sostenibilidad y permiten medir el impacto ambiental

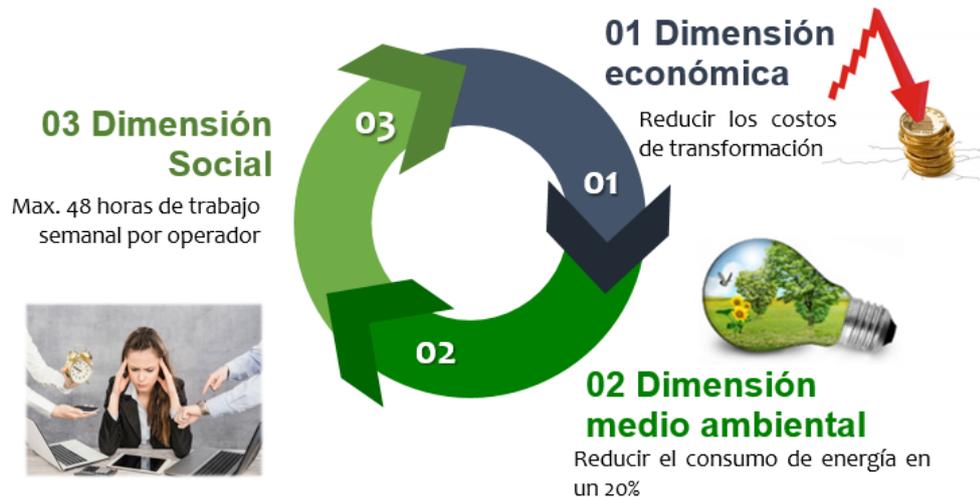


Figura 2.4 Árbol de Variables Críticas de Calidad (Sostenibilidad)

Fuente: Elaboración propia

Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.4 se pueden observar los pilares de la sostenibilidad, en cada uno de ellos se identifican diferentes necesidades del cliente, la baja disponibilidad de la tubera #5 ocasiona que no se cumpla con el plan de producción según lo planificado, a su vez, los operadores realizan trabajo bajo horas extras los fines de semana. Adicionalmente, existe un aumento en el consumo eléctrico mensual, por lo tanto, el cliente requiere reducir al menos un 20% el consumo energético.

Tabla 2.3 SIPOC de la tubera #5

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Tubera # 5				
S	I	P	O	C
Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Slitter	Flejes	Formado	Producto terminado Producto no conforme Scrap Reporte de producción Órdenes de trabajo	Bodega de producto terminado
Planeación de producción	Plan de producción			
Operadores de línea	Competencias			
Bodega de suministros	Suministros, herramientas			
Mantenimiento	Plan de mantenimiento, herramientas, máquina	Mantener condiciones funcionales	Scope 	

En la Tabla 2.3 podemos observar los principales procesos que existen dentro de la producción de tubos, el proceso inicial es el abastecimiento de materia prima realizado por las máquinas *Slitters* que convierten las bobinas en flejes, alineado al plan de producción se establece el ritmo de producción en la Tubera #5. Por otro lado, los operadores a través de sus habilidades y capacidades realizan las actividades que agregan valor al negocio, esto con el soporte de departamentos claves como bodega de suministros y mantenimiento.

2.2 Medición

2.2.1 Plan de recolección de datos

A través del plan de recolección de datos se pudo colectaron datos que afectan a la disponibilidad de la línea de producción. A continuación, en la Tabla 2.4 se detalla la planificación de recolección de datos

Tabla 2.4 Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

QUÉ			DONDE	CUANDO	QUIÉN	CÓMO		POR QUÉ
¿Qué se registra?	Unidades	Tipo de dato	¿Dónde se registra?	¿Cuándo se registra?	¿Quién registra?	¿Cómo lo mido?	Método de recolección	¿Por qué se registra?
Disponibilidad	%	Cuantitativo - Continuo	Formato de registro de producción / Base de datos	Diario	Operador/Digitador/Asistente de producción/Luis Ramírez - Christian Suárez	Medir el tiempo planificado y los tiempos de paradas por turno	Observación directa / Entrevistas / Datos históricos	Medir la variable de respuesta
Tiempo de cambio de producto	Minutos	Cuantitativo - Continuo	Formato de registro de producción / Base de datos	Turno	Operador/Digitador/Asistente de producción/Luis Ramírez - Christian Suárez	Medir el tiempo de cambio de producto N=5, error 7% (12,88min)	Observación directa / Entrevistas / Datos históricos	Variable que afecta la disponibilidad
Tiempo de ajuste y calibración por cambio de producto	Minutos	Cuantitativo - Continuo	Formato de registro de producción / Base de datos	Turno	Operador/Digitador/Asistente de producción/Luis Ramírez - Christian Suárez	Medir el tiempo de ajuste y calibración dentro de los cambios de producto N=5, error 7% (12,88min)	Observación directa / Entrevistas / Datos históricos	Variable que afecta la disponibilidad
Tiempo de paradas por averías	Minutos	Cuantitativo - Continuo	Formato de registro de producción / Base de datos	Turno	Operador/Digitador/Asistente de producción/Luis Ramírez - Christian Suárez	Medir el tiempo de paradas por averías que se genera en cada turno	Observación directa / Entrevistas / Datos históricos	Variable que afecta la disponibilidad
Tipos de averías	-	Cualitativo	Formato de registro de producción / Base de datos	Turno	Operador/Digitador/Asistente de producción/Luis Ramírez - Christian Suárez	Eventos suscitados en planta	Observación directa / Entrevistas / Datos históricos	Categorización de diferentes tipos de averías
Horas extras	Horas	Cuantitativo - Continuo	Registro de producción	Mensual	Supervisor	Tiempo de trabajo por operador	Datos registrados	Cuantificar impacto
Horas de ausentismo	Horas	Cuantitativo - Continuo	Registro de producción	Mensual	Supervisor	Tiempo de trabajo por operador	Datos registrados	Cuantificar impacto
Costo de producción	\$/hora	Cuantitativo - continuo	Registro de producción	Mensual	Contabilidad	Cantidad de dinero necesaria para producir durante una hora	Cálculo a partir de los recursos requeridos	Cuantificar el impacto en mejoras
Consumo de energía eléctrica	KWh	Cuantitativo - Continuo	Registro de producción	Mensual	Departamento eléctrico	Cálculo por parte del departamento eléctrico	Datos registrados	Cuantificar el impacto en sostenibilidad

2.2.2 Verificación de datos

Para la verificación de los datos se utilizaron métodos como toma de tiempos y observación directa para verificar las siguientes afirmaciones:

- Cambio total de producto y calibración menor a 2,5 horas
- Confiabilidad de los datos históricos
- Tiempo promedio de horas extras por operador es mayor a 48 horas

Cambio total de producto y calibración menor a 2,5 horas

Para la verificación del cambio total de producto se emplearon las siguientes herramientas:

- Medición de tiempos
- Observación directa
- Gemba

Los resultados de la toma de tiempos de los cambios se muestran en la Tabla 2.5, incluyendo los tiempos de tres observaciones realizadas con un cronómetro. Se obtuvo un tiempo promedio de 183.99 minutos para el cambio completo de producto.

Tabla 2.5 Tiempos observados en cambios de productos

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Tiempo de cambio y calibración (min)	
Muestra	Duración
t1	185.2
t2	190.0
t3	178.0
Prom	183.99
Desv Est.	8.50
Error %	7%
Z	1.96
Error	12.88
n	1.67

Para verificar la confiabilidad de los tiempos se realizó el cálculo del tamaño de la muestra, que resultó en tomar dos observaciones adicionales para corroborar la confiabilidad. Esta información tabulada de manera gráfica se muestra en la Figura 2.5, donde se analizó la capacidad del proceso para comprobar estadísticamente si un cambio se realiza entre dos horas con treinta minutos y tres horas.

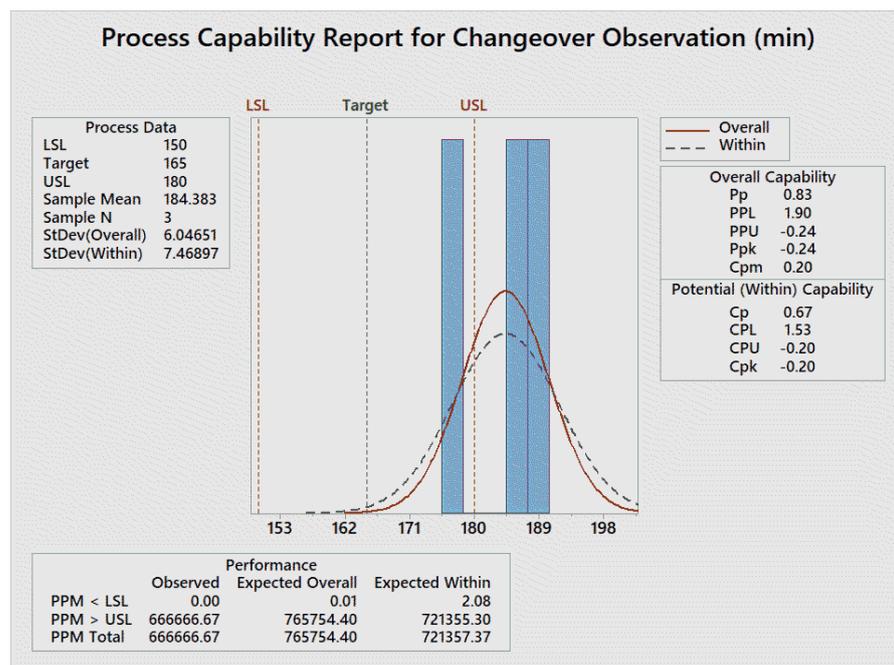


Figura 2.5 Análisis de capacidad de proceso de cambios de producto.

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

El resultado del análisis mostró que los cambios no tienen una capacidad para ser realizado con una duración menor a tres horas.

Tiempo promedio de las horas extras es mayor a 48 horas

Para la validación de las horas extras se analizó la información histórica de los días en que laboraron cada uno de los ocho operadores de la línea de producción. En la Tabla 2.6 se puede observar que en dos de los tres meses analizando las horas promedio de la jornada laboral es mayor a las 48 horas.

Tabla 2.6 Horas extras semanales de operadores

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Operador	Julio (min)	Agosto (min)	Octubre (min)	Promedio
Operador 1	51.8	53.5	46.2	50.5
Operador 2	47.8	40.6	49.2	45.9
Operador 3	61.5	44.4	45.8	50.6
Operador 4	53.4	47.0	45.7	48.7
Operador 5	49.3	53.1	44.4	48.9
Operador 6	65.6	53.2	49.7	56.2
Operador 7	53.1	57.5	52.2	54.3
Operador 8	45.5	54.6	41.4	47.2
Promedio	53.5	50.5	46.8	50.3

Validación de los datos históricos

Para la validación de los datos históricos se analizaron los tiempos de cambios completo incluyendo calibración contrastando a través de una comparación de medias con el tiempo de las observaciones realizadas en campo.

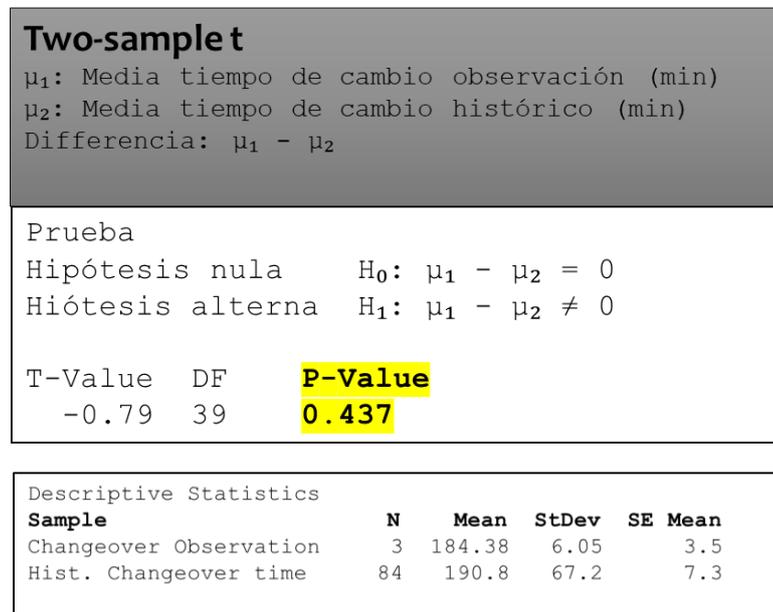


Figura 2.6 Comparación de tiempos de cambios históricos y observación

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.6 con un intervalo del 95% de confianza se pudo concluir que no existe diferencia significativa entre los tiempos de cambio históricos

y los tiempos observados, por lo tanto, se puede declarar que el histórico es confiable.

Demostrada la confiabilidad de los datos históricos, se realizó la estratificación de los tipos de paradas que afectan la disponibilidad. En la Figura 2.7 se muestra el diagrama de Pareto de estas que pertenecen a las paradas no programadas.

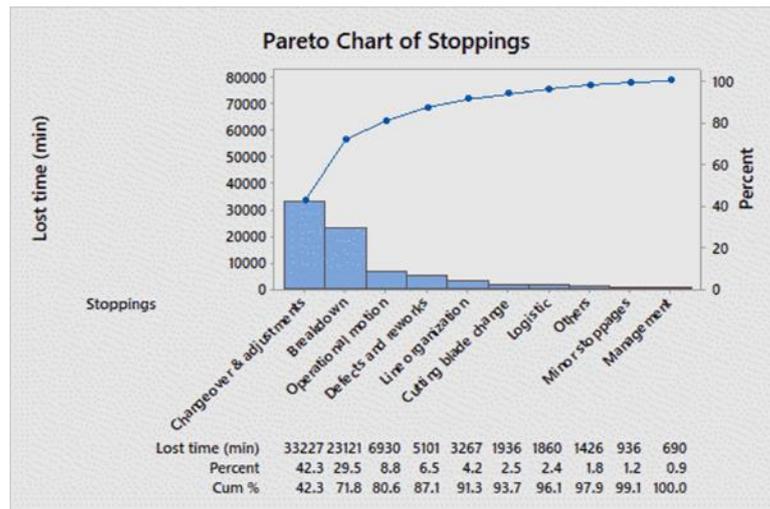


Figura 2.7 Diagrama de Pareto de paradas no programadas

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Los tiempos de cambio total de producto incluyendo tiempos calibraciones representan el 42,3%; mientras que los tiempos de paradas por averías representa un 29,5%; el acumulado de ambos tipos de parada representa el 71,8%.

Dentro de las paradas por cambios de matricería existen diferentes tipos, por lo cual, es necesario estratificar para conocer cuál es el tipo de cambio que afecta más.

Los cambios que se realizan en la Tubera #5 pueden ser desde cambio de espesor, donde se cambian ciertos componentes de la línea; hasta un cambio completo donde se cambian los cuerpos de conformado, los cuerpos que dan la medida y los que dan el acabado o forma final, así como ajuste en el sistema de corte.

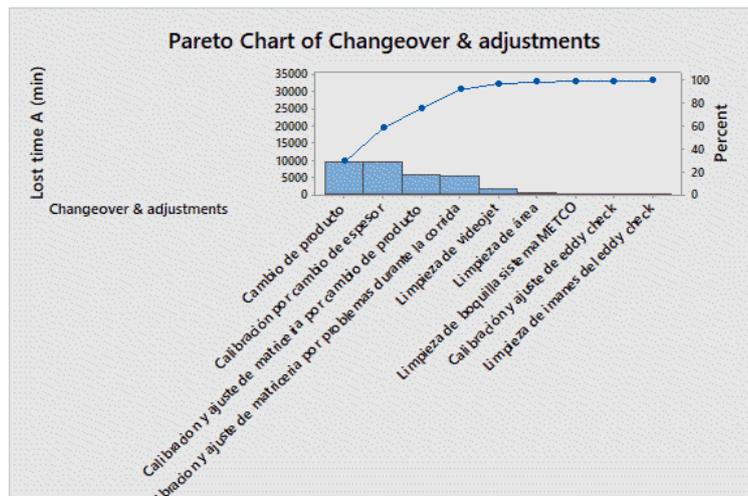


Figura 2.8 Diagrama de Pareto de tipos de cambios

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.8 se muestra gráficamente como el cambio de producto tiene mayor incidencia sobre los tiempos de cambio, estos cambios están asociados con la tercera causa que es la calibración y ajuste de matricería por cambio de producto. Siendo 29,4% y 17,6% el impacto correspondientemente, el acumulado de estos dos tipos de parada es 47%.

Los problemas enfocados en los cuales se centró el proyecto fueron las dos primeras causas de las paradas no programadas. Definiéndose los mismos de la siguiente manera:

El tiempo promedio de cambio total de producto en la línea de producción Tubera #5 desde abril de 2019 a septiembre de 2019 representa el 47% de las paradas por cambios y calibración, mientras que la compañía espera al menos el 30%.

Mientras que las averías pueden variar por diferentes tipos de daño, se define de la siguiente manera:

Los tiempos de averías en la línea de producción en la línea de producción Tubera #5 desde abril de 2019 a septiembre de 2019 representa el 29,5% de las paradas no programadas, mientras que la compañía espera al menos el 15%.

La preparación de la línea para la producción de un tipo de tubo conlleva un proceso en la que los cuatro operadores de la línea son partícipes. En la Figura 2.9 se detalla el proceso y el rol de cada operador.

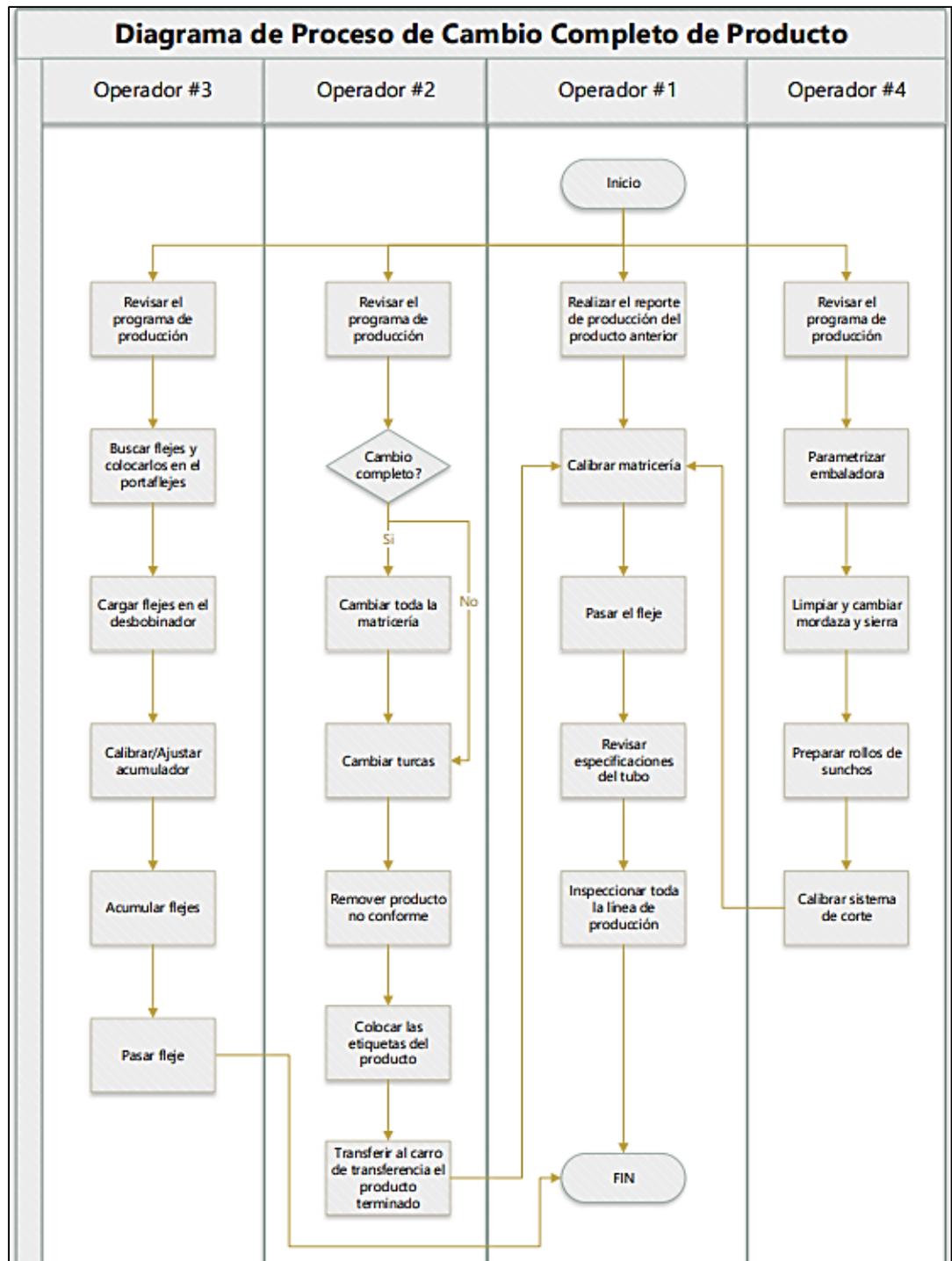


Figura 2.9 Diagrama de proceso de cambio completo de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Durante el levantamiento del proceso y toma de tiempos de cambio de producto se pudieron identificar diferentes tipos de desperdicios, los mismos que se pueden observar en la Figura 2.10.



Figura 2.10 Desperdicios identificados en cambios de productos

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Al realizar el análisis del tiempo de cambio de productos se seccionó la línea en cuatro secciones, dentro de las cuales se levantaron los tiempos desde que la máquina fue parada hasta que la máquina o componentes fuese preparada para producir. La mayor parte del tiempo el cambio y ajustes se llevaron a cabo en el conformado, modelamiento y acabado del producto. Haciendo análisis de dos cambios completos, en la Figura 2.11 se muestra el porcentaje de tiempo utilizado en la preparación con respecto al tiempo total de preparación de la línea.

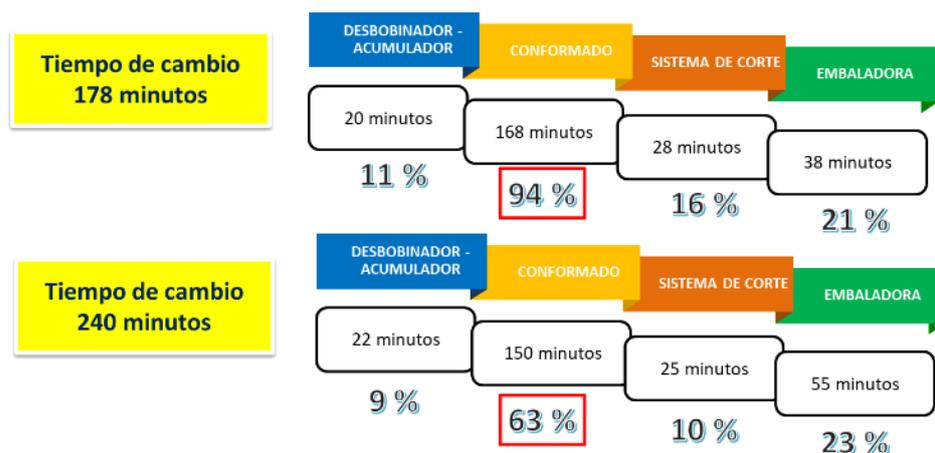


Figura 2.11 Tiempos de preparación de secciones de la línea

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

La sección cuello de botella durante los cambios se localiza en la matricería, block soldador y turcas.

2.3 Análisis

2.3.1 Generación de causas

La generación de causas se realizó con el objetivo de identificar las causas raíz que provocan que los problemas enfocados tengan lugar y alto impacto en los tiempos de paradas no programadas.

Esta actividad se llevó a cabo a través de dos sesiones de lluvia de ideas en la cual participaron miembros del equipo de producción, matricería y mantenimiento, estos cargos se listan en la Tabla 2.7, también se realizó la ponderación de las causas para identificar por votación, las causas potenciales.

Tabla 2.7 Cargos de los participantes en la sesión de lluvia de ideas

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Posición
Asistente de producción
Operador uno
Ayudante operador uno
Operador dos
Ayudante operador dos
Técnico mecánico
Técnico eléctrico
Matricero

El análisis se lo realizó para los dos problemas enfocados, compartiéndolos con el equipo de la siguiente manera:

- Altos tiempos en cambio completo de producto.
- Paras por averías.

2.3.2 Análisis de altos tiempos en cambio completo de producto

La primera herramienta utilizada para el análisis es la lluvia de ideas, la cual a través del diagrama Ishikawa se categorizaron las causas como se

muestra en la Figura 2.12. En la misma se puede observar como la mayoría de las causas se concentran en método y máquina.

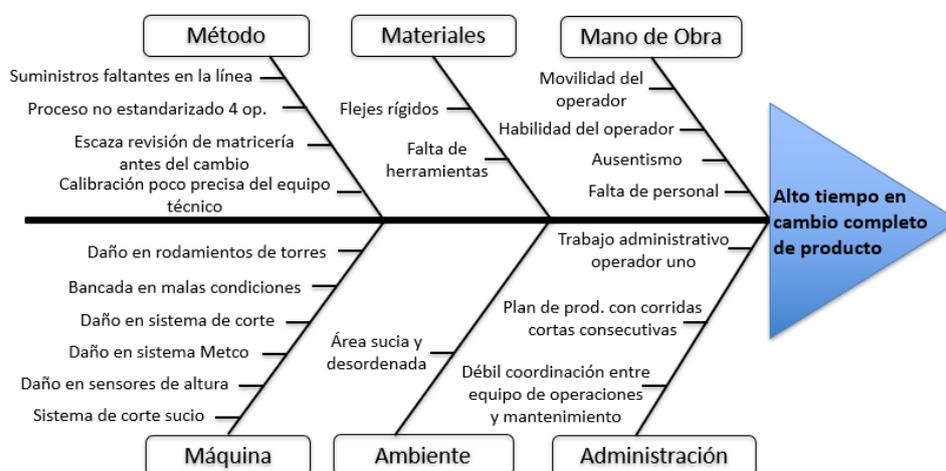


Figura 2.12 Diagrama Ishikawa - Altos tiempos en cambio de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Para poder ponderar estas causas se entregó al equipo que participó en la lluvia de ideas una hoja de calificación para identificar las de mayor impacto.

El resultado se muestra en la Tabla 2.8, la calificación se realizó con una escala logarítmica con valores de 1, 3 o 9. Siendo 1 una calificación para una causa con un bajo impacto sobre el problema mientras que 9 representa el impacto más alto para una potencial causa.

Tabla 2.8 Ponderación de causas de cambio de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X	CAUSAS POTENCIALES	MODOS	%	ACUM. %
X1	SUMINISTROS FALTANTES EN MÁQUINA	9	8.65%	9%
X2	DAÑO EN SENSORES DE ALTURA	9	8.65%	17%
X3	ÁREA SUCIA Y DESORDENADA	9	8.65%	26%
X4	MUCHOS REPORTES POR LLENAR	9	8.65%	35%
X5	ESCASA REVISIÓN DE MATRICERÍA ANTES DEL CAMBIO	9	8.65%	43%
X6	FALTA DE HERRAMIENTAS	9	8.65%	52%
X7	CALIBRACIÓN NO PRECISA DE MATRICERÍA	9	8.65%	61%
X8	NO HAY PROCESO ESTÁNDARIZADO PARA CUATRO OPERADORES	9	8.65%	69%
X9	DAÑOS EN SISTEMA DE CORTE	3	2.88%	72%
X10	DAÑOS EN CÁMARA DE SISTEMA METCO	3	2.88%	75%
X11	HABILIDAD / ENTRENAMIENTO DEL OPERADOR	3	2.88%	78%
X12	DAÑO EN TORRES FIJAS (RODAMIENTOS)	3	2.88%	81%
X13	AUSENTISMO	3	2.88%	84%
X14	PLANIFICACIÓN CON CORRIDAS CORTAS CONSECUTIVAS	3	2.88%	87%
X15	BANCADA EN MALAS CONDICIONES	3	2.88%	89%
X16	FALTA DE COORDINACION ENTRE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	3	2.88%	92%
X17	FALTA DE PERSONAL	3	2.88%	95%
X18	SISTEMA DE CORTE SUCIO	3	2.88%	98%
X19	FLEJES MUY RÍGIDOS O DE ALTO GRADO	1	0.96%	99%
X20	MOVILIDAD DEL OPERADOR	1	0.96%	100%

Para establecer la calificación final de cada causa se escogió la moda entre las calificaciones dadas por los miembros del equipo, detallado en la tercera columna. De este grupo se seleccionaron las de mayor incidencia, siendo las ocho primeras que representan un 69% del impacto sobre el problema.

Matriz de impacto control

Como parte del análisis en profundidad de las causas que representan mayor impacto, la matriz de impacto control permite conocer el grado de dificultad que puede tener una causa al ser controlada. En la Figura 2.13 se muestra la ubicación de las causas en la matriz. Los valores de impacto y control fueron analizados con el supervisor de producción.

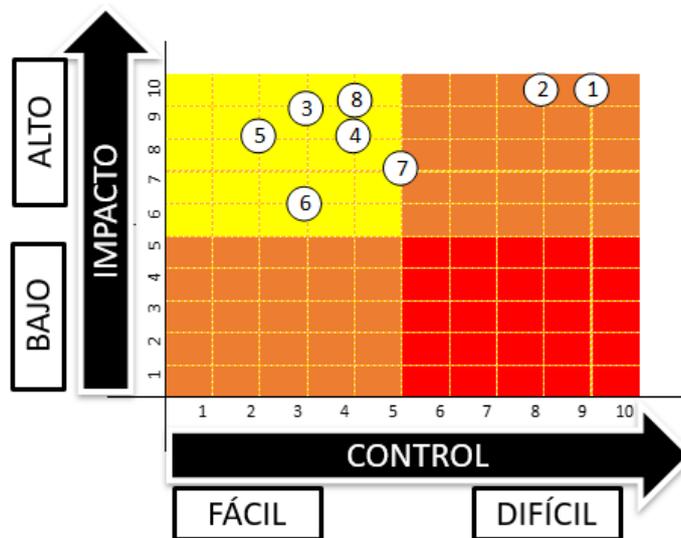


Figura 2.13 Matriz impacto esfuerzo de cambio de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Considerando principalmente las causas que se encuentran en el primer cuadrante se establece el plan de verificación de estas en la Tabla 2.9. Con este plan se prevé verificar si realmente las causas son significativas para los altos tiempos de cambio completo de producto.

Tabla 2.9 Plan de verificación de causas cambio de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X	Causas potenciales	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificar?	Estado
X3	Área sucia y desordenada	La suciedad y el desorden en el área provocan pérdida de tiempo en la extracción y colocación de los cuerpos	Observación directa	Completado
X4	Operador uno realiza actividades administrativas	Realizar actividades administrativas incrementando el tiempo de cambio	Observación directa, estudio de tiempos	Completado
X5	Escaza revisión de matricería antes del cambio	La escaza revisión de la matricería antes del cambio genera tiempos de retrabajo e inspección durante los cambios	Observación directa, estudio de tiempos	Completado
X6	Disponibilidad de herramientas	La falta o no disponibilidad inmediata de las herramientas genera tiempos por búsqueda o uso de herramientas inadecuadas incrementando los tiempos de cambio	Observación directa	Completado
X8	No hay proceso estandarizado para cuatro operadores	La falta de un procedimiento estandarizado para cuatro operadores incrementa los tiempos de cambio.	Observación directa, análisis estadístico	Completado

2.3.3 Verificación de causas por cambio completo de producto.

X3: Área sucia y desordenada

Se pudo verificar que las condiciones de limpieza y desorden del área incrementan tiempos de búsqueda por herramientas, actividad que ocurre incluso durante los cambios de matricería. En la Figura 2.14 se observa las condiciones de trabajo en las que se realizan las operaciones de producción.

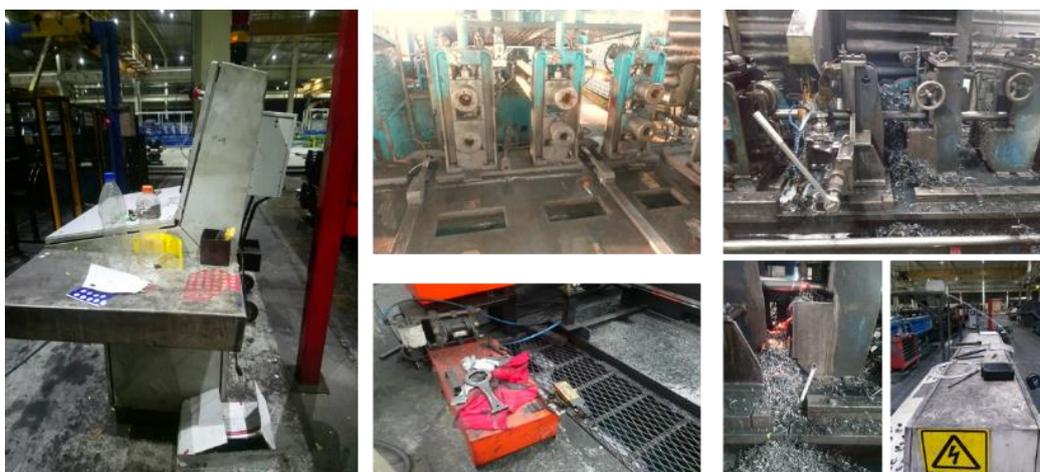


Figura 2.14 Desorden y suciedad en la línea de producción

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X4: Operador uno realiza trabajo administrativo

El operador líder de la tripulación llena reportes de producción del SKU que terminan de producir cuando se está realizando el cambio de matricería.

Los reportes llenados por el operador son: reportes de producción de tubos de primera, tubos no conformes y reporte de no conformidades. En la Figura 2.15 se evidencia al final del turno 8 reportes generados por el operador uno.

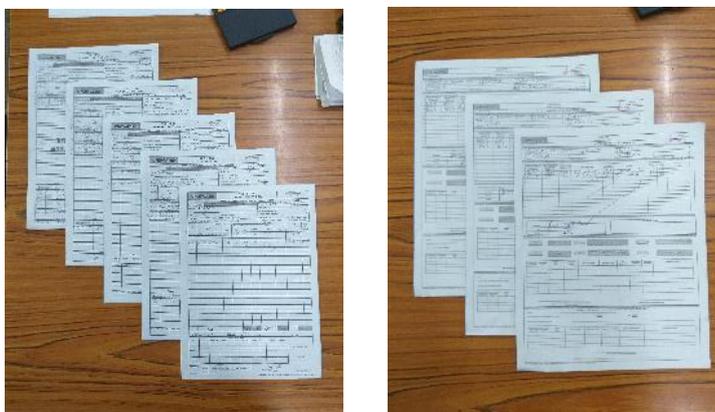


Figura 2.15 Reportes de producción

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X5: Proceso no estandarizado de revisión de matricería

La revisión del armado de matricería antes del cambio no se realizó de la misma manera en los eventos presenciados, en ocasiones no se revisaba hasta que surgían diferentes situaciones o problemas una vez que los cuerpos habían sido cambiados y se realizaba el paso del fleje, al detectarse el problema existen tiempos perdidos de hasta 15 minutos hasta el momento que se gestiona una mala condición del armado o partes de los cuerpos, en la Tabla 2.10 se muestra la pérdida de tiempo evidenciada.

Tabla 2.10 Tiempo perdido por falta de revisión de matricería

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Obs.	Tiempo perdido (min)
1	14
2	5
3	15

Uno de los problemas evidenciados con el armado de los cuerpos fue el mal ajuste de la turca, como se muestra en la Figura 2.16



Figura 2.16 Problemas en el armado de turca

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En el caso de los pasos de los cuerpos de matricería también se presenciaron inconvenientes en la configuración del armado de matricería. En la Figura 2.17 se muestra como el rodamiento superior e inferior no estaban alineados debido a mala ubicación de los topes que mantienen el rodamiento centrado.



Figura 2.17 Problemas de armado en paso de quebradores

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X6: Baja disponibilidad de herramientas.

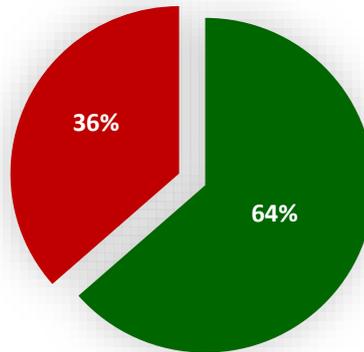
La baja disponibilidad de las herramientas durante un cambio completo de producto es causada por diferentes motivos, entre ellos, herramientas ubicadas en otras partes de la línea de producción, herramientas prestadas a otras máquinas y herramientas perdidas. En la Figura 2.18 se muestra la condición del coche de herramientas en el escenario de producción normal, antes de un cambio.



Figura 2.18 Falta de herramientas en la línea de producción

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Para verificar la existencia de las herramientas, a través de una lista de verificación se comprobó que tan solo el 64% de las herramientas estaban en la línea de producción, el 36% de las herramientas por otro lado, no estaban en el área de producción como se observa en la Figura 2.19.



■ Herramientas disponibles ■ Herramientas no disponibles

Figura 2.19 Disponibilidad de herramientas en la línea de producción

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Se preguntó a los operadores cuales eran las posibles causas de la pérdida de herramientas y comentaban que en ocasiones estas eran prestadas a otras líneas.

X8: No hay proceso estandarizado de cambio para cuatro operadores

Existen una lista de verificación de las actividades que debe realizar un equipo de cinco operadores para un cambio de producto, en la Figura 2.20 se detallan las actividades, pero actualmente la línea de producción consta de cuatro operadores y al no existir una secuencia de actividades por cada

operador se realizan actividades sin seguir una secuencia dentro de la ruta crítica del cambio de producto.

The image shows a checklist titled 'Checklist Actividades SMED' with columns for 'NÚMERO', 'DESCRIPCIÓN', 'ACTIVIDAD', and 'TIEMPO'. A yellow sticker with the text 'SMED TFS' is placed vertically on the left side of the checklist, partially covering the 'NÚMERO' column.

Figura 2.20 Lista de verificación de actividades SMED (cinco operadores)

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

A continuación, en la Figura 2.21 se detallan los tiempos de cambios completos observados dentro de la línea de producción. En esta fase se pudo incluir una muestra más.

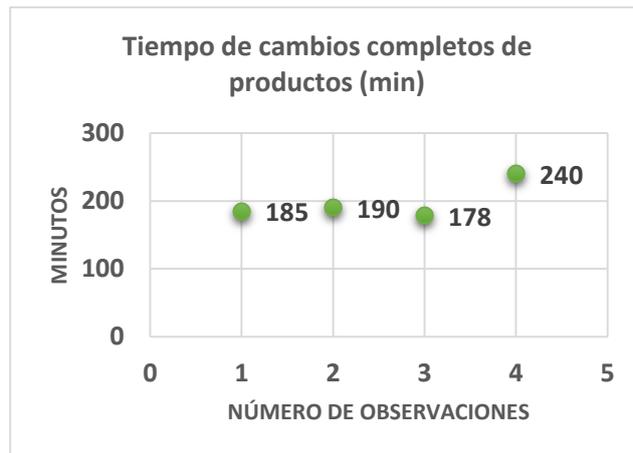


Figura 2.21 Tiempos de cambios observados en cambios de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

2.3.4 Análisis de altos tiempos de paras por averías

La primera herramienta en utilizar para el análisis es la lluvia de ideas, la cual a través del diagrama Ishikawa se categorizaron las causas como se muestra en la Figura 2.22. En la misma se puede observar como la mayoría de las causas se concentran en método y máquina de manera similar al problema enfocado analizado anteriormente.

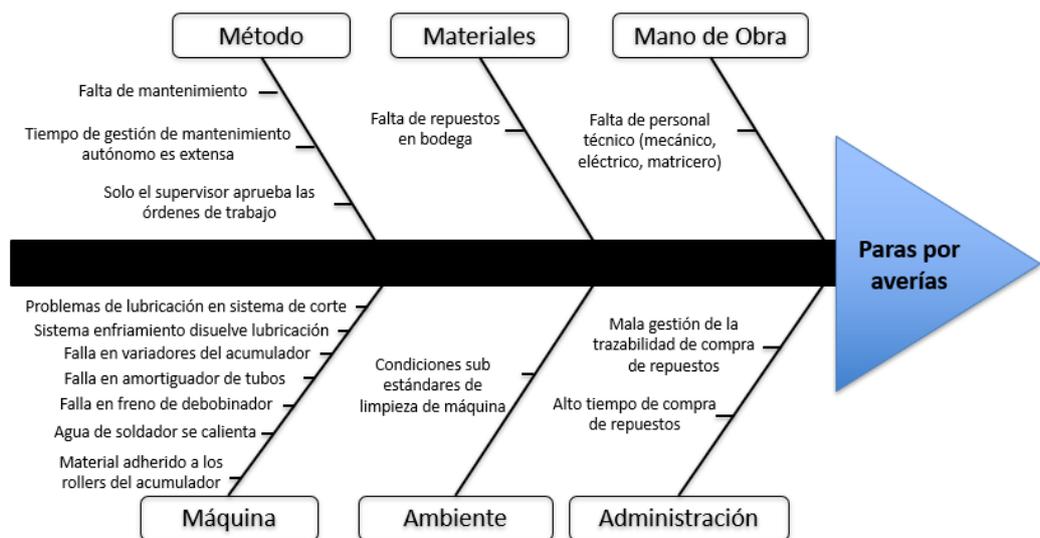


Figura 2.22 Diagrama Ishikawa - Altos tiempos en paras por averías

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Para poder ponderar estas causas se entregó al equipo que participó en la lluvia de ideas una hoja de calificación.

El resultado de la calificación se muestra en la Tabla 2.11, la escala utilizada fue la logarítmica con posibles valores de 1, 3 o 9 al igual que el análisis de las paras por cambio de producto.

Tabla 2.11 Ponderación de causas de paradas por averías

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X	CAUSAS POTENCIALES	MODO	%	ACUM %
X1	FALTA DE REPUESTOS EN BODEGA	9	8.57%	9%
X2	LOS TIEMPOS DE COMPRAS SON ALTOS	9	8.57%	17%
X3	FALTA DE TIEMPO PARA MANTENIMIENTO DE PREVENTIVO	9	8.57%	26%
X4	EL DROMUS DISUELVE LA GRASA	9	8.57%	34%
X5	FALTA DE PERSONAL (MECÁNICO- ELÉCTRICO Y MATRICERO)	9	8.57%	43%
X6	PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE ENGRASADO (RIELES DEL SISTEMA DE CORTE)	9	8.57%	51%
X7	FALLA EN LOS VARIADORES EN EL ACUMULADOR	9	8.57%	60%
X8	FALLA EN EL FRENO DEL DESBOBINADOR	9	8.57%	69%
X9	FALTA DE MANTENIMIENTO	9	8.57%	77%
X10	MÁQUINA EN CONDICIONES SUBESTÁNDAR DE LIMPIEZA	9	8.57%	86%
X11	NO HAY GESTIÓN DE COMPRA DE REPUESTOS (TRACKING)	3	2.86%	89%
X12	SOLO EL SUPERVISOR APRUEBA LAS ORDENES DE TRABAJO	3	2.86%	91%
X13	SE ADHIERE MATERIAL EN LOS RODILLOS DE ARRASTRE DEL ACUMULADOR	3	2.86%	94%
X14	FALLA EN EL TOPE QUE AMORTIGUA EL TUBO	3	2.86%	97%
X15	EL AGUA CRUDA DEL SOLDADOR SE CALIENTA	3	2.86%	100%

Para establecer la calificación final de cada causa se escogió la moda entre las calificaciones dadas por los miembros del equipo, detallada en la tercera columna. De este grupo se seleccionaron las de mayor incidencia, siendo las diez primeras que representan un 86% del impacto sobre el problema.

Matriz de impacto control

Como parte del análisis en profundidad de las causas que representan mayor impacto, la matriz de impacto control permite conocer el grado de dificultad que puede tener una causa. En la Figura 2.23 se muestra el resultado. Los valores de impacto y control fueron analizados con el supervisor de producción.

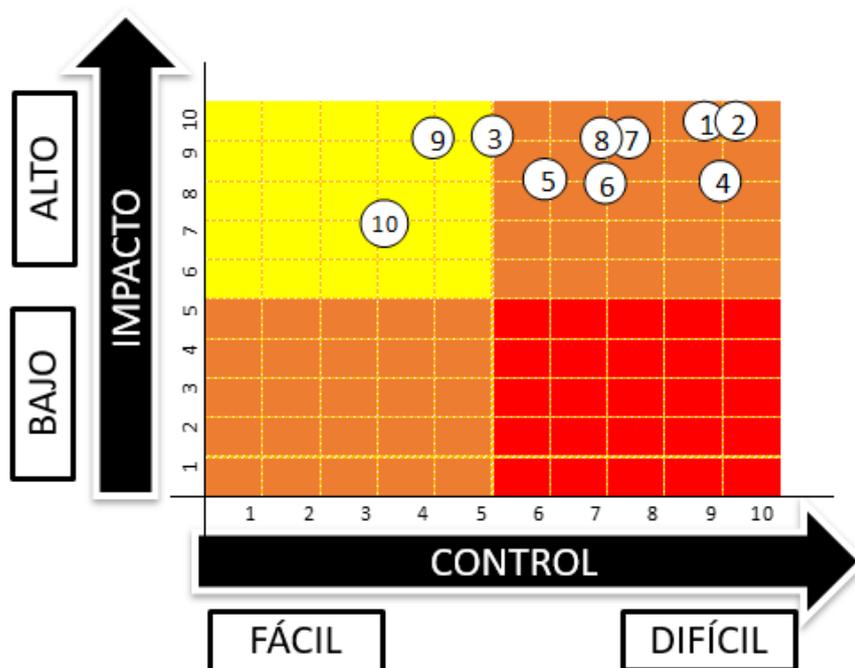


Figura 2.23 Matriz impacto esfuerzo de paradas por averías

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Considerando las causas que se encuentran en el primer cuadrante se establece el plan de verificación de causas detallado en la Tabla 2.12. Con este plan se espera verificar si realmente las causas son significativas para los altos tiempos de paradas por averías.

Tabla 2.12 Plan de verificación de causas de paradas por averías

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X	Causas potenciales	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificar?	Estado
X3	El tiempo de gestión de mantenimiento autónomo es extenso (TPM)	La falta de mantenimiento preventivo aumenta las posibilidades de que la máquina se detenga debido a averías	Observación directa, revisión de informe de producción	Completado
X9	La gestión de orden de trabajo es extensa	El extenso tiempos de ejecución de la orden de trabajo genera condiciones deficientes y se detiene en la máquina debido a averías	Observación directa, data histórica	Completado
X10	Condiciones subestándar de limpieza en la máquina	Dejar de limpiar la máquina regularmente genera daños a largo plazo y oculta potenciales daños	Observación directa	Completado

2.3.5 Verificación de causas por cambio completo de producto.

X3: Tiempo de gestión de mantenimiento autónomo es extenso (TPM)

Las rutinas de inspección realizadas por mantenimiento autónomo la realizan los operadores, luego de eso, los mismos generan las necesidades para realizar correcciones técnicas en la máquina.

Con esta notificación los supervisores del área de producción las ingresan como órdenes de trabajo al sistema D7, donde se da soporte y trazabilidad a las actividades de mantenimiento.



Figura 2.24 Orden de trabajo ingresada en el sistema D7

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En este sistema las órdenes de trabajo son cargadas y planificadas por el área de mantenimiento, en la Figura 2.24 se muestra la generación de la orden para ser impresa. A través de una muestra, se analizó la información cargada en la misma en la que se pudo analizar el tiempo que una OT permanece en proceso.

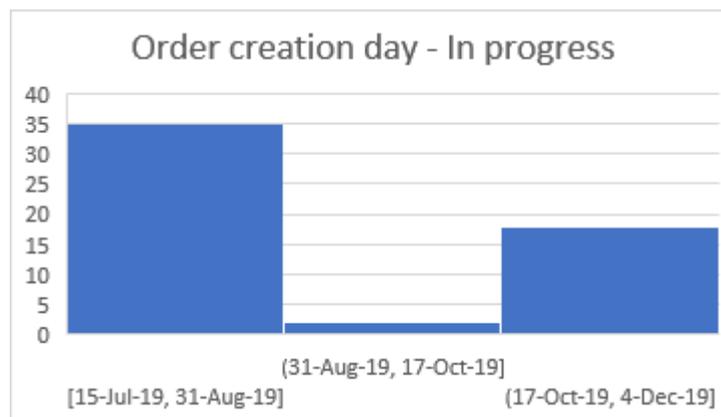


Figura 2.25 Tiempo de orden de trabajo en proceso

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 2.25 se muestra a la fecha de 15 de diciembre de 2019 todas las órdenes abiertas que representan el 21% de todas las órdenes, como

se observa en la Figura 2.25 hay órdenes de trabajo pendientes desde el mes julio, es decir, que tienen en el sistema cinco meses.

X9: Tiempo extenso de gestión de orden de trabajo de mantenimiento

Las órdenes de trabajo no se cierran inmediatamente en el sistema, en la Figura 2.26 se muestra un resumen de la información analizada, la mayor parte de estas se cierran en menos de 10 días, pero en promedio una orden de trabajo se cierra en 13.98 días.

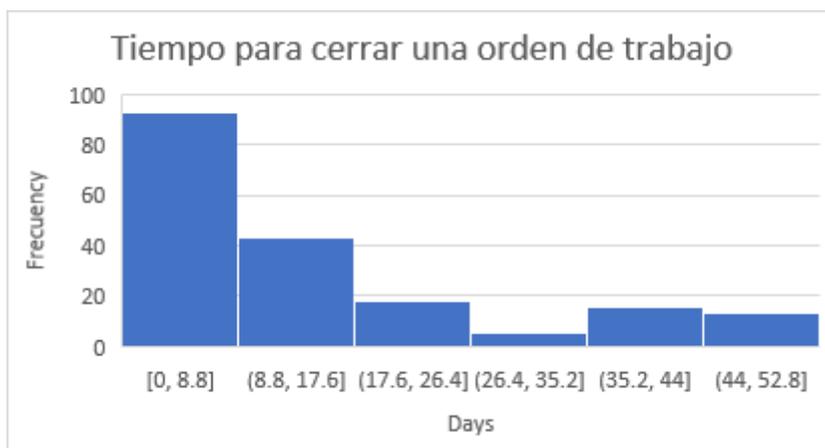


Figura 2.26 Tiempo de permanencia de una orden de trabajo en el sistema

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

X10: Condiciones subestándar de limpieza en la máquina

La línea de producción no cuenta con un programa de rutinas de limpiezas regulares, esto provoca que la máquina se ensucie y que las limpiezas tengan que ser más prolongadas cuando se realizan; a su vez, la identificación de potenciales averías no resulta fácil ya que la máquina está cubierta de polvos, grasas y suciedad como se puede observar en la Figura 2.27.

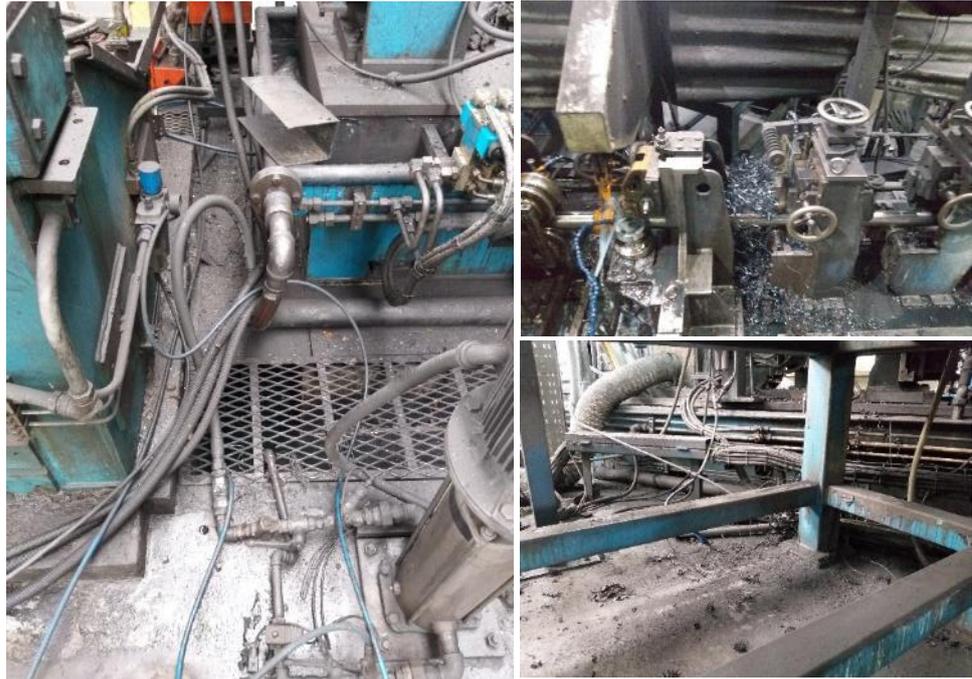


Figura 2.27 Condiciones de máquina

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Una vez verificada cada una de las causas se realizó la técnica de cinco por qué para las causas potenciales con el objetivo de poder determinar las causas raíz de cada una de ellas.

2.3.6 Cinco Por qué

La técnica de cinco por qué permite identificar las causas raíz de las causas que afectan los tiempos de paradas no programadas y averías.

En la Tabla 2.13 se muestra el análisis realizado de las causas del problema enfocado de los cambios de producto, mientras que en la Tabla 2.14 se muestra el resumen del análisis realizado a las paradas de máquina por averías.

Tabla 2.13 Cinco por qué de problema enfocado de cambio de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Causa potencial	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
	RONDA 1	RONDA 2	RONDA 3
X3: Área sucia y desordenada	Los operadores no ordenan u ordenan el área regularmente	Los operadores no saben cuáles son las condiciones óptimas en las que la máquina debe permanecer	No hay estandarización de acuerdo con el espacio de trabajo
X4: Operador Uno realiza actividades administrativas	Porque ha acumulado trabajo administrativo	Mala planificación de su jornada laboral	No sabe cómo priorizar las actividades de su trabajo (no se les han dado herramientas)
		Porque hay muchos informes que tiene que llenar manualmente	El sistema de gestión lo requiere
X5: Proceso no estandarizado de revisión de matricería	El operador no comprueba el armado antes de realizar el cambio	Mala planificación de las actividades	
X6: Baja disponibilidad de herramientas	Debido a que faltan herramientas	Las herramientas se prestan a otras áreas	Otras líneas de producción no tienen sus herramientas completas
	Debido a que las herramientas no están en su lugar	No hay revisión / validación del inventario de herramientas	Mala planificación de las actividades
X8: Proceso no estandarizado de cambio para cuatro operadores	Hace dos meses, los operadores llevaron a cabo las actividades de acuerdo con una guía SMED (5 Op)	Los operadores no tienen una guía de trabajo para el cambio	

Tabla 2.14 Cinco por qué de problema enfocado de averías

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Causa potencial	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	
	RONDA 1	RONDA 2	RONDA 3	RONDA 4
X3: El tiempo de gestión del mantenimiento autónomo es extenso (TPM)	No se prioriza cerrar órdenes de trabajo con baja criticidad	Debido a que no hay un seguimiento constante de las órdenes de trabajo		
X9: La gestión de órdenes de trabajo de mantenimiento es extensa	Hay órdenes de trabajo pendientes	El personal técnico no cumple con el plan de mantenimiento semanal	Falta de coordinación entre equipo de operación y mantenimiento	
X10: No es fácil realizar inspecciones visuales en la máquina	La máquina está en condiciones de limpieza deficientes	La línea de producción no se limpia regularmente	los operadores no conocen las condiciones óptimas	no hay estandarización para los espacios de la línea de producción

Con la identificación de las causas raíz, en el siguiente capítulo se plantean las propuestas para reducir el impacto de estas causas sobre la variable respuesta.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES

3.1 Implementación y Control

Una vez que tenemos identificadas las causas raíz de cada una de las causas potenciales, se realizó el plan de implementación que permite identificar la metodología o propuestas de mejoras que se van a ejecutar según el criterio de cada una de ellas. En la Tabla 3.1 se puede observar la solución propuesta para cada una de las causas raíz con respecto a los cambios completos de producto.

Tabla 3.1 Propuestas de soluciones para cambio de productos

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

#	CAUSAS POTENCIALES	CAUSA RAÍZ	SOLUCIÓN PROPUESTA
1	Área sucia y desordenada	Falta de estándares de limpieza en la línea de producción.	5S
2	Operador uno realiza trabajo administrativo	El operador n.º 1 no prioriza la tarea durante el cambio	SMED
3	Escaza revisión de matricería antes del cambio de producto.	Mala planificación en la revisión de herramientas	
4	Mala revisión de herramientas antes del cambio	Los operadores no tienen una guía actualizada para realizar un cambio completo de producto	
5	Operador uno realiza trabajo administrativo	El sistema de gestión requiere informes de producción y no conformes llenados manualmente	Diseño de una hoja para carga digital de producción e informes no conformes.
6	Baja disponibilidad de herramientas	Otras líneas de producción no tienen sus herramientas completas.	Etiquetado de herramientas y gabinete de almacenamiento.
7		Falta de revisión periódica de la existencia de herramientas.	

Por otro lado, en la Tabla 3.2 se puede observar la solución propuesta para cada una de las causas raíz con respecto a las paradas por averías.

Tabla 3.2 Propuestas de soluciones para las paradas por averías

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

#	CAUSAS POTENCIALES	CAUSA RAÍZ	SOLUCIÓN PROPUESTA
8	El tiempo de gestión de mantenimiento autónomo es extensivo (TPM)	Seguimiento constante de las órdenes de trabajo generadas por las necesidades de mantenimiento autónomo de TPM	Gestión visual de las órdenes de trabajo de la línea de producción.
9	El tiempo de gestión de la orden de trabajo de mantenimiento es extenso	Falta de coordinación entre el área de operaciones y mantenimiento para realizar las órdenes de trabajo de mantenimiento.	
10	Condiciones de la máquina de limpieza sub-estándar	No existe un estándar de limpieza para los elementos de la línea de producción.	5S

Una vez culminada la etapa de análisis y haber determinado las causas raíz de cada problema enfocado se realizó una reunión con el gerente y supervisores con el objetivo de dar a conocer el plan de implementación y la secuencia de realización cada una de ellas, como se muestra en la Figura 3.1.

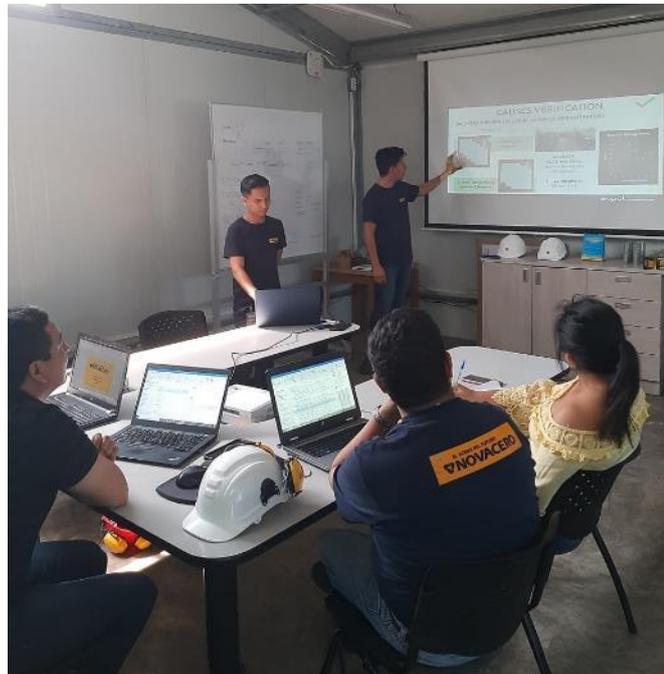


Figura 3.1 Reunión con Gerencia y Jefatura

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Realizar una homologación de todas las propuestas de mejora que afectan directamente a la disponibilidad permite tener una mejor visualización de cada una de ellas y también poder identificar cuáles de ellas tienen algún tipo de relación con otra causa. En la Tabla 3.3 se puede observar cada una de las soluciones a implementar, para el primer problema enfocado, Y1: altos tiempos para cambios de producto y calibración y para el segundo problema enfocado Y2: paradas por averías.

Tabla 3.3 Soluciones por cada problema enfocado

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Solución	Y afectada
5S	Y1 / Y2
SMED	Y1
Diseño de una hoja para carga digital de producción e informes no conformes.	Y1
Etiquetado de herramientas y gabinete de almacenamiento.	Y1
Gestión visual de las órdenes de trabajo de la línea de producción	Y2

3.1.1 Implementación 5s - Condiciones de organización y limpieza del área

Para realizar la implementación de la metodología 5S se programó un día de limpieza profunda con el objetivo que puedan participar tantos operadores de línea, supervisores y gerente de planta con el fin de poder levantar los estándares de limpieza y desarrollar el sentido de pertenencia, cuidado, control y mejoramiento del proceso de la Tubera.



Figura 3.2 Limpieza de armarios y secciones de la máquina

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

La limpieza profunda permitió eliminar objetos innecesarios, también la posibilidad de detectar partes de la línea que estaban dañadas que no se

podían visualizar por la suciedad y el polvo, tal cual se puede observar en la Figura 3.2.

En la Figura 3.3 se puede observar uno de los estándares levantados. Este levantamiento se realizó en cada sección de la máquina, identificando cuáles son los puntos críticos de limpieza de esta. Se levantaron un total de veinte estándares.

	ESTÁNDAR 5S	No. 0004
Área: Conformado	Máquina: Tubera 5	Sección: Acumulador
Cód: STD.5S.TUB5.ACU.01		
Lado operación de Acumulador		
Objetivo: Mantener condiciones óptimas de orden y limpieza en la línea de producción		
		
	Puntos de acción: 1. Retirar el polvo y viruta de la superficie de los rodillos de entrada con aire comprimido 2. Retirar el polvo y grasa adherida al panel con un trapo humedecido con desengrasante 3. Limpiar los cables de la parte inferior con un trapo seco 4. Barrer el piso y ubicar los desperdicios en la zona de disposición de desechos	
Frecuencia:	Turno	
Responsable de tarea:	Ayudante de Operador Uno	
Tiempo requerido (min):	10	
Equipos de protección personal (EPPs):	Botas, Casco, Orejeras, Guantes	
Implementos / herramientas requeridas:	Trapo, Desengrasante, Escoba, Recolector de desperdicios	

Figura 3.3 Estándar de limpieza por cada sección de la máquina

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

También se realizó un cronograma de limpieza tal cual como se observar en la Figura 3.4, este permite tener una mejor visualización sobre el cumplimiento de las rutinas de limpieza por sección de la máquina.

ACTIVIDAD GLOBAL	ACTIVIDADES PUNTALES	INTERNA	EXTERNA	Duración	
LIMPIEZA CUERPOS	Limpieza de cuerpos	X		0:12:15	
ARMADO	Transporte de puente grúa a los cuerpos	X		0:06:47	
	Enganche de cadenas grandes	X		0:00:45	
	Cambiar forming quebradores (retirar e instalar nuevo forming 1)	X		0:08:17	
	Cambiar forming (retirar e instalar nuevo forming 2)	X		0:07:15	
	Cambiar sizing (retirar e instalar nuevo Sizing)	X		0:01:49	
	Liberación de cadenas grandes / enganche de cadenas pequeñas	X		0:05:30	
	Aflojar pernos AS	X		0:03:21	
	Cambiar AS (retirar e instalar nuevo AS)	X		0:02:03	
	Apretar pernos AS	X		0:03:21	
	Retirar tuercas de block soldador	X		0:01:59	
	Cambiar block soldador (Incluye limpieza de cama)	X		0:03:40	
	Ajustar tuercas de block soldador	X		0:02:58	
	Cambiar 4 turcas e incorporar nuevas Turcas (desapretar tuercas de las turcas)	X		0:12:00	
PREPARACION PARA CAMBIO, PASO DE FLEJE, CALIBRACION Y REPORTERÍA	Aflojar pernos de las turcas	X		0:03:47	
	Retirar el tubo del producto anterior	X		0:09:40	
	Aflojar los pernos de anclajes del cuerpo forming y sizing	X		0:02:53	
	Desconectar mangueras hidráulicas y desacoplar cuerpos	X		0:02:00	
	Retirar e instalar coil nuevo	X		0:03:35	
	Buscar banderola y manguera	X		0:15:07	
	Instalar banderola y manguera	X		0:03:57	
	Buscar impider		X	0:10:49	
	Instalar impider	X		0:01:57	
	Acoplar forming (en panel de control)	X		0:03:00	
	Acoplar Sizing (en panel de control)	X		0:25:00	
	Apretar los pernos de anclajes del cuerpo forming y sizing	X		0:03:51	
	Bajar los pasos para calibración (computadora, manual)			0:01:32	
	Pasar fleje por fin pass de forming	X		0:00:35	
	Ajustar altura de AS y pasar fleje	X		0:00:17	
	Ajustar altura de rodamientos del soldador y pasar fleje	X		0:06:00	
	Ajustar altura de cuchilla de desbarbado y pasar fleje	X		0:05:29	
	Ajustar altura de guías del tunel de enfriamiento y pasar fleje	X		0:01:00	
	Ajustar altura de sizing y pasar fleje	X		0:02:10	
	Pasar el fleje por las turcas y ajustar rodamientos	X		0:02:15	
	Pasar el fleje por el sistema de corte	X		0:00:00	
	Realizar corte y encerar máquina			0:00:25	
	Revisión de dimensiones de tubo y cordón de soldadura	X		0:01:02	
	Recalibración de cuerpos y soldador	X		0:12:00	
	Cerrar y cuadrar reporte de producción (tubo anterior)			0:05:11	
			35	2	3:03:17

ACTIVIDAD GLOBAL	ACTIVIDADES PUNTALES	INTERNA	EXTERNA	Duración	
DEBOBINAR, ACUMULAR Y UBICAR FLEJE EN GUIAS DE ENTRADA FORMING	Buscar flejes y ubicarlos en portafleje MP		X	0:00:00	
	Búsqueda de herramientas para ajustar brazos del debobinador	X		0:06:03	
	Ajuste de brazo acorde al desarrollo del fleje (Lado A Y LADO B)	X		0:01:20	
	Ajuste de tuerca inferior de debobinador (incluye búsqueda de dado correcto)	X		0:03:58	
	Encender tablero (central hidráulica)	X		0:00:32	
	Buscar puente para ubicar fleje	X		0:05:00	
	Ubicar fleje en debobinador y girar estrella para asegurar fleje	X		0:01:02	
	Rotar debobinador (Lado A-B)	X		0:00:42	
	Devolución de herramientas al armario	X		0:01:00	
	Búsqueda vernier y mide desarrollo de fleje	X		0:00:50	
	Quita la cinta de sello de fleje	X		0:01:30	
	Ajuste en distancia de guías de entrada del soldador de punto y cola	X		0:00:30	
	Mide desarrollo de fleje y reajusta distancia entre guías	X		0:02:01	
	Ajuste en distancia de guías de salida del soldador de punto y cola	X		0:02:00	
	Ajuste de guías del encoder	X		0:01:40	
	Ajuste en distancia de guías de entrada del acumulador	X		0:01:33	
	Paso de fleje desde salida de soldador hasta acumulador	X		0:04:03	
	Arranque de acumulador	X		0:01:04	
	Operador ingresa a acumulador y pasa fleje por cesto	X		0:02:44	
	Acumula fleje	X		0:01:19	
	Fin de paso de fleje hasta entrada de forming	X		0:07:32	
	Regreso de herramientas al armario	X		0:00:46	
	Empieza acumulación de fleje	X		0:05:00	
	Evacuacion de producto	Ensunchado de producto de primera	X		0:05:47
		Etiquetado de tubos de primera	X		0:10:17
		Ensunchado de tubos No Conformes	X		0:05:00
		Etiquetado de tubos No Conforme	X		0:01:03
Cambio de receta embaladora	Pesaje de chatarra	X		0:13:46	
	Ubicar los paquetes en carro de evacuación	X		0:05:00	
	Parametrizar cuna de embaladora	X		0:14:00	
	Ajustar de brazos de la cuna de acuerdo a lo indicado en la receta	X		0:08:00	
Setup de sistema de corte, Eddy check y Videojet	Parametrizar carro de evacuación	X		0:04:00	
	Acople de brazos de acuerdo al tipo de tubo	X		0:04:18	
	Limpieza de sistema de corte (virutas)	X		0:08:00	
	Cambio de mordazas	X		0:08:48	
	Cambio de sierra	X		0:09:50	
	Cambio/ajuste de rueda de encoder	X		0:07:11	
Parametrización videojet	Cambiar las sondas del Eddy check	X		0:03:12	
	Parametrización videojet	X		0:09:46	
		38	1	3:15:32 AM	

Figura 3.5 Actividades que se realizan durante un cambio de producto

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 3.5 se pueden observar las actividades internas y externas dentro de un cambio completo, el cual tiene una duración promedio de 3h y 15min según lo observado.

Tabla 3.4 Tiempo acumulado por cada actividad

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Actividades	Minutos
Externas	16
Internas	179
Total	195

En la Tabla 3.4 se indican los minutos acumulados asignados por cada actividad, representado un 8% las actividades externas y un 92% las actividades internas. Una vez identificadas las actividades internas y externas, se identificaron las actividades que pueden pasar de actividades internas a ser externas. En la Figura 3.6 se pueden observar las actividades internas que se pueden convertir en actividades externas.

Actividades internas	Actividades externas propuestas
Buscar herramientas durante el cambio	Preparación previa de herramientas para cada sección de la línea 
Buscar coil, impider y manguera después de darse cuenta de que no hay stock en el gabinete	Preparación de los insumos un día antes del cambio C-1 
Revisión de matricería durante el cambio	Revisar con matricero armado de matricería antes del cambio

Figura 3.6 Actividades internas y externas durante un cambio de producto.

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Luego de esto se realizó el cronograma de actividades para cambio completos de producto, en el cual se puede identificar la ruta crítica del cambio completo de producto y también aquellas actividades que se realizan en paralelo. En la Figura 3.7 se pueden observar todas las

TUBOS **TABLERO SMED**

CAMBIO: TCC30040 a TFE11025

	INICIO	FIN	DURACION	CHE
T. Cambio	02:25	04:00	95	
T. Calibración	04:00	04:45	45	

OPORTUNIDADES 140 min

Cambio:

- Bardenas (30)
- Limpieza de cuerpos (20)

Calibración:

- Matriceria Soldador (20)

Manguera/cable muy difícil
 1º Paso Filtros Agua (10)
 Espera / Matriceria

4.11 TCC30040
 3.47 TCC18050

Prox Cambio: TCC18050 a TCC18050

Figura 3.8 Tablero SMED

Fuente: Elaboración propia
 Luis Ramírez – Christian Suárez

Con esta prueba se obtuvo una disminución de 40 minutos en el tiempo de cambio completo de producto. Esto genera beneficios como se puede observar en la Tabla 3.5, misma donde se registra la proyección de esta reducción de tiempo.

Tabla 3.5 Información para el cálculo de los beneficios

Fuente: Elaboración propia
 Luis Ramírez – Christian Suárez

Detalles	Valores	Medidas
Tiempo ahorrado por cambio	40	min
Cambios al mes en promedio	15	cambios
Tiempo ahorrado al mes	600	minutos
Producción de tubos	7.29	unid/min
Producción de tubos	4374	unid/mes
Toneladas	45.70	ton/mes

Durante la implementación se pudo reducir el tiempo de las actividades internas tal cual como se puede observar en la Tabla 3.6 donde estas se redujeron de 180 minutos a 140 minutos después de la implementación.

Tabla 3.6 Tiempos de las actividades después de la implementación

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Tipo	Tiempo (min)	%
Externas	40	22%
Internas	140	78%
Total	180	100%

Por otro lado, en la Figura 3.9 se puede evidenciar el comportamiento de las actividades del cambio. Donde se logró reducir el tiempo de actividades internas del 92% al 78% y aumentar las actividades las actividades que se realizan externamente de 8% al 22%. Finalmente, el tiempo de cambio completo de producto de 183 minutos se redujo a 140 minutos obteniendo una oportunidad de producir adicionalmente 45.70 toneladas/mes al estado actual.

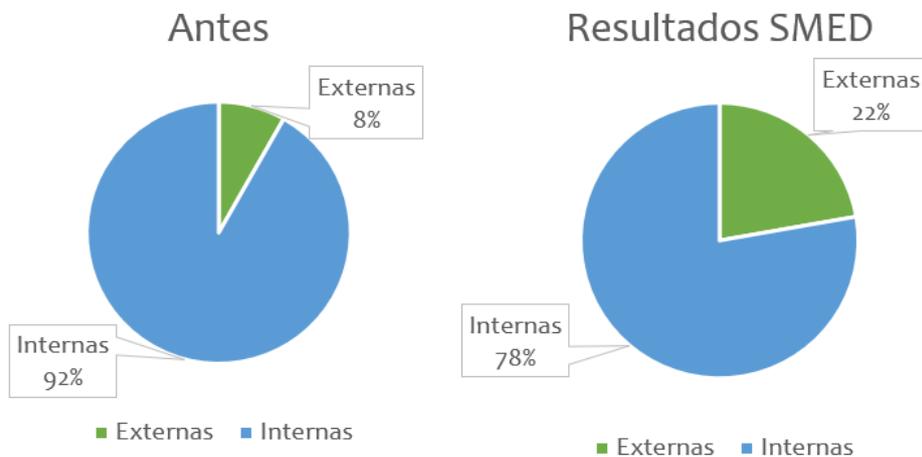


Figura 3.9 Resultados de la implementación SMED

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

3.1.3 Diseño de una hoja para carga digital de reportes de producción de conformes y no conformes

En la realización de los reportes de producción el operador de la línea se demora en promedio 40 minutos en realizar cálculos y llenar los reportes.

En la Figura 3.10 se observan los reportes de producción de productos de primera y de no conformes realizados durante un turno regular de trabajo.

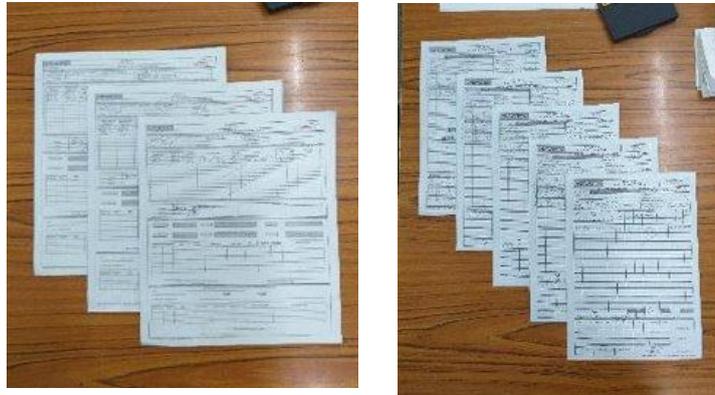


Figura 3.10 Reporte de producción de conformes y no conformes
 Fuente: Elaboración propia
 Luis Ramírez – Christian Suárez

Se realizó la prueba piloto con los reportes de producción, que consiste en una hoja electrónica que facilita los cálculos matemáticos y también la validación de ingresos por cada fleje con la finalidad de eliminar todo tipo de error.

ACERO		REGISTRO PLANTA GUAYAQUIL		FABRICA						
STOCK		TUBERIA 6		000001						
REPORTE DE PRODUCCION Y CONTROL DE PRODUCTO		TUBERIA 6								
Producto y Código:	TU.LC. 60 X 3.80	TU.19680	Producción (kg/HR):	1705	0					
Cliente:	STOCK		Pérdida (%):	0.00%						
NºP:		Validación codificado:	Tempo de Armado (H):							
Lote:	0120028	Código de ingreso:	Tempo de Calentado (H):	0.5						
Operador:	Asensio J.	Código de transferencia:	Tempo de Pasa (H):	M	L Ojo					
Acendedor:	Parafán R.	Chimenea J.	Chimenea M.	Mantenimiento (M) / Logística (L) / Operación (O) / Otros (O)						
Hora (hh:mm)	Materia Prima			Producto			Chim.	Tiempo PRCD (hh:mm)		
	Código Fleje	Entrada (kg)	Salida (kg)	Consumo (kg)	UNIDADES	LONGITUD			kg	
14:00	MBC1731220	106503	1705	0	1705	132	8000	1705	0	1:21:00
14:08	MBC1731220	106503	1705	0	1705	132	8000	1705	0	
14:16	MBC1731220	106546	1754	0	1754	136	8000	1754	0	
14:24	MBC1731220	106546	1754	0	1754	136	8000	1754	0	
14:32	MBC1731220	106562	1727	0	1727	134	8000	1727	0	
14:40	MBC1731220	106572	1885	80	1785	134	8000	1785	0	
Total teórico:		10510	80	10430	804	8000	10430	0	1:21:00	
Materiales Materiales del Fleje (mm):		105	Materiales Materiales del Fleje (mm):		1.8	Intr. Fiscal:				
MATERIALES (mm):		1.7								
REPORTE DE PARRIS										
Inicio	Fin	Diferencia	Inicio	Fin	Diferencia	Inicio	Fin	Diferencia	Causal	
									causa	

Figura 3.11 Registro de reporte de producción automatizado
 Fuente: Elaboración propia
 Luis Ramírez – Christian Suárez

El operador al llenar el reporte de producción de conformes y no conformes tarda un tiempo de 18 minutos en promedio. En la Tabla 3.7 se puede

observar el registro de los tiempos de las pruebas piloto realizadas con el nuevo formato automatizado de registro de producción de conformes y no conformes.

Tabla 3.7 Número de observaciones en llenar un reporte de producción

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

Observación	Minutos
1	20
2	18
3	15
4	10

Con el nuevo reporte de producción automatizado el operador de la línea de producción tarda 15.75 minutos en promedio en comparación a la situación inicial que tardaba 40 minutos aproximadamente.

3.1.4 Etiquetado de herramientas y gabinete de almacenamiento

La búsqueda y pérdida de herramientas durante un cambio completo de producto generaba tiempos muertos que equivalen aproximadamente 15 minutos durante los cambios. En la Figura 3.12 se visualiza el carro de herramientas que se utiliza en la línea de producción.



Figura 3.12 Carro de herramientas – Situación inicial

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

La implementación considera el rotulado de los cajones del carro de herramientas para mejorar la visualización de las herramientas y reducir los tiempos de búsquedas de estas, también se asigna un cajón especial solo para herramientas SMED. La implementación impactó en la búsqueda de herramientas de 15 minutos a 6 minutos, en la Figura 3.13 se puede observar el rotulado del carro de herramientas.



Figura 3.13 Carro de herramientas – Situación actual

Fuente: Elaboración propia

Luis Ramírez – Christian Suárez

3.1.5 Gestión visual de las órdenes de trabajo de la línea de producción

Actualmente los supervisores ingresan las órdenes de trabajo en un sistema de gestión de órdenes de trabajo, el problema inicia porque no existe una trazabilidad de las órdenes y tampoco se tiene una visualización de estas, tal como se observa en la Figura 3.14.

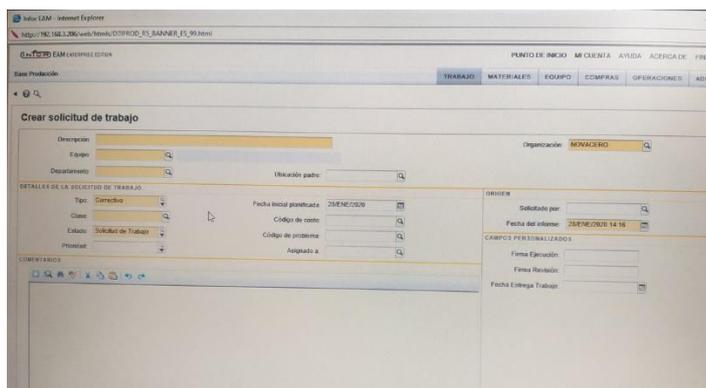


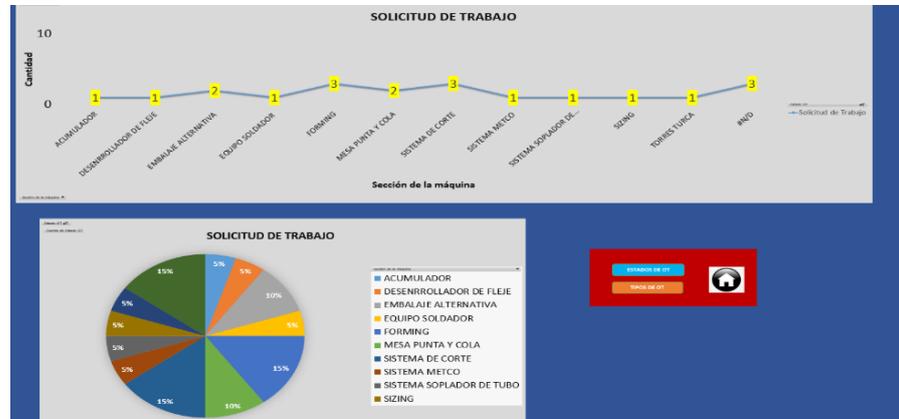
Figura 3.14 Interfaz de ingreso de órdenes de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Luis Ramírez – Christian Suárez

Se realizó una macro en Excel que nos permite verificar y visualizar el número de órdenes de trabajo que existe con su respectivo estado pudiendo categorizarlas en las secciones de la máquina, esto ayudará a

tener un mejor control para la gestión de las averías y también para la gestión de mantenimiento autónomo.



ESTADÍSTICAS		BASE DE DATOS		MENÚ		FILTRO													
Código de trabajo	Descripción	Estado DT	Organización	Departamento	Equipo	Código de ciclo	Ciclo	Informado por	Fecha recepción	Asignado a	Tipo	Actividad	Abstra	Asignado por	Fecha fecha	Campo de filtro por el campo D1	Campo de filtro por el campo D2	Campo de filtro por el campo D3	Campo de filtro por el campo D4
644514	PROBLEMA CON LA INTEGRIDAD SUPERIOR/FRONTAL DEL ACUMULADOR	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MRC	24/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644522	AGREGACION DE MATERIAS EN LOS RODAJOS SUPERIORES	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MATRU	24/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644548	CAMBIO DE MICRO FIN DE DESBOLADOR	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	RFC	23/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644547	REVISION DEL SISTEMA DE CORTE	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MRC	23/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644523	INTERFERENCIA GENERAL DE LOS RODAJOS SUPERIORES	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MRC	24/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644510	Desarrollo, montaje y instalación de Trazos y seriales	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MATRU	23/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644506	Problemas con el funcionamiento y calidad de seriales	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MRC	23/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644504	Revisión de seriales de TB 1"	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MATRU	24/1/2018	GONZALEZ	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					
644501	REVISION DE SERIALES DE TB 1.5"	DT. CERRADO	NOVAACERO	DEP-016	RGC	020014	2348	MATRU	23/1/2018	MAJORANA J.P.	Comercio	LERO		PAJASGAG J.S.					

Figura 3.15 Visualizador de órdenes de trabajo

Fuente: Elaboración propia
Luis Ramírez – Christian Suárez

En la Figura 3.15 se puede observar la interfaz de macro en Excel que nos permite filtrar y visualizar datos estadísticos de las órdenes de trabajo por cada sección de la máquina y cargar base de datos actualizada que la genera el D7.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se pudo concluir que los altos tiempos de cambios de productos y paradas por averías afectan directamente a la disponibilidad de la línea de producción.
- La gestión previa de verificación de insumos y repuestos antes de realizar los cambios completos de productos evitan tiempos muertos durante el cambio de matricería.
- La implementación de la metodología SMED ayudo a que los cambios completos de productos se reduzcan en 40 minutos.
- La automatización de los reportes de producción de conformes y no conformes ayudo a disminuir los tiempos de registro en un 15.75 minutos en promedio.
- El rotulado del carro de herramientas permitió disminuir los tiempos de búsqueda de herramientas de 15 minutos a 6 minutos durante los cambios completos de productos.
- La implementación 5S ayudo a identificar algunos puntos críticos de las máquinas que no se podían visualizar por condiciones de suciedad en el área.
- Durante el *Clean Day* se pudieron levantar 20 estándares de la línea de producción y también se estableció en cronograma de limpieza por cada sección de la máquina.
- Gracias a la implementación SMED se pudo obtener una ventaja de tiempo donde se puede transformar 45.70 toneladas/mes, generando ganancias económicas a la empresa.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar las reuniones de seguimiento para el correcto funcionamiento en el tiempo de la implementación de SMED.
- Las áreas que no fueron cubiertas por el *Clean Day* se pueden cubrir con un nuevo ciclo de limpieza profunda, para lo que se recomienda identificar las áreas y preparar los recursos adecuados.

BIBLIOGRAFÍA

- Cevallos, S., & Mielles, M. (2019). *INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE UNA LÍNEA FABRICADORA DE FLEJES EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE SOLUCIONES DE ACERO PARA LA CONSTRUCCIÓN*. Guayaquil.
- Manufacturing, L. (2019). *Lean Manufacturing 10*. Obtenido de Análisis de la causa raíz. Los 5 por qué: <https://leanmanufacturing10.com/analisis-la-causa-raiz-los-5-ques-funciona-ejemplo>
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill.
- Vorne. (2019). *OEE.com*. Obtenido de Free resources and fresh perspectives on OEE.: <https://www.oee.com/>