



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

## PROYECTO DE TITULACIÓN

*[AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD, MEDIANTE EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA  
DEL PROCESO DE LAS MAQUINAS #772, #985, #1255]*

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
*INGENIERO EN GESTIÓN EMPRESARIAL*

**PRESENTA:**

*URIEL GUARDADO CASTILLO*

**ASESOR:**

*ING. ARTEMIO SOLÓRZANO FUENTES*

Mayo





## **CAPÍTULO 1: PRELIMINARES**

### 1.1 Agradecimientos.

Primero que nada, quiero agradecer a dios por haberme permitido llegar hasta estas instancias de mi vida, donde he podido demostrarme que cualquier meta que uno se proponga, si pones todo el esfuerzo y dedicación puedes llegar a alcanzarla.

De igual manera darle las gracias a toda mi familia, amigos y todas las personas que han estado para mí cuando los he necesitado, en especial en los momentos más difíciles, en donde su apoyo se convirtió en un soporte y un motivo para salir adelante.

Existieron circunstancias que dificultaron el desarrollo de mis estudios y si no fuera por todas esas personas que acabo de mencionar, no estaría en estas instancias llevando a cabo este proyecto de residencias, en la culminación de mis estudios profesionales.

Agradecer a mi esposa, por estar a mi lado en esta etapa de mi vida, y quiero dedicar todos los esfuerzos necesarios para poder estar aquí, a mi hija, quien ha sido mi motivación a lo largo de mis estudios profesionales.

Quiero agradecer al señor Armando Saldaña, quien es un gran amigo, y del cual recibí un gran apoyo para poder realizar mis estudios.

Así mismo, quiero agradecer al Ing. Jorge Alberto Guerrero Trujillo, quien fue mi asesor externo, por su tiempo, por su apoyo, en los momentos de incertidumbre durante el desarrollo de este proyecto de residencias.

Un agradecimiento especial al Ing. Artemio Solórzano Fuentes, quien fue mi asesor interno, por llevarme por buen camino en la realización de este proyecto de residencias.

## 1.2 Resumen.

El proyecto que aquí se presenta, fue llevado a cabo con la finalidad de resolver la problemática que se tenía con las máquinas #772, #985 y #1255, ya que se encontraban en una situación en donde las tres máquinas trabajaban con porcentajes bajos tanto de productividad como de eficiencia en su proceso (OEE), estas máquinas se encuentran, en el área de doblado, departamento de producción, de la empresa Sanoh Industrial de México S.A de C.V.

Para poder conocer la situación de cada una de las máquinas, se realizó una revisión de registros, en la documentación que se encuentra en el área correspondiente de estas máquinas, en donde se pudo obtener el estado del OEE con el cual cada máquina estaba trabajando antes de realizar este proyecto. Una vez conocido el estado actual de las máquinas, se procederá en la continuación de la revisión de registros, para averiguar cuáles eran las causas que estaban provocando el bajo porcentaje de OEE en las máquinas, una vez que se obtuvo esta información, se desarrollaron las estrategias necesarias, que mejor se adecuaron a la situación y así poder resolver los problemas encontrados. Una vez que se implementaron estas estrategias o mejoras para la solución de los problemas que tenían cada una de las máquinas, fueron evaluadas a través de los resultados que arrojaron las mismas. Una vez que los resultados fueron positivos y se pudo cumplir con los objetivos que fueron planteados, se implementó una estrategia que diera soporte para mantener los resultados con los objetivos planteados y además poder estar en una mejora continua y constante, que ayude a las máquinas a trabajar de la manera más productiva y eficiente posible.

### 1.3. Índice.

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES.....	III
1.1 Agradecimientos. ....	III
1.2 Resumen. ....	IV
1.3. Índice.....	V
1.3.1 Lista de Tablas.....	VII
1.3.2 Lista de Figuras.....	VIII
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	11
2.1 Introducción .....	11
2.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente. ....	13
2.2.1 Misión, Visión.....	14
2.2.2 Objetivos:.....	14
2.2.3 Clientes:.....	14
2.2.4 Organigrama .....	15
2.3 Problemas a resolver, priorizándolos. ....	16
2.4 Justificación .....	17
2.5 Objetivos (General y Específicos).....	18
2.5.1 Objetivo general .....	18
2.5.2 Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	19
3.1 Antecedentes .....	19
3.2 Fundamentos teóricos .....	21
3.3 Fórmulas OEE.....	21
3.4 Clasificación de OEE.....	22
3.5 Las seis grandes pérdidas .....	23
3.6 Productividad .....	25
3.7 Manufactura esbelta (Lean Manufacturing) .....	26
3.8 Herramientas de Lean (SMED) .....	27
3.9 Herramientas de Lean (TPM).....	27

3.10 Herramientas de Lean (5s) .....	28
3.11 Filosofía Kaizen.....	28
3.12 Diagrama de Pareto .....	30
3.13 Diagrama de dispersión.....	30
3.14 Histogramas.....	30
3.15 Diagrama de Ishikawa (causa – efecto) .....	30
3.16 Estratificación.....	31
3.17 Gráfica de control.....	31
3.18 Hoja de chequeo .....	31
3.19 Diagrama de flujo de proceso .....	32
CAPÍTULO 4: DESARROLLO.....	33
11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas. ....	33
4.1 Analizar el estado actual de las máquinas, así como su porcentaje actual de eficiencia en su proceso. ....	33
Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto).....	39
Diagrama de Flujo de Proceso .....	42
Generalidades de las máquinas .....	45
4.2 Investigar las causas que generan la disminución tanto de eficiencia del proceso así como de la productividad .....	50
4.3 Desarrollar las estrategias necesarias para resolver los problemas encontrados	57
4.4 Ejecución de las estrategias para la solución de los problemas .....	63
4.5 Evaluación del funcionamiento y resultados de las estrategias .....	70
4.6 Desarrollar una estrategia que ayude a mantener los objetivos o los porcentajes de eficiencia deseados una vez conseguidos .....	71
4.7 Cronograma de actividades .....	73
Analizar el estado actual de las máquinas, así como su porcentaje actual de eficiencia en su proceso. ....	73
Investigar las causas que generan la disminución tanto de eficiencia del proceso así como de la productividad .....	73
Desarrollar las estrategias necesarias para resolver los problemas encontrados.....	73
Ejecución de la estrategias para la solución de los problemas. ....	73
Evaluación del funcionamiento y resultados de las estrategias.....	73
Desarrollar una estrategia que ayude a mantener los objetivos o los porcentajes de eficiencia deseados una vez ya conseguidos. ....	73
Presentar informe de residencias al ITPA .....	73

CAPÍTULO 5: RESULTADOS .....	74
5.1 Resultados.....	74
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	95
6.1 Conclusiones del Proyecto .....	95
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	96
7.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas. ....	96
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	97
8.1 Referencias de libros.....	97
CAPÍTULO 9: ANEXOS .....	100
Anexo 1, Carta de autorización (empresa).....	100
Anexo 2 Carta de autorización (ITPA).....	101

### 1.3.1 Lista de Tablas

Tabla 2.1 Objetivo.....	17
Tabla 3.1 Relación .....	24
Tabla 4.1 Aspectos OEE.....	34
Tabla 4.2 Aspectos OEE.....	35
Tabla 4.3 Aspectos OEE.....	35
Tabla 4.4 Estadística (fallas).....	36
Tabla 4.5 Estadística (fallas).....	36
Tabla 4.6 Estadística (fallas).....	37
Tabla 4.7 Estado OEE .....	37
Tabla 4.8 Estado OEE .....	38
Tabla 4.9 Estado OEE .....	38
Tabla 4.10 Tiempo Ciclo Actual .....	38
Tabla 4.11 Análisis 5 ¿Por qué? Máquina #772.....	39
Tabla 4.12 Análisis 5 ¿Por qué? Máquina #985.....	40
Tabla 4.13 Análisis 5 ¿Por qué? Máquina #1255.....	41
Tabla 5.1 Tiempo cambio rodillo .....	75
Tabla 5.2 Reportes fallas .....	76
Tabla 5.3 Tiempo ciclo.....	77

Tabla 5.4 Piezas NG (Variación) .....	78
Tabla 5.5 Tiempo ciclo por aumento de velocidades.....	79
Tabla 5.6 Piezas NG defecto variación en ruta .....	80
Tabla 5.7 Reportes de falla .....	81
Tabla 5.8 Minutos de tiempo de paro .....	82
Tabla 5.9 Aspectos (Antes) .....	84
Tabla 5.10 Aspectos (Después) .....	84
Tabla 5.11 Aspectos (Antes) .....	85
Tabla 5.12 Aspectos (Después) .....	85
Tabla 5.13 Aspectos (Antes) .....	86
Tabla 5.14 Aspectos (Después) .....	86
Tabla 5.15 Estado OEE (Antes) .....	87
Tabla 5.16 Estado OEE (Después) .....	87
Tabla 5.17 Estado OEE (Antes) .....	87
Tabla 5.18 Estado OEE (Después) .....	87
Tabla 5.19 Estado OEE (Antes) .....	88
Tabla 5.20 Estado OEE (Después) .....	88
Tabla 5.21 Estadística fallas (antes) .....	89
Tabla 5.22 Estadística fallas (después).....	89
Tabla 5.23 Estadística fallas (antes) .....	90
Tabla 5.24 Estadística fallas (después).....	90
Tabla 5.27 Tiempo ciclo (Antes).....	92
Tabla 5.28 Tiempo ciclo (Después).....	92
Tabla 5.29 Aumento del porcentaje de OEE .....	93

### 1.3.2 Lista de Figuras

Figura 2.1 Organigrama .....	15
Figura 3.1 Las 7 herramientas básicas .....	29
Figura 4.1 Ishikawa máquina #772.....	39
Figura 4.2 Ishikawa Máquina #985.....	40
Figura 4.3 Ishikawa Máquina #1255.....	41

Figura 4.4 Tubería antes de doblado Máquina #772 .....	46
Figura 4.5 Tubería después de doblado Máquina #772 .....	46
Figura 4.6 Tipo de acampanado Máquina #722 .....	47
Figura 4.7 Tubería antes de doblado Máquina #985 .....	47
Figura 4.8 Tubería después de doblado Máquina #985 .....	48
Figura 4.9 Tipo de acampanado Máquina #985 .....	48
Figura 4.10 Tubería antes de doblado Máquina #1255 .....	49
Figura 4.11 Tubería después de doblado Máquina #1255 .....	49
Figura 4.12 Tipo de acampanado Máquina #1255 .....	50
Figura 4.13 Rodillo dañado .....	51
Figura 4.14 Colocación de la pieza .....	51
Figura 4.15 Velocidades (enero – junio).....	52
Figura 4.16 Distancia .....	53
Figura 4.17 Mordazas (realiza los giros) .....	54
Figura 4.18 Brazo (realiza el doclez).....	55
Figura 4.19 Rodillo de Nylamid dañado .....	56
Figura 4.20 Tope entre rodillo y spool .....	58
Figura 4.21 Stock de rodillos.....	59
Figura 4.22 Tablero de mantenimiento.....	60
Figura 4.23 Cilindro.....	61
Figura 4.24 Marca en área de sellado.....	62
Figura 4.25 Rodillo de metal .....	63
Figura 4.26 Stock de rodillos de Nylamid OK.....	64
Figura 4.27 Cilindro activado.....	65
Figura 4.28 Cilindro desactivado.....	66
Figura 4.29 Velocidades al máximo .....	67
Figura 4.30 Tubo dañado.....	67
Figura 4.31 Velocidades ajustadas (OK).....	68
Figura 4.32 Cambio a rodillo de metal.....	69
Figura 4.33 Formato de auditoría.....	72
Figura 5.1 Tiempo cambio rodillo .....	75
Figura 5.2 Reportes fallas .....	76
Figura 5.3 Tiempo ciclo.....	77

Figura 5.4 Piezas NG (Variación).....	78
Figura 5.5 Tiempo ciclo por aumento de velocidades.....	79
Figura 5.6 Piezas NG defecto variación en ruta .....	80
Figura 5.7 Reportes de falla .....	81
Figura 5.8 Minutos de tiempo de paro.....	82

## **CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### 2.1 Introducción

Por lo general la mayoría de las empresas cuentan con maquinaria similar a la que aquí se estará haciendo mención, y se trata de máquinas que en gran parte sustituyen el trabajo manual, además de que realizan procesos estandarizados de tal manera que se pueda cuidar la calidad de los productos y de los procesos.

Es regular que la maquinaria, en algún momento llegue a presentar problemas en su funcionamiento lo cual podría afectar tanto calidad como productividad, que en un futuro podría traer problemas para cumplir con los requerimientos de los clientes. Por lo cual en este proyecto el trabajo y esfuerzos realizados estarán dirigidos a las 3 máquinas dobladoras #772, #985 y #1255 que están teniendo problemas en el funcionamiento, lo cual está generando una disminución de la “eficiencia del proceso de las máquinas” o como también se le conoce (OEE), lo cual en consecuencia disminuye la productividad de la misma, por lo cual mediante un análisis se detectarán las causas potenciales que generan tal problema. Así mismo, se elaborarán estrategias o mejoras que a su vez mediante su implementación resolverán los problemas detectados, lo que en consecuencia incrementará la productividad y eficiencia del proceso de las máquinas mencionadas anteriormente sobre las cuales se desarrollará este proyecto.

El prevenir que los problemas se sigan presentando o disminuir el número de reportes de estas fallas, será fundamental para que tanto eficiencia como productividad se mantengan en niveles óptimos que ayuden a cumplir con los objetivos planteados por la empresa.

En el primer capítulo de este proyecto se encuentra información referente a la portada, agradecimientos, resumen del proyecto y el índice, en donde se encuentran datos del nombre de este trabajo, del alumno, de los asesores tanto interno como externo, así como el nombre de la empresa en que se realizó el mismo. Contiene los agradecimientos que el autor dedica a esas personas que lo apoyaron y que son importantes para él.

Además de un breve resumen que pueda llevar al lector a indagar más sobre este proyecto. Y por último el índice que ayuda al lector a poder guiar su lectura.

En el capítulo número dos se encuentra toda la información con las generalidades del proyecto, como introducción, datos de la empresa, los problemas que se buscan resolver, los objetivos del proyecto y la justificación del mismo. Con lo anterior el lector podrá ir empapándose de la información que contiene el proyecto y por la cual se llevó a cabo el mismo.

El tercer capítulo contiene el marco teórico del proyecto, con los antecedentes que fundamentan la realización del mismo.

En el cuarto capítulo se encuentra el desarrollo, aquí se describen a detalle las actividades que se llevaron a cabo, para poder llevar en buen camino la realización del proyecto

Quinto capítulo, éste trata de los resultados obtenidos con las actividades llevadas a cabo, en donde para poder mostrar la información se utilizaron gráficas y tablas con la información más relevante obtenida con el proyecto.

Los siguientes capítulos que son del sexto al noveno tratan de las conclusiones, competencias desarrolladas o aplicadas, las fuentes de información y por último los anexos.

## 2.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

Primeramente, mencionar y agradecer a la empresa Sanoh Industrial de México S.A de C.V, que me permitió realizar mis prácticas de residencias profesionales dentro de sus instalaciones, lo cual fue autorizado por medio de la carta de autorización (ver anexo 1 y 2).

Sanoh Industrial de México S.A de C.V es una empresa japonesa, la cual está ubicada en el Parque Industrial del Valle de Aguascalientes (PIVA), en el municipio de San Francisco de los Romo, y es perteneciente al estado de Aguascalientes. La empresa se estableció en esta ubicación en el mes de agosto de 1990, aunque inicio sus operaciones en mayo de 1991 y se encuentran activas hasta la fecha del día de hoy, además cuenta con 1500 empleados en su matriz y en sus plantas satélites.

En SanMex hay cuatro divisiones de producción: la división de productos de chasis, división de productos de brazing bajo carbón, división de brazing SUS y la división de plásticos. Además de entregarle a clientes de Japón, SanMex también le entrega a Bosch, Volkswagen, Polaris, Harley Davidson y algunos de sus productos son utilizados en los vehículos de Chrysler, Ford, General Motors, entre otros. También les entrega productos a empresas hermanas como Sanoh América y Sanoh do Brasil. SanMex produce 370 números de parte y sus productos llegan a Estados Unidos, Japón, China, Tailandia, Turquía, Brasil, etc.

SanMex cuenta con la certificación de IATF-16949, ISO 14001: 2015, C-TPAT y con el certificado de cumplimiento ambiental del estado de Aguascalientes.

El personal de Sanoh es muy unido, trabajan en cooperación con sus compañeros como un equipo. La mayoría de los empleados son mexicanos, pero hay japonese (además del personal de Sanoh Japón) personal de El Salvador, Venezuela y Perú.

El residente, en este caso un servidor, estaré desarrollándome en el departamento de Ingeniería de Planta, en donde participaré en actividades de apoyo para el departamento ya mencionado, durante el periodo de agosto a diciembre de 2021.

### 2.2.1 Misión, Visión

Nuestra misión es esforzarnos tanto por la seguridad y confianza como por la conservación ambiental como empresa manufacturera a través de nuestros productos y actividades globales.

Para cumplir nuestra misión aspiramos a ser un grupo experto y creativo con la idea de desarrollar al personal, sistema y tecnología.

### 2.2.2 Objetivos:

	Meta
1. Cumplimiento de entregas VS programa producto terminado	100%
2. Disminuir SQI cliente	Max 37 SQI General
3. Mantener un ambiente seguro	0 accidentes e incidentes
4. Control de Scrap	0.60% General
5. No recibir reclamos rango "A"	0 Reclamos
6. No recibir reclamos de mercado	0 Reclamos

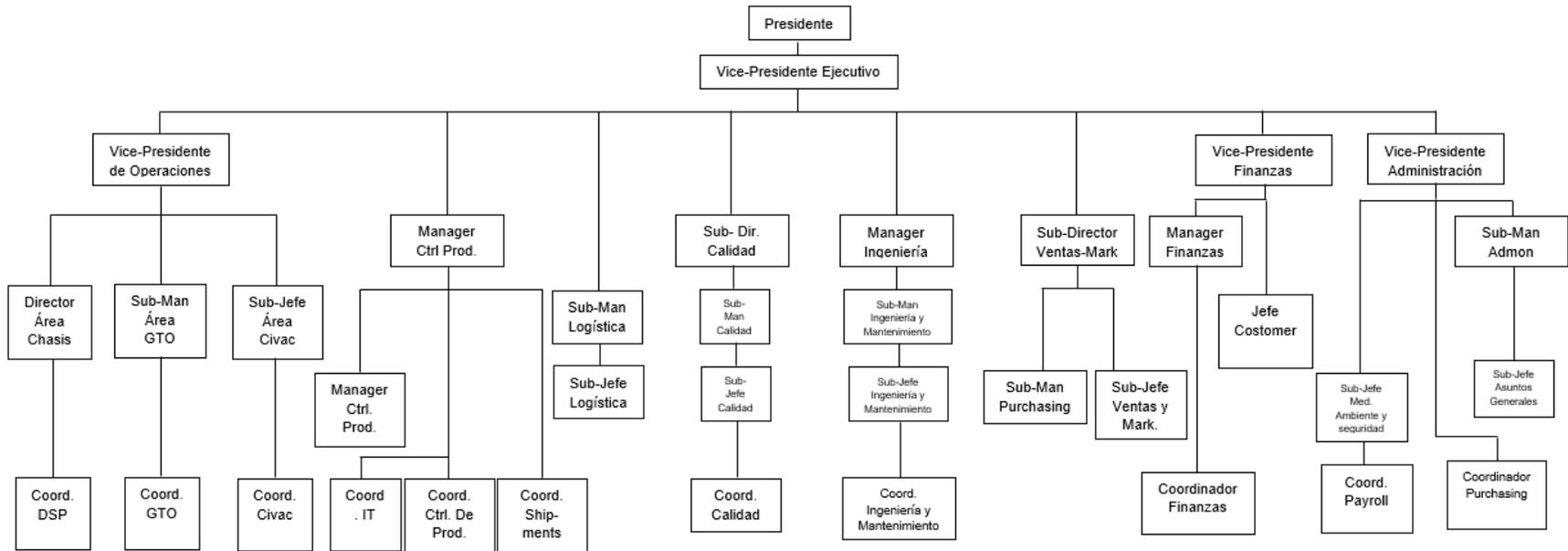
### 2.2.3 Clientes:

- Nissan
- Honda
- Toyota
- Volkswagen
- Mazda
- Polaris
- Harley Davidson

## 2.2.4 Organigrama

A continuación, se muestra el organigrama de SanMex, el cual es un organigrama funcional o estructural, ya que parte de las funciones, parte de CEO, y posteriormente se divide en áreas o departamentos y cada departamento agrupa a los especialistas del mismo. Ver figura 2.1

Figura 2.1 Organigrama



### 2.3 Problemas a resolver, priorizándolos.

En Sanoh Industrial de México, es fundamental tener un buen nivel de productividad y esto lo puede conseguir mediante la eficiencia con la cual operan sus máquinas. Debido a ello se realizó una revisión de registros en el área de doblado, con el cual se pudiera obtener información de las máquinas que presentan una baja en su porcentaje de eficiencia en su proceso o bien de su OEE. Los resultados arrojaron que las máquinas #772, #985, y #1255, son las que han presentado un porcentaje bajo en cuanto a su OEE, lo que afecta directamente a su productividad. Los problemas encontrados fueron los siguientes;

Recordando que el porcentaje general del OEE se obtiene del producto o la multiplicación del porcentaje de cada uno de los aspectos los cuales son disponibilidad, rendimiento y calidad, una vez mencionado esto, las tres máquinas dobladoras presentan una baja en cuanto a rendimiento y disponibilidad. Referente al rendimiento, indica que se están teniendo dificultades para cumplir con la producción que se tiene establecida, además en lo correspondiente a disponibilidad, también los minutos como tiempo de paro son bastante considerables por lo que se trabajara también en la reducción de los mismos., en cuanto a la calidad el porcentaje que tienen las tres máquinas es bueno.

## 2.4 Justificación

La realización de este proyecto, tiene como finalidad aumentar la productividad de las máquinas dobladoras #772, #985, y la #1255 por medio del aumento del porcentaje de OEE, ya que han mostrado un porcentaje bajo en consideración de los niveles óptimos que muestra la clasificación de OEE y con los que tiene planteados la organización (85% de OEE). Ya que si una máquina no está funcionando con la eficiencia que debiera, la productividad se afectada, lo cual en consecuencia puede perjudicar de varias maneras a la empresa, por ejemplo, dificultades para el cumplimiento de producción por turno, día, semana o bien por mes, problemas para el cumplimiento de la demanda del cliente, o bien se tendrían tiempos de espera, lo cual es otra pérdida, en fin no es bueno para la empresa que sus máquinas estén trabajando con un porcentaje bajo de OEE.

Se determinarán los problemas que están causando que el porcentaje de eficiencia o el OEE de las máquinas se vea afectado, y así mismo se desarrollarán y ejecutarán las estrategias que se adecuen de mejor manera para la solución de los problemas. Todo esto será llevado a cabo durante el periodo de agosto a diciembre del año en curso.

En la siguiente tabla 2.1, se muestran los objetivos que se pretenden alcanzar referente al OEE.

*Tabla 2.1 Objetivo*

MÁQUINAS	OBJETIVO (AUMENTO DE OEE)
#772	6%
#985	5%
#1255	5%

El aumento del porcentaje de la productividad dependerá del porcentaje que se logre conseguir en cuanto al OEE.

A través de la realización de este proyecto, el residente en este caso un servidor, podrá desarrollar una habilidad de observación con la que no contaba para observar o encontrar áreas de oportunidad que puedan aportar a la mejora de procesos productivos, así mismo este proyecto aportará conocimientos sobre los conceptos y las herramientas que se manejan en la metodología del OEE.

## 2.5 Objetivos (General y Específicos)

### 2.5.1 Objetivo general

- Mejorar la eficiencia del proceso de las máquinas #772, #985, #1255 del área de producción (doblado), para aumentar la productividad de estas tres máquinas.

### 2.5.2 Objetivos específicos

- Revisar la situación actual de las máquinas , así como el porcentaje de eficiencia que han mostrado en el primer semestre del año en curso.
- Examinar, y determinar los problemas, que generan la disminución de la eficiencia del proceso de las máquinas.
- Establecer las mejoras y/o estrategias que se emplearán para resolver los problemas encontrados.
- Ejecutar las mejoras establecidas para dar solución a los problemas.
- Evaluar los resultados para comprobar si las mejoras establecidas fueron las correctas para la solución de los problemas.

## **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Antecedentes**

Según Barrientos (2009) realizó una investigación en México la cual llevo por nombre “Aumento en la productividad de la máquina crimpadora automática KOMAX GAMMA 333PC en el área de corte” donde se implementaron herramientas de diagnóstico para determinar las posibles causas que estaban generando la problemática dentro del área de corte, dentro de las cuales se utilizó el OEE, para realizar el análisis de los datos generados de los reportes de producción, permitiendo el estudio detallado de cada factor de afecta la productividad del área.

Según Escamilla, Meza y Llamas (2011), realizó una investigación en México titulada “Estudio de productividad del equipo de carga en una mina de mineral de fierro a cielo abierto” donde a petición de la empresa, se orientó hacia el equipo de carga (dos cargadores frontales de llantas Caterpillar 992) utilizados para cargar mineral y material estéril producto de tumbes, con el objetivo de determinar su utilización neta, su productividad, los factores que las afectan y proporcionar alternativas para su mejora. Los resultados obtenidos muestran que el equipo de carga tiene en promedio una utilización neta de 4.27 horas y una productividad de 673 tph (toneladas por hora) por un turno de trabajo, que resultan bajas respecto a los indicadores meta de la empresa. Por otra parte, la interrupción que más afecta a este equipo es la falta de camiones para el acarreo, tanto en tiempo como en frecuencia con 1.65 horas y 10 eventos en promedio por turno de trabajo.

En una investigación realizada en Colombia según Casilimas y Poveda (2012), la cual lleva por nombre “Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Equipment Efficiency) en la línea tubería en CORPACERO S.A” en donde se muestra la implementación de dicha herramienta en la línea de tubería de la empresa CORPACERO S.A., desde la captura de los datos necesarios para el cálculo del OEE, hasta las recomendaciones y posteriores conclusiones.

Para la captura de datos fue necesario que los operarios depositarán en formatos de paros, los cuales estaban codificados, las causas de los inconvenientes que se presentaban en el proceso y de esta forma poder determinar las causas más recurrentes y así poder presentar la propuesta de mejora.

En el documento se encuentra a través de gráficos y figuras, los datos obtenidos en el proceso de implementación, donde se presentan las principales causas de las pérdidas presentes en el proceso productivo, como lo son los cambios de montaje, las fallas de las máquinas, etc. Con la implementación se encontraron resultados del OEE variables que van desde el 19.3% hasta el 78.4%, que indican las diferentes tecnologías y métodos utilizados en el proceso, esta apreciación se ratifica con las características de los equipos, ya que se tienen máquinas con más de cincuenta años funcionando.

En Chile fue realizada una investigación titulada “Propuesta de metodología para la medición de Eficiencia general de los equipos en líneas de procesos de sección mantequilla en industria láctea” que según Barría (2012), la metodología para medir eficiencia general de equipos no pretende dar solución a todos los problemas de la empresa, pero si ayudará en la industria láctea y a la industria en general a crear consciencia de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas, los encargados de mantenimiento y a la alta gerencia para trabajar en la mejora continua y optimizar la eficiencia, además minimizará algunas pérdidas y por lo tanto ayudará a reducir costos que han sido producidos por mermas, paradas, trabajos ineficientes, defectos de máquinas, etc.

Todo ello contribuirá en ganancias para la empresa a realizar cambios positivos en sus planes de producción, ya que a medida que el indicador vaya aumentando, se podrá realizar variaciones como por ejemplo el aumento de producción por línea, por turno, por producto, entre otros, lo que favorecerá el aumento de productividad, cumpliendo con los planes estipulados dentro de la sección.

### 3.2 Fundamentos teóricos

El OEE “Eficiencia Global de Equipos Productivos” o bien por siglas en inglés “Overall Equipment Efficiency”. Fue creado por Seiichi Nakajima en Nippon Denso a finales de los 1960’s, aunque su influencia comenzó a nivel global en los años 1980’s. El OEE es donde se da la relación de las tres variables más importantes de la manufactura, para determinar una métrica que represente el desempeño general de un equipo en un proceso de manufactura, las variables que se mencionan son las siguiente

- Disponibilidad del proceso para producir
- Velocidad de producción cuando está corriendo el proceso (Rendimiento)
- Aceptación de la producción (Calidad)

En relación a lo anteriormente mencionado, la disponibilidad se refiere al tiempo real que la máquina trabaja, en cuanto al rendimiento, básicamente es el cumplimiento de la productividad de la máquina, y por último, la calidad son todas aquellas piezas que fueron producidas con buena calidad.

### 3.3 Fórmulas OEE

La fórmula correspondiente para calcular el OEE de una maquina según VISIÓN OEE (2017) es la siguiente:

$$(\% \text{ de Disponibilidad})(\% \text{ de Rendimiento})(\% \text{ de Calidad}) = \% \text{ de OEE}$$

Así mismo y según Carrasco (2010), establece lo anteriormente mencionado sobre la forma de obtener el porcentaje general de OEE, además establece, la forma o las fórmulas que se deben de emplear para obtener el porcentaje de cada uno de los aspectos que lo conforman (disponibilidad, rendimiento, calidad), y son las siguientes:

- **Disponibilidad** = Tiempo programado – Tiempo perdido / tiempo programado

- **Rendimiento** =  $\frac{\text{Tiempo trabajado} - \text{Tiempo perdido en operación}}{\text{Tiempo trabajado}}$
- **Calidad** =  $\frac{\text{Piezas producidas} - \text{Piezas No conformes}}{\text{Piezas producidas}}$

A partir de lo que exponen anteriormente las fuentes, cada aspecto que conforma el OEE tiene su propia fórmula para poder obtener su porcentaje, los cuales una vez obtenidos se multiplicarán y el resultado será el porcentaje general del OEE, estos porcentajes ayudan a detectar en donde se encuentran los problemas, a los cuales se les tiene que dar solución para poder mantener los niveles de porcentaje óptimos.

### 3.4 Clasificación de OEE

El porcentaje del OEE se establece a un nivel de acuerdo con las líneas de producción parcial o total.

- OEE < 65% es **Inaceptable**. Donde se producen importantes pérdidas económicas y una muy baja competitividad.
- OEE > 65% y < 75% es **Regular**. Aceptable solo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas y baja competitividad.
- OEE > 75% y < 85% es **Aceptable**. Continuar la mejora para superar el 85%. Ligeras pérdidas económicas y una competitividad ligeramente baja.
- OEE > 85% y < 95% es **Buena**. Entra en valores de clase mundial. Buena Competitividad.
- OEE > 95% es **Excelente**. Valores de clase mundial. Excelente competitividad.

Basado en lo anterior, lo porcentajes que llegue a presentar una máquina en cuanto a su OEE, define el nivel calificativo en el cual se encuentre según su porcentaje, además de las consecuencias o situaciones por las que tendría que pasar según los resultados.

### 3.5 Las seis grandes pérdidas

Según conexiónsan (2016) define a las Seis Grandes Pérdidas, uno de los mayores objetivos de los programas OEE es reducir o eliminar lo que se conoce como las Seis Grandes Pérdidas y clasifica las causas más comunes de las pérdidas en eficiencia de la manufactura de las siguiente manera:

- **Averías**, una falla o avería que genera una pérdida en el tiempo de producción. La causa de esta disfunción puede ser técnica u organizativa, ejemplos de ellos serían, un error al operar la máquina, mantenimiento pobre del equipo. El OEE considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.
- **Esperas**, se refiere a que el tiempo de producción se reduce cuando la máquina está en espera. Ésta puede quedarse en estado de espera por varios motivos, ejemplos de ello, sería debido a un cambio de modelo, por mantenimiento, por falta de repuestos, esperas en cola o por un paro para ir a merendar o almorzar.
- **Micro paradas**, sucede cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, las micro paradas y las consecuentes pérdidas de velocidad son causadas generalmente por pequeños problemas como un cambio de operador, o cuando el operador necesita ir hacer sus necesidades.
- **Velocidad reducida**, es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En ocasiones hay una considerable diferencia entre lo que los tecnólogos consideran que es la velocidad máxima y la velocidad máxima teórica. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías. En muchas de las ocasiones las pérdidas que se generan por las velocidades reducidas en su mayoría de los casos son ignoradas.
- **Deshechos**, son todos aquellos productos que no cumplen con los requisitos establecidos para cumplir con la calidad.
- **Retrabajo**, se refiere aquellos productos que son re trabajados debido a que son productos que no cumplen con los requisitos de calidad desde la primera vez, a

los trabajos de mantenimiento son cuando no se ataca la causa principal de la falla y vuelve a fallar de nuevo por la misma situación.

A continuación, se presenta información del cómo es que se relacionan las pérdidas con el OEE. Ver tabla 3.1

*Tabla 3.1 Relación Pérdidas – Factor OEE*

<b>Pérdidas</b>	<b>Factor OEE</b>
Parada Planeada	No forma parte del cálculo del factor OEE
Pérdidas por Parada	Disponibilidad es la relación entre el Tiempo de Operación y el Tiempo Planeado de Producción. 100% Disponibilidad significa que el proceso ha funcionado sin ningún tipo de parada.
Pérdidas por velocidad	Rendimiento es la relación entre el Tiempo Neto de Operación y el Tiempo de Operación. 100% Rendimiento significa que el proceso ha estado funcionando continuamente a su velocidad máxima teórica.
Pérdidas por Calidad	Calidad es la relación entre el Tiempo Real Productivo y el Tiempo Neto de Operación. Calcula la relación de piezas buenas del total de piezas. 100% Calidad significa que no ha habido piezas rechazadas o por arreglar.

Basado en lo anterior, existe una relación muy estrecha entre lo que son las pérdidas y el OEE, ya que cada una de las pérdidas mencionadas tiene repercusión en el porcentaje final de OEE.

### 3.6 Productividad

En el campo de la economía, se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo, ejemplos de ello serían la mano de obra, materiales, energía, entre otras. En la mayoría de las ocasiones la productividad puede estar asociada a la eficiencia y al tiempo, cuanto menos tiempo se invierte en lograr el resultado esperado, mayor será el carácter productivo del sistema.

La productividad puede ser definida como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

En la que se refiere al ámbito de la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los operadores o empleados.

En términos de rendimiento, la productividad en un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo cuando con una cierta cantidad de recursos o insumos en un periodo de tiempo dado puede obtener el máximo de productos posibles.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. Y algo muy diferente ocurre con el recurso humano o los trabajadores. Éstos se deben considerar como factores que influyen.

Solo existe una opción para que cualquier negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad o sus utilidades y se trata de aumentar se productividad. Y el instrumento fundamental que puede originar una mayor productividad es la utilización de métodos, estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios.

Los aspectos que conforman un negocio o industria como son, ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración, son áreas en donde se pueden aplicar los métodos, el estudio de tiempo y los sistemas de pago de salarios. Estos métodos pueden ser aplicados en general, en cualquier tipo organización, puede ser de servicios, de gobierno, etc. Siempre y cuando hombres, materiales e instalaciones se conjuguen para lograr un cierto objetivo.

En base a lo anteriormente mencionado, se puede definir a la productividad, como el aprovechamiento de recursos para poder obtener el máximo de beneficios, trabajo o piezas posibles en un determinado lapso de tiempo.

### 3.7 Manufactura esbelta (Lean Manufacturing)

El rol de la manufactura esbelta (Lean Manufacturing) como un sistema integrado de técnicas que se adoptan con el fin de lograr una mayor productividad en la industria y presentar las técnicas de OEE que han sido desarrolladas como parte de la manufactura esbelta como una alternativa para utilizarse en los procesos de manufactura para el mejoramiento de los sistemas de producción. Lean Manufacturing, nació en la industria automovilística y se exportó a todo tipo de empresas. Su éxito en la mejora de la competitividad empresarial demuestra que es un valor imprescindible para la supervivencia de las organizaciones.

La manufactura Esbelta es un término amplio que apareció por primera vez en los años 70 en el libro “La máquina que cambió el mundo” de los autores “Womack, Jones y Ross”. Y se refiere al uso de las tecnologías de manufactura basadas en la maximización del valor y en la minimización del desperdicio en los procesos de producción industrial. La manufactura esbelta tuvo sus comienzos en el sistema de producción Toyota (TPS) en Japón. Muchos de sus más reconocidos términos, incluyendo Kaizen, Andon y Kanban son términos japoneses que se han vuelto términos estándares en la manufactura esbelta. Lean Manufacturing (s.f.)

En Lean Manufacturing, se encuentra o maneja el concepto de *Eficiencia*, y se refiere al uso de los recursos oportunos, se mejoran los procesos para eliminar aquello que no aporta valor y por lo tanto se alcanza la máxima eficiencia.

Respecto a lo anterior, se puede definir a la filosofía Manufactura esbelta como un conjunto de técnicas que busca la optimización de los recursos y al mismo tiempo la eliminación de todo aquello que no agregue valor a los procesos, productos o servicios.

### 3.8 Herramientas de Lean (SMED)

Según (progressa lean, 2014) es una herramienta de la Mejora Continua que de forma metodológica busca reducir el tiempo de cambio de referencia en máquinas de entornos productivos, “cambio de matriz en menos de 10 minutos”

Según (ATLAS CONSULTORA, 2021) SMED (Single Minute Exchange of Die, o cambio de matriz en menos de 10 minutos) una técnica que permite grandes reducciones en los tiempos de set up (tiempo entre última pieza buena del lote anterior y primera buena del siguiente), permitiendo trabajar en lotes más pequeños.

En base a lo mencionado anteriormente por las fuentes, el SMED es una técnica de cambio de herramienta que se realiza en menos de 10 minutos, agilizando los procesos.

### 3.9 Herramientas de Lean (TPM)

Según (Garrido, s.f.) es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Lo cual supone

- Cero averías
- Cero tiempo muertos
- Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos
- Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total.

En base a lo anterior mencionado, el TPM es una técnica mediante la cual se busca un funcionamiento perfecto de los equipos, previniendo fallas, averías o defectos que mermen el rendimiento de los equipos.

### 3.10 Herramientas de Lean (5s)

Según (Envira Ingenieros Asesores, 2020) el método de las 5s es un concepto que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua, consiguiendo mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas

- Seiri (Clasificación) Separar los materiales necesarios de los innecesarios
- Seiton (Orden) Ubicar lo necesario de manera que sea fácil y rápido encontrarlo
- Seiso (Limpieza) Eliminar las fuentes de suciedad
- Seiketsu (Estandarización) Sistematizar procesos y métodos de trabajo
- Shitsuke (Disciplina) Trabajar permanentemente de acuerdo a lo establecido

Respecto a lo anterior, las 5s es una metodología con el objetivo de establecer la mejora continua en cada uno de los departamentos de las empresas, mejorando su productividad y la calidad de sus procesos y productos.

### 3.11 Filosofía Kaizen

La filosofía Kaizen, es una metodología que se emplea de forma diaria en el mejoramiento continuo de las empresas. El término de la palabra Kaizen proviene de los términos japoneses **Kai=** modificaciones y **Zen=** para mejorar, por lo que se define como “proceso de mejora continua”. Para adoptar la filosofía Kaizen se tiene que asumir la cultura de mejoramiento continuo, que se centra en la eliminación de los desperdicios y derroches en los sistemas productivos. Los fundamentos importantes de esta filosofía Kaizen son el “Compromiso y la Disciplina” a todos los niveles de la organización.

Kaizen permite detectar y solucionar los problemas en todas las áreas de la organización y tiene como prioridad revisar y optimizar todos los procesos que se realizan dentro de la misma. En la idea del mejoramiento continuo se involucra la gestión y el desarrollo de los procesos, focalizando en reconocer las necesidades de los clientes, además reducir los desperdicios y maximizar el tiempo.

El éxito de la filosofía Kaizen en las actividades empresariales es el efecto de la incitación a mejorar estándares, ya sea referente a los niveles de calidad, costes, productividad o tiempos de espera, etc. Kaizen permite establecer los más altos estándares y empresas como Toyota, Walt Disney o Sony la han empleado para mejorar continuamente sus estándares productivos.

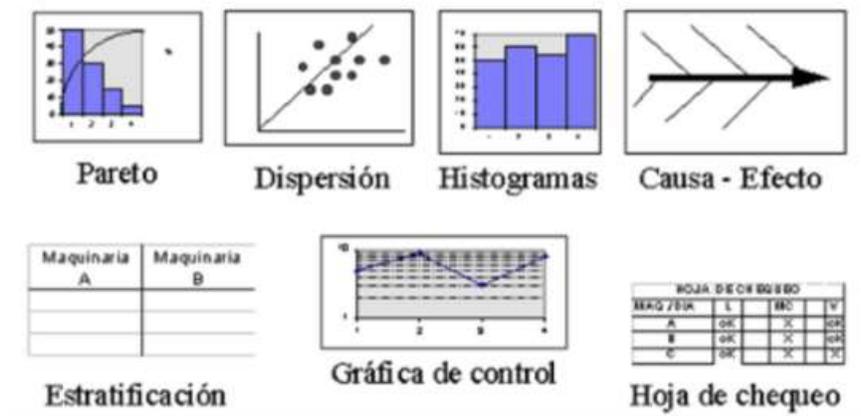
La filosofía Kaizen, se basa en el Ciclo de Deming como herramienta para conseguir la mejora continua., Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

En la etapa de **Planear**, que es la primera, es donde se identifica el problema y se crean los objetivos para solucionarlo. La segunda etapa es **Hacer**, y es donde se comienza a trabajar en los cambios para lograr los objetivos planteados. La tercera etapa es **Verificar**, aquí después de que transcurrió un periodo de tiempo definido previamente, se evalúan los resultados para comprobar la eficiencia y eficacia de las acciones tomadas. La cuarta y última etapa es **Actuar**, aquí se toman las decisiones con base al aprendizaje obtenido, si hubo fallas, se definen las acciones correctivas o por lo contrario, si los resultados fueron óptimos, se documenta dicho cambio.

Para la obtención de los datos, la filosofía Kaizen se auxilia de cualquiera de las siguientes herramientas. Ver figura 3.1

Figura 3.1 Las 7 herramientas básicas

### Las 7 Herramientas Básicas.



La filosofía Kaizen es un método que consiste en la mejora continua de la empresa, mejorando su productividad y sus resultados.

### 3.12 Diagrama de Pareto

EL diagrama de Pareto es una gráfica que organiza valores, los cuales están separados por barras y organizados de mayor a menor, y de izquierda a derecha respectivamente. Con la ayuda del diagrama de Pareto es posible determinar irregularidades de una organización o proceso, identifica sus puntos de mejora y define cuál plan de acción es primordial para atacar sus pérdidas.

### 3.13 Diagrama de dispersión

Este es un diagrama matemático que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos. El diagrama de dispersión permite estudiar salas relaciones entre dos conjuntos asociados de datos que aparecen en pares un ejemplo de ello sería (X,Y) uno de cada conjunto. Este diagrama muestra los datos en pares como una nube de puntos. Además permite descubrir y mostrar las relaciones entre dos conjuntos asociados de datos y confirmar relaciones anticipadas entre dos conjuntos asociados de datos.

### 3.14 Histogramas

Un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores medibles. Los histogramas no se pueden elaborar con atributos, sino con variables medibles, como peso, temperatura, tiempo, etc.

Un histograma te permite interpretar las variaciones de los datos, identificar las causas de un problema, comprobar las causas de un problema, etc.

### 3.15 Diagrama de Ishikawa (causa – efecto)

Este diagrama también es conocido como diagrama de espina de pescado, es una herramienta para el análisis de los problemas que básicamente representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan.

### 3.16 Estratificación

La estratificación, es una herramienta estadística de control de calidad que se aplica a cualquiera de las herramientas de Ishikawa y que, de igual manera tiene aplicaciones directas.

Estratificar, no es más que dividir el conjunto de los datos disponibles en subconjuntos que, en principio pueden ser homogéneos, a cada subconjunto se le denomina estrato. La estratificación de los datos permite comparar las características poblacionales de los diferentes estratos que, de no ser iguales, son una fuente de heterogeneidad y, por lo tanto, de no calidad. La estratificación es la base para otras herramientas de control de calidad como el análisis de Pareto.

### 3.17 Gráfica de control

La gráfica de control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición. Una gráfica de control permite determinar el estado de control de un proceso, además diagnostica el comportamiento de un proceso en el tiempo, así mismo indica si un proceso ha mejorado o ha empeorado, además permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso y sirve como una herramienta de detección de problemas.

### 3.18 Hoja de chequeo

Es un formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

Esta herramienta puede ser utilizada tanto en el estudio de los síntomas de un problema, como en la investigación de las causas o en la recogida y análisis de datos para probar alguna hipótesis.

Esta herramienta permite, cuantificar defectos por tipo, cuantificar defectos por ubicación, cuantificar defectos por causa (máquina, trabajador), etc.

### 3.19 Diagrama de flujo de proceso

Es un diagrama que muestra cada paso o progresión a través de un proceso. Las líneas indican el flujo direccional y hay un conjunto estándar de símbolos que ayudan a describir los procedimientos paso a paso. Un diagrama de flujo se puede utilizar para dividir grandes ideas en partes pequeñas y del tamaño de un bocado que se expresan visualmente, por lo que saber cómo hacer uno es como tener un lenguaje universal. Además, permite trazar los roles y responsabilidad dentro de una organización para obtener claridad, así mismo, permite elaborar una propuesta para un nuevo proceso o proyecto para comprender su alcance y pasos.

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO

### 11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

A continuación, se muestran cada una de las actividades que se llevaron a cabo para llevar por buen camino la realización de este proyecto de residencias. En base al ciclo de Deming, comenzaremos por sus cuatro fases.

Fase I. **PLANEAR** (PDCA)

#### 4.1 Analizar el estado actual de las máquinas, así como su porcentaje actual de eficiencia en su proceso.

Aquí es donde comienza la primera etapa del ciclo de Deming, la cual es Planear, en donde se encuentran los problemas que deben de ser solucionados y que están causando la baja en la eficiencia de los procesos de las máquinas.

Mediante una revisión de registros, en el área de doblado perteneciente al departamento de producción, en donde mediante el apoyo de las personas o colaboradores de este departamento y del departamento de mantenimiento, se pudo obtener la información referente a la situación en que se han encontrado trabajando las máquinas que serán el objeto de estudio de este trabajo.

Como se explicó con anterioridad, el porcentaje de OEE se obtiene de la multiplicación de los porcentajes con los que cuentan cada uno de los aspectos del OEE, porcentaje de disponibilidad, rendimiento y calidad. Por lo que la información recaudada arrojó lo siguiente para determinar la situación de cada uno de los aspectos, cabe mencionar que la información es correspondiente al primer semestre del año en curso (enero-junio). Ver tabla 4.1 a tabla 4.3

➤ Máquina #772.

Tabla 4.1 Aspectos OEE

Máquina #772, (enero - junio)								
Tiempo de trabajo (minutos)	Tiempo de trabajo (minutos)	<b>DISPONIBILIDAD</b>	Producción O productividad	Producción O productividad	<b>RENDIMIENTO</b>	Calidad	Calidad	<b>CALIDAD</b>
PLANTEADO	REAL		PLANEADA	REAL		PLANEADA	REAL	
8,020 min	6,521 min	<b>81.31%</b>	27,947 pzs	19,999 pzs	<b>71.56%</b>	19,999 pzs OK	19,549 pzs OK	<b>97.74%</b>

➤ Máquina #985.

Tabla 4.2 Aspectos OEE

Máquina #985, (enero - junio)								
Tiempo de trabajo (minutos) PLANTEADO	Tiempo de trabajo (minutos) REAL	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
14,913 min	13,708 min	<b>91.92%</b>	18,277 pzs	14,605 pzs	<b>79.91%</b>	14,605 pzs OK	14,381 pzs OK	<b>98.46%</b>

➤ Máquina #1255.

Tabla 4.3 Aspectos OEE

Máquina #1255, (enero - junio)								
Tiempo de trabajo (minutos) PLANTEADO	Tiempo de trabajo (minutos) REAL	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
7,576 min	6,335 min	<b>83.62%</b>	25,340 pzs	19,813 pzs	<b>78.19%</b>	19,813 pzs OK	19,728 pzs OK	<b>99.57%</b>

Además en la revisión de registros se tienen los siguientes datos, lo cuales muestran información que se obtienen del momento que las máquinas presentan las fallas o los problemas. Ver tabla 4.4 a tabla 4.6

➤ Máquina #772

Tabla 4.4 Estadística (fallas)

<b>Máquina #772 (enero - junio)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	1499 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	450 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	39 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

➤ Máquina #985

Tabla 4.5 Estadística (fallas)

<b>Máquina #985 (enero - junio)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	1205 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	224 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	23 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

➤ Máquina #1255

Tabla 4.6 Estadística (fallas)

<b>Máquina #1255 (enero – junio)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	1241 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	85 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	17 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

Lo mostrado anteriormente en la tabla son todos aquellos factores que afectan cada uno de los aspectos o elementos que conforman el OEE de una máquina.

A continuación las siguientes tablas contienen los porcentajes de cada aspecto, los cuales conforman el porcentaje general del OEE de cada máquina. Ver tabla 4.7 a tabla 4.9

➤ Estado actual máquina #772, ver tabla 4.7

Tabla 4.7 Estado OEE

<b>Máquina #772 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	81.31%
<b>Rendimiento</b>	71.56%
<b>Calidad</b>	97.74%
<b>OEE</b>	<b>56.87%</b>

- Estado actual máquina #985, ver tabla 4.8

*Tabla 4.8 Estado OEE*

<b>Máquina #985 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	91.92%
<b>Rendimiento</b>	79.91%
<b>Calidad</b>	98.46%
<b>OEE</b>	<b>72.32%</b>

- Estado actual máquina #1255, ver tabla 4.9

*Tabla 4.9 Estado OEE*

<b>Máquina #1255 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	83.62%
<b>Rendimiento</b>	78.19%
<b>Calidad</b>	99.57%
<b>OEE</b>	<b>65.10%</b>

A continuación se muestran los tiempos ciclos actuales en que cada máquina #772, #985 y #1255 en conjunto con el trabajador realiza o procesan una pieza (tiempo ciclo). Ver tabla 4.10

*Tabla 4.10 Tiempo Ciclo Actual*

<b>Tiempo Ciclo (enero – junio)</b>	
<b>Máquina</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
<b># 772</b>	14 seg.
<b># 985</b>	45 seg.
<b># 1255</b>	15 seg.

Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)

A continuación se muestran los Ishikawa realizados para obtener información sobre los problemas que generaban el bajo rendimiento en cada una de las tres máquinas #772, #985 y #1255. Ver figura 4.1 a figura 4.3

Figura 4.1 Ishikawa máquina #772

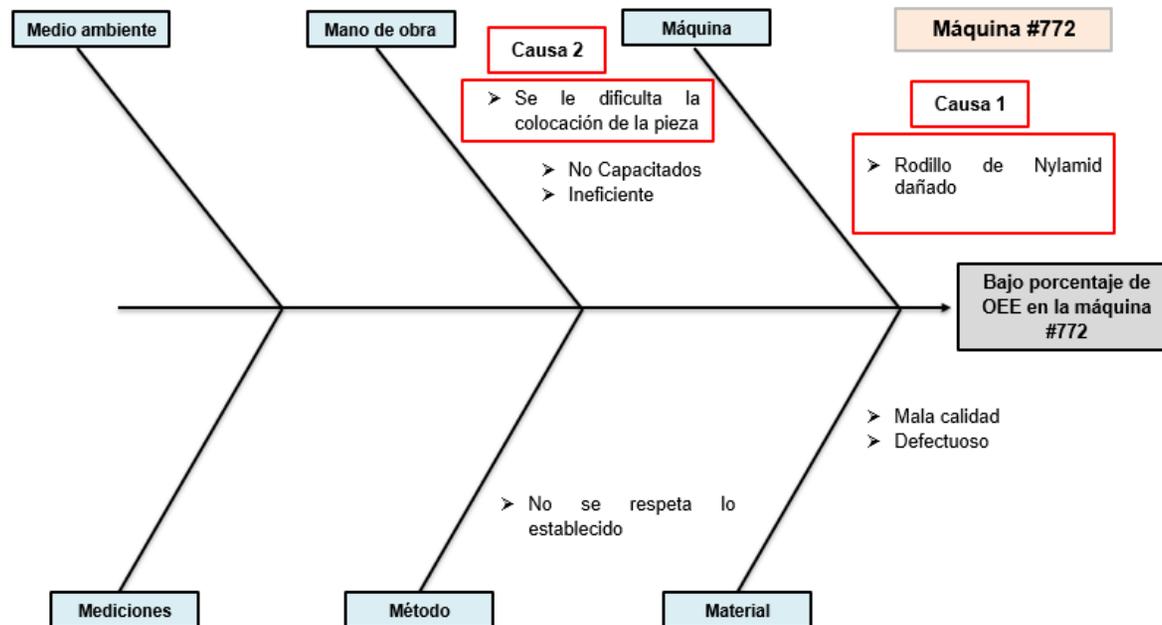


Tabla 4.11 Análisis 5 ¿Por qué? Máquina #772

	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?
Causa 1	Por la cantidad de ciclos realizados	Por la fricción entre rodillo y tubo	Porque topa el rodillo con el spool del tubo	Por el rodillo es de Nylamid y se daña.	
Causa 2	No tiene la habilidad necesaria	No fue capacitado adecuadamente	No hay referencia para la colocación en la máquina.		

Figura 4.2 Ishikawa Máquina #985

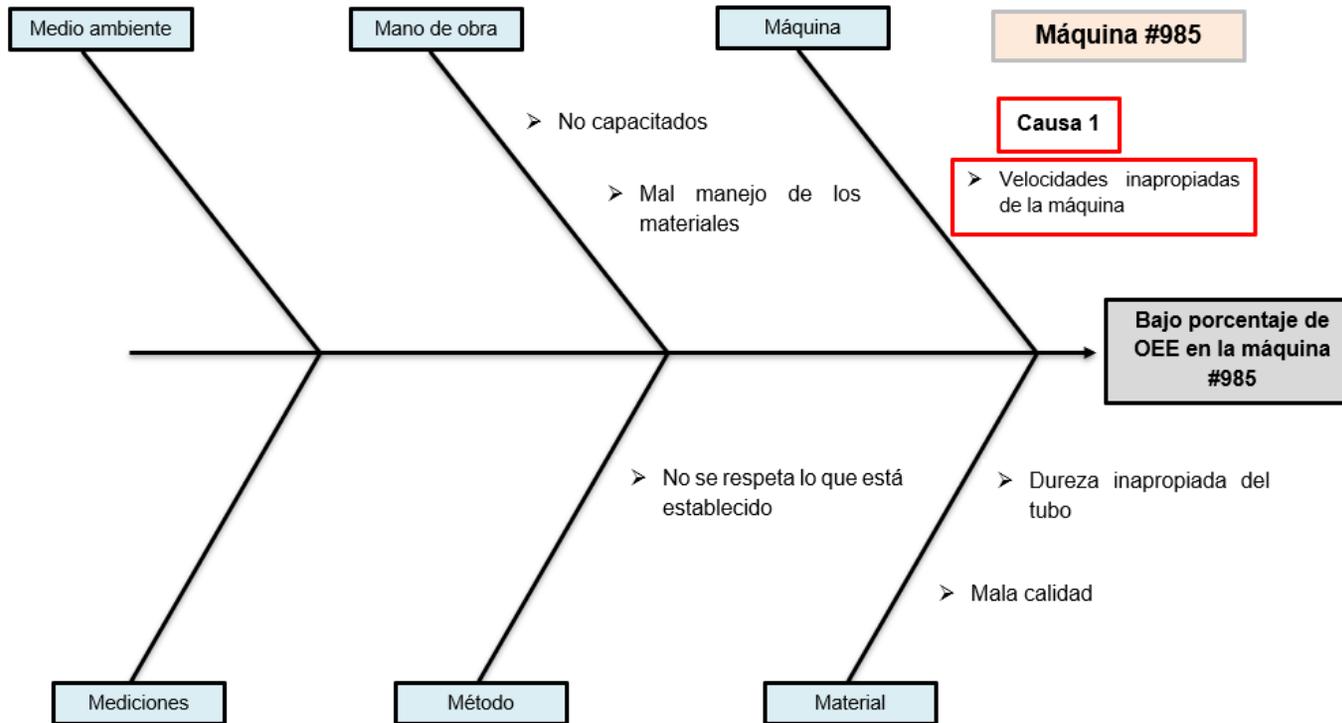


Tabla 4.12 Análisis 5 ¿Por qué? Máquina #985

	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?
<b>Causa 1</b>	Porque están dañando las piezas	Porque no se cumple con la producción diaria	Porque las velocidades afectan el rendimiento de la máquina.	La producción por pieza supera el tiempo ciclo establecido.	

Figura 4.3 Ishikawa Máquina #1255

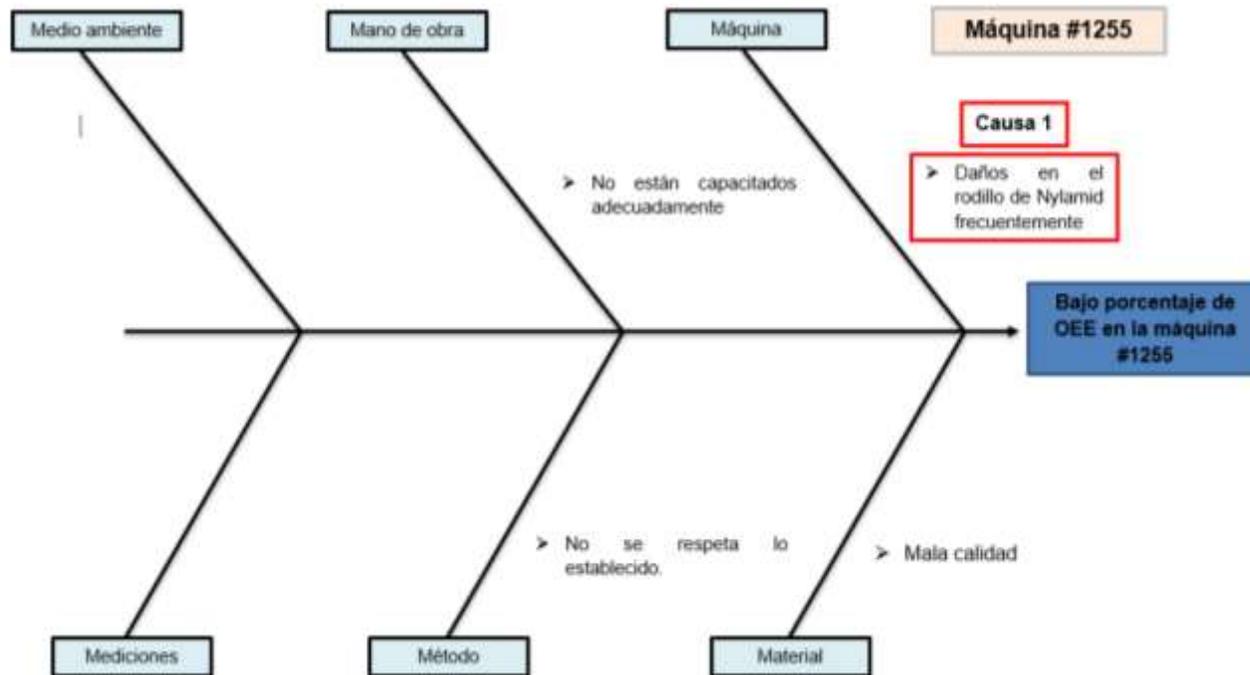
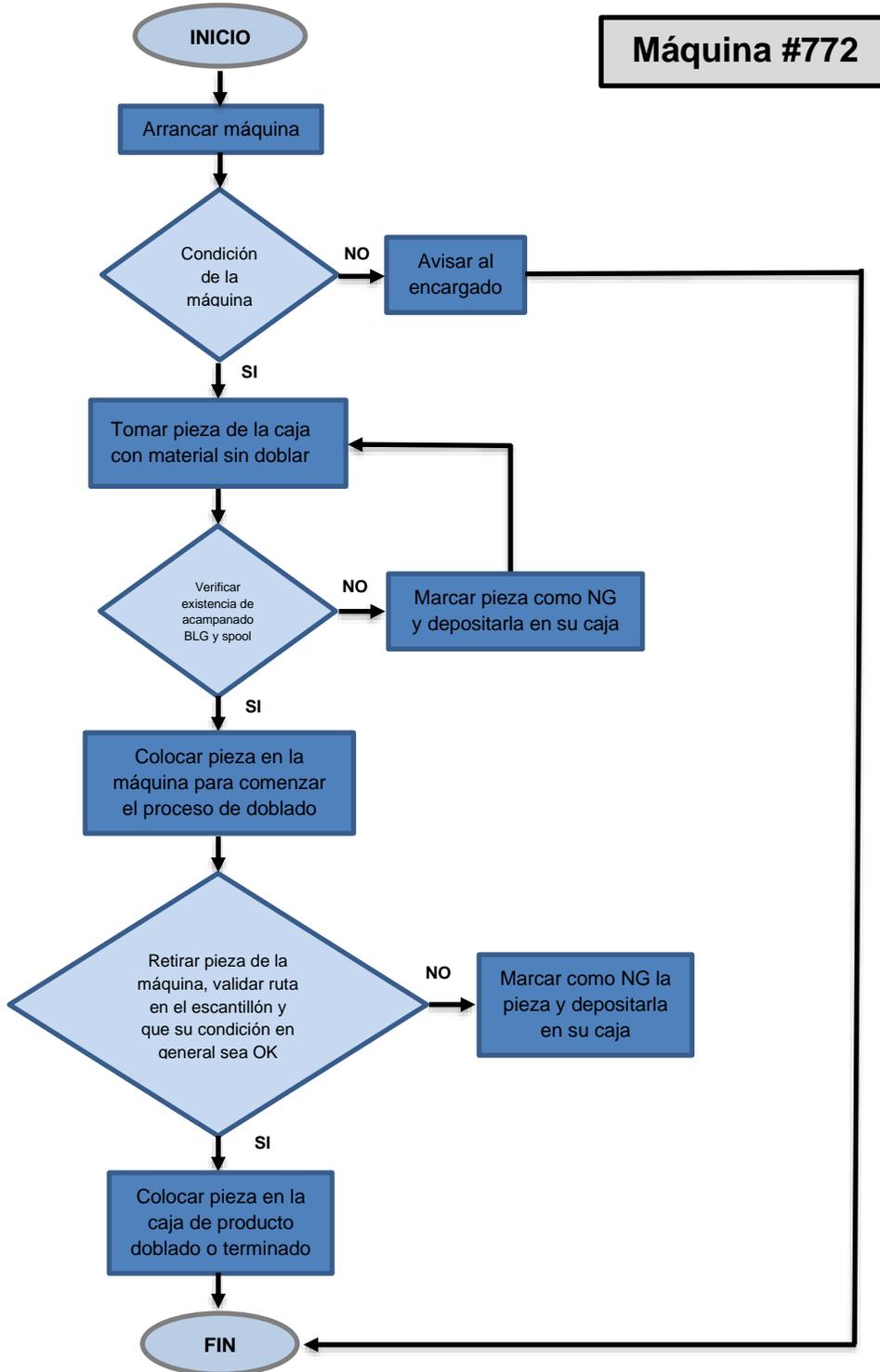


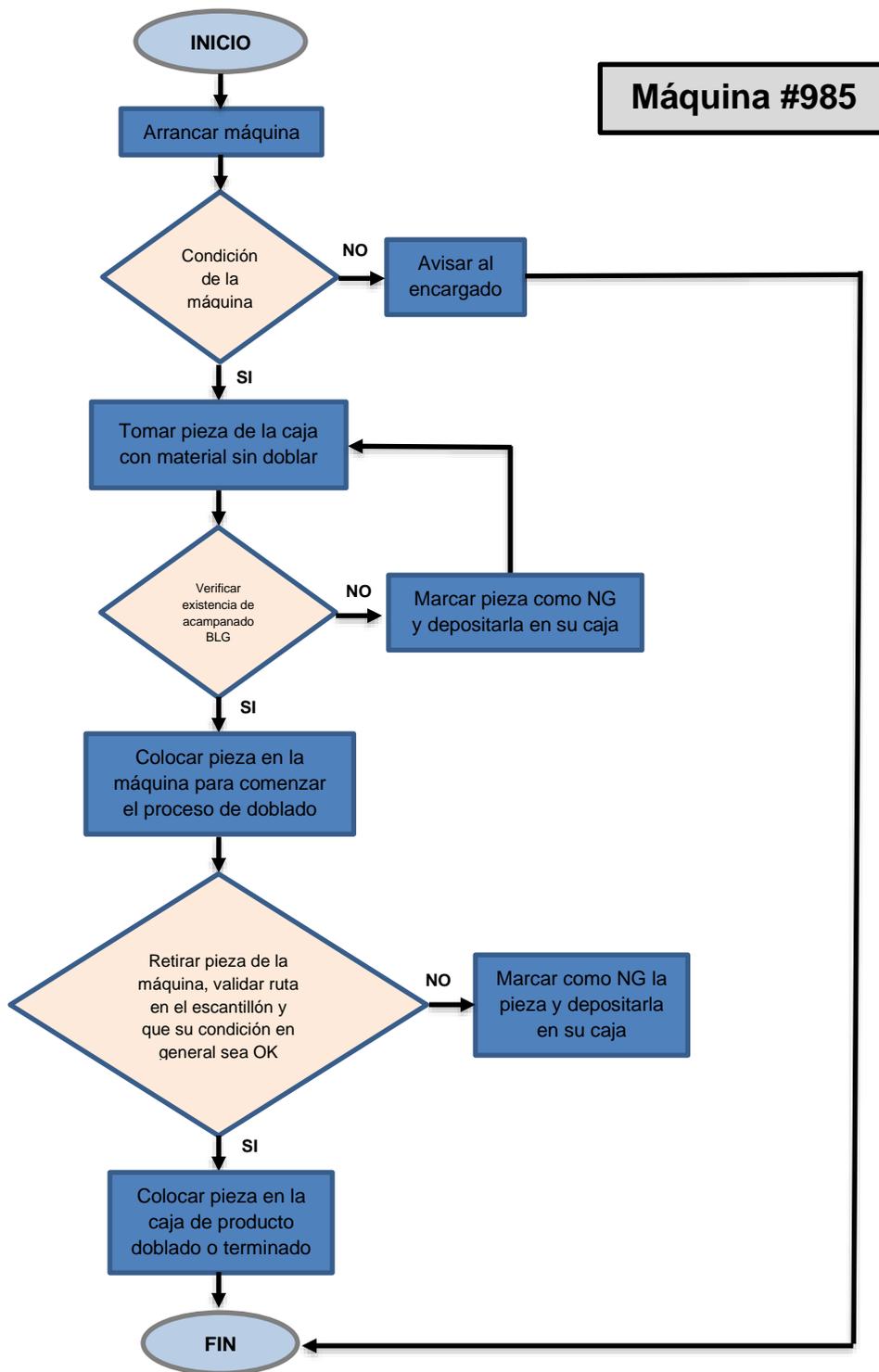
Tabla 4.13 Análisis 5 ¿Por qué? Máquina #1255

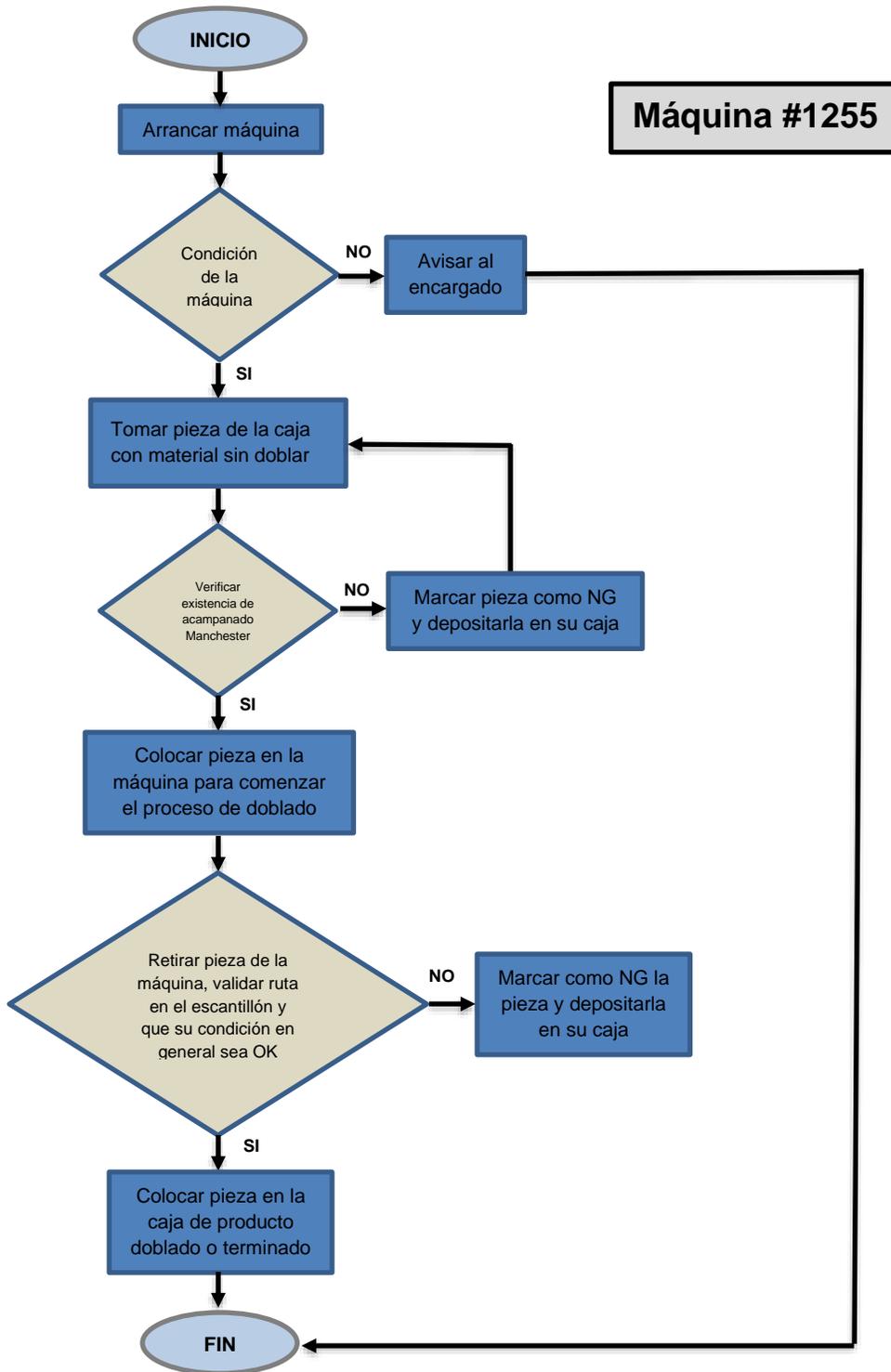
	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?
<b>Causa 1</b>	Porque el Nylamid es un material que sufre desgaste	Por la cantidad de ciclos a la que está expuesto	Por el contacto que tiene el tubo con el rodillo de Nylamid		

Diagrama de Flujo de Proceso

A continuación, se muestran cada uno de los diagramas de flujo de proceso de cada una de las tres máquinas #772, #985 y #1255.







### Generalidades de las máquinas

Las máquinas #772, #985 y #1255, realizan procesos de doblado de tubería de bajo carbón, y son muy similares entre sí, básicamente realizan el mismo proceso, aunque están diseñadas para tuberías con características un tanto diferentes.

Los tres tipos de tubería de las que se habla en este proyecto, sirven como conducto o transporte de agua, del radiador al motor, para la regularización de la temperatura de este último.

Llegan al área de doblado, una vez que han pasado y terminado el proceso de acampanado.

**NOTA:** Se hace mención del proceso de acampanado, debido a que tiene cierta repercusión en el proceso de doblado, por los tipos de acampanados que se realizan en la tubería.

A continuación, se muestran los materiales que pasan por el proceso de las máquinas #772, #985 y #1255 de doblado. Así mismo se muestran los tipos de acampanados con los que cuentan cada número de parte. Ver figura 4.4 a figura 4.12

➤ Tubería y tipos de acampanados que se procesan en la máquina **#772**

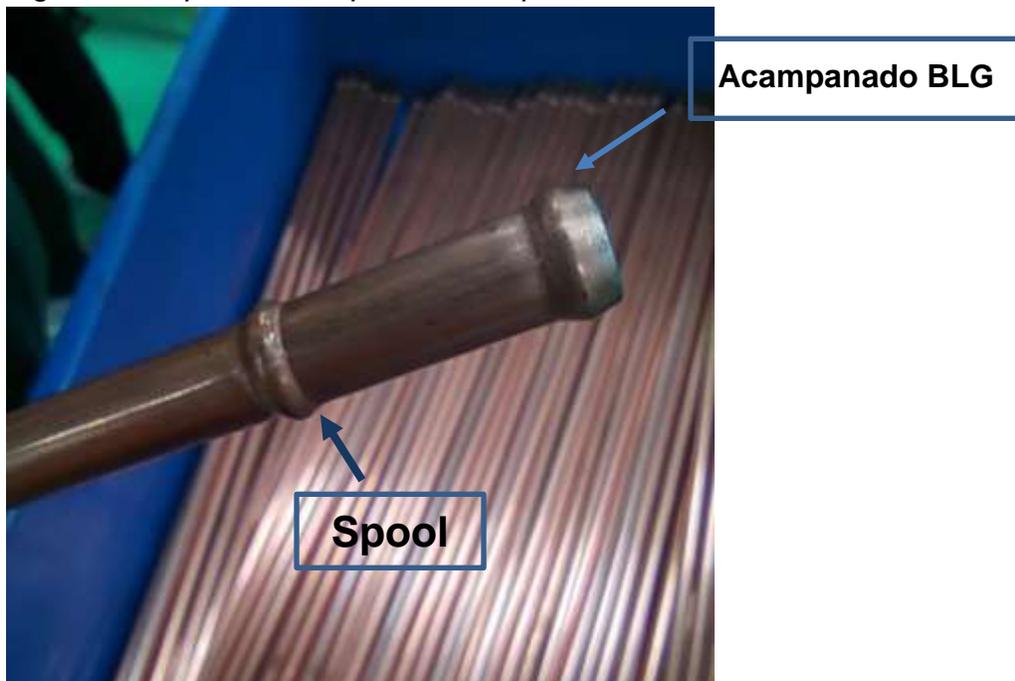
Figura 4.4 Tubería antes de doblado Máquina #772



Figura 4.5 Tubería después de doblado Máquina #772



Figura 4.6 Tipo de acampanado Máquina #772



- Tubería y tipos de acampanados que se procesan en la máquina #985

Figura 4.7 Tubería antes de doblado Máquina #985



Figura 4.8 Tubería después de doblado Máquina #985



Figura 4.9 Tipo de acampanado Máquina #985



- Tubería y tipos de acampanados de la misma que se procesan en la máquina #1255

*Figura 4.10 Tubería antes de doblado Máquina #1255*



*Figura 4.11 Tubería después de doblado Máquina #1255*



Figura 4.12 Tipo de acampanado Máquina #1255



4.2 Investigar las causas que generan la disminución tanto de eficiencia del proceso así como de la productividad

En el caso de la máquina **#772**, dos de los tres aspectos que conforman el OEE, presentan porcentajes, un tanto bajos que están afectando la eficiencia de la máquina.

- Por una parte está la disponibilidad en donde el problema que se encontró fue que el rodillo de Nylamid sufre daños que ameritan su cambio mínimo una vez por semana, además este daño en ocasiones afectaba la pieza de tal manera que provocaba una variación en la ruta de la misma.

Mediante la obtención de estos datos se detectó que la sustitución del rodillo de Nylamid dañado por el rodillo de Nylamid nuevo, sucede entre los 4,700 ciclos y 5,000 ciclos, esta es aproximadamente la vida útil de este rodillo en esta máquina **#772**.

A continuación, se muestra el rodillo dañado. Ver figura 4.13

Figura 4.13 Rodillo dañado



- Lo que respecta en el rendimiento, se detectó que la máquina no cuenta con una referencia para la rápida y correcta colocación de la pieza, por lo que en ocasiones el operador tiene que realizar más de un intento al querer colocar la pieza para poder comenzar con el proceso de doblado de la máquina, es por ello que algunas veces la operación supera el tiempo ciclo que se tiene establecido, esto genera que no se cumpla la producción que se tiene establecida por hora, de modo que el porcentaje del rendimiento se ve afectado y de igual manera la productividad de la máquina.

A continuación, se muestra cómo es que se efectúa la colocación de la pieza en la máquina. Ver figura 4.14

Figura 4.14 Colocación de la pieza

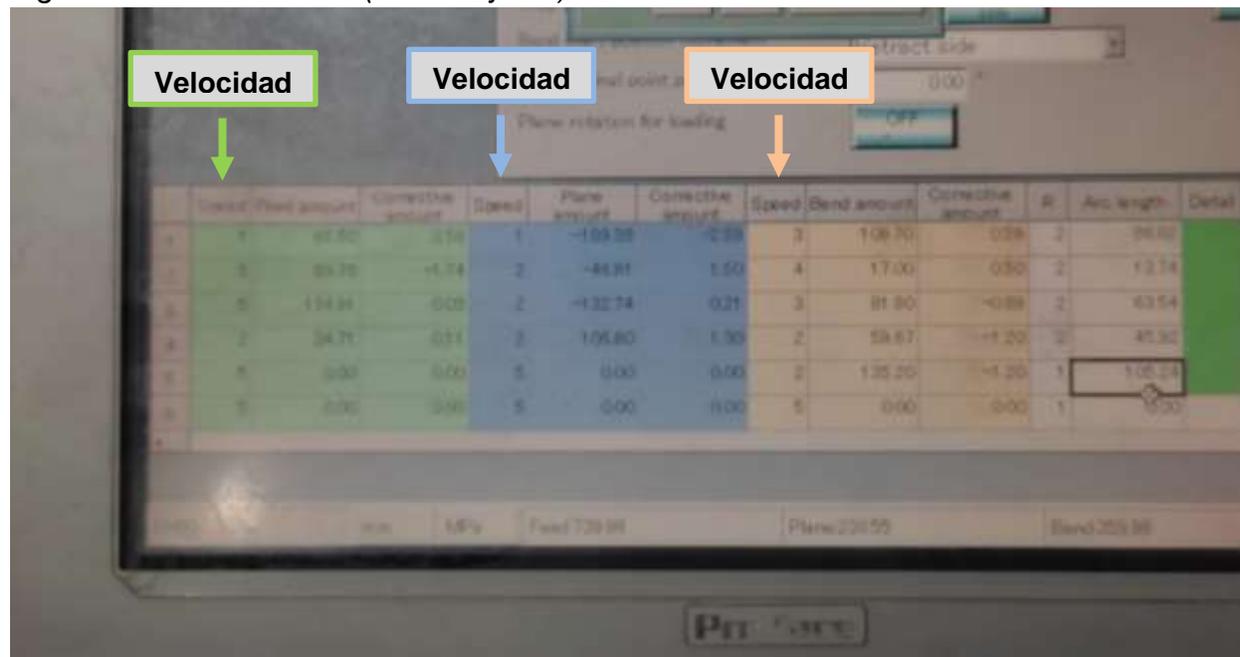


En el caso de la máquina #985, los problemas surgen debido de las velocidades con las que se encuentra trabajando la misma, esto repercute tanto en su rendimiento como en la disponibilidad.

- En este caso, un solo problema estaba afectando dos aspectos, el rendimiento y la disponibilidad, del OEE general de esta máquina, derivado de ello no se tiene el rendimiento deseado afectando directamente la producción de la misma. En cuanto a la disponibilidad, ésta se ve afectada, ya que por las velocidades algunas piezas mostraban cierta variación en su ruta, lo cual provoca que se tenga que detener la máquina generando un reporte de falla, que a su vez el tiempo de paro aumenta en cuanto a los minutos necesarios para realizar el ajuste de la falla.

A continuación se muestran las velocidades con las cuales se encuentra trabajando la máquina #985 (enero – junio). Las velocidades de los componentes de la máquina, tienen efecto en las partes, de tal manera que estas tienen ciertas distancias de dobleces, o giros en la pieza o bien el dobléz que se genera en la misma. Ver Figura 4.15

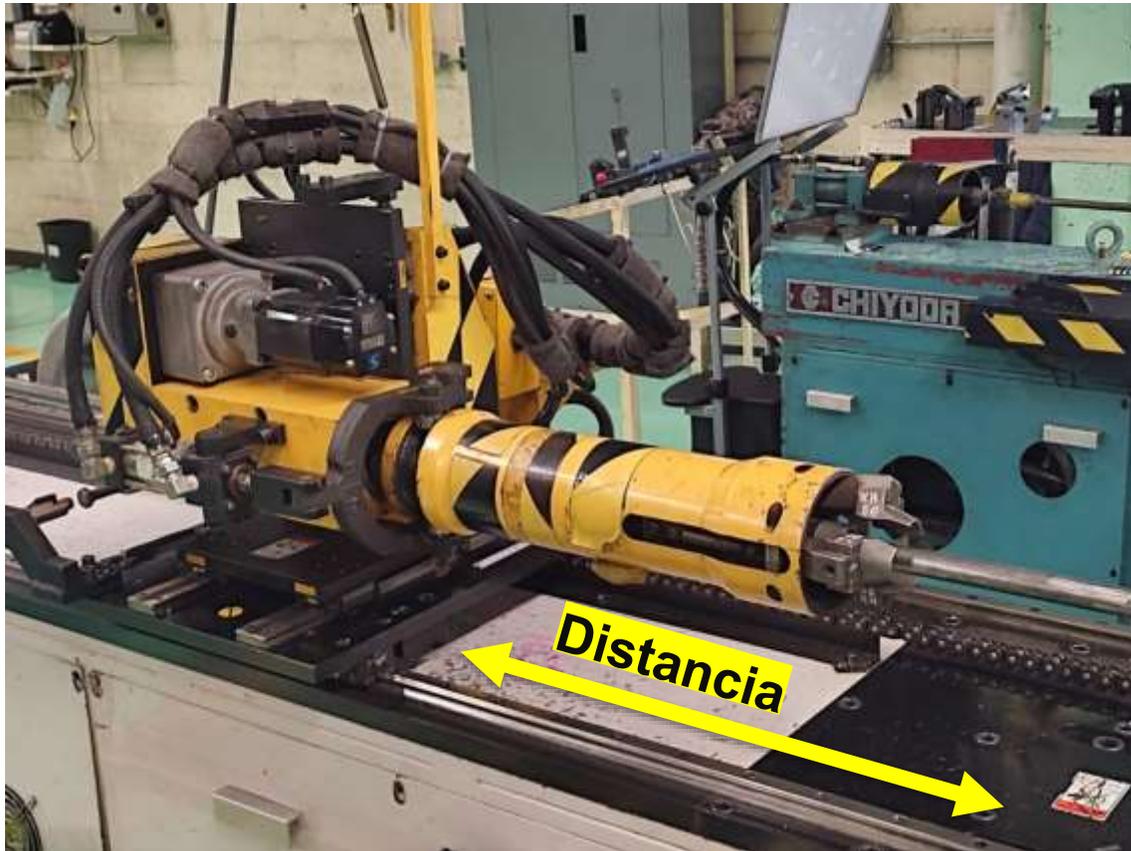
Figura 4.15 Velocidades (enero – junio)



Distancias
  Giros
  Dobleces

A continuación, se muestra el componente de la máquina que realiza o genera las distancias entre cada doblé de las piezas. Se llama carro de telescopio, este se desliza a lo largo de la máquina para que la pieza pueda tener la distancia deseada entre y de cada uno de los dobleces. Ver Figura 4.16

*Figura 4.16 Distancia*



El siguiente de los componentes, es llamado como mordazas, estas se encargan de sujetar las piezas, pero también son las encargadas de realizar los giros necesarios para que la pieza este en la posición indicada, y así se puedan realizar los dobleces correctamente. Cabe mencionar que los grados que dé en cada giro serán los necesarios para el doblé, aunque las mordazas pueden dar el giro de 360 grados. Ver figura 4.17

Figura 4.17 Mordazas (realiza los giros)



El siguiente componente, se llama brazo, este se encarga de prensar contra el rodillo la pieza, para poder ir realizando los dobleces. Ver Figura 4.18

Figura 4.18 Brazo (realiza el dobléz)



En lo que respecta a la máquina #1255 el problema que se tiene es con el rodillo del Nylamid, esto repercute directamente en la disponibilidad y en el rendimiento de la máquina. Ya que la constante sustitución del rodillo de Nylamid provoca un número elevado de reportes de fallas, y en consecuencia los minutos de tiempo de falla aumentan significativamente. En cuanto al rendimiento, la operación se tiene que detener cada que se presenta esta situación con el rodillo, por lo que la producción se ve afectada.

- La siguiente figura 4.19, muestra el daño que sufre el rodillo de Nylamid, por el cual tiene que estar siendo sustituido con tanta frecuencia, y por lo cual se genera tanto tiempo de paro. Ver figura 4.19

*Figura 4.19 Rodillo de Nylamid dañado*



### 4.3 Desarrollar las estrategias necesarias para resolver los problemas encontrados

En esta etapa del Ciclo Deming, se comienzan a desarrollar las actividades y estrategias que ayudarán a resolver los problemas encontrados, con el fin del cumplimiento de los objetivos planteados.

En la máquina #772 se tienen dos situaciones, una afectando la disponibilidad y la otra afectando el rendimiento del OEE.

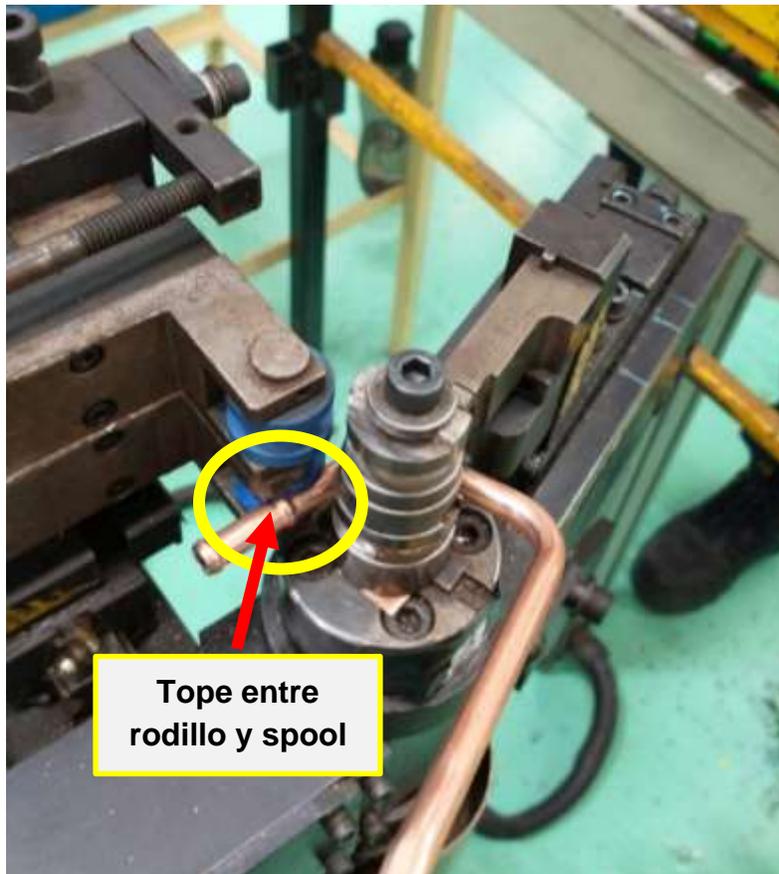
A continuación se da a conocer la estrategia utilizada para mejorar cada una de las situaciones.

➤ Estrategia en cuestión de **disponibilidad** para la máquina #772

✚ **Stock de 2 rodillos en el área de la máquina.**

Como se ha mencionado anteriormente esta máquina cuenta con un rodillo de Nylamid que es sustituido con mucha frecuencia, por lo que se buscaba cambiar a un rodillo de otro material que sea más duradero, en este caso sería de metal, aunque el cambio de rodillo de Nylamid a metal no es aceptable debido a que cuando la máquina realiza el último doblado en la pieza el rodillo tiene contacto con el spool, lo cual estaría generando un daño irreversible en la pieza, lo cual es inaceptable. Ver figura 4.20

*Figura 4.20 Tope entre rodillo y spool*



Por lo que la estrategia para mejorar esta situación, trata de implementar un stock de 2 rodillos de Nylamid por semana en el área donde se encuentra la máquina #772, esto para reducir el tiempo de paro que genera el cambio de este rodillo, ya que era más el tiempo que tardaban en ir por el rodillo de reemplazo al almacén de refacciones, que en realizar el cambio del mismo. Ver figura 4.21

*Figura 4.21 Stock de rodillos*



Cabe mencionar que el cambio del rodillo se realiza entre 4 y 6 minutos, esto dependiendo del técnico que realice el cambio. Y el ir por el rodillo nuevo al almacén se lleva entre 15 y 20 min., esto depende de la cantidad de solicitudes de refacciones que se tengan en el almacén. Lo cual en promedio da un tiempo de 22 min. Por lo que al contar con el stock de los 2 rodillos el cambio llevará de entre 5 y 10 min., dependiendo de lo que tarde en llegar el técnico a la máquina para realizar el ajuste.

**NOTA:** Los tiempos de paro “programados” no afectan el porcentaje de la eficiencia de las máquinas.

Además este cambio de rodillo, se establecerá como un tiempo de paro programado, lo cual no afectará el OEE de la máquina. Como se mencionó anteriormente el tiempo de vida del rodillo, en este caso es de entre 4,700 y 5,000 ciclos, por lo que el operador al momento de llegar a los 4,000 ciclos dará aviso en el tablero de mantenimiento dando un comodín de 700 ciclos para poder realizar el cambio, cabe mencionar que durante el turno hay 2 descansos de 10 min, y la hora del comedor que es de 30 minutos, entonces el ajuste se realizaría durante uno de estos tres lapsos de tiempo en el que el operador no se encuentra en la máquina, para no interrumpir la producción de la misma. Ver figura 4.22

Figura 4.22 Tablero de mantenimiento



Cabe mencionar que estableciendo el cambio de rodillo como un tiempo de paro programado, se estaría eliminando el tiempo de paro y los reportes de fallas generados en la máquina #772, al menos por esta situación.

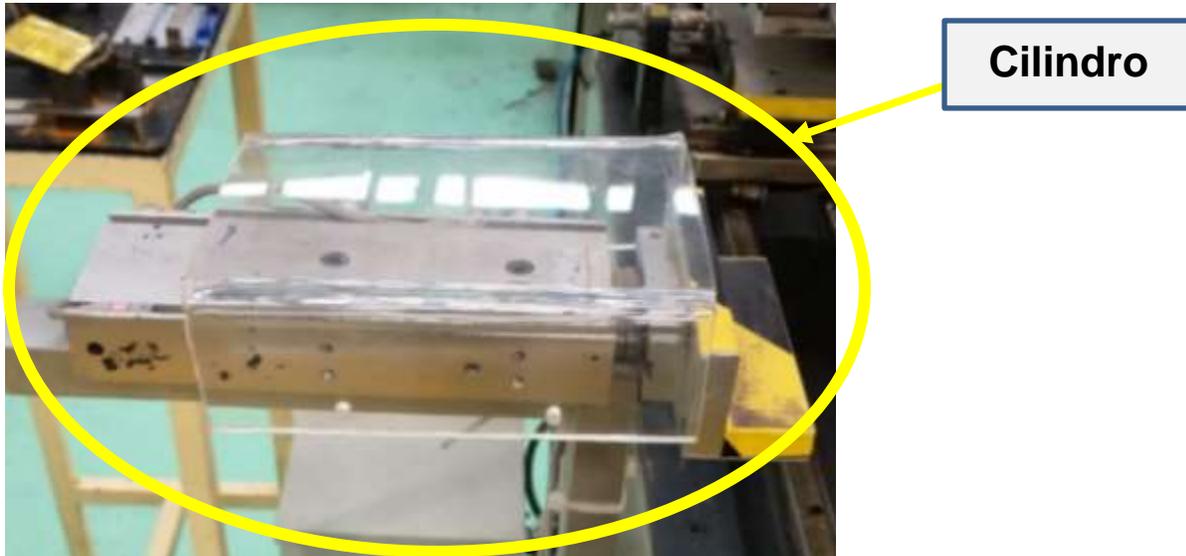
➤ Estrategia en cuestión del **rendimiento** para la máquina **#772**

✚ **Colocar cilindro como referencia de colocación de pieza.**

La máquina no cuenta con una referencia que ayude al operador a colocar la pieza de una manera más rápida y sencilla. Por lo que en este caso la estrategia para mejorar esta situación, trata de colocar un cilindro en la máquina que hará referencia para la colocación de la pieza, es importante mencionar que este cilindro no cambia para nada

el proceso de la máquina. Este cilindro es programado por el departamento de energías y de ingeniería, para que al momento de realizar su función no obstruya ningún movimiento de la máquina. La siguiente imagen muestra el cilindro del cual se está hablando. Ver figura 4.23

*Figura 4.23 Cilindro*



Este cilindro tiene como función, ser una referencia para que el operador pueda colocar la pieza rápidamente en la máquina para comenzar el doblado. El cilindro se activa cuando la máquina está en modo origen, cuando sus partes están por decir en modo inicio, entonces la pieza se coloca específicamente en las mordazas con la ayuda del cilindro y se presiona el botón de origen para que las mordazas sujeten la pieza, entonces es ahí cuando el cilindro regresa a su posición inicial o bien se desactiva, para no obstruir ningún movimiento de la máquina.

➤ *Estrategia de mejora para la situación de la máquina #985*

#### **✚ Ajuste de velocidades de la máquina**

En el caso de la máquina #985 básicamente el problema o situación que se detectó, son las velocidades de los movimiento que ejecuta para realizar los doblados.

Por lo que, para mejorar esta situación, se ajustarán las velocidades de tal manera que la máquina sea más rápida pero cuidando las especificaciones de la calidad de las piezas, de modo que estas dejen de presentar variación en su ruta.

Se intentó poner a trabajar a la máquina a una velocidad más rápida, pero se presentó un problema en las piezas, ya que se estaba generando una marca en el área de sellado de la pieza. Ver figura 4.24

*Figura 4.24 Marca en área de sellado*



A pesar de que se presentó este problema con la pieza, el tiempo ciclo de la operación en esta máquina se logró disminuir por lo que solo faltaría ajustar una de las velocidades para eliminar el defecto que se está presentando en la pieza.

➤ Estrategia de mejora para la máquina #1255

✚ **Cambio de rodillo de Nylamid a metal.**

Para esta máquina, la estrategia que se busco es establecer un cambio en cuanto al material del rodillo, sería cambiar de rodillos de Nylamid a rodillo de metal, esto con la finalidad de erradicar los reportes de fallas por esta cuestión así como disminuir los

minutos de tiempo de paro, y poder darle la máxima continuidad posible a la operación para poder cumplir con la producción que se tiene establecida.

En este caso se ve factible utilizar el rodillo de metal, ya que la tubería que se dobla en esta máquina, solo cuenta con un acampanado Manchester, por lo que el rodillo no tendría contacto con un spool o algo por el estilo, de manera que no se vería afectada ninguna de las especificaciones de calidad de las piezas. Ver figura 4.25

*Figura 4.25 Rodillo de metal*



Fase II. **HACER** (PDCA)

#### 4.4 Ejecución de las estrategias para la solución de los problemas

➤ Estrategias ejecutadas para la máquina #772

##### **✚ Stock de 2 rodillos de Nylamid**

Se estableció un stock de 2 rodillos en el área donde se encuentra esta máquina, para eliminar el tiempo de espera que se tenía en el almacén, reduciendo el tiempo de paro para realizar la sustitución del rodillo de Nylamid.

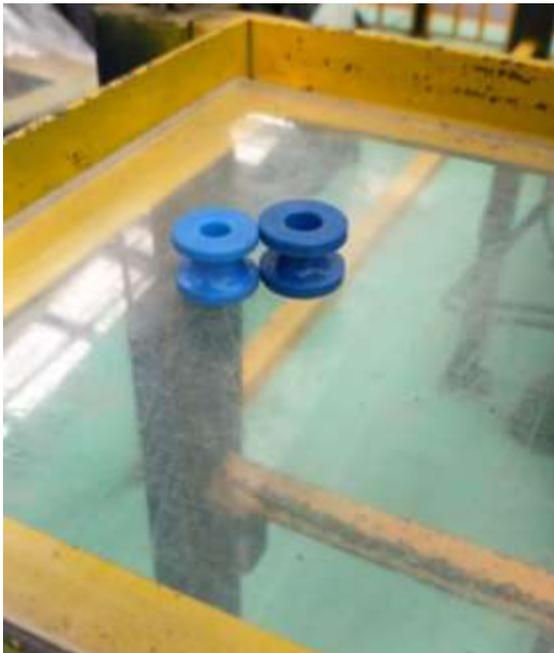
Además, con la investigación realizada se determinó que la vida útil del rodillo de Nylamid en esta máquina es de 4,500 ciclos a 5,000 ciclos, además, ahora que se cuenta con los rodillos a la disposición para realizar el cambio cuando sea necesario, el tiempo máximo

para realizar el cambio es de 10 min. Por lo que la sustitución del rodillo de Nylamid se establecerá como un tiempo de paro “programado”. Este se llevó acabo de la siguiente manera.

1. El operador de la máquina, al momento de percatarse que el rodillo que está siendo utilizado ya tiene 4000 ciclos realizados, colocará un aviso en el tablero de mantenimiento, para que el o los técnicos asignados a esa área se percaten de la situación. El aviso se hará a los 4,000 ciclos para que el técnico tenga un comodín de 500 ciclos para buscar el momento adecuado para realizar el cambio.
2. Hay tres descansos durante el turno el primero a las 10 am (break 10min), el segundo 12:00 pm (comedor 30 min), y el tercero a las 3:00 pm (break 10 min). Todo dependerá en que lapso se cumplan los 4,000 ciclos para que en uno de estos tres descansos el técnico pueda hacer el ajuste en la máquina sin interrumpir al operador.

De esta manera, se eliminarán los reportes de fallas por esta causa, así como la acumulación de minutos por tiempo de paro de la misma. A continuación, se muestra el stock de los rodillos de Nylamid OK. Ver figura 4.26

*Figura 4.26 Stock de rodillos de Nylamid OK*

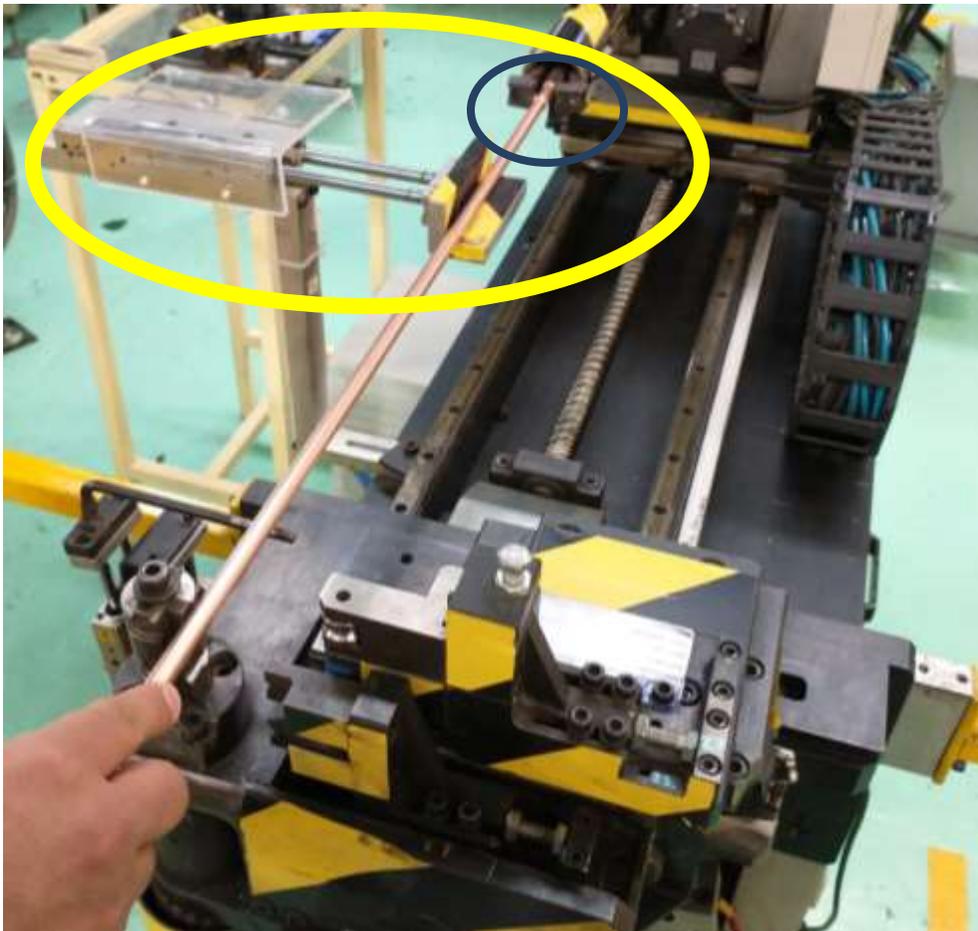


✚ **Colocar cilindro como referencia de colocación de pieza.**

Se puso un cilindro en la máquina, el cual actuará como referencia de colocación de la pieza en la máquina, para que le sea más sencillo y rápido a cualquier operador colocar la pieza en las mordazas. El cilindro actuará de la siguiente manera:

- ❖ Cuando la máquina este en modo inicio, el cilindro se activará y se desplegará para quedar como referencia, ayudando a colocar la pieza rápida y correctamente como se muestra en la siguiente figura. Ver figura 4.27

*Figura 4.27 Cilindro activado*



- ❖ Después el operador, al momento de que presione el botón de origen, las mordazas sujetarán la pieza y el cilindro se desactiva o regresa a su posición natural o de origen, de manera que al momento que el operador active la máquina y ésta comience a

realizar los movimientos para doblar la pieza, el cilindro no obstruya ninguno de los movimientos de la misma. Ver figura 4.28

*Figura 4.28 Cilindro desactivado*



De esta manera, con esta estrategia se cumple con el tiempo ciclo que se tiene establecido para cada pieza y también se busca mejorarlo de ser posible.

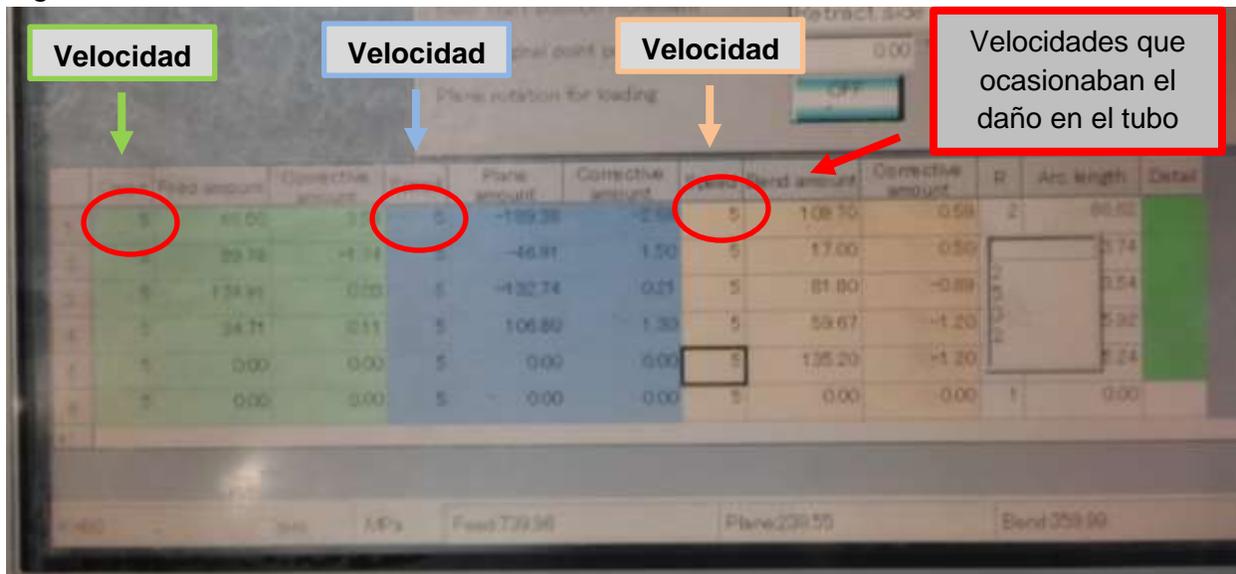
➤ Estrategia ejecutada para la máquina #985

#### **✚ Ajuste de velocidades de la máquina**

Como se mencionó anteriormente, esta estrategia básicamente es un ajuste en las velocidades de la máquina. Cabe mencionar que la primer prueba fue colocar todas las velocidades a lo máximo para observar cómo respondía la máquina en cuestión de su funcionalidad y en cuestión de la calidad de las piezas, el resultado de esto fue que su ruta no había variado en lo más mínimo, más sin embargo 7 de 10 piezas presentaron

una marca o daño en el área de sellado, lo cual no es aceptable debido a los altos estándares de calidad que deben tener los productos de esta empresa. Ver figura 4.29.

Figura 4.29 Velocidades al máximo



■ Distancias     
 ■ Giros     
 ■ Dobleses

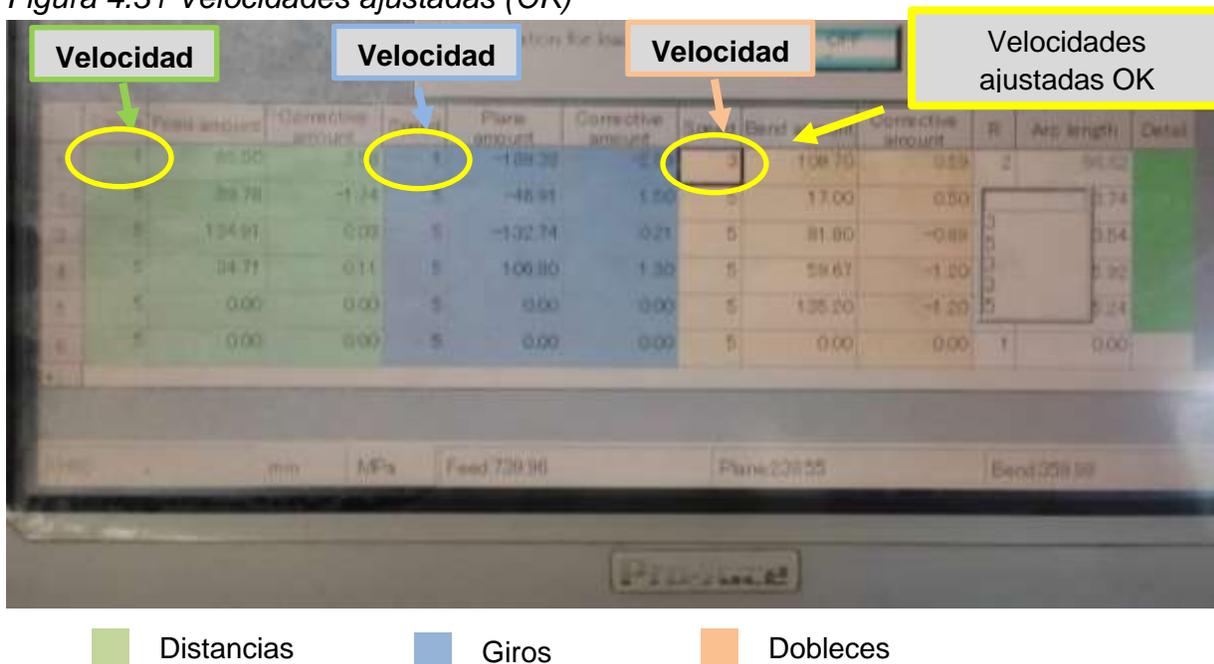
A continuación, se muestra el daño en el tubo, que se generó aumentando todas las velocidades al máximo. Ver figura 4.30

Figura 4.30 Tubo dañado



Con la ayuda de los técnicos encargados de esta área se encontró la respuesta, de que era lo que ocasionaba el daño en la pieza, y es que cuando el brazo prensaba la pieza contra el rodillo fijo para realizar el primer dobles, al terminar el dobles, las mordazas giraban para colocar el tubo en la siguiente posición para el siguiente dobles, la velocidad con las que actuaban las mordazas era lo que no le daba tiempo al brazo de soltar el tubo y regresar a su posición para el siguiente dobles antes de que las mordazas giraran y esto era lo que ocasionaba el daño ya mencionado. Entonces solo se ajustó esa velocidad para que el brazo tuviera tiempo de soltarlo y regresar a su posición para el siguiente dobles antes de cualquier otro movimiento sin generar daños en el tubo. Después de realizar el ajuste las piezas no presentan daños y la ruta de las mismas no se ven afectadas en ningún momento. Ver figura 4.31

Figura 4.31 Velocidades ajustadas (OK)



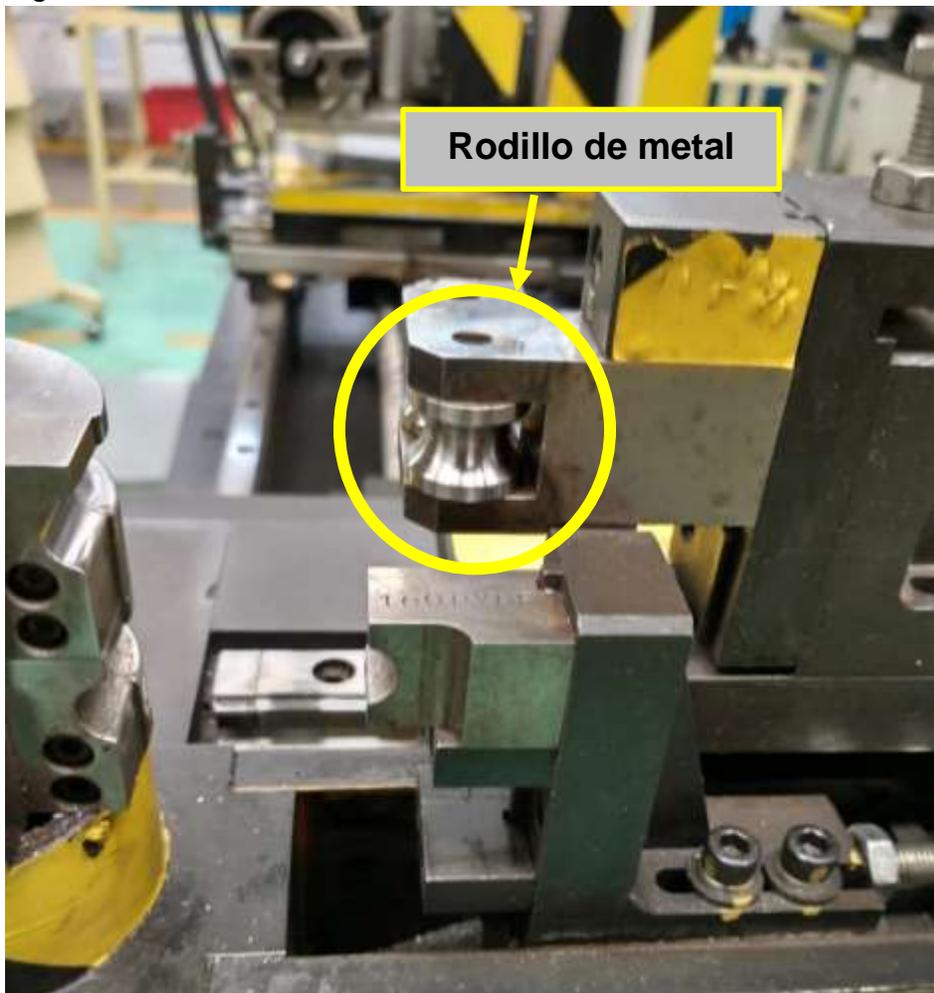
Con esta estrategia, se logra disminuir el tiempo ciclo que se tenía establecido, lo cual aumenta la producción por hora, contrarrestando el bajo rendimiento que había mostrado esta máquina.

➤ Estrategia ejecutada para la máquina #1255

#### 🔧 **Cambio de rodillo de Nylamid a rodillo de Metal**

La situación en esta máquina se debe al cambio del rodillo de Nylamid con una frecuencia muy elevada, ya que esta sucedía por lo menos una vez por semana. Por lo que la estrategia implementada para la solución de este problema, trata de sustituir el rodillo de Nylamid por un rodillo de **metal**, ya que el rodillo de metal tiene más durabilidad, de tal manera que se pueda conseguir que el número de reportes generados por esta falla se erradique, así como los minutos de tiempo de paro que se suman por esta situación. Así mismo, se tiene una buena continuidad en este proceso para poder cumplir con el requerimiento de producción que se tiene establecida en esta máquina. A continuación, se muestra el rodillo de metal con el cual fue sustituido el rodillo de Nylamid. Ver figura 4.32

*Figura 4.32 Cambio a rodillo de metal*



Así que con esta estrategia, los cambios que se ejecutaban por lo menos una vez por semana, quedaron eliminados.

**Nota:** El tiempo de vida de este rodillo de metal no se ha podido determinar, ya que no ha presentado ningún daño durante el desarrollo de este proyecto. Y se proyecta por sus condiciones a tener una larga vida útil.

Fase III. **VERIFICAR** (PDCA)

#### 4.5 Evaluación del funcionamiento y resultados de las estrategias

En esta etapa del ciclo Deming, se evalúan las estrategias implementadas en cada una de las máquinas #772, #985, #1255.

La evaluación tanto del funcionamiento como de los resultados de las estrategias o mejoras implementadas en las máquinas ya mencionadas, se puede apreciar con claridad, debido a lo siguiente.

1. Disminuye el desperdicio de piezas por defectos generados en el proceso.
2. Disminuye la cantidad de reportes de fallas en las máquinas.
3. Se aumenta el rendimiento en cuanto a las piezas generadas o producidas por hora.
4. Se logra disminuir la cantidad de segundos en el tiempo ciclo por pieza.
5. Disminuye la cantidad de minutos de tiempo de paro.

**NOTA:** Los resultados se podrán observar a detalle en el capítulo 5, el cual corresponde a resultados.

## Fase IV. **ACTUAR** (PDCA)

### 4.6 Desarrollar una estrategia que ayude a mantener los objetivos o los porcentajes de eficiencia deseados una vez conseguidos

#### **✚ Auditoría mensual tanto a máquinas como mejoras o estrategias implementadas**

Alcanzar los objetivos planteados no es una tarea fácil, más sin embargo el poder mantener esos objetivos y porque no aumentarlos cuesta aún más trabajo. Es por ello que se realizarán auditorías mensuales, que ayudarán a mantener los objetivos que se han alcanzado, además de poder encontrar posibles mejoras que no solo darán soporte para poder mantener esos objetivos, sino que se podrán superar o aumentar.

Para poder llevar a cabo las auditorías, el área correspondiente de las máquinas asignará a una persona, para que mensualmente realice la auditoría tanto a las máquinas, así como a las mejoras que fueron implementadas a cada una de éstas. La auditoría se realizará con la ayuda del siguiente formato. Ver figura 4.33

Figura 4.33 Formato de auditoría

<b>Procesos</b>		<b>Responsable:</b>			
<i>Auditoría de mejoras</i>		<b>Revisión o Frecuencia:</b>			
Núm. De máquina:				Área:	
Auditor:				Fecha:	
Encargado de área:					
No.	Requerimientos	Especificación	Cumple		Observaciones
			SI	NO	
1	Estado OEE	La máquina debe presentar un porcentaje igual o mayor al que se consiguió con la mejora implementada.			
2	Mejora implementada	Verificar que la máquina este trabajando con la mejora que se implementó			
3	Posible mejora	Analizar durante 5 minutos, tanto máquina como proceso de la misma, y así identificar una posible mejora que ayude a la productividad de la máquina			
4	Mantenimiento preventivo	Respetar debidamente la adecuada y puntual realización del mantenimiento preventivo de la máquina			

#### 4.7 Cronograma de actividades

Actividades por Quincena	Ago -1 <sup>a</sup>	Ago- 2 <sup>a</sup>	Sept - 1 <sup>a</sup>	Sept - 2 <sup>a</sup>	Oct - 1 <sup>a</sup>	Oct- 2 <sup>a</sup>	Nov - 1 <sup>a</sup>	Nov - 2 <sup>a</sup>	Dic- 1 <sup>a</sup>
Analizar el estado actual de las máquinas, así como su porcentaje actual de eficiencia en su proceso.									
Investigar las causas que generan la disminución tanto de eficiencia del proceso así como de la productividad									
Desarrollar las estrategias necesarias para resolver los problemas encontrados.									
Ejecución de la estrategias para la solución de los problemas.									
Evaluación del funcionamiento y resultados de las estrategias.									
Desarrollar una estrategia que ayude a mantener los objetivos o los porcentajes de eficiencia deseados una vez ya conseguidos.									
Presentar informe de residencias al ITPA									

## **CAPÍTULO 5: RESULTADOS**

### 5.1 Resultados

A continuación, se muestra los resultados obtenidos con la realización de este proyecto de residencias.

El análisis de los resultados, se mostrarán en el orden siguiente:

1. Resultados obtenidos por cada estrategia implementada en cada una de las máquinas #772, #985, #1255 respectivamente.
2. Resultados generales de las 3 máquinas #772, #985 y #1255

A continuación, se presentan los resultados que arrojó la implementación de las estrategias o mejoras en las máquinas ya anteriormente mencionadas.

#### **❖ Máquina #772**

##### **➤ Stock de 2 rodillos de Nylamid**

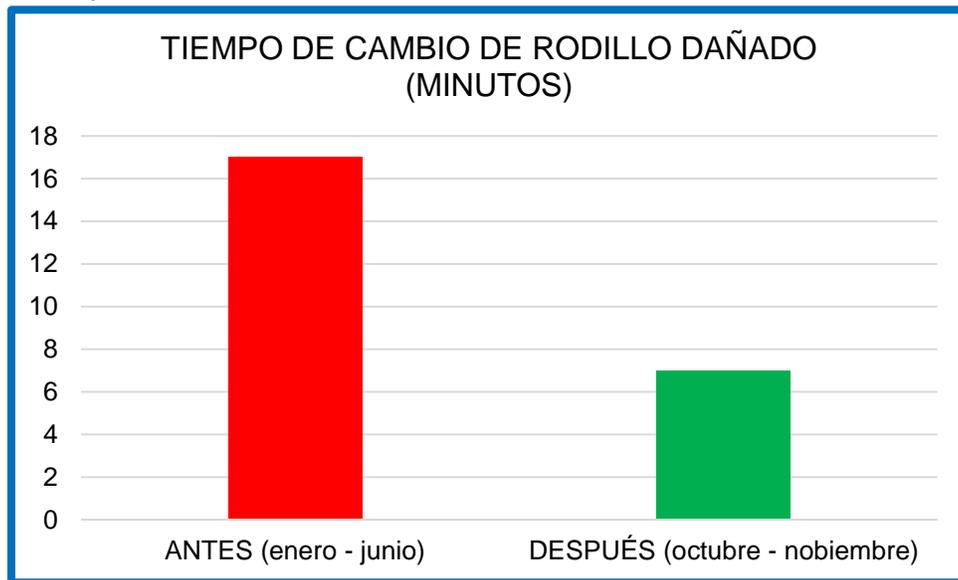
Respecto a esta estrategia que fue llevada a cabo en la máquina #772, se logra una disminución en el tiempo de paro que se origina por la sustitución del rodillo dañado por el rodillo nuevo, anteriormente el cambio del rodillo dañado tomaba un tiempo de entre 15 y 20 minutos, y ahora contando con el stock de los 2 rodillos en el área de la máquina, la sustitución del rodillo dañado se lleva a cabo en un tiempo de entre 5 y 10 minutos logrando una disminución promedio de 10 min. Esta disminución fue parte esencial para poder establecer este ajuste como un paro programado, ya que conociendo el tiempo de vida del rodillo y el tiempo que lleva hacer el cambio del rodillo dañado por el nuevo, se puede realizar durante uno de los descansos que se tienen en la empresa, por lo cual la generación de reportes por esta falla quedaría anulada.

A continuación, se presentan la tabla y la gráfica que muestran claramente la disminución en cuanto al tiempo en que se realiza el cambio del rodillo dañado. Ver tabla 5.1 y figura 5.1

Tabla 5.1 Tiempo cambio rodillo

TIEMPO DE CAMBIO DE RODILLO DAÑADO	ANTES (enero – junio)	DESPUÉS (octubre - noviembre)
TIEMPO	17	7

Figura 5.1 Tiempo cambio rodillo



Como se puede apreciar en la tabla y gráfica, en promedio la disminución del tiempo de cambio del rodillo fue de 10 min.

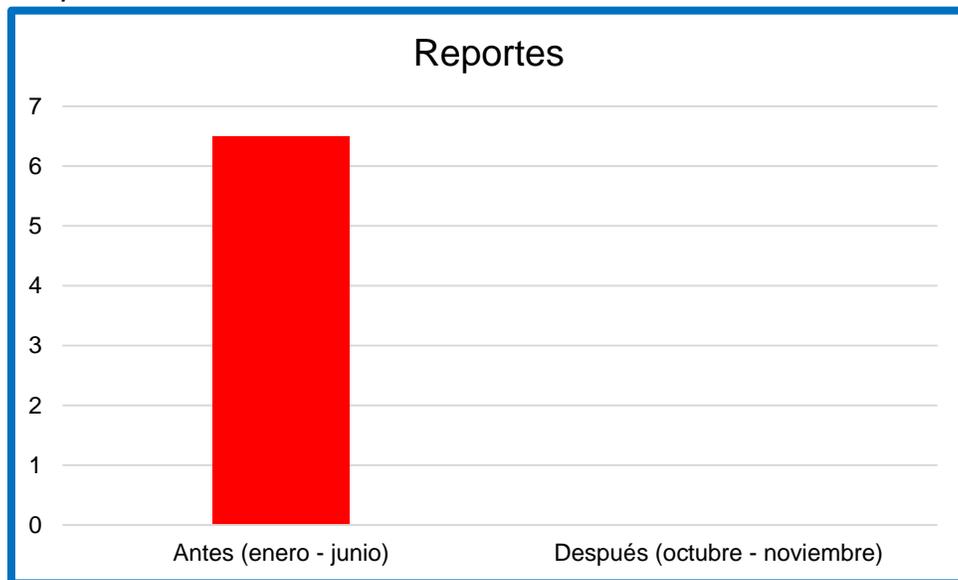
En promedio, por mes se generaban 6.5 reportes de fallas por la sustitución del rodillo dañado. Ahora con el establecimiento de este ajuste como un paro programado, se elimina la generación de reportes por esta falla.

Las siguientes tabla y gráfica muestran la disminución o eliminación en cuanto a reportes de fallas generados en esta máquina. Ver tabla 5.2 y figura 5.2.

Tabla 5.2 Reportes fallas

<b>ELIMINACIÓN DE REPORTE POR SUSTITUCIÓN DEL RODILLO</b>	<b>ANTES (enero - junio)</b>	<b>DESPUÉS (octubre - noviembre)</b>
<b>Reportes</b>	6.5	0

Figura 5.2 Reportes fallas



➤ Colocar cilindro como referencia de colocación de pieza

En cuanto a la implementación de esta estrategia o mejora, los resultados obtenidos son favorables, ya que la colocación de la pieza se hace de una manera más sencilla, rápida

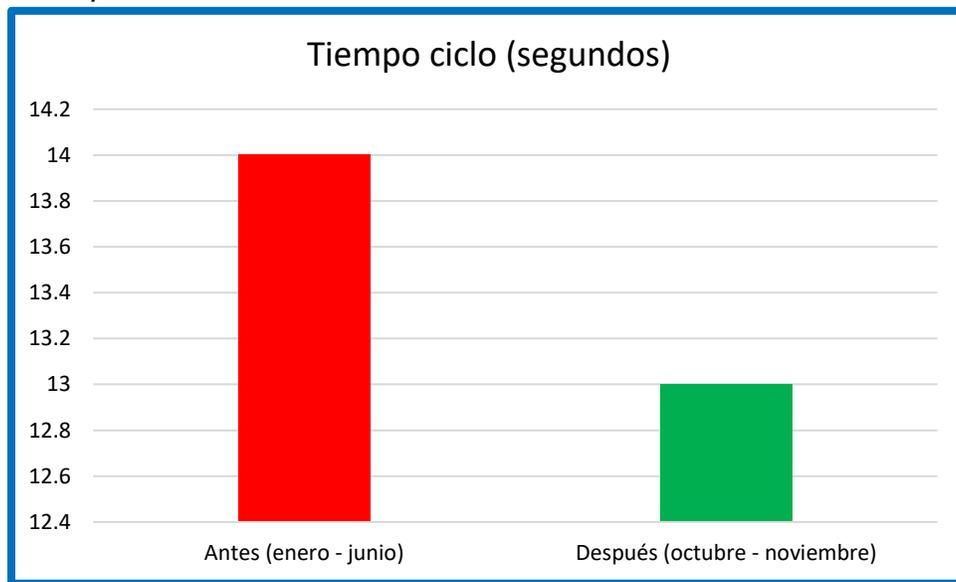
y fácil, lo cual favorece no solo en el cumplimiento del tiempo ciclo que se tenía establecido, el cual era de 14 segundos por pieza y ahora con la implementación de esta mejora el tiempo ciclo se logró reducir 1 segundo, por lo cual ahora el tiempo ciclo queda establecido en 13 segundos por pieza.

La tabla y la gráfica siguientes muestran más a detalle lo anteriormente mencionado. Ver tabla 5.3 y figura 5.3

Tabla 5.3 Tiempo ciclo

TIEMPO CICLO	ANTES (enero – junio)	DESPUÉS (octubre – noviembre)
Tiempo (segundos)	14	13

Figura 5.3 Tiempo ciclo



Además la variación que en ocasiones se presentaba en las piezas, lo cual era generada por la colocación de las mismas, se ha logrado disminuir con la referencia de colocación. En promedio por mes se tenían 75 piezas con variación en su ruta, y ahora se tiene un

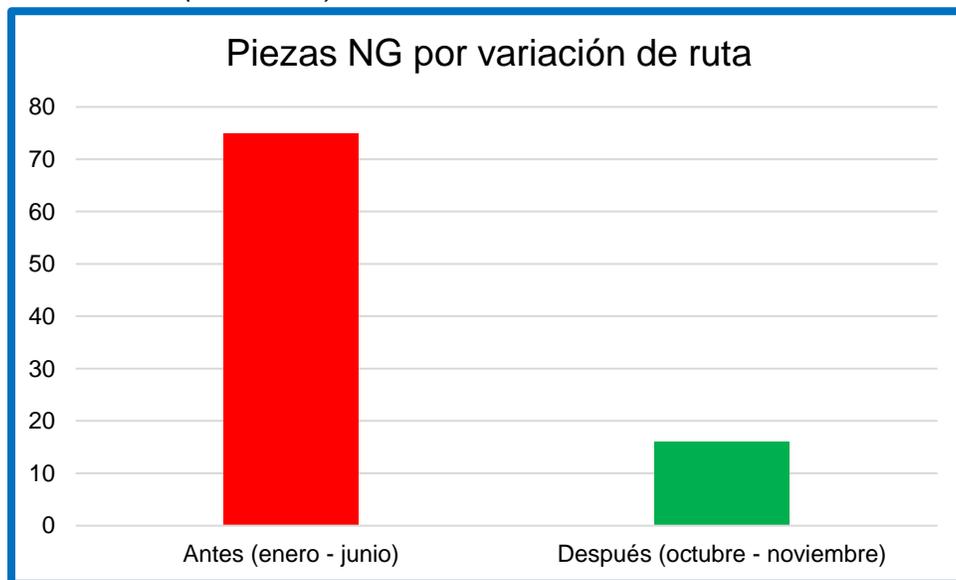
resultado solo de 16 piezas, lo cual cabe mencionar que podría ser por alguna otra razón, de las cuales solo se hará mención como aclaración; las razones podrían ser la dureza del tubo, o bien alguna situación que presenten las partes de la máquina como algún desgaste o algo por el estilo.

A continuación, la tabla y la gráfica siguiente muestran de una manera más clara los resultados que se acaban de mencionar con anterioridad. Ver tabla 5.4 y figura 5.4.

Tabla 5.4 Piezas NG (Variación)

PIEZAS NG POR VARIACIÓN DE RUTA	ANTES (enero – junio)	DESPUÉS (octubre - noviembre)
Cantidad (piezas)	75	16

Figura 5.4 Piezas NG (Variación)



Estos son los resultados obtenidos de las estrategias implementadas en la máquina #772.

### ❖ Máquina #985

#### ➤ Ajuste de velocidades de la máquina

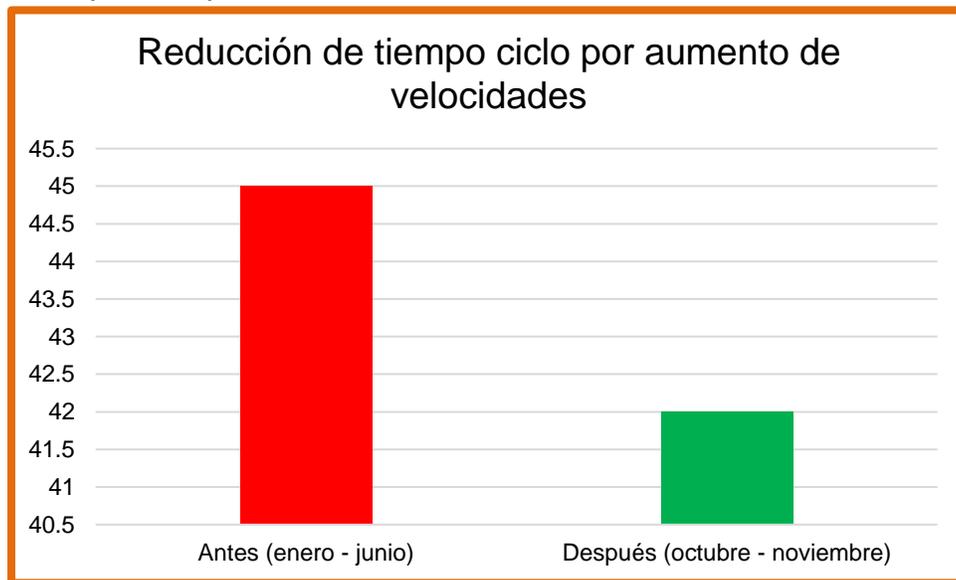
La implementación de la estrategia para esta máquina, trajo consigo una disminución en el tiempo ciclo de la producción por pieza, además de una reducción de la cantidad de piezas que aunque no era con demasiada frecuencia presentaban cierta variación por las velocidades con las que trabajaba la máquina.

El tiempo ciclo que estaba establecido era de 45 segundos por pieza, el cual con la estrategia implementada se redujo 3 segundos, dando como resultado 42 segundos por pieza, el cual ahora quedo como el tiempo ciclo establecido. A continuación, la tabla y gráfica siguientes muestran a detalle lo anteriormente mencionado. Ver tabla 5.5 y figura 5.5

Tabla 5.5 Tiempo ciclo por aumento de velocidades

<b>REDUCCIÓN DE TIEMPO CICLO POR AUMENTO DE VELOCIDADES</b>	<b>ANTES (enero – junio)</b>	<b>DESPUÉS (octubre – noviembre)</b>
<b>Tiempo (segundos)</b>	45	42

Figura 5.5 Tiempo ciclo por aumento de velocidades



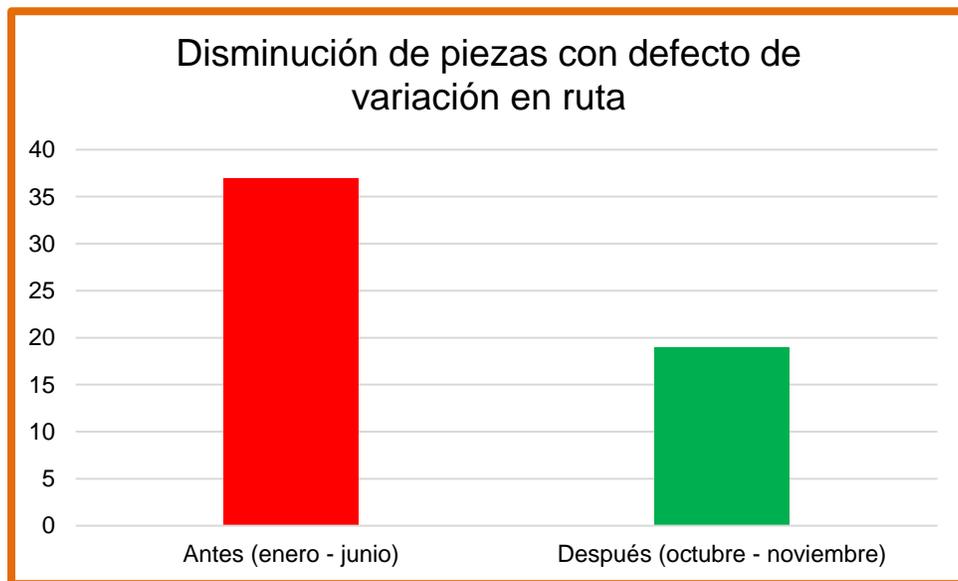
En cuanto a la cantidad de piezas que presentaban variación en su ruta, antes de la mejora implementada, en promedio por mes se tenían 37 piezas con este defecto generado por las velocidades de la máquina con las que trabajaba. En este mes en que la máquina ha trabajado con las velocidades nuevas, solo se han tenido 19 piezas, las cuales cabe mencionar que se pudieron haber presentado por alguna otra razón, como por ejemplo, la dureza del tubo o algún desgaste con las partes de la máquina, se hace mención de esto solo como una aclaración.

Ahora las siguiente tabla y gráfica muestran de una forma más clara lo mencionado con anterioridad. Ver tabla 5.6 y figura 5.6

Tabla 5.6 Piezas NG defecto variación en ruta

<b>DISMINUCIÓN DE PIEZAS CON DEFECTO DE VARIACIÓN EN RUTA</b>	<b>ANTES (enero – junio)</b>	<b>DESPUÉS (octubre – noviembre)</b>
<b>Cantidad (piezas)</b>	37	19

Figura 5.6 Piezas NG defecto variación en ruta



Lo mostrado son los resultados obtenidos de la implementación de la estrategia o mejora en la máquina #985.

### ❖ Máquina #1255

- Cambio de rodillo de Nylamid a rodillo de metal.

Respecto a la estrategia implementada en esta máquina, la cual fue la sustitución del rodillo de Nylamid a rodillo de metal, arrojó como resultado la erradicación de los reportes generados por esta falla, así como los minutos que se generaban y acumulaban como tiempo de paro.

Por mes, en promedio se generaban 3 reportes a causa de esta falla, y los minutos que se generaban de igual manera por mes era de 207 minutos como tiempo de paro. Con la implementación de esta mejora o estrategia, se logró erradicar los reportes que se generaban por esta falla y en consecuencia los minutos de tiempo de paro que se generaban por la misma situación.

A continuación, la tabla y la gráfica siguientes le muestra más a detalle el resultado en cuanto a los reportes de falla. Ver tabla 5.7 y figura 5.7

Tabla 5.7 Reportes de falla

<b>REPORTES DE FALLAS POR MES</b>	<b>ANTES (enero – junio)</b>	<b>DESPUÉS (octubre - noviembre)</b>
<b>Cantidad</b>	3	0

Figura 5.7 Reportes de falla



A continuación, se muestran la tabla y gráfica que detallan de una manera más clara la relación en cuanto a los minutos de tiempo de paro. Ver tabla 5.8 y figura 5.8

Tabla 5.8 Minutos de tiempo de paro

Minutos de tiempo de paro por mes	Antes (enero – junio)	Después (octubre – noviembre)
Cantidad (minutos)	207	0

Figura 5.8 Minutos de tiempo de paro



Como se pudo apreciar en las dos últimas tablas y gráficas, los reportes quedan erradicados por esta falla, así como los minutos que se generaban como tiempos de paro por la misma, ya que al no haber reporte, no se realiza un ajuste y en consecuencia no se generan minutos por realizan el ajuste de la falla.

Aclarando que en un dado momento se tendrá que realizar un cambio de rodillo aunque este sea de metal, pero el tiempo podría ser demasiado por el tipo de material del rodillo, ya que durante el mes que se ha usado el rodillo de metal no ha presentado el más mínimo daño, por lo que en este momento sería verdaderamente difícil calcular el tiempo de vida del mismo.

Estos son los resultados obtenidos con la estrategia o mejora implementada en la máquina #1255.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de manera general de las tres máquinas (#772, #985, #1255) que fueron objeto de las mejoras implementadas en cada uno de ellas.

Los siguientes resultados que se muestran, son del primer mes en que las máquinas trabajaron con las mejoras o estrategias implementadas en cada una de ellas. Para poder apreciar los beneficios obtenidos de las mejoras, se muestra el antes y después en las siguientes tablas. Antes y después de los aspectos OEE de la máquina #772. Ver tabla 5.9 y tabla 5.10

Tabla 5.9 Aspectos (Antes)

Máquina #772, (enero - junio)								
Tiempo de trabajo (minutos)	Tiempo de trabajo (minutos)	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
8,020 min	6,521 min	81.31%	27,947 pzs	19,999 pzs	71.56%	19,999 pzs OK	19,549 pzs OK	97.74%

Tabla 5.10 Aspectos (Después)

Máquina #772, (octubre - noviembre)								
Tiempo de trabajo (minutos)	Tiempo de trabajo (minutos)	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
5,247 min	4,689 min	89.36%	21,641 pzs	17,410 pzs	80.44%	17,410 pzs OK	17,394 pzs OK	99.90%

La comparación entre las tablas anteriores muestra que hay una ligera mejora en cuanto a cada uno de los aspectos que conforman el OEE, Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

Antes y después de los aspectos OEE de la máquina #985. Ver tabla 5.11 y tabla 5.12

Tabla 5.11 Aspectos (Antes)

Máquina #985, (enero - junio)								
Tiempo de trabajo (minutos) PLANTEADO	Tiempo de trabajo (minutos) REAL	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
14,913 min	13,708 min	91.92%	18,277 pzs	14,605 pzs	79.91%	14,605 pzs OK	14,381 pzs OK	98.46%

Tabla 5.12 Aspectos (Después)

Máquina #985, (octubre – noviembre)								
Tiempo de trabajo (minutos) PLANTEADO	Tiempo de trabajo (minutos) REAL	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
1134 min	1044 min	92.06%	1,491 pzs	1,277 pzs	85.64%	1,277 pzs OK	1,258 pzs OK	98.51%

En la comparación entre estas 2 tablas, se puede apreciar que existe una mejora en cuanto a cada uno de los elementos del OEE, Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

Antes y después de los aspectos OEE de la máquina #1255. Ver tabla 5.13 y tabla 5.14

Tabla 5.13 Aspectos (Antes)

Máquina #1255, (enero - junio)								
Tiempo de trabajo (minutos) PLANTEADO	Tiempo de trabajo (minutos) REAL	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
7,576 min	6,335 min	83.62%	25,340 pzs	19,813 pzs	78.19%	19,813 pzs OK	19,728 pzs OK	99.57%

Tabla 5.14 Aspectos (Después)

Máquina #1255, (octubre – noviembre)								
Tiempo de trabajo (minutos) PLANTEADO	Tiempo de trabajo (minutos) REAL	DISPONIBILIDAD	Producción O productividad PLANEADA	Producción O productividad REAL	RENDIMIENTO	Calidad PLANEADA	Calidad REAL	CALIDAD
2,969 min	2,705 min	91.10%	10,820 pzs	9,129 pzs	84.37%	9,129 pzs OK	9,120 pzs OK	99.90%

En esta comparación, entre estas 2 tablas, se puede apreciar un mejora en cuanto a cada uno de los aspectos del OEE, Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

Ahora se muestran los estados de OEE, de cada una de las máquinas (#772, #985, #1255) a las cuales les fue implementada una estrategia o mejora.

Para poder apreciar los cambios del OEE, se muestra el antes y después de cada una de las máquinas anteriormente mencionadas. Antes y después del estado del OEE de la máquina #772. Ver tabla 5.15 y tabla 5.16

*Tabla 5.15 Estado OEE (Antes)*

<b>Máquina #772 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	81.31%
<b>Rendimiento</b>	71.56%
<b>Calidad</b>	99.04%
<b>OEE</b>	<b>57.62%</b>

*Tabla 5.16 Estado OEE (Después)*

<b>Máquina #772 (octubre - noviembre)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	89.36%
<b>Rendimiento</b>	80.44%
<b>Calidad</b>	99.90%
<b>OEE</b>	<b>71.80%</b>

En el caso, del OEE de la máquina #772, hay un aumento en el porcentaje del mismo de 14.18%, lo cual influye directamente en la productividad de la máquina. Aunque este porcentaje no es el adecuado (85% como mínimo), es un avance para poder llegar a alcanzarlo.

Antes y después del estado de OEE de la máquina #985. Ver tabla 5.17 y tabla 5.18

*Tabla 5.17 Estado OEE (Antes)*

<b>Máquina #985 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	91.92%
<b>Rendimiento</b>	79.91%
<b>Calidad</b>	98.46%
<b>OEE</b>	<b>72.32%</b>

*Tabla 5.18 Estado OEE (Después)*

<b>Máquina #985 (octubre - noviembre)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	92.06%
<b>Rendimiento</b>	85.64%
<b>Calidad</b>	98.51%
<b>OEE</b>	<b>77.66%</b>

Correspondiente al OEE de la máquina #985, hay un aumento en el porcentaje de OEE de 5.34%, lo que viene a beneficiar la productividad de la máquina. Si bien no se alcanza el nivel o el porcentaje óptimo (85% como mínimo), es un firme avance para poder cumplirlo.

Antes y después del estado de OEE de la máquina #1255. Ver tabla 5.19 y tabla 5.20

*Tabla 5.19 Estado OEE (Antes)*

<b>Máquina #1255 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	83.62%
<b>Rendimiento</b>	78.19%
<b>Calidad</b>	99.57%
<b>OEE</b>	<b>65.10%</b>

*Tabla 5.20 Estado OEE (Después)*

<b>Máquina #1255 (enero - junio)</b>	
<b>Disponibilidad</b>	91.10%
<b>Rendimiento</b>	84.37%
<b>Calidad</b>	99.90%
<b>OEE</b>	<b>76.78%</b>

En lo que concierne al OEE de la máquina #1255, hubo una mejoría de 11.68%, con lo cual se aumenta la productividad de la misma máquina. Esta mejoría en el porcentaje del OEE, es un buen avance para poder llevar la máquina al porcentaje óptimo de OEE (85% como mínimo).

A continuación, se muestra la relación antes y después en cuanto a la estadística de fallas, lo cual permitirá apreciar el desarrollo positivo que se obtuvo con la implementación de las estrategias o mejoras implementadas en las máquinas #772, #985 y #1255.

Antes y después, de la estadística referente a las fallas de la máquina #772. Ver tabla 5.21 y tabla 5.22

Tabla 5.21 Estadística fallas (antes)

<b>Máquina #772 (enero - junio)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	1499 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	450 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	39 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

Tabla 5.22 Estadística fallas (después)

<b>Máquina #772 (octubre – noviembre)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	558 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	16 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	3 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

**Nota:** Cabe resaltar, que el tiempo de paro y los reportes de fallas así como las piezas NG que ahora se tienen, se deben a circunstancias que no tienen relación con las mejoras que fueron implementadas en esta máquina #772.

Antes y después, de la estadística referente a las fallas de la máquina #985. Ver tabla 5.23 y tabla 5.24

Tabla 5.23 Estadística fallas (antes)

<b>Máquina #985 (enero - junio)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	1205 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	224 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	23 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

Tabla 5.24 Estadística fallas (después)

<b>Máquina #985 (octubre – noviembre)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	90 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	19 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	2 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

**Nota:** Cabe resaltar, que el tiempo de paro y los reportes de fallas así como las piezas NG que ahora se tienen, se deben a circunstancias que no tienen relación con las mejoras que fueron implementadas en esta máquina #985.

Antes y después, de la estadística referente a las fallas de la máquina #1255. Ver tabla 5.25 y tabla 5.26

Tabla 5.25 Estadística fallas (antes)

<b>Máquina #1255 (enero – junio)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	1241 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	85 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	17 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

Tabla 5.26 Estadística fallas (después)

<b>Máquina #1255 (octubre – noviembre)</b>		
		<b>Observaciones</b>
<b>Tiempo de paro (minutos)</b>	264 min	Influye en la <b>Disponibilidad</b>
<b>Piezas NG</b>	9 pzs	Influye en la <b>Calidad</b>
<b>Reportes de fallas en la máquina</b>	2 reportes	Influye en la <b>Disponibilidad</b>

**Nota:** Cabe resaltar, que el tiempo de paro y los reportes de fallas así como las piezas NG que ahora se tienen, se deben a circunstancias que no tienen relación con las mejoras que fueron implementadas en esta máquina #1255.

En cuanto a el tiempo ciclo también se tuvo una mejoría, aunque esta mejoría solo se presentó en dos de las tres máquinas, en la máquinas #772 y #985. Para poder apreciar esta mejoría, se muestra el antes y el después del tiempo ciclo de cada una de las máquinas. Ver tabla 5.21 y tabla 5.22

Tabla 5.27 Tiempo ciclo (Antes)

Tiempo Ciclo	
Máquina	Tiempo (segundos)
# 772	14 seg.
# 985	45 seg.
# 1255	15 seg.

Tabla 5.28 Tiempo ciclo (Después)

Tiempo Ciclo	
Máquina	Tiempo (segundos)
# 772	13 seg. (Reducción de 1 seg)
# 985	42 seg. (Reducción de 3 seg)
# 1255	15 seg.

Con la reducción del tiempo ciclo, se aumenta el rendimiento de la máquina, además de aumentar la cantidad de piezas producidas por el tiempo trabajado.

Las estrategias o mejoras implementadas, ayudaron al cumplimiento del objetivo que se había propuesto, en cuanto al aumento del porcentaje de OEE para cada máquina. El objetivo para cada máquina fue el siguiente.

MÁQUINAS	OBJETIVO (AUMENTO EN OEE)
#772	6%
#985	5%
#1255	5%

La siguiente tabla muestra el aumento del porcentaje de OEE que se obtuvo en cada máquina. Ver tabla 5.23

Tabla 5.29 Aumento del porcentaje de OEE

MÁQUINAS	AUMENTO EN OEE
#772	14.18%
#985	5.34%
#1255	11.68%

Como se puede apreciar en esta tabla, el aumento de porcentaje que se obtuvo, cumple con el objetivo que se había planteado anteriormente. Por lo cual, hace constar que las estrategias o mejoras implementadas fueron positivas tanto para las máquinas como para la empresa.

La **productividad**, en este caso tiene una relación demasiado estrecha con la eficiencia del proceso de las máquinas (OEE), ya que si las máquinas tienen un porcentaje bajo de OEE están dejando de ser productivas, ya que se desaprovechan los recursos que utilizan para trabajar, como el tiempo de trabajo, se generan piezas defectuosas y no se producen las piezas que deberían producir. Por lo que con el aumento de OEE que se obtuvo con la realización de este proyecto de residencias, se logró aumentar de igual manera la productividad de las máquinas #772, #985 y #1255, ya que se disminuyó el desperdicio de piezas por generación de defectos en las mismas, se disminuyó la cantidad de minutos como tiempo de paro y por último la producción de piezas se acercó a la cantidad de piezas que se debería de producir.

### **Formato de auditoría**

Aunque este formato no fue posible utilizarlo por un servidor, por cuestiones de tiempo debido a que su primera realización sería a mediados del mes de diciembre, y por las fechas establecidas ya no me encontraría en las instalaciones de la empresa. Los resultados que se esperan obtener con este formato de auditoría serían, obtener información sobre el estado de OEE que presenten cada máquina mes con mes, además de poder saber si se están respetando las estrategias o mejoras implementadas. Así mismo, permitirá analizar tanto a máquina como a su proceso, para poder encontrar posibles mejoras que ayuden a eficientar su proceso y aumentar su porcentaje de OEE. Además, se podrá obtener información, para conocer si se están realizando los mantenimientos preventivos adecuadamente.

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

### 6.1 Conclusiones del Proyecto

En la realización de este proyecto, donde se llevó a cabo el desarrollo e implementación de estrategias o mejoras que permitieran aumentar la productividad mediante el incremento del porcentaje de OEE de las máquinas #772, #985 y #1255 del área de doblado, en el departamento de producción de la empresa Sanoh Industrial de México, se pudo apreciar con claridad, la relación tan estrecha que existe entre la productividad y la eficiencia de los procesos de una máquina (OEE), debido a que la productividad de una máquina se verá afectada o beneficiada dependiendo del porcentaje de OEE con el cual la máquina este trabajando.

Con los resultados obtenidos, se pudo cumplir con los objetivos que se plantearon obtener con la realización de este proyecto, aun así no se pudieron alcanzar los porcentajes o niveles porcentuales que se tienen establecidos por la empresa, lo cual nos lleva a concluir, que la perfección de un proceso es difícil de conseguir, más sin embargo siempre se tiene que estar en busca ello, y la mejora continua es una muy buena opción para conseguirla.

## **CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS**

### 7.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Durante el desarrollo de este proyecto en la empresa Sanoh Industrial de México, pude aplicar y/o desarrollar algunas competencias.

- ❖ Se aplicó el método Ishikawa, mediante el cual se pudo obtener información que permitió localizar cual o cuales eran los problemas potenciales, que estaban provocando una baja en el rendimiento de las máquinas.
- ❖ Se desarrolló la competencia de la observación, lo cual permitió analizar los procesos de las máquinas y así apreciar que se podría mejorar en éstas.
- ❖ Se implementaron mejoras o estrategias que ayudaron a resolver problemas de rendimiento en las máquinas. De igual manera se desarrolló la competencia de la paciencia, ya que hubo ciertos lapsos de tiempo en donde realmente la situación se complicó para poder llevar a cabo la implementación de las mejoras en las máquinas.
- ❖ Una competencia desarrollada durante la estancia en la empresa, fue el trabajo en equipo, ya que pude apreciar cómo es que los colaboradores se apoyan mutuamente para dar solución a los problemas que se les presentan.
- ❖ Así mismo para poder realizar este proyecto se desarrolló la competencia de iniciativa, ya que para llevar a cabo este proyecto tenía que ponerme a trabajar y poner todo mi esfuerzo y dedicación en ello. De igual manera, se desarrolló la competencia de toma de decisiones, ya que se tuvo que decidir cuáles eran las estrategias que eran convenientes para poder resolver los problemas encontrados y no complicar la situación que existía en ese momento.
- ❖ Una competencia aplicada fue la responsabilidad, debido al cumplimiento de horarios y obligaciones que me fueron establecidos, al momento de ingresar a la empresa.
- ❖ Por otra parte, el desarrollo de la competencia de capacidad de aprendizaje, siento fue demasiado importante, ya que adquirí nuevos conocimientos, y entendí y relacione algunos con los que ya contaba, esto ayudo a que se llevará por buen camino la realización de este proyecto de residencia.

## CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

### 8.1 Referencias de libros

1. Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso* (Illustrated ed.). Marge Books.

### 8.2 Referencias de internet

- A. (2021a, marzo 16). *SMED: una metodología para acortar los set-ups*. Atlas Consultora. Recuperado 8 de octubre de 2021, de [https://www.atlasconsultora.com/smed/#:%7E:text=SMED%20\(Single%20Minute%20Exchange%20of,trabajar%20en%20lotes%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1os](https://www.atlasconsultora.com/smed/#:%7E:text=SMED%20(Single%20Minute%20Exchange%20of,trabajar%20en%20lotes%20m%C3%A1s%20peque%C3%B1os).
- Andreu, I. (2021, 15 julio). *Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?* APD España. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- Añez, J. (2021, 9 octubre). *Diagrama de Flujo: Definición, Tipos, Usos, Beneficios | 2021*. Economía360. Recuperado 6 de octubre de 2021, de <https://www.economia360.org/diagrama-de-flujo/>
- Arteaga, A. A. (2020, 23 septiembre). *¿Qué es y en qué consiste la filosofía Kaizen? Pasos y ejemplos*. LeanConstructionMexi. Recuperado 5 de octubre de 2021, de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%C3%A9-es-y-en-qu%C3%A9-consiste-la-filosofia-kaizen-pasos-y-ejemplos>
- Ciclo de Deming: ejemplos, etapas, importancia, ventajas y desventajas*. (2020, 19 marzo). Beetrack. Recuperado 7 de octubre de 2021, de <https://www.beetrack.com/es/blog/ciclo-de-deming-etapas-ejemplos>
- ¿Cómo se mide la productividad? 4 métodos infalibles*. (2021, 21 junio). Billage. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://www.getbillage.com/es/blog/se-puede-medir-la-productividad>
- Definición de productividad — Definición.de*. (2008, 22 septiembre). Definición.de. Recuperado 5 de octubre de 2021, de <http://definicion.de/productividad/>

- En qué consiste el método de las 5s: concepto y ventajas.* (2021, 21 abril). Eurofins Envira. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://envira.es/es/en-que-consiste-el-metodo-de-las-5/>
- ESAN Graduate School of Business. (2016, 5 mayo). *Las 6 grandes pérdidas que busca eliminar el Mantenimiento Productivo Total.* Logística | Apuntes empresariales | ESAN. Recuperado 3 de octubre de 2021, de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/05/las-6-grandes-perdidas-que-busca-eliminar-el-mantenimiento-productivo-total/>
- G. (2021b, junio 29). *Hoja de verificación o de chequeo.* Calidad y ADR. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://aprendiendocalidadyadr.com/hoja-de-verificacion-o-de-chequeo/>
- G. (2021c, septiembre 25). *Diagrama de dispersión.* Calidad y ADR. Recuperado 9 de octubre de 2021, de <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-dispersion/>
- Garrido, S. G. (2019, 28 enero). *Qué es TPM.* Renovetec. Recuperado 7 de octubre de 2021, de <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/120-que-es-tpm>
- UNA HERRAMIENTA DE MEJORA, EL OEE (EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO).* (2014, 17 agosto). Google. Recuperado 3 de octubre de 2021, de <https://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>
- IVÁN JOSÉ TURMERO ASTROS, Monografias.com. (2017, 15 septiembre). *Estratificación: herramienta para el control de calidad - Monografias.com.* Monografias.com. Recuperado 11 de octubre de 2021, de <https://www.monografias.com/trabajos98/estratificacion-herramienta-control-calidad/estratificacion-herramienta-control-calidad.shtml>
- Lean Manufacturing | Vorne.* (2018, 25 mayo). Vorne. Recuperado 11 de octubre de 2021, de <https://www.vorne.com/learning-center/lean-manufacturing.htm>
- López, M. E. (2011, 10 octubre). *Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto.* Dialnet. Recuperado 6 de octubre de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3829874>
- [PDF] IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA**

*LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO S.A. - Free Download PDF.* (2017, 3 junio). Silo.Tips. Recuperado 11 de octubre de 2021, de <https://silo.tips/download/implementacion-del-sistema-de-indicadores-de-productividad-y-mejoramiento-ooo-ov>

Riveros, C. C. A. (2013, 29 enero). *Aplicación de herramientas de lean manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes.* PUCP. Recuperado 8 de octubre de 2021, de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1707>

## CAPÍTULO 9: ANEXOS

### Anexo 1, Carta de autorización (empresa)

  
**SANOH INDUSTRIAL DE MEXICO, S.A. DE C.V.**  
CIRCUITO ADUASCALIENTES OTE, No. 132, PARQUE INDUSTRIAL DEL VALLE  
DE ADUASCALIENTES, SAN FRANCISCO DE LOS ROMO, AGG.  
TEL: 01 (448) 915-96-80 C.P. 20358

San Francisco de los Romo, Ags. a 02 agosto de 2021

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Dr. José Ernesto Olvera González  
Director del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
y/o Lic. Ma. Magdalena Cuevas Martínez  
Jefe del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación

Asunto: Aceptación de residencias profesionales

Por medio de la presente, me permito informar a usted que el C. Uriel Guardado Castillo, con número de control A171050592 de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial fue aceptado para realizar sus residencias profesionales en nuestra empresa de nombre Sanoh Industrial de México S.A de C.V., en el periodo de agosto a diciembre del presente año.

El alumno participará en actividades de apoyo al Departamento de Ingeniería de Planta, reportándole directamente al Ing. Jorge Alberto Guerrero Trujillo en el proyecto de "Aumento de productividad mediante el incremento de la eficiencia del proceso de las máquinas 772, 985 y 1255" y cumplirá un horario de Lunes a Viernes de 7:30 a 17:00 hrs, hasta cubrir un total de 500 horas.

Se extiende la presente a solicitud del interesado para los fines correspondientes.

Quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

  
ATENTAMENTE  
P.A.



L.R.I. JOSÉ GERARDO LÓPEZ MUÑOZ  
VICEPRESIDENTE DE ADMINISTRACIÓN  
SANOH INDUSTRIAL DE MEXICO, S.A. C.V.

Anexo 2 Carta de autorización (ITPA)



Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

Pabellón de Arteaga, Aps.  
No. de Oficio  
Asunto:



**DORA MARIA GUEVARA ALVARADO**  
**JEFA DEL DEPTO DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**PRESENTE:**

Por medio del presente se le notifica que le C. UREL GUARDADO CASTELLO con número de control A77050592 de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial Modalidad Mixta se le ha autorizado el proyecto de resistencias profesoral denominado "Aumento de la productividad mediante el incremento de la eficiencia del proceso de las máquinas #772, 8985 y #1255." para el periodo agosto-diciembre de 2021

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
Facultado en Educación Terremotos  
Tiene Dato y Fidei

**CYNTHIA ALEXANDRA RODRÍGUEZ ESPANZA**  
**JEFA DE DEPTO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS**

Cp. Asunto



Coordinada a la Entidad de Reseña RNL, C.P. 20670  
Pabellón de Arteaga, Apuró  
Tel. (462) 926-2482 y 926-2750, Fax. 926  
e-mail: csa@pabellonarteaga.ecu  
tecnologia@pabellonarteaga.ecu

