



FACULTAD DE POSGRADOS

MEJORA DE LA GESTIÓN DE OPERACIONES DEL LABORATORIO DE
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
AMÉRICAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Magíster en Dirección de Operaciones y
Seguridad Industrial

Profesor Guía

Mgt. José Antonio Toscano Romero

Autor

Álvaro Gonzalo Guzmán Flores

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

José Antonio Toscano Romero

Magister En Dirección De Operaciones Y Seguridad Industrial

CI: 171519528-3

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Mauricio Hernán Rojas Dávalos

Magister en Ingeniería Industrial Msc

C.I.: 170888049-5

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Álvaro Gonzalo Guzmán Flores

CI: 1003412317

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindar a toda mi familia salud, vida y mantenernos unidos en todo momento. Agradezco a mis padres Sandra y Gonzalo por su apoyo en todos los momentos de mi vida, siempre luchando por el bien mío y de mis hermanos Agradezco el apoyo de mis tías Graciela, Noemí, Antoñita, Bachy y mi abuelita Etelvina, siempre incondicionales en todo momento. Agradezco a la empresa REPSOL Ecuador, los cuales me han permitido tener accesibilidad de horario para poder tomar esta maestría, gracias por la confianza.

DEDICATORIA

Esta Maestría la dedico a mis padres Gonzalo y Sandra, a mis hermanos Mónica, Javier y Francisco, a mi abuelita Etelvina y a mi tía Graciela. El apoyo familiar incondicional en todo momento que llega hacia mí es inmenso y todo logro que consigo los reflejo primeramente hacia ustedes con mucho amor.

RESUMEN

La mejora de la Gestión de Operaciones del laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial de la Universidad de las Américas mediante la aplicación de herramientas de Mantenimiento Productivo Total y Seguridad Industrial, se desarrolla con el fin de mejorar la eficiencia de las máquinas, optimizar costos de mantenimiento y mejorar la seguridad de las personas en las áreas de trabajo.

El laboratorio no cuenta con una metodología de mantenimiento, es por eso que se presentó la oportunidad de aplicar el TPM (Mantenimiento Productivo Total), el cual es la base para corregir todas las anomalías en el ámbito del mantenimiento.

Los pilares del TPM (Mantenimiento Productivo Total), ayudarán a mejorar de manera minuciosa todos los parámetros para obtener una mejor eficiencia, orden y limpieza del área, menos productos con fallas y mejor disponibilidad de tiempo.

En el laboratorio tampoco se identificó la aplicación de una metodología relacionada a la seguridad industrial, es por eso que se incluyó este tema, el cual ayudará a implantar una matriz de riesgos en las áreas de trabajo, para poder identificar de mejor manera los peligros que se encuentran expuestos los estudiantes o docentes que operan las máquinas, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes e incidentes.

Luego de la aplicación de estas metodologías se controlará el laboratorio aplicando técnicas para medir la eficiencia de los equipos e indicadores de gestión.

ABSTRACT

The improvement of the Operations Management of the Laboratory of Engineering in Industrial Production of the University of the Americas through the application of tools of Total Productive Maintenance and Industrial

Safety is developed in order to improve the efficiency of the four machines, optimize costs of maintenance and improve the safety of people in the work areas.

The laboratory does not have any applied maintenance methodology, which is why this opportunity was presented to apply the TPM (Total Productive Maintenance), which is the basis for correcting all anomalies in the field of maintenance found.

The pillars of the TPM will help us to thoroughly improve all the parameters for better efficiency, order and cleanliness of the area, less products with faults and better availability of time.

The laboratory also did not identify the application of any methodology related to industrial safety, that is why this topic was included, which will help us to implement a matrix of risks in the work areas, to better identify the hazards which are exposed students or teachers who operate the machines, significantly reducing the risk of accidents and incidents.

After the application of these methodologies, the laboratory will be better controlled by applying techniques to measure the efficiency of the equipment and management indicators

INDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Situación actual.....	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.1.3 Alcance.....	2
1.1.4 Justificación.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	4
1.3.1 Hipótesis nula.....	4
1.3.2 Hipótesis alternativa.....	4
1.4 Metodología aplicada.....	4
1.4.1 Método analítico.....	4
1.4.2 Método sintético.....	5
2. CAPÍTULO II. EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	5
2.1 ¿Qué es el TPM (Mantenimiento Productivo Total)?.....	5
2.2 Historia del TPM (Mantenimiento Productivo Total).....	5
2.3 Implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)....	9
2.4 Herramientas del TPM (Mantenimiento Productivo Total).....	10
2.5 Jishu Hozen - Mantenimiento Autónomo.....	11
2.6 Mantenimiento Planificado.....	12
2.7 Mantenimiento de la calidad.....	13
2.8 Mantenimiento predictivo.....	13
2.9 Mantenimiento preventivo.....	14
2.10 Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	14
2.11 Eficiencia general de los equipos (OEE).....	15

2.11.1 Cálculo de la eficiencia general de los equipos (OEE)	17
2.11.2 Periodo de cálculo de la Eficiencia General de los Equipos (OEE)	18
2.11.3 Clasificación de la eficiencia General de los Equipos (OEE)	18
2.12 kaizen (mejora continua)	18
2.13 Seguridad y Salud Ocupacional	19
2.14 Riesgos Laborales	20
2.14.1 Daños derivados del trabajo	20
2.14.2 Los accidentes de trabajo	21
2.14.3 Enfermedades profesionales	22
2.14.4 Patologías derivadas del trabajo	22
2.14.5 Prevención de accidentes	23
2.15 Equipo de protección individual	24
2.16 Señalización	25
2.17 Colores de seguridad	26
2.18 Máquinas de Prototipado	26
2.18.1 Escáner 3D	27
2.18.2 Fresadora CNC 3 EJES	27
2.18.3 Torno CNC	28
2.18.4 Impresora 3D	29
3. CAPÍTULO III.EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA REFERENTE AL PROBLEMA PLANTEADO.....	29
3.1 Tiempo de operación de las máquinas	29
3.2 Número de incidentes en los puestos de trabajo.....	30
3.3 Estado físico de las máquinas.....	30
3.4 Personal que trabaja en el laboratorio	31
3.5 Organigrama del laboratorio	31
3.6 Espina de pescado.....	32
3.6.1 Los 5 ¿Por qué?	33

3.6.2 Mejoras obtenidas de la espina de pescado	36
3.7 Cálculo e Implementación de la Eficiencia Integral de los Equipos (OEE) semestre 2017-1	37
3.7.1 Cálculo OEE Escáner 3D semestre 2017-1	37
3.7.2 Cálculo OEE de la Fresadora CNC semestre 2017-1	39
3.7.3 Cálculo OEE del Torno CNC semestre 2017-1	41
3.7.4 Cálculo OEE de la Impresora 3D semestre 2017-1	43
4. CAPÍTULO IV.RESOLUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA A SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA	51
4.1 Propuesta de mejora	51
4.2 Plan maestro del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	51
4.3 Fase cero: estructura TPM.....	53
4.3.1 Desarrollo de las 5S.....	53
4.3.2 Seiri o clasificar	55
4.3.3 Seiso u organizar	56
4.3.4 Seiso o limpiar	62
4.3.5 Seiketsu o estandarizar	63
4.3.6 Shitsuke o mantener la disciplina.....	65
4.4 Pilar mantenimiento autónomo	66
4.4.1 Paso 1: Limpieza Inicial	66
4.4.2 Paso 2. Acciones contra las averías detectadas	66
4.4.3 Paso 3. Estándares de Limpieza	67
4.4.4 Paso 4. Auditoría General.....	69
4.4.5 Paso 5. Verificación Autónoma	71
4.4.6 Paso 6. Estandarizaciones	72
4.4.7 Paso 7. Dirección del Mantenimiento Autónomo	72
4.5 Mantenimiento planificado.....	74
4.5.1 Planificación del mantenimiento	74
4.5.2 Selección de máquinas – mantenimiento planificado	74
4.5.3 Detallar componentes que fallan continuamente	75

4.5.4 Calendario de mantenimiento de los equipos	75
4.6 Cálculo de la Eficiencia General de los Equipos (OEE).....	77
4.7 Indicadores de efectividad SEMESTRE 2017-2.....	86
4.8 Gestión de seguridad y entorno.....	90
4.8.1 Análisis de riesgos en los puestos de trabajo	90
4.8.2 Matriz de identificación de factores de riesgo	92
4.8.3 Matriz de identificación de factores de riesgo por proceso y subprocesos	93
4.9 Análisis financiero de la implementación.....	93
4.9.1 Gastos anteriores.....	93
4.9.2 Gastos actuales	94
4.9.3 Costo – Beneficio.....	95
4.9.4 Análisis Costo – Beneficio	96
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.1 Conclusiones	97
5.2 Recomendaciones	98
REFERENCIAS	99
ANEXOS	101

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolla en la Universidad de las Américas sede Querí, en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Producción, el cual cuenta con un centro de mecanizado y prototipado, equipado con cuatro máquinas: Escáner 3D, Fresadora CNC 3 ejes, Torno CNC, Impresora 3D.

La Seguridad industrial y el TPM (Mantenimiento Productivo Total), complementan una mejor administración del laboratorio en las áreas de operaciones, mantenimiento y seguridad.

El TPM (Mantenimiento productivo total), actualmente es una metodología de mejora continua enfocada al incremento de producción y administración de los mantenimientos en las industrias de manufactura e industrial. Se aplicará esta metodología para obtener todos los beneficios y satisfacciones que brinda con el fin de mantener en buenas condiciones las máquinas, un índice elevado de productividad, un buen trabajo en equipo y un ambiente laboral agradable. Se aplicará varias herramientas comunes como el mantenimiento autónomo donde se delegarán objetivos y responsabilidades a cada empleado y herramientas dirigidas a una mejora y optimización de recursos en los mantenimientos.

La seguridad industrial es indispensable durante el manejo de máquinas, un análisis de riesgo a cada puesto de trabajo y la utilización de protección personal tienen grandes beneficios para los operarios.

1.1 Situación actual

1.1.1 Antecedentes

La implementación de la herramienta TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Seguridad Industrial en el Laboratorio de Ingeniería en Producción, ayudará a estabilizar en un 100% de eficiencia operacional de las máquinas evitando paros no planificados y aumentando la calidad final del producto terminado.

La Seguridad Industrial se implementa para alcanzar cero accidentes e incidentes en los puestos de trabajo, brindando una mejor confianza laboral al operador de las máquinas.

1.1.2 Planteamiento del problema

Al no existir una metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total) dentro del laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial de la Universidad de las Américas, se identificó fallos en las máquinas, mala operación, cuellos de botella en los procesos de mecanizado, baja calidad en el trabajo final, perjudicando las operaciones en términos de tiempo, costos y producto. “Existen desechos invisibles en la operación de las máquinas relacionadas con la velocidad nominal de funcionamiento y pérdidas en la puesta en marcha” (Ranteshwar, Ashish, Dhaval, & Sanjay, 2012, p. 592).

Los equipos se encuentran a una expectativa de operación y paro no planificado, no existe planificación de mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos, todo está enfocado a espera del servicio técnico que proporciona el proveedor. No existe una evaluación de riesgos de accidentes o incidentes en los puestos de trabajo a los cuales se encuentran expuestos los operadores de cada máquina, volviéndose una actividad contingente en el ámbito de seguridad industrial.

1.1.3 Alcance

Aplicar el TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Seguridad Industrial en el Laboratorio de Ingeniería en Producción de la Universidad de las Américas en el área de mecanizado.

Se usará las técnicas más habituales del TPM (Mantenimiento Productivo Total) como las 5S, el OEE (Eficiencia general de los equipos) y los pilares tales como las Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado,

Mantenimiento de Calidad, Mantenimiento Preventivo, Actividades de Oficina, Formación, Gestión de Seguridad y Entorno.

En la parte de seguridad industrial se realizará una matriz de riesgos en cada puesto de trabajo, para generar un plan del área en el cual las máquinas tienen injerencia.

1.1.4 Justificación

Las máquinas del Laboratorio de Producción de la Universidad de las Américas no poseen de una implementación metodológica de mantenimiento. Se plantea mejorar a través de TPM (Mantenimiento Productivo Total), encauzándonos en la optimización de recursos, residuos que no agregan valor, cero defectos en las operación y cero accidentes, con el efecto de tener una visión industrial enfocada a una mejora continua de la Universidad y mayor perfeccionamiento en la parte técnica - práctica de los estudiantes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Mejorar la Gestión de Operaciones del laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial de la Universidad de la Américas mediante la aplicación de herramientas de Mantenimiento Productivo Total y Seguridad Industrial.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo adecuado a las características que posee cada máquina.
- Aplicar técnicas y pilares fundamentales del Mantenimiento Productivo Total necesarios en las áreas de trabajo y máquinas.

- Generar indicadores de eficiencia y disponibilidad para cada máquina.
- Identificar los riesgos de incidentes o accidentes a los cuales se encuentran expuestos las personas en el área de trabajo.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis nula

- No existe optimización y manejo adecuado de recursos en el mantenimiento y operación de las máquinas.
- No existe seguridad en los puestos de trabajo y uso de equipos de protección personal durante el uso de las máquinas.

1.3.2 Hipótesis alternativa

- Con la aplicación del Mantenimiento Productivo Total se optimizará recursos y se mejorará los mantenimientos y operación de las máquinas.
- Aplicando la seguridad industrial se analizará los riesgos causantes de incidentes en los puestos de trabajo, se evaluará el equipo de protección personal apto para el uso de las máquinas a fin de salvaguardar la salud del personal.

1.4 Metodología aplicada

1.4.1 Método analítico

- Análisis de los principales problemas identificados en los procesos operativos y de mantenimiento de las máquinas.
- Análisis de riesgos de accidentes y uso adecuado de equipo de protección personal en cada puesto de trabajo.

- Análisis de las mejoras obtenidas en la aplicación de la herramienta TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Seguridad Industrial.

1.4.2 Método sintético

- Descripción de los procedimientos y procesos operativos bajo las competencias del laboratorio de Ingeniería de Producción Industrial.
- Descripción de los procedimientos y procesos de seguridad industrial bajo las competencias del laboratorio de Ingeniería de Producción Industrial.

2. CAPITULO II. EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

2.1 ¿Qué es el TPM (Mantenimiento Productivo Total)?

El Mantenimiento Productivo Total es el significado de TPM (Total Productive Maintenance). “El TPM es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de “mantenimiento preventivo” creado en la industria Estadounidense. El TPM también es considerado como una estrategia compuesta de varias actividades ordenadas que una vez implantadas mejoran la competitividad de una organización industrial. Es considerada estrategia porque crea capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización de otra, debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, conocimiento de las personas, calidad de productos y servicios” (Gómez, 2001, p. 3).

2.2 Historia del TPM (Mantenimiento Productivo Total)

“Mantenimiento Productivo Total (TPM) fue desarrollado en Japón al comienzo de la séptima década del siglo pasado por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM, 2002)” (Pascale & Ciprian, 2012, p. 934).

En la década de los sesenta en el ámbito empresarial japonesas se incorporó el concepto Kaizen o mejora continua. Esto abarcó que la función del mantenimiento no era solo de corregir averías, sino mejorar la fiabilidad de las máquinas de manera continua y con la participación de todos los trabajadores de la empresa.

“El TPM nació en Nippondenso Co., Ltd., una empresa proveedora del ámbito automotriz. Esta empresa introdujo esta visión de mantenimiento en 1961, logrando resultados en 1969 con la introducción de sistemas automatizados y de transferencia rápida, lo cual se requería alta fiabilidad. El nombre inicial fue “Total Member Participación PM” abreviado (TPM). Este nombre muestra el verdadero sentido y direccionamiento del TPM, esto es la colaboración y participación de todas las personas en el mantenimiento preventivo (PM)” (Gómez, 2001, p. 7).

“Hay una serie de sistemas de mantenimiento que han evolucionado tiempo a tiempo para el mantenimiento del equipo. El progreso de los conceptos de mantenimiento a lo largo de los años se muestra a continuación” (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014, p. 297).

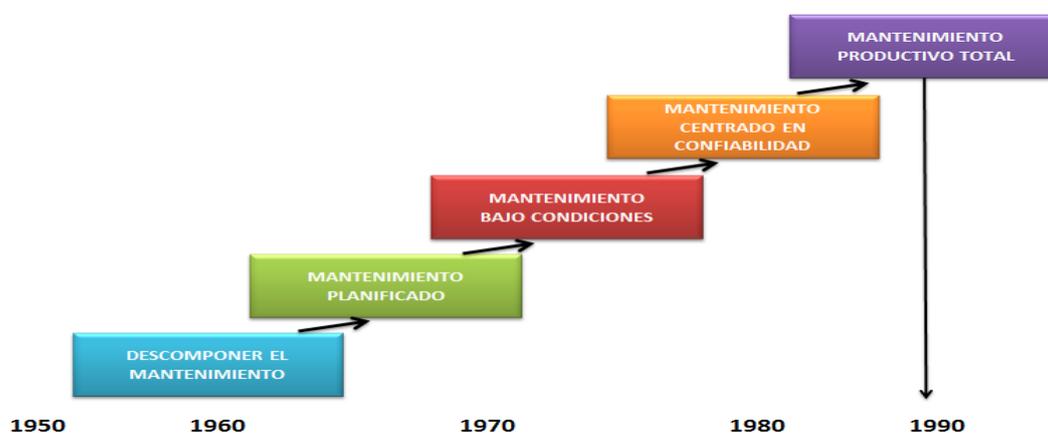


Figura 1. Evolución del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Tomado de (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014, p. 297)

a. Pilares del TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Los pilares en la implementación del TPM los define (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014, p. 297) a continuación:

1. Mantenimiento autónomo; 2. El mantenimiento centrado; 3. El mantenimiento planificado; 4. El mantenimiento de la calidad; 5. La educación y la formación; 6. TPM oficina; 7. Gestión del desarrollo; y 8. La seguridad, la salud y el medio ambiente.



Figura 2. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Tomado de (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014, p. 298)

b. Características del TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Según (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014, p. 298) el TPM se caracteriza por cinco elementos:

- Tiene como objetivo maximizar la efectividad del equipo.
- El TPM es cruz-funcional, ejecutado por varios departamentos (ingeniería, operaciones y gestión de mantenimiento).
- Involucra a cada uno de los empleados.
- El enfoque japonés se enfoca más en el papel del trabajo en equipo.
- Aplica mantenimientos en todo el ciclo de vida del equipo.
- Intervención del personal en las operaciones y producción para el cuidado y conservación de los activos y recursos físicos.

- Procesos de mantenimiento fundamentados para una utilización profunda del personal.

“El TPM recomienda usar pilares específicos para acciones concretas y se debe ejecutar en forma progresiva mediante acciones del personal involucrado. Se orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas: dirección de operaciones de mantenimiento y dirección de tecnologías de mantenimiento” (Gómez, 2001, p. 5).

c. Beneficios del TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Los define (Abhishek, Rajbir, & Harwinder, 2014, p. 299) de la siguiente manera:

- ✓ Beneficios directos de TPM.
 - Productividad y eficiencia global de la planta aumenta de 1,5 a 2 veces.
 - Reduce paradas imprevistas.
 - Se optimizan los costos de mantenimiento y producción.
 - Mejoras en las condiciones de seguridad.
- ✓ Beneficios indirectos de TPM.
 - Aumenta el nivel de confianza entre los empleados.
 - Lugar de trabajo es siempre ordenada, limpia y atractiva.

Con una diferente visión (Gómez, 2001, p. 6) divide en tres puntos los beneficios del TPM:

1. Organizativos
 - Mejora la calidad del ambiente de laboral.
 - Mejor control de las operaciones.
 - Incentivo moral del empleado.
 - Cultura de responsabilidad, disciplina y respeto.
 - Capacitación continua.
 - Redes de comunicación eficientes.
2. Seguridad
 - Mejora de condiciones ambientales.

- Prevención ante elementos negativos para la salud.
 - Identificación de problemas potenciales.
 - Elimina fuentes de contaminación.
3. Productividad
- Elimina pérdidas que afectan la productividad de la planta.
 - Mejora la fiabilidad y disponibilidad del equipo.
 - Reducción de los costes de mantenimiento.
 - Mejora de la calidad del producto final.
 - Mejora de la tecnología de la empresa.
 - Crea capacidades competitivas desde la fábrica.

2.3 Implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Se implementa en 4 fases: preparación, introducción, ejecución y estabilización y consta de 12 etapas junto al apoyo del mantenimiento autónomo, preventivo y predictivo. (Cuatrecasas, 2012, p. 689):

FASE	ETAPA	ACTIVIDADES DE GESTIÓN
1. PREPARACIÓN	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección informa que va a implantar un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2. Información sobre TPM	Campañas informativas para introducir el TPM.
	3. Estructura para la promoción del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM.
	4. Objetivos y políticas TPM	Analizar la situación actual, fijar objetivos, prever resultados.
	5. Plan maestro de desarrollo TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
2. INTRODUCCIÓN	6. Arranque formal del TPM	Con gran información e invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas.
3. IMPLANTACIÓN	7. Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un equipo con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y predictivo.
	10. Formación para elevar la capacidad de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñaran a los miembros del grupo correspondiente.
	11. Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta fiabilidad y mantenibilidad.
4. CONSOLIDACIÓN	12. Consolidación del TPM	Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA (planificar, hacer, verificar y actuar).

Figura 3. Fases y etapas de implementación del TPM.

Tomado de (Cuatrecasas, 2012, p. 690).

2.4 Herramientas del TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Grupo de herramientas que facilitan la aplicación de TPM:

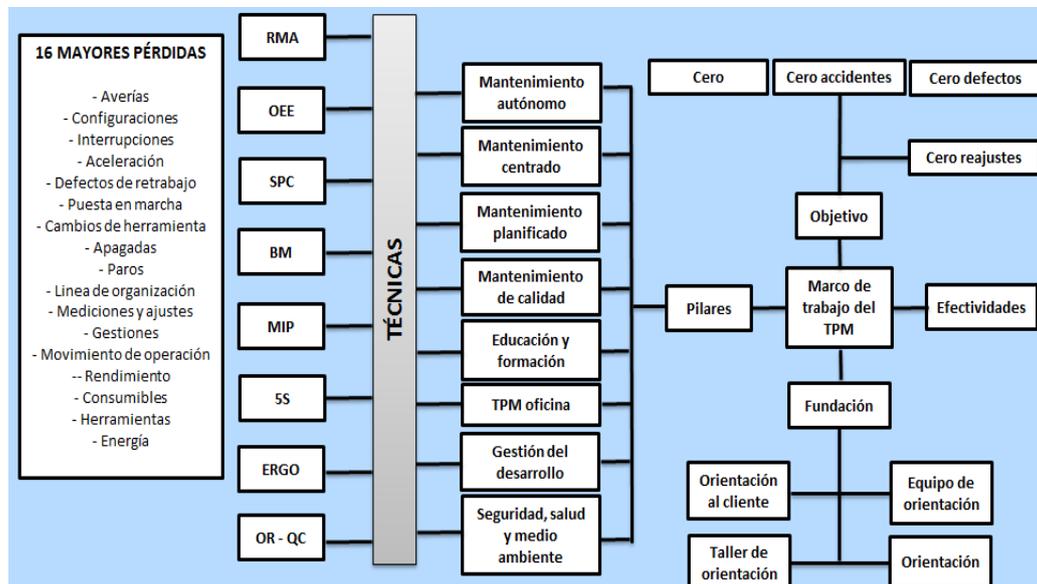


Figura 4. Herramientas de apoyo en la aplicación del TPM.

Tomado de (Cuatrecasas, 2012, p. 291).

RMA: Automatización de retorno de mercancía. Es usado para mejorar procesos de devolución de un producto.

OEE: Eficiencia general de los equipos. Sirve para medir la eficiencia productiva de las máquinas.

SPC: Control estadístico del proceso. Mejorar la calidad cuantitativa.

BM: Tasa de mantenimiento de averías. Averías respecto al total de trabajos de mantenimiento planificado.

MIP: Mantenimiento en sitio. El personal puede cambiar todas las piezas del equipo en el mismo lugar.

5S: Práctica de calidad referida a la parte integral de la empresa. Involucra equipo, infraestructura y todo el personal.

ERGO: Análisis de tareas repetitivas.

2.5 Jishu Hozen - Mantenimiento Autónomo

La filosofía según (Cuatrecasas, 2012, p. 700) es: “La persona que opera con un equipo productivo se debe ocupar de su mantenimiento básico”. Cada persona que opera la máquina debe encargarse del mantenimiento de su equipo. Los beneficios son los siguientes:

- Trabajo-operación y mantenimiento se los realiza en el puesto de trabajo para una disminución de tiempos y soluciones más rápidas.
- Conocimiento operacional de la máquina por parte del personal.
- El personal conoce carencias de los equipos en especial cuando existe una falla o ya empieza a ocurrir anomalías en su funcionamiento.

En la siguiente tabla se observa las responsabilidades y mejoras en la parte operativa del mantenimiento:

Tabla 1.

Responsabilidades del mantenimiento autónomo en el área operativa.

ACTIVIDAD	MEJORA	PERSONAL PRODUCTIVO	PERSONAL DE MANTENIMIENTO
PRODUCCIÓN	Preparación y ajuste	X	
	Operación	X	
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	Limpieza	X	
	Engrase	X	
	Apriete	X	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Inspección y comprobación	X	X
	Actividad de mantenimiento		X
MANTENIMIENTO DE AVERÍAS	Reparación en el puesto de trabajo	X	
	No reparable desde el puesto de trabajo		X
MEJORAS	Automatización y calidad	X	X
	Operativas		X
	Chequeos		X

Los niveles de implementación progresiva del mantenimiento autónomo asegurando los objetivos del TPM (Mantenimiento Productivo Total), mejorar eficiencia, productividad y flexibilidad lo vamos a identificar en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Implementación progresiva del Mantenimiento Autónomo.

NIVELES	PASOS
Nivel básico	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza Inicial - Eliminación de focos de suciedad y limpieza de zonas inaccesibles. - Establecimiento de estándares de limpieza, inspección y otras tareas sencillas de mantenimiento autónomo.
Nivel de eficacia	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección general del equipo. - Inspección autónoma del equipo.
Nivel de plena implantación	<ul style="list-style-type: none"> - Ordenar y organizar el área de trabajo. - Completar la gestión autónoma del mantenimiento.

2.6 Mantenimiento Planificado

“El mantenimiento planificado es el conjunto sistemático de actividades programadas de mantenimiento que se llevará a cabo por medio de personal específicamente calificado en tareas de mantenimiento y con avanzadas técnicas de diagnóstico de equipos” (Cuatrecasas, 2012, p. 705).

Se divide en tres mantenimientos específicos:

- Mantenimiento basado en tiempo.
- Mantenimiento basado en condiciones.
- Mantenimiento de averías.

La combinación de estos tres mantenimientos tiene como resultado el planificado efectivo:

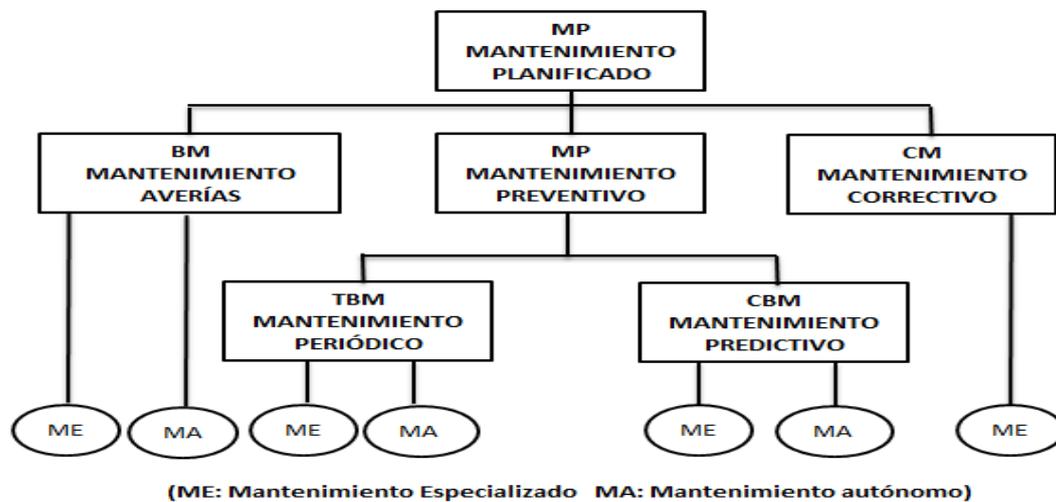


Figura 5. Actividades del mantenimiento planificado.

Tomado de (Cuatrecasas, 2012, p. 706)

2.7 Mantenimiento de la calidad

“Está dirigido hacia la satisfacción del cliente a través de la más alta calidad. Se enfoca en los reclamos del cliente de forma sistemática, realizando una mejora continua a ese enfoque para ganar comprensión del equipo y eliminar preocupaciones de calidad. La transición es de reactivo a proactivo”. (Sarang, Sadashiv, & Ravikant, 2013, p. 1751).

El mantenimiento de calidad es un mantenimiento preventivo enfocado al cuidado del producto final.

2.8 Mantenimiento predictivo

“Se basa en revisiones periódicas para detectar problemas, fallos o defectos que puedan tener una máquina o equipo. Si se detectan problemas en el mismo, se corrigen ese momento” (Cuatrecasas, 2012, p. 708).

Las técnicas de este mantenimiento se basan en la fiabilidad, esto exige contar con una buena base de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

 Ventajas del mantenimiento predictivo:

- a) Disminución de paros inesperados.
- b) Optimización en el costo de mantenimiento.
- c) Reducción de accidentes.

2.9 Mantenimiento preventivo

El principio del MP (Mantenimiento Preventivo) lo define (Sánchez J. , 2007, p. 22) como: “Inspecciones programadas para buscar evidencia de falla de equipos o instalaciones, para corregirlas en un lapso de tiempo que permita programar la reparación sin que exista paro intempestivo”.

“Inspecciona completamente la máquina, las condiciones de trabajo y funcionamiento para anticiparse a una falla causante del paro de la producción”. (Cuatrecasas, 2012, p. 706).

a) **Mantenimiento basado en tiempo (TBM)**

Es un inicio básico del mantenimiento que consiste en inspeccionar, limpiar, reponer accesorios rápidos a fin de que el equipo opere normalmente.

b) **Mantenimiento basado en condiciones (CBM)**

Este mantenimiento usa equipos o softwares de diagnóstico electrónicos que generan señales por medio de la vibración logrando evaluar el estado de funcionamiento de las piezas y el equipo en fin.

2.10 Mantenimiento centrado en confiabilidad

Asegura la correcta operación de cualquier activo de una organización, cumpliendo sus funciones a cabalidad actual establecida. Las máquinas deben cumplir a todo momento lo que el operario desea hacer para efectuar su labor. Aplica el siguiente contexto operacional:

1. Factores climáticos.
2. Normas y Reglamentaciones especiales.
3. Estándares de calidad.
4. Estándares medio ambientales.
5. Riesgos a la seguridad.

Mejora al personal para enfocarla a enfrentar irregularidades y desarrollar personas aptas al dominio de información. Desarrolla 5 fases:

1. Crear un departamento administrativo.
2. Equipamiento a los procedimientos.
3. Crear condiciones óptimas.
4. Desarrolla 5 actividades del TPM:
 - Mejora enfocada.
 - Mantenimiento autónomo.
 - Educación y formación.
 - Dotación flexible del personal.
 - Monitoreo del rendimiento.
5. Alcanza resultados medibles.

2.11 Eficiencia general de los equipos (OEE)

“Se puede utilizar como un indicador de la fiabilidad del sistema de producción. El análisis puede revelar los mayores límites para el éxito. TPM (Mantenimiento Productivo Total) tiene los niveles de 90 por ciento de disponibilidad, el 95 por eficiencia en el desempeño y el 99 de valoración de calidad. Seis grandes pérdidas incluyen: equipos fallo / avería, configuración y ajuste, parada al ralentí y menores, defectos, retrabajo y puesta en marcha” (Ahuja & Khamba, 2008, p. 724).

OEE (Eficiencia General de los Equipos) considerando el impacto de las seis grandes pérdidas en la producción:

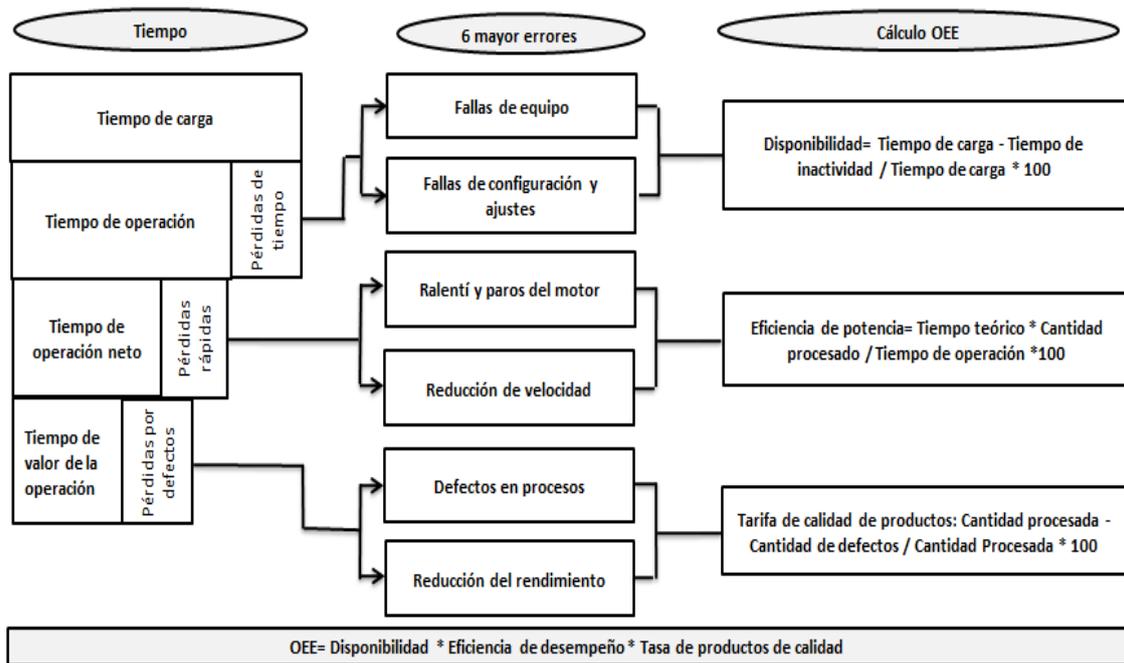


Figura 6. Cálculo OEE (Eficiencia General de los Equipos) con seis pérdidas. Tomado de (Ahuja & Khamba, 2008, p. 725)

El cálculo considerando el impacto de las ocho grandes pérdidas:

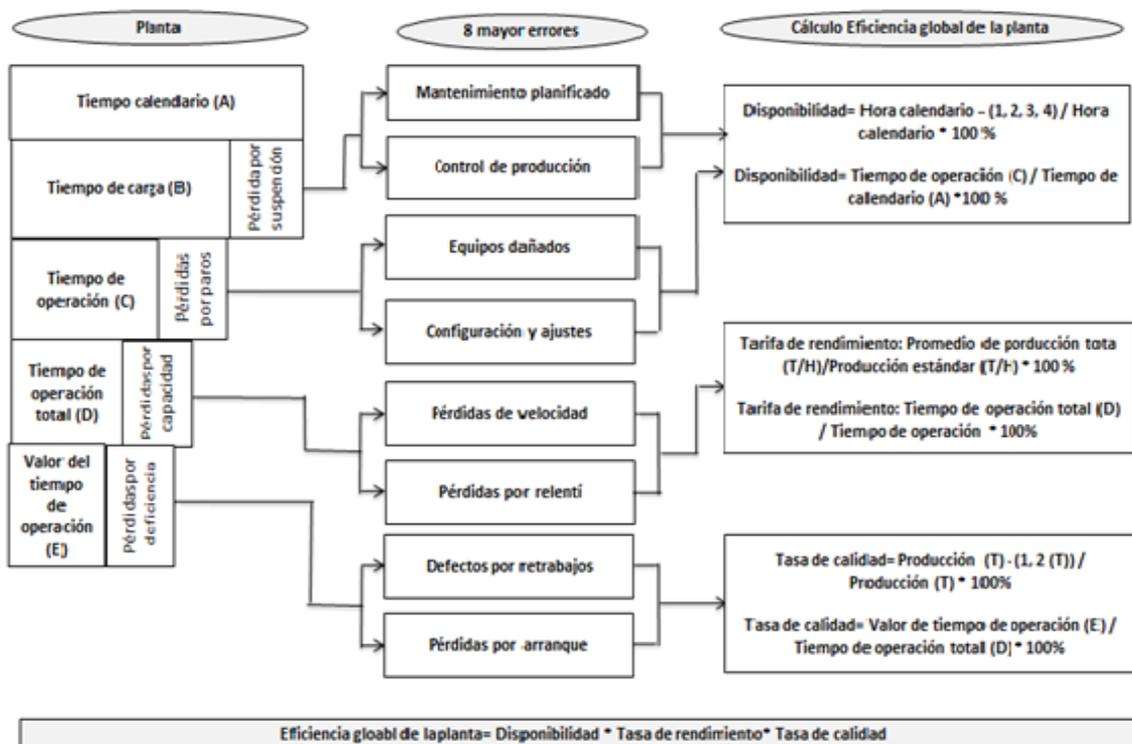


Figura 7. Cálculo OEE con ocho pérdidas. Tomado de (Ahuja & Khamba, 2008, p. 725)

2.11.1 Cálculo de la eficiencia general de los equipos (OEE)

Es el resultado de la multiplicación porcentual de la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

Eficiencia General de los Equipos = Disponibilidad × Rendimiento × Calidad

- a. Disponibilidad:** Tiempo de funcionamiento de la máquina respecto al tiempo de funcionamiento planificado.

TO: Tiempo de operación.

TPO: Tiempo planificado de operación.

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo Planificado de Operación}} \right) \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

TPO = Tiempo Total del Trabajo – Tiempo de Paradas Planificadas

TO = TPO – Paradas o Averías

Disponibilidad es un valor entre 0 y 1 y se expresa porcentualmente.

- b. Rendimiento:** Durante el tiempo de funcionamiento cuántos productos buenos y malos ha fabricado respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo real.

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{\text{Tiempo de Ciclo Real}}{\text{Tiempo de Operación}} \right)$$

La eficiencia varía entre 0 y 1 y es un valor porcentual. (Ecuación 2)

- c. Calidad:** Cuántos productos finalizados buenos se han fabricado a la primera respecto del total de la producción realizada (bueno + malo).

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Número de Unidades Conformes}}{\text{Número de Unidades Totales}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

2.11.2 Periodo de cálculo de la Eficiencia General de los Equipos (OEE)

A: Tiempo potencial de producción (minutos).

B: Tiempo real de producción (minutos).

C: Producción teórica (unidades).

D: Producción real (unidades).

E: Producción real (=D) (unidades).

F: Producto bueno (unidades).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{B}{A} \quad \text{Rendimiento} = \frac{D}{C} \quad \text{Calidad} = \frac{F}{E}$$

(Ecuación 4)

$$\text{Eficiencia General de los Equipos (OEE)} = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E}$$

(Ecuación 5)

2.11.3 Clasificación de la eficiencia General de los Equipos (OEE)

Clasifica la línea de producción de toda una planta e identifica aquellas que están alcanzando niveles altos:

OEE < 65% = Inaceptable. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

65% < OEE < 75% = Regular. Aceptable solo en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

75% < OEE < 85% = Aceptable. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad baja.

85% < OEE < 95% = Buena. Buena competitividad.

OEE > 95% = Excelencia. Excelente competitividad.

2.12 kaizen (mejora continua)

La definición la expresa, (Lefcovich, 2009, p. 6) como “proceso continuo de análisis de situación para la adopción proactiva de decisiones creativas e innovadoras tendientes a incrementar de manera consistente la competitividad

de la empresa mediante la mejora continua de los productos, servicios y procesos (tanto productivos, como de apoyo y planificación)”

“Se debe conformar un Equipo de Mejoras y Proyectos Estratégicos (EMPE). Constituido por los máximos responsables de la organización, serán los encargados no sólo de desarrollar las estrategias. Tendrá entre sus tareas fundamentales las de analizar, corregir y eliminar mudas estratégicas” (Lefcovich, 2009, p. 8).

Las estrategias están constituidas por:

1. Las capacidades de los empleados desaprovechadas.
2. La falta de enfoque y posicionamiento.
3. Tiempo.
4. Información.
5. Oportunidades del entorno.
6. Fortalezas de la empresa.
7. Clientes/Consumidores.

2.13 Seguridad y Salud Ocupacional

Las definiciones las expresa (Sánchez S. , 2010, p. 10) como:

- a) **Higiene industrial.** Es la especialidad profesional que se ocupa en preservar la salud de los trabajadores en su tarea.
- b) **Seguridad industrial.** Es primera especialidad profesional que se encarga de reducir y evitar accidentes de los trabajadores en su trabajo.
- c) **Seguridad en el trabajo.** Métodos y técnicas que se utilizan en las industrias para la prevención y corrección de accidentes.

“Las principales ventajas son disminuir y evitar los accidentes de trabajo; las enfermedades, al disminuirlas, ayuda a tener menos problemas económicos en

las empresas, mayor volumen de producción y calidad en los productos” (Sánchez S. , 2010, p. 11).

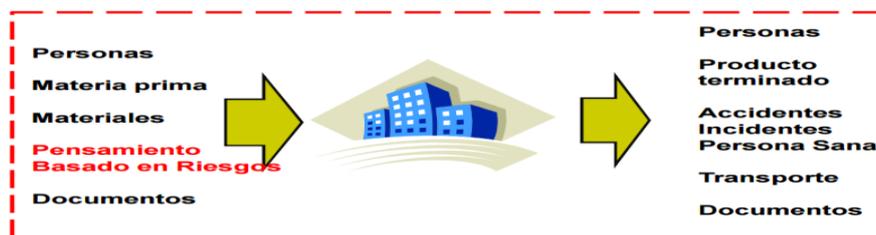


Figura 8. Contexto de Higiene y Seguridad Industrial.

Tomado de (Sánchez S. , 2010, p. 15)

2.14 Riesgos Laborales

“Es la posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado del trabajo. La posibilidad de que se produzca un daño no implica que se vaya a producir, significa que ante situaciones de riesgo a las que está expuesto el trabajador, alguna puede causar daños en su salud. El daño en el trabajo es la enfermedad, patología o lesión sufrida por el trabajo que realizan” (Luna, 2012, p. 16).

2.14.1 Daños derivados del trabajo

Son las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo. Se distinguen diferentes daños derivados del trabajo:



Figura 9. Daños derivados del trabajo.

Tomado de (Luna, 2012, p. 18)

Los factores de riesgo, puede estudiarse la influencia que abarcan sobre la salud de la persona:



Figura 10. Factores de riesgo en el trabajo.

Tomado de (Luna, 2012, p. 19)

- a. **Condiciones de seguridad:** Se producen por lesiones por golpes, caídas, atrapamientos, cortes, quemaduras, derivadas del uso de herramientas, maquinaria o vehículos de transporte interno o externo.
- b. **Factores de tipo físico, químico o biológico:** Exposición a determinados agentes que pueden alterar los órganos o tejidos. Por ejemplo: Exposición a radiaciones, ruidos, sustancias cancerígenas, altas temperaturas.
- c. **Factores que derivan de las características del trabajo:** Accidentes y patologías secundarias, tales como fatiga física o mental.
- d. **Factores ligados a la organización del trabajo:** Alteraciones de salud, como la fatiga mental, ansiedad, depresión, trastornos digestivos y psicológicos.

2.14.2 Los accidentes de trabajo

Según el art. 115 de la Ley General de la Seguridad Social,

“Se entiende por accidente de trabajo toda la lesión corporal que un trabajador sufra con ocasión o a consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena”
(Luna, 2012, p. 19)

Esto se refiere a las lesiones que se producen dentro del trabajo como aquellas que se generan entre este y el hogar del empleado.

2.14.3 Enfermedades profesionales

“Enfermedad profesional contraída a consecuencia del trabajo ejecutado” (Luna, 2012, p. 25).

Las enfermedades se agrupan en diferentes funciones:

Grupo 1	Contiene las Enfermedades profesionales causadas por Agentes Químicos agrupándolos según la naturaleza de las sustancias.
El grupo 2	Incluye las Enfermedades Profesionales causadas por Agentes Físicos, introduciendo patologías generadas por movimientos, esfuerzos y adopción de posturas, así como las causadas por diversas modalidades de energía.
El grupo 3	Son las correspondientes a los Agentes Biológicos, incluyendo enfermedades causadas por bacteria, virus, parásitos, hongos y priones.
El grupo 4	Abarca las Enfermedades Profesionales causadas por inhalación de sustancias y otros agentes, ampliando los criterios de inclusión para patologías que anteriormente no estaban así consideradas.
El grupo 5	Está dedicado a las enfermedades de la piel, causadas tanto por agentes químicos como por reacciones alérgicas o utopías.
El grupo 6	Contempla las patologías generadas por agentes carcinogénicos.

Figura 11. Enfermedades profesionales según funciones.

Tomado de (Luna, 2012, p. 25)

Desde el ámbito preventivo, la enfermedad profesional es el deterioro lento de la salud del trabajador, producido por una exposición crónica a través del ambiente en que se desarrolla el trabajo.

2.14.4 Patologías derivadas del trabajo

“La patología es la ciencia que se ocupa del estudio de la enfermedad” (Luna, 2012, p. 27). Abarca los siguientes aspectos:

- **Etiología:** Estudia las causas de la enfermedad.
- **Patogenia:** Es la medida preventiva que impide la génesis de la enfermedad.
- **Fisiopatología:** Estudia los trastornos que inciden sobre las funciones como consecuencia de la instauración de la enfermedad.

- **Sintomatología:** Estudia los signos y síntomas de la enfermedad.
- **Patocronia:** Estudia la evolución en el tiempo.

2.14.5 Prevención de accidentes

“Evitar los accidentes de trabajo, tarea ésta en la que tienen que participar todos: los trabajadores, los técnicos y directivos de las empresas, las autoridades del gobierno, etc. Razones económicas y legales sustentan el creciente interés por evitarlos o reducirlos” (Falagán, Canga, Ferrer, & Fernández, 2000, p. 269).

“Tiene por objeto la detección de los factores de riesgo, la evaluación de los riesgos propiamente dichos y la investigación de las causas que han provocado accidentes” (Falagán, Canga, Ferrer, & Fernández, 2000, p. 277).

Tabla 3.

Técnicas analíticas de seguridad.

Antes al accidente	Después al accidente
Análisis documental de riesgos	Notificación del accidente
Registro de análisis de accidentes	Registro de accidentes
Control de accidentabilidad	Evaluación de incidentes
Cumplimiento de reglas	Análisis de la siniestralidad
Evaluación de riesgos	
Inspecciones de seguridad	
Vigilancia al trabajo	
Control de calidad de los procesos	

2.14.6 Condiciones de Trabajo, Salud y Factores de Riesgo

Relaciona todas las condiciones de trabajo con la vida laboral. Donde se obtiene disposiciones mínimas de seguridad y salud para todas las áreas del centro de trabajo, incluido los servicios higiénicos y lugares de descanso, locales de primeros auxilios y comedores.

Las condiciones de seguridad junto al factor de riesgo se visualizan en la siguiente gráfica:

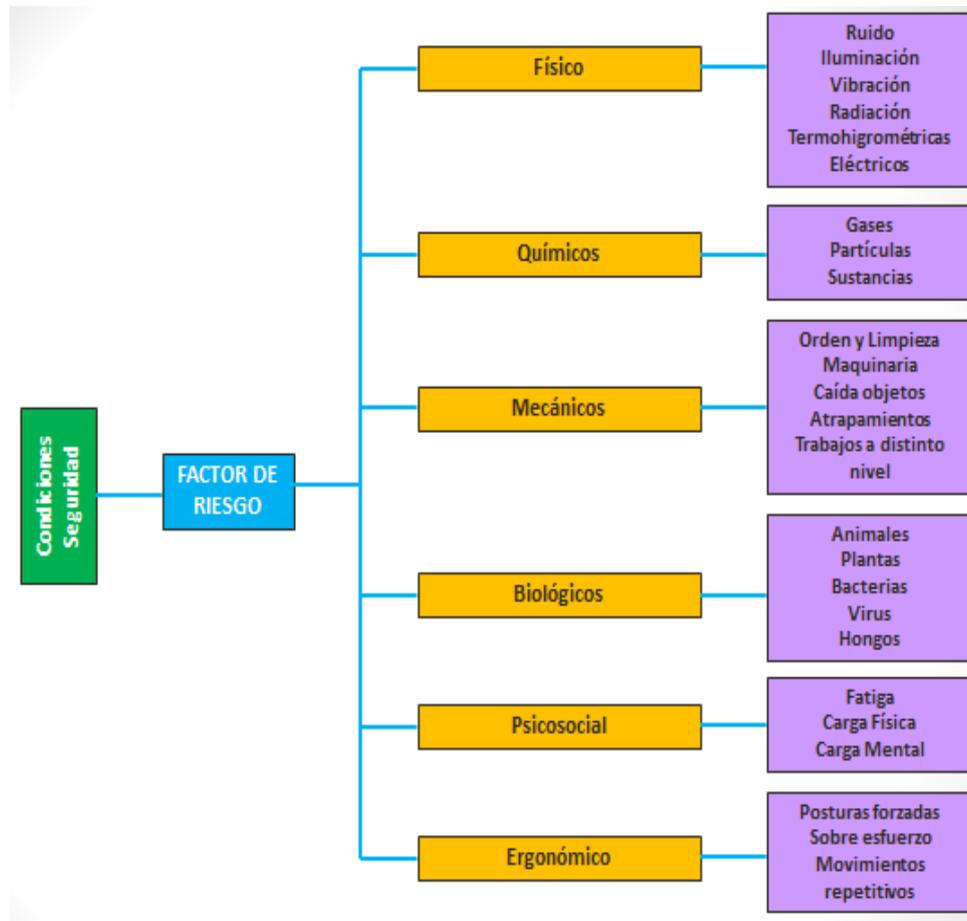


Figura 12. Condiciones de seguridad y sus factores de riesgo.

2.15 Equipo de protección individual

Según (Falagán, Canga, Ferrer, & Fernández, 2000, p. 291) lo expresa como “Equipo de Protección Individual (EPI), según el Real Decreto 773/ 1997, de 30 de mayo, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo”.

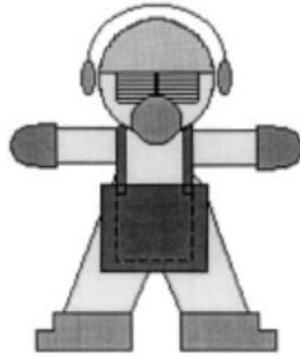


Figura 13. Equipo de protección individual.

Tomado de (Falagán, Canga, Ferrer, & Fernández, 2000, p. 294)

“El equipo de protección personal está destinado a proteger al trabajador frente a los riesgos de las condiciones del trabajo medioambientales (agentes químicos, ruido, radiaciones)” (Cortés, 2007, p. 489), se dividen en tres tipos de protección:

- Equipo de protección personal respiratoria.
- Equipo de protección personal auditiva.
- Equipo de protección de la vista y de la cara.

2.16 Señalización

“Según el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se define la señalización de seguridad y salud en el trabajo, como aquella indicación que proporciona una información relativa a seguridad o salud en el trabajo. Se remite al lector a dicho Real Decreto para más detalles” (Falagán, Canga, Ferrer, & Fernández, 2000, p. 297). El uso de la señalización tiene como objetivo principal: Informar a los trabajadores sobre posibles riesgos que pueden ocurrir, obligaciones que deben cumplir, por medio de identificación de medios e instalaciones de evacuación, protección, emergencia y primeros auxilios. Se clasifican en señales de:

- Prohibición.
- Advertencia.

- Obligación.
- Información (salvamento e indicativa).
- Adicional.

“Se añade en este tipo de señalizaciones diferentes colores para obstáculos y lugares peligrosos (máquinas en movimiento, pilares, huecos, muelles de carga) y el marcado de las vías de circulación (colores blanco y amarillo), teniendo en cuenta el color del suelo” (Cortés J. M., 2007, p. 174).

2.17 Colores de seguridad

Los colores de seguridad (rojo, amarillo, verde y azul), sirven para llamar la atención e indicar la existencia de un peligro y su rápida identificación.

Tabla 4.

Colores de seguridad, características y significado.

COLOR	SIGNIFICADO	INDICADOR
Rojo	Prohibición	Comportamiento peligroso
	Peligro-Alarma	Alto, parada, evacuación
	Material contra incendios	Identificación y localización
Amarillo	Advertencia	Atención y precaución
Azul	Obligación	Comportamiento específico. Uso del EPI.
	Salvamento	Puertas, salida
Verde	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

2.18 Máquinas de Prototipado

Son máquinas que producen piezas y prototipos de cierre a presión funcional, fresado a partir de amplia variedad de materiales con suaves acabados de superficie, altas tolerancias y bajo costo. Junto a la tecnología 3D crean partes más pequeñas y complejas que usualmente requieran profundos cortes de revés.

2.18.1 Escáner 3D

“Un escáner 3D es un dispositivo que analiza un objeto para obtener datos de su forma y poder usarlos para construir modelos digitales en tres dimensiones, utilizados en una amplia variedad de aplicaciones. Instalar un escáner es un procedimiento sencillo, lo más usual son los conectados al puerto USB, se conecta el cable del ordenador a este puerto y el de la fuente de alimentación a la fuente eléctrica. Instalado el hardware luego se instala el software suministrado con el escáner y se sigue el procedimiento sugerido por el manual del fabricante” (Berral, 2016, p. 228)



Figura 14. Escáner 3D.

2.18.2 Fresadora CNC 3 EJES

“CNC (Control Numérico Computarizado). En la fresadora CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Gracias a esto se realizan movimientos que es difícil realizarlos manualmente, círculos, líneas diagonales y varias figuras complejas. Una vez realizada la programación de la máquina, esta ejecuta las operaciones por sí sola, sin ayuda del operador. Esto ayuda a aprovechar mejor el tiempo laboral” (Somolinos, 2002, p. 218).



Figura 15. Fresadora CNC 3 ejes.

2.18.3 Torno CNC

“Los llamados tornos de control numérico (CNC), tienen la misma estructura que los tornos convencionales, pero con ciertas adaptaciones y modificaciones, adecuadas a los requerimientos del CNC. EL CNC puede controlar los movimientos del carro y el cabezal, valores y sentidos de la velocidad de avance y corte, cambio de herramientas (posición de la torreta), cambio de pieza, estados de funcionamiento, condiciones del refrigerante y presiones”



Figura 16. Torno CNC.

2.18.4 Impresora 3D

“Es capaz de realizar elementos en tres dimensiones a partir de un diseño 3D realizado por ordenador. Emplean diferente técnica pero el funcionamiento es simple, crea capas utilizando distintos elementos, bien un polvo de escayola o celulosa con una tinta aglomerante o polímeros de base acrílica. Es muy útil para crear prototipos de piezas o componentes en cualquier ámbito: tuercas, piezas de autos, prótesis médicas. La impresora 3D tiene conexión a internet lo que permite exportar cualquier diseño del mundo” (Gallego, 2014, p. 130).



Figura 17. Impresora 3D.

3. CAPITULO III. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA REFERENTE AL PROBLEMA PLANTEADO

3.1 Tiempo de operación de las máquinas

Los datos son analizados anualmente, se inicia el 2016, durante el año se trabaja dos semestres. Los parámetros son: el tiempo de operación de las máquinas, número de fallas, número de mantenimientos realizados.

Tabla 5.

Registro de datos sobre operación de las máquinas.

Máquinas	Tiempo Operación	N° De Fallas	N° De Mantenimientos
Escáner 3D	150 horas	0	1
Fresadora CNC	600 horas	3	1
Torno CNC	50 horas	1	1
Impresora 3D	750 horas	5	2

3.2 Número de incidentes en los puestos de trabajo

Se analizó durante el año 2016, la información que se consiguió es para tomar acciones ante nuevos riesgos de accidente en las áreas de trabajo, por eso se ha investigado acerca de accidentes o incidentes históricos dentro del laboratorio.

Tabla 6.

Registro de número de incidentes en puestos de trabajo.

MÁQUINAS	N° DE INCIDENTES
Escáner 3D	0
Fresadora CNC	3
Torno CNC	0
Impresora 3D	2

3.3 Estado físico de las máquinas

Se realizó una inspección a las cuatro máquinas para identificar el estado físico-operacional, en las que se encuentran actualmente:

Tabla 7.

Registro de estado físico de las máquinas.

MÁQUINAS	EXCELENTE	REGULAR	MALA
Escáner 3D	X		
Fresadora CNC	X		
Torno CNC	X		
Impresora 3D		X	

3.4 Personal que trabaja en el laboratorio

Durante el año de clases se manejan dos semestres con dos paralelos de 25 estudiantes y 1 docente por paralelo.

Tabla 8.

Número de personal que trabaja en el laboratorio.

PERSONAL	NÚMERO
Profesores	4
Estudiantes	100

3.5 Organigrama del laboratorio

El organigrama corresponde al Laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial en la Universidad de las Américas, apreciamos la estructura y relaciones entre sus diferentes partes.

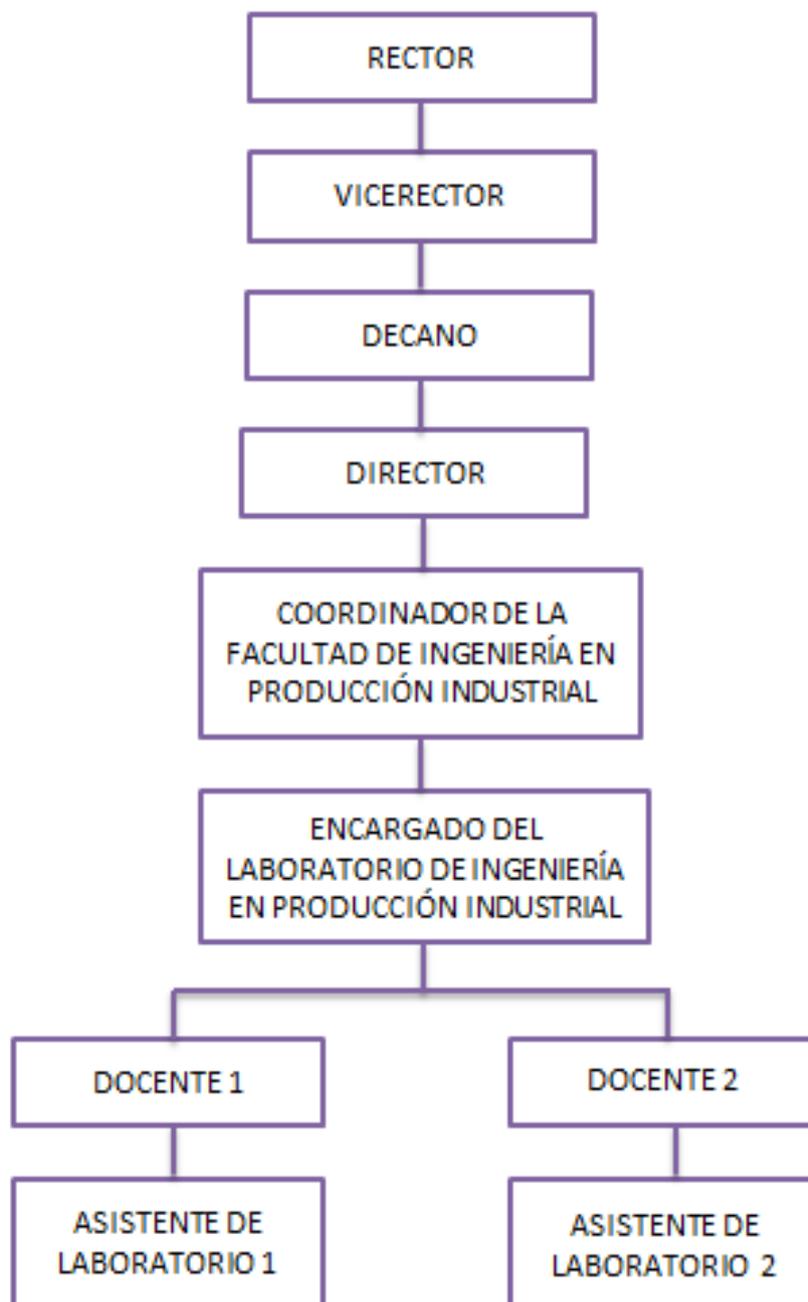


Figura 18. Organigrama de trabajo del laboratorio.

3.6 Espina de pescado

Se desarrolla para identificar la relación entre un efecto y todas las posibles causas que la ocasionan, enfocadas a solucionar los problemas dentro del laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial.

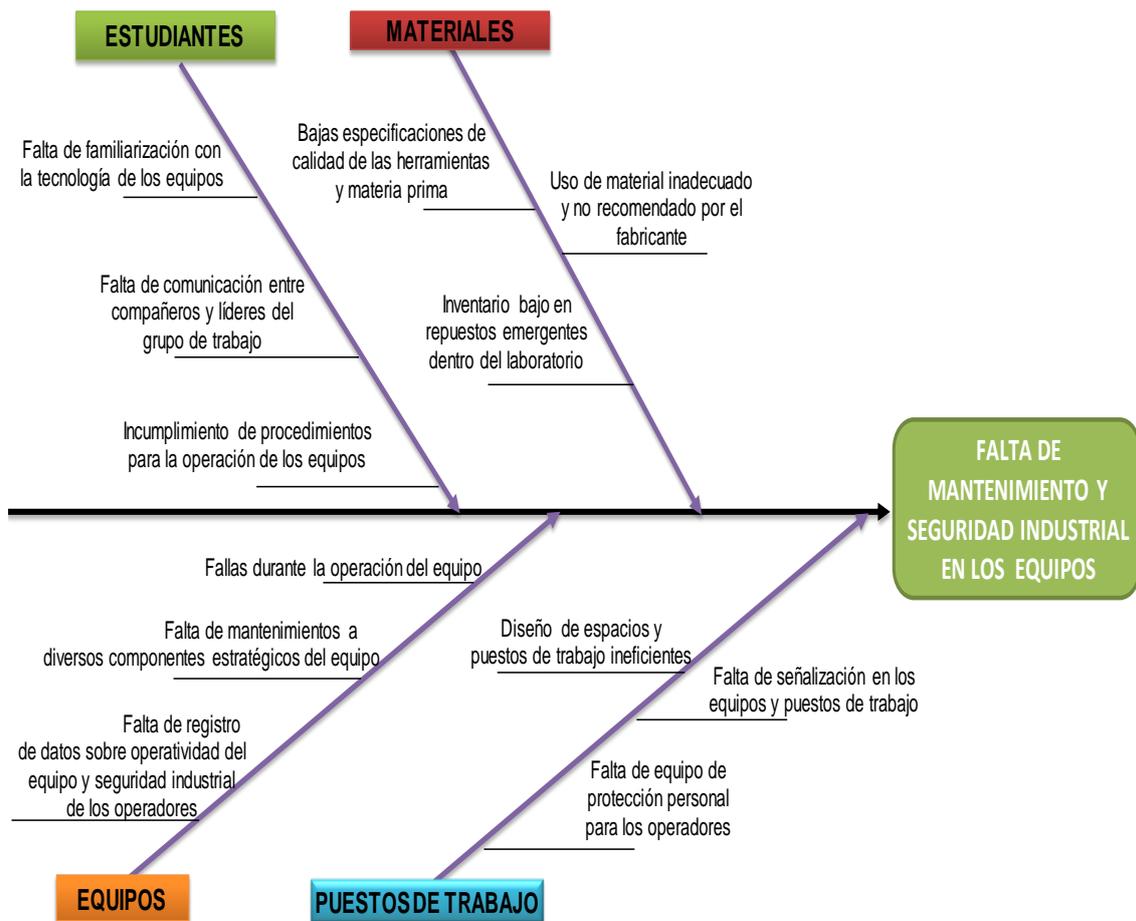


Figura 19. Diagrama espina de pescado.

3.6.1 Los 5 ¿Por qué?

Se desarrolla para encontrar las causas – efecto de los problemas indicados en la espina de pescado.

Tabla 9.
Los 5 ¿Por qué? de la espina de pescado

Los 5 ¿Por qué?	
1. Estudiantes	¿Por qué existe falta de familiarización con la tecnología de los equipos?
	¿Por qué existe falta de comunicación entre compañeros y líderes del grupo de trabajo?
	¿Por qué existe incumplimiento de procedimientos para la operación de los equipos?
2. Equipos	¿Por qué existen fallas durante la operación del equipo?
	¿Por qué existe falta de mantenimientos a diversos componentes estratégicos del equipo?
	¿Por qué existe falta de registro de datos sobre operatividad del equipo y seguridad industrial del área?
3. Materiales	¿Por qué existen bajas especificaciones de calidad de las herramientas?
	¿Por qué existe uso de material inadecuado y no recomendado por el fabricante?
	¿Por qué existe inventario bajo en repuestos emergentes dentro del laboratorio?
4. Puestos de trabajo	¿Por qué existe diseño de espacios y puestos de trabajo ineficientes?
	¿Por qué existe falta de señalización en los equipos y puestos de trabajo?
	¿Por qué existe falta de equipo de protección personal para los operadores?

a. Estudiantes

¿Por qué existe falta de familiarización con la tecnología de los equipos?

- Software avanzado.
- Manuales en inglés.

¿Por qué existe falta de comunicación entre compañeros y líderes del grupo de trabajo?

- Ideologías diferentes.
- Rivalidad entre compañeros.
- Trabajo bajo presión.

¿Por qué existe incumplimiento de procedimientos para la operación de los equipos?

- Irresponsabilidad laboral.
- Tiempo de entrega de trabajos cortos.

b. Equipos

¿Por qué existen fallas durante la operación del equipo?

- Errores de operación.
- Daños eléctricos, electrónicos o mecánicos.

¿Por qué existe falta de mantenimientos a diversos componentes estratégicos del equipo?

- Mala planificación.
- Escases de repuestos.

¿Por qué existe falta de registro de datos sobre operatividad del equipo y seguridad industrial de los operadores?

- Mala planificación.

c. Materiales

¿Por qué existen bajas especificaciones de calidad de las herramientas y materia prima?

- Presupuesto económico insuficiente.
- Especificaciones de calidad bajas.

¿Por qué existe inventario bajo en repuestos emergentes dentro del laboratorio?

- Presupuesto económico bajo.
- Falta de planificación.

d. Puestos de trabajo

¿Por qué existe diseño de espacios y puestos de trabajo ineficientes?

- Mal diseño técnico.
- Falta de ergonomía.

¿Por qué existe falta de señalización en los equipos y puestos de trabajo?

- Mal diseño técnico.
- Falta de presupuesto.
- Desconocimiento.

¿Por qué existe falta de equipo de protección personal para los operadores?

- Falta de presupuesto.
- Desconocimiento.

3.6.2 Mejoras obtenidas de la espina de pescado

Tabla 10.

Mejoras de la espina de pescado.

Mejoras	
1. Estudiantes	1. Training de reconocimiento del área, funcionamiento y operatividad de los equipos. 2. Coaching para el personal enfocado a trabajo en equipo. 3. Entrega impresa de procedimientos de operación de cada máquina al estudiante.
2. Equipos	1. Análisis del estado de funcionamiento semanal del equipo. 2. Ejecución del plan de mantenimiento para los equipos. 3. Control de registros de operación de los equipos y seguridad industrial del laboratorio.
3. Materiales	1. Adquirir materia prima y herramientas con estándares basados en los parámetros establecidos por el fabricante. 2. Mantener un stock de inventario basado en repuestos estratégicos y emergentes de cada equipo.
4. Puestos de trabajo	1. Diseño de puestos enfocados en mejorar la ergonomía y menos riesgos de accidentes e incidentes. 2. Señalización del laboratorio de acuerdo a normas de seguridad establecidas. 3. Uso de equipo de protección personal de acuerdo a normas establecidas.

3.7 Cálculo e Implementación de la Eficiencia Integral de los Equipos (OEE) semestre 2017-1

Es el resultado de la multiplicación porcentual de la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Este cálculo ayuda mucho para la evaluación del desempeño de cada máquina y una mejora en el ámbito de la eficiencia de las máquinas. Los datos se calculan teniendo en cuenta el período de 6 meses correspondientes a un semestre. Se detalla cómo se calcula cada parámetro para poder obtener el OEE final y se lo hace para las cuatro máquinas.

3.7.1 Cálculo OEE Escáner 3D semestre 2017-1

Tabla 11.

Datos para el cálculo del OEE Escáner 3D semestre 2017-1.

a. Tiempo de producción	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre).	16
Minutos operables (semanales).	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$16 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
DISPONIBILIDAD	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	3 horas o 180 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$180 \times 16 = 2.880$ El tiempo perdido es mayor que otras máquinas por el software.
3. Tiempo real de producción (minutos)	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800

Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	2.880
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 2.880 = 1.920$
b. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	12
Producción real (unidades) por semestre.	10
c. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	10
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	2
Producto bueno (unidades) por semestre.	8

Tabla 12.

Cálculo OEE Escáner 3D semestre 2017-1.

CÁLCULO OEE SEMESTRAL			
MÁQUINA:	Escáner 3D	FECHA:	15/03/2017
TURNO:	1	PRODUCTO:	Engrane
TIEMPO DE PRODUCCIÓN		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
DISPONIBILIDAD		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	2.880
	B	Tiempo real de producción (minutos)	1.920
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	40%
	C	Producción teórica (unidades)	12

RENDIMIENTO	D	Producción real (unidades)	10
		Tasa de rendimiento $((D/C) \times 100)\%$	83.33%
CALIDAD	E	Producción real (=D) (unidades)	10
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	2
	F	Producto bueno (unidades)	8
		Tasa de calidad (F/E x 100)%	80%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			26.66%

Con un porcentaje de 26.66% es Inaceptable, porque existen pérdidas económicas y baja competitividad.

3.7.2 Cálculo OEE de la Fresadora CNC semestre 2017-1

Tabla 13.

Datos para el cálculo del OEE en la Fresadora CNC semestre 2017-1.

a. Tiempo de producción	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre)	16
Minutos operables (semanales)	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$16 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
a. Disponibilidad	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	2 horas o 120 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$120 \times 16 = 1.920$
3. Tiempo real de producción (minutos)	

Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	1.920
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 1.920 = 2.880$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	30
Producción real (unidades) por semestre.	25
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	25
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	3
Producto bueno (unidades) por semestre.	22

Tabla 14.

Cálculo OEE de la Fresadora CNC semestre 2017-1.

CÁLCULO OEE POR SEMESTRE			
MÁQUINA:		Fresadora	FECHA: 15/03/2017
TURNO:		1	PRODUCTO: Engrane
TIEMPO DE PRODUCCIÓN		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
DISPONIBILIDAD		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	1.920
	B	Tiempo real de producción (minutos)	2.880

		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	60%
RENDIMIENTO	C	Producción teórica (unidades)	30
	D	Producción real (unidades)	25
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	83.33%
CALIDAD	E	Producción real (=D) (unidades)	25
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	3
	F	Producto bueno (unidades)	22
		Tasa de calidad (F/Ex100)%	88%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			43.92%

Con un valor de 43.92% es Inaceptable, porque existen pérdidas económicas y baja competitividad.

3.7.3 Cálculo OEE del Torno CNC semestre 2017-1

Tabla 15.

Datos para el cálculo OEE del Torno CNC semestre 2017-1.

a. Tiempo de producción.	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre),	16
Minutos operables (semanales).	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$16 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
b. Disponibilidad	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	1.30 o 90 minutos

Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$16 \cdot 90 = 1.440$
3. Tiempo real de producción (minutos)	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	1.440
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 1.440 = 3.360$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	10
Producción real (unidades) por semestre.	4
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	4
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	1
Producto bueno (unidades) por semestre.	3

Tabla 16.

Cálculo OEE del Torno CNC semestre 2017-1.

CÁLCULO OEE POR SEMESTRE			
MÁQUINA:		Torno CNC	FECHA: 15/03/2017
TURNO:		1	PRODUCTO: Cilindrado
TIEMPO DE PRODUCCIÓN		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	1.440

DISPONIBILIDAD	B	Tiempo real de producción (minutos)	3.360
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	70%
RENDIMIENTO	C	Producción teórica (unidades)	10
	D	Producción real (unidades)	4
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	40%
CALIDAD	E	Producción real (=D) (unidades)	4
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	1
	F	Producto bueno (unidades)	3
		Tasa de calidad (F/E)x100)%	75%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			21%

Con un valor de 21% es Inaceptable, existe pérdidas económicas y baja competitividad.

3.7.4 Cálculo OEE de la Impresora 3D semestre 2017-1

Tabla 17.

Datos para el cálculo OEE de la Impresora 3D semestre 2017-1.

a. Tiempo de producción	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre).	16
Minutos operables (semanales).	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	16 x 300 = 4.800
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800

b. Disponibilidad.	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos).	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	1 o 60 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$90 \cdot 16 = 960$
3. Tiempo real de producción (minutos)	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	960
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 960 = 3.840$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	40
Producción real (unidades) por semestre.	38
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	38
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	2
Producto bueno (unidades) por semestre.	36

Tabla 18.

Cálculo OEE de la Impresora 3D semestre 2017-1.

CÁLCULO OEE			
MÁQUINA:	Impresora 3D	FECHA:	15/03/2017
TURNO:	1	PRODUCTO:	Engrane
TIEMPO DE PRODUCCIÓN		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800

DISPONIBILIDAD		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	960
	B	Tiempo real de producción (minutos)	3.840
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	80%
RENDIMIENTO	C	Producción teórica (unidades)	40
	D	Producción real (unidades)	38
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	95%
CALIDAD	E	Producción real (=D) (unidades)	38
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	2
	F	Producto bueno (unidades)	36
		Tasa de calidad (F/Ex100)%	94.7%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			71.97%

Con un valor de 71.97 es ACEPTABLE, ligeras pérdidas económicas y baja competitividad.

Los resultados generales del OEE de cada máquina se presentan en una gráfica para identificar de mejor manera su porcentaje:

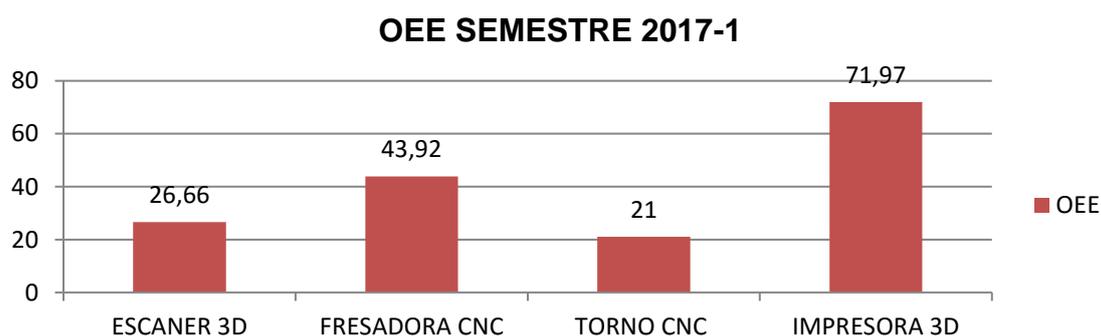


Figura 20. OEE semestre 2017-1, de las 4 máquinas.

La eficiencia actual (semestre 2017-1) de las máquinas, son notables los niveles bajos y una ventaja de la Impresora 3D por ser la más usada.

3.8 Indicadores de efectividad de las máquinas semestre 2017-1

Los indicadores ayudan a identificar el estado de funcionamiento de las máquinas. A continuación se visualiza los indicadores y las fórmulas a aplicar:

Tabla 19.

Indicadores de efectividad de las máquinas.

Indicador	Fórmulas	Unidad
Tiempo medio entre fallas por mantenimiento (TMFM)	$\frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo perdido por mantenimiento}}{\text{Número de fallas por mantenimiento}}$	Horas / min
Tiempo medio entre fallas por operación (TMFO)	$\frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo perdido por operación}}{\text{Número de fallas por operación}}$	Horas / min
Porcentaje de utilización (PU)	$\frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo total de paros}}{\text{Tiempo disponible}}$	%

La muestra fue tomada el mes de Noviembre 2017, porque las máquinas están a un nivel de operación “bueno” y cabe recalcar que en estos indicadores serán calculados antes de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se eligió solo un mes como ejemplo para luego aplicarlos en cualquier otro.

Tabla 20.

Datos para el cálculo de los indicadores semestre 2017-1.

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICADORES SEMESTRE 2017 – 1	
ESCÁNER 3D	
DATOS	NOVIEMBRE
Tiempo disponible (horas)	1.5
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.4
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.4
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.8
FRESADORA CNC	
DATOS	NOVIEMBRE

Tiempo disponible (horas)	20
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.41
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.38
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.8
IMPRESORA 3D	
DATOS	NOVIEMBRE
Tiempo disponible (horas)	20
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.58
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.25
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.83
TORNO CNC	
DATOS	NOVIEMBRE
Tiempo disponible (horas)	2
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.5
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.5
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	1

Se realizó el cálculo usando datos actuales registrados y representados en las fórmulas anteriormente descritas:

Tabla 21.

Cálculo actual de los indicadores de cada máquina semestre 2017-1.

CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE CADA MÁQUINA SEMESTRE 2017 – 1	
ESCÁNER 3D	
INDICADORES	NOVIEMBRE
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	1.1
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	1.1
Porcentaje de utilización (%)	46.7
FRESADORA CNC	
INDICADORES	NOVIEMBRE
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	19.59
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	19.62
Porcentaje de utilización (%)	96.0

IMPRESORA 3D	
INDICADORES	NOVIEMBRE
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	19.42
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	19.75
Porcentaje de utilización (%)	95.9
TORNO CNC	
INDICADORES	NOVIEMBRE
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	1.5
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	1.5
Porcentaje de utilización (%)	50

Los porcentajes de utilización son aquellos que ayudan a verificar el nivel de uso actual de las máquinas, para luego mejorarlos con la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). A continuación en la gráfica tenemos los resultados de cada tiempo y utilización:

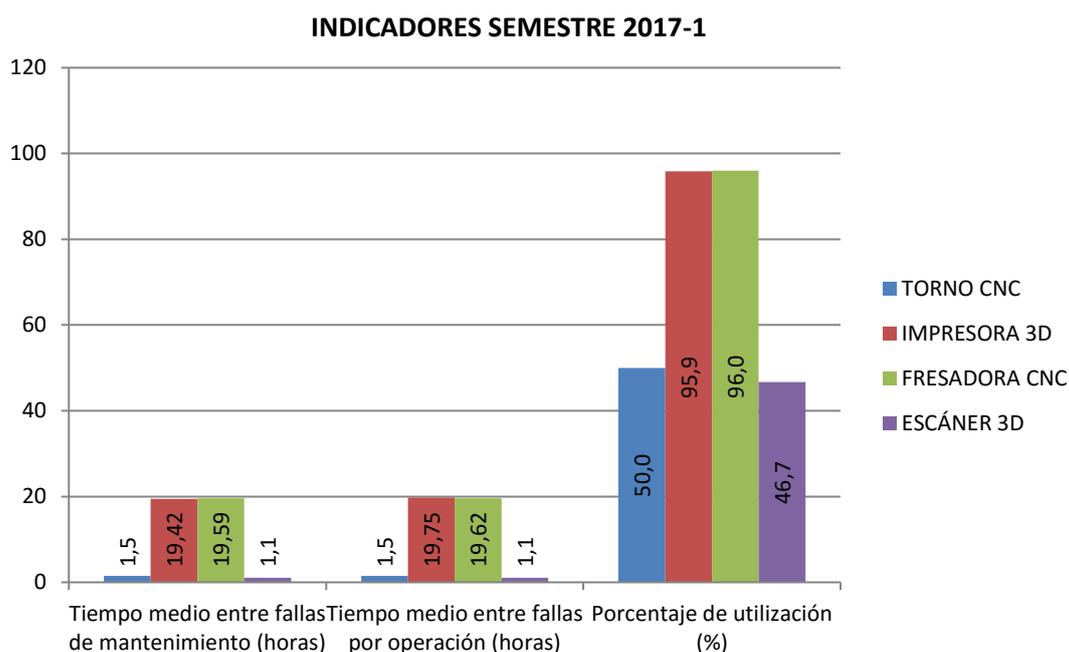


Figura 21. Gráfica de los indicadores semestre 2017-1, de las cuatro máquinas.

Estos indicadores pertenecen al semestre 2017 – 1, los cuales indican las fallas y porcentajes de uso de cada una de ellos, estos valores se toman en cuenta para comparar con los siguientes después de la aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

3.9 Evaluación de Seguridad Industrial en el Laboratorio

Se realiza la evaluación para inspeccionar el estado actual en el que se encuentra el Laboratorio con respecto a la Seguridad Industrial:

Tabla 22.

Evaluación de Seguridad Industrial del Laboratorio de Producción.

REQUISITO TÉCNICO LEGAL		CUMPLE
a.	Se han realizado evaluaciones de los factores de riesgo ocupacional por puesto de trabajo.	No
b.	Se han estratificado los puestos de trabajo por grado de exposición.	No
c.	La evaluación fue realizada por un profesional especializado en ramas afines a la Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, debidamente calificado.	No
d.	Existe una matriz de riesgos por cada puesto de trabajo.	No
e.	Existe un sistema integrado-implantado sobre factores de riesgo ocupacionales de su puesto de trabajo, de los riesgos generales de la organización.	No
f.	Existe un sistema de información externa para tiempos de emergencia, debidamente integrado-implantado.	No
g.	Existe un programa para que: Gerentes, Jefes, Supervisores y Trabajadores, adquieran competencias sobre sus responsabilidades integradas en SST.	No
i.	Existen actividades de capacitación en seguridad industrial.	Si
j.	Existen evaluaciones de los programas de capacitación.	Si

Los resultados de la evaluación se visualizan en la siguiente tabla, estos resultados y conclusiones son de suma importancia para aplicar mejoras:

Tabla 23.

Resultado de la evaluación de Seguridad Industrial en el Laboratorio.

RESULTADO	PLAN DE ACCIÓN
No se encontró un estudio y aplicación del riesgo ocupacional.	Se realizará un análisis de acuerdo a normas nacionales o internacionales para tomar acción ante riesgos identificados. Se trabajará con personal calificado en seguridad.
Los factores de riesgo ocupacional no están identificados. Inexistencia de un sistema de información referente a Seguridad y Salud.	Realizar una matriz de riesgos, usando una metodología y luego dar a conocer en forma general a todos los involucrados.
No existe planificación sobre capacitaciones en materia de Seguridad y Salud.	De acuerdo a la matriz de riesgos realizada establecer las capacitaciones especialmente en los principales riesgos que se detecten. Luego evaluar para determinar si fue o no efectivo.

Con los datos adquiridos en la situación actual de la empresa se desarrolla el Capítulo IV aplicando el TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Seguridad Industrial necesarias para obtener una mejora en el Laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial.

4. CAPÍTULO IV. RESOLUCIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA A SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA

4.1 Propuesta de mejora

Los resultados obtenidos en el Capítulo III, ayudan a tomar las siguientes acciones:

- Aplicar la herramienta de las 5s para solucionar problemas de orden y limpieza en las áreas de trabajo y en las máquinas.
- Aplicar los pilares del TPM (Mantenimiento Productivo Total) para incrementar la eficiencia de las máquinas durante la operación.
- Aplicar herramientas de seguridad industrial para implementarlas en los puestos de trabajo de cada máquina con el fin de identificar y disminuir riesgos de incidentes.

4.2 Plan maestro del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM tiene beneficios y realza la mejora de la productividad y vida de las máquinas llevando consigo un mejor ambiente de trabajo y mejor crecimiento profesional para el personal.

Los beneficios se detallan a continuación:

1. Incremento de la vida operacional de máquinas y herramientas.
2. Estandarización de los procesos involucrados en el mantenimiento.
3. Mejora el ambiente laboral.
4. Reducción de costos en repuestos y materia prima.
5. Mejora continua a instalaciones y condiciones de trabajo.

Para ejecutar el plan maestro se siguen los siguientes lineamientos:

1. Aviso formal sobre la aplicación del TPM en el Laboratorio de Producción de la Universidad de las Américas: Se reunió el consejo de docentes donde se aprobó el tema relacionado a la aplicación del TPM y un Plan de Seguridad Industrial ya que en la actualidad no existe la aplicación de estas técnicas en el Laboratorio.

2. Introducción sobre el TPM: Se organizaron reuniones con el Docente (Tutor) y personas relacionadas al área para informar acerca de los avances y dudas sobre los procedimientos a realizarse.

Tabla 24.

Anuncio implementación del TPM.

ANUNCIO IMPLEMENTACIÓN DEL TPM
REUNIÓN: 1
CIUDAD Y FECHA: QUITO 24-05-2017
LUGAR: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS SEDE QUERI
ASISTENTES: Álvaro Guzmán – José Toscano
ORDEN DEL DÍA:
<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de Introducción al TPM.
DESARROLLO:
<ul style="list-style-type: none"> • Avances de capítulos.
ASISTENTES:
Álvaro Guzmán
José Toscano

3. Estructura del personal designado para el control durante la implementación del TPM.

Tabla 25.

Personal designado para al control de la implementación del TPM.

RESPONSABLE	FUNCIÓN
ÁLVARO GUZMÁN	Realizador
JOSÉ TOSCANO	Tutor
MAURICIO ROJAS	Corrector
ESTUDIANTES	Ejecutores

4. Objetivos y políticas del TPM: Son los descritos anteriormente:
- Incrementar de la vida operacional de máquinas y herramientas.
 - Estandarizar los procesos involucrados en el mantenimiento.
 - Mejorar el ambiente laboral.

- Reducir costos en repuestos y materia prima.
- Mejora continua a instalaciones y condiciones de trabajo.

Las políticas del TPM son las siguientes:

- Debe existir compromiso y actuación de todos los involucrados durante la aplicación del TPM.
- Se debe realizar un registro de datos actuales de los equipos.
- Los estudiantes u operadores deben cumplir con las modificaciones aplicadas durante la aplicación del TPM.
- Los estudiantes u operadores deben acatar todas las normas establecidas dentro del Laboratorio.

5. Diseño del plan maestro del TPM: Los estudios ejecutados hacen referencia a los pilares del TPM.

Este plan hace referencia sobre los parámetros a ejecutarse en la aplicación del TPM, para el Laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial en la UDLA. Se describen los lineamientos:

- Los estudios se realizaron basada en información real confidencial, todo se encuentra debidamente detallado y sustentado. Se usa información cualitativa y cuantitativa para la resolución y evaluación de inconvenientes.

4.3 Fase cero: estructura TPM

4.3.1 Desarrollo de las 5S

Las 5s se enfocan en obtener condiciones adecuadas para la operación de las máquinas y un mejor ambiente laboral para los operadores o estudiantes. Se desarrolló un cronograma, el cual es la base para iniciar esta aplicación e involucra especialmente a los operadores o estudiantes. Visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 26.

Fechas de desarrollo de las 5s.

S	ACTIVIDAD	FECHA
0 S	Introducción 5S.	19/04/2017
	Análisis del estado actual del área.	19/04/2017
1 Seiri	Clasificación de componentes del área.	19/04/2017
	Desecho de componentes innecesarios en el área.	19/04/2017
2 Seiton	Clasificación de repuestos, herramientas, materias primas.	19/04/2017
	Identificación de áreas para reciclaje de desechos.	19/04/2017
3 Seiso	Limpieza de puestos de trabajo de cada máquina.	19/04/2017
	Identificación de fuentes de desechos.	19/04/2017
4 Seiketsu	Señalización de áreas para las actividades.	19/04/2017
	Inventario de repuestos y herramientas.	19/04/2017
	Creación de formato de registro de herramientas.	19/04/2017
	Documentación 5S.	19/04/2017
5 Shitsuke	Seguimiento y evaluación de las 5S.	Constante

Para la evaluación del estado actual del laboratorio, puestos de trabajo y las cuatro máquinas, se procedió a realizar una encuesta para identificar los problemas más notables y aquellos que afectan al desarrollo ideal de las 5s y post aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total):

Tabla 27.

Encuesta del estado actual de las áreas del laboratorio.

N°	DESCRIPCIÓN	SI	NO
1	¿Existe material acumulado en las áreas de trabajo?	X	
2	¿Han existido fallas a causa de la suciedad?	X	
3	¿Existe orden y limpieza en las áreas de trabajo?		X
4	¿Existen stock de repuestos y herramientas?		X
5	¿Existe desorden el momento de las operaciones?	X	
6	¿Se encuentra a disposición lo necesario para operar?		X
7	¿Existe exceso de materias primas?	X	
8	¿Se realiza limpieza de desechos frecuentemente?	X	
9	¿Cuenta con un área para guardar las pertenencias?		X
10	¿Considera que el laboratorio se encuentra limpio?	X	

De acuerdo a los resultados de la encuesta se identificó el momento de la operación residuos contaminantes acumulados, desorden de herramientas y materiales los cuales afectan en la operación ideal de las máquinas y un mal ambiente laboral para los estudiantes. Las maletas de los estudiantes también causan molestias ya que se encuentran en el área de trabajo y ocasionan una reducción de espacios.

4.3.2 Seiri o clasificar

Se retiraran de las áreas de trabajo todos los elementos que no sean necesarios para la operación. Se realiza en dos etapas:

1. Identificando lo necesario.
2. Separando lo innecesario.

Para lograr clasificar lo necesario se evalúa la función de cada elemento para la aplicación del trabajo que se va a realizar, ahí se podrá identificar eficazmente aquellos elementos que no son necesarios y están causando molestias a los estudiantes.

Tabla 28.

Clasificación de elementos en los puestos de trabajo.

CLASIFICAR - ELEMENTOS NECESARIOS		
ARTÍCULO	CANTIDAD	JUSTIFICACIÓN
Guantes	1 par	Uso del operador
Gafas	1	Uso del operador
Mandil	1	Uso del operador
Materia prima	1	Dependiendo del trabajo
Basureros	2	Siempre en el área
Herramientas	1	Acorde a la máquina
Computadora	1	Uso de acuerdo al trabajo
Repuestos	1	Stock necesario

4.3.3 Seiso u organizar

Es la ubicación de un lugar apropiado para cada componente, material, herramienta, repuesto que se encuentre en las áreas de trabajo y el laboratorio. Por medio de la técnica del uso de colores para identificar a los diferentes elementos el estudiante puede interpretar lo que más usa en esa operación, es decir si es algo que necesita constantemente tendrá un color más llamativo, mientras si es algo que no usa tendrá un color más oscuro. A continuación la designación de colores:

Tabla 29.

Designación de colores para el uso de elementos.

CÓDIGO DE COLORES		
FRECUENCIA DE USO	UBICACIÓN	COLOR
Todo momento de la operación	Junto al operador	Amarillo
Varias veces por semana	Cerca al área de trabajo	Verde
Frecuentemente en el mes	Dentro del área	Rosado
Constante en el año	Dentro del laboratorio	Celeste

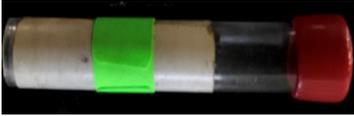
Se identificaron los elementos más usuales durante la operación de las máquinas, a los cuales se les implementará el color que les corresponda de acuerdo a uso:

Tabla 30.

Designación de colores a herramientas de acuerdo al uso.

ANTES	DESPÚES
<p>Espátula</p> 	<p>Espátula (amarillo)</p> 
<p>Franela</p> 	<p>Franela (amarillo)</p> 
<p>Alcohol</p> 	<p>Alcohol (amarillo)</p> 
<p>Llaves Allen</p> 	<p>Llaves Allen (Rosado)</p> 

<p>Llave mandril</p> 	<p>Llave mandril (rosado)</p> 
<p>Llave de boca</p> 	<p>Llave de boca (rosado)</p> 
<p>Desarmador</p> 	<p>Desarmador (rosado)</p> 
<p>Llave de apriete</p> 	<p>Llave de apriete (rosado)</p> 
<p>Contrapunto</p> 	<p>Contrapunto (rosado)</p> 
<p>Diente</p> 	<p>Diente (rosado)</p> 
<p>Cuchilla</p> 	<p>Cuchilla (rosado)</p> 
<p>Caja de herramienta</p>	<p>Caja de herramienta (rosado)</p>

	
Juego de brocas	Juego de brocas (verde)
	
Acople de broca	Acople de broca (verde)
	
Fresa	Fresa (verde)
	

Otra metodología que se aplicó fue la señalización de nombres a todas las máquinas y estanterías que servirán como bodega de herramientas, materias primas y productos no terminados.

Tabla 31.

Señalización de nombres a máquinas y estanterías.

ANTES	DESPÚES
	
	
	
	



En el siguiente diagrama de flujo se detallan las actividades realizadas en las 2S implementadas hasta el momento.

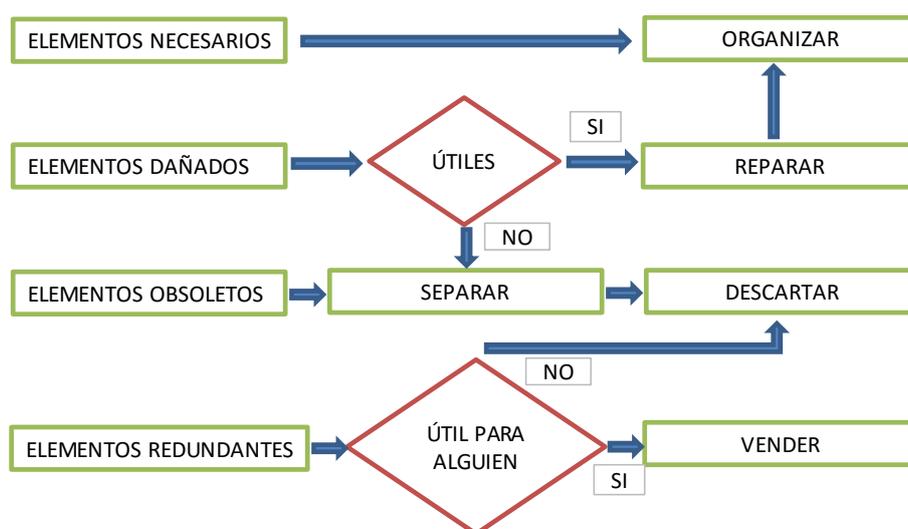


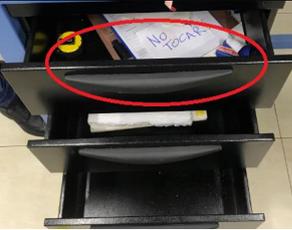
Figura 22. Diagrama de flujo de la organización de elementos.

4.3.4 Seiso o limpiar

Todos los involucrados durante la operación de las máquinas, antes y después deben realizar la limpieza general. Un mejor ambiente laboral se adquiere cuando se aplica una buena limpieza. A continuación se observa las imágenes sobre el trabajo de limpieza realizado:

Tabla 32.

Limpieza de las áreas de trabajo.

ANTES	DESPUÉS
	
	
	
	
	

4.3.5 Seiketsu o estandarizar

Se mantendrá activo las documentaciones establecidas en las otras S, para obtener una mejora continua de todos los procedimientos y acciones realizadas. Como primera acción a tomar fue realizar un inventario de toda la herramienta disponible en el laboratorio.

Tabla 33.

Inventario de herramientas de cada máquina.

INVENTARIO DE HERRAMIENTAS - ESCANER 3D			
Ítem	Uso	Cantidad	Frecuencia
Franela	Limpia la base	1	Rara vez
Alcohol	Limpia bacterias	1	Rara vez
INVENTARIO DE HERRAMIENTAS - FRESADORA CNC			
Ítem	Uso	Cantidad	Frecuencia
Broca	Desbaste	5	Constante
Brocha	Limpia impurezas	1	Constante
Acople	Sujeción de la broca	1	Constante
Fresa	Desbaste	2	Constante
INVENTARIO DE HERRAMIENTAS - TORNO CNC			
Ítem	Uso	Cantidad	Frecuencia
Cuchilla	Desbaste	1	Rara vez
Llave de boca	Apriete y desapriete	2	Rara vez
Diente	Sujeción de piezas	2	Rara vez
Contrapunto	Sujeción de piezas	1	Rara vez
Llave mandril	Regulación del mandril	1	Rara vez
Llave de ajuste	Ajuste del mandril	1	Rara vez
INVENTARIO DE HERRAMIENTAS - IMPRESORA 3D			
Ítem	Uso	Cantidad	Frecuencia
ABS	Material de fundición	1	Constante
Espátula	Libera residuos	1	Constante
Alcohol	Limpia	1	Constante
Franela	Limpia	1	Constante

Terminado el inventario, las herramientas de la Fresadora CNC e Impresora 3D, son las más usadas por lo que se considera que deben permanecer en el área de trabajo. Las herramientas del Torno CNC y el Escáner 3D deben permanecer en los cancelos destinados.

Después del análisis se realizó un procedimiento para el mantenimiento general de herramientas en cada puesto de trabajo:

1. Seleccionar la herramienta indicada para cada máquina.
2. Colocar las herramientas en los cancelos designados de acuerdo a su clasificación.
3. Realizar inspecciones consecutivas del estado y orden de la herramienta.
4. El estudiante que use la herramienta debe velar por su cuidado y colocación adecuada luego de usarla.
5. Si un operador u estudiante daña la herramienta o la pierde deberá reponerla.

Otra acción a tomar fue la demarcación del piso en cada área de trabajo de cada máquina para prevalecer la ubicación y señalización.

Tabla 34.

Colores para la demarcación de pisos.

DEMARCACIÓN DE PISOS		
DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	COLOR
Zona peatonal	Tránsito de personas	
Zona de trabajo	Actividad del estudiante	

En la siguiente tabla se observa las acciones realizadas durante esta S:

Tabla 35.

Demarcación de pisos.

DEMARCACIÓN DE PISOS	
ANTES	DESPÚES
	

El orden y limpieza, todos los cambios realizados son los que deben mantenerse en todo momento en el laboratorio.

4.3.6 Shitsuke o mantener la disciplina

Es la más importante de las S, debe cumplirse a cabalidad para que las otras cuatro S funcionen correctamente.

Por medio de auditorías se evalúa la disciplina correcta que debe mantenerse en todas las S, pero siempre enfocándose en la limpieza, orden, seguridad. Ver ANEXO 1.

Cada criterio tiene su valoración donde 5 es el valor más alto y 1 el menor. La calificación más alta que se puede obtener es 45, ya que son 9 ítems y el valor que se obtuvo de acuerdo a la calificación de cada criterio evaluada fue 42.

Con estos valores se calcula el nivel óptimo de las 5S:

$$\% \text{ implantación} = \frac{\text{Valor total obtenido}}{\text{Valor máximo posible}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$\% \text{ implantación} = \frac{42}{45} \times 100 = 93.33\% \quad (\text{Ecuación 7})$$

Tener un 93.33% de nivel óptimo de las 5S muestra un trabajo muy importante en toda la implementación, se debe poner más énfasis junto al personal para manejar mejor los procedimientos documentados y respetar todas las estandarizaciones implementadas en las áreas de trabajo.

Además se implementó una acción, se llama "5 minutos de 5S". Todas las mañanas todos los docentes y estudiantes deben realizar 5 minutos de 5S, es decir limpieza, organización, clasificación de todos los elementos que se encuentren en el área de trabajo. Se ha realizado un afiche el cual será ubicado en un lugar estratégico para que todos puedan mirar y recordar que las 5S deben aplicar siempre. Ver en ANEXO 2.

4.4 Pilar mantenimiento autónomo

Es un pilar a largo tiempo y prevalecen dos objetivos principales:

1. Desarrollar en el operador habilidades para la solución de fallas.
2. Mantener en operación las máquinas.

Se mantuvo una reunión con el tutor para explicar la aplicación de este mantenimiento. Los lineamientos se visualizan en el ANEXO 3.

A continuación se aplica los pasos para la ejecución del mantenimiento autónomo:

4.4.1 Paso 1: Limpieza Inicial

Se realizó la limpieza en todas las áreas de trabajo y laboratorio en general. En las partes internas de las máquinas se limpió residuos sobrantes de material que se produce durante los trabajos efectuados.

El orden y limpieza en el primer paso del mantenimiento autónomo cumple una de la primera fase de las 5S.

4.4.2 Paso 2. Acciones contra las averías detectadas

Se identificaron las principales fuentes de averías por funcionamiento, polvo por stanby, mala manipulación, desajustes por movimientos, mala conexión de cables de energía.

Cada máquina tiene identificadas todas estas fuentes, se diseña un formato para cada una con una acción para corregirlas. Se realiza una tabla para identificar los parámetros a seguir en la toma de acciones contra las fuentes de avería de cada máquina:

Tabla 36.

Acciones contra las fuentes de averías.

ACCIONES CONTRA LAS FUENTES DE AVERÍAS - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
PROPÓSITO	Evitar incidentes del estudiante en el puesto de trabajo de cada máquina.
	Tener cero fallas o averías durante la operación de las máquinas.
REVISIONES	Inicio de un trabajo.
	Cuando son estudiantes nuevos.
	Cuando existan modificaciones en las áreas de trabajo.
MATERIAL	Manuales de la máquina.
ACTIVIDAD	Identificar protección del personal: Guardas, tapas, aislamiento térmico.
	Identificar protección de la máquina: Fusibles, cables especiales, sensores.
	Identificar fuentes de alimentación: Corriente, voltaje.
PROCESOS	Identificación de sistemas de alimentación de las máquinas.
	Colocación de sistemas de seguridad de las máquinas para protección del operario.
	Colocación de sistemas de protección para el cuidado de la máquina.
	Identificar riesgos y contaminaciones en los puestos de trabajo.
RESULTADOS	Cero accidentes o incidentes en el área de trabajo.
	Cero fallas operacionales de las máquinas.

A través de este mapa se identifica todas las principales fuentes de peligro de las máquinas relacionadas a fallas, polvo, desechos contaminantes. Etc. Ver ANEXO 4.

4.4.3 Paso 3. Estándares de Limpieza

Se diseñó para cada máquina un plan de limpieza tomando en cuenta todas las características identificadas en el área y siendo desarrolladas en conjunto con todos los colaboradores.

Cumplir los siguientes lineamientos:

1. Descripción del procedimiento de limpieza de las áreas específicas de la máquina.

2. Registro de tiempo en cada procedimiento efectuado.
3. Alistar todas las herramientas necesarias para los procedimientos a realizarse.
4. Especificar el tiempo requerido para la creación de la norma.
5. Se reducirán los tiempos de aplicación de los procedimientos conforme la experiencia incrementa.

Objetivo de la norma de limpieza:

1. Estandarizar esta norma para todas las máquinas.
2. Establecer tiempos de duración en la práctica de esta norma.
3. Informar a todos los involucrados sobre esta norma.
4. Revisar que las máquinas queden sin fallas o suciedades.

A continuación se realizó la norma de limpieza, la cual contiene procedimientos sencillos para la realización de la limpieza en conjunto con el tiempo de demora en cada actividad. Los tiempos finales de demora se tendrán en cuenta siempre para realizar los mantenimientos y antes de la operación de la máquina. Ver ANEXO 5.

La documentación de esta norma se representa en un diagrama de flujo, este servirá para auditar constantemente las normas efectuadas y evaluar el periodo de tiempo en demora buscando una solución para disminuirla cada vez más.

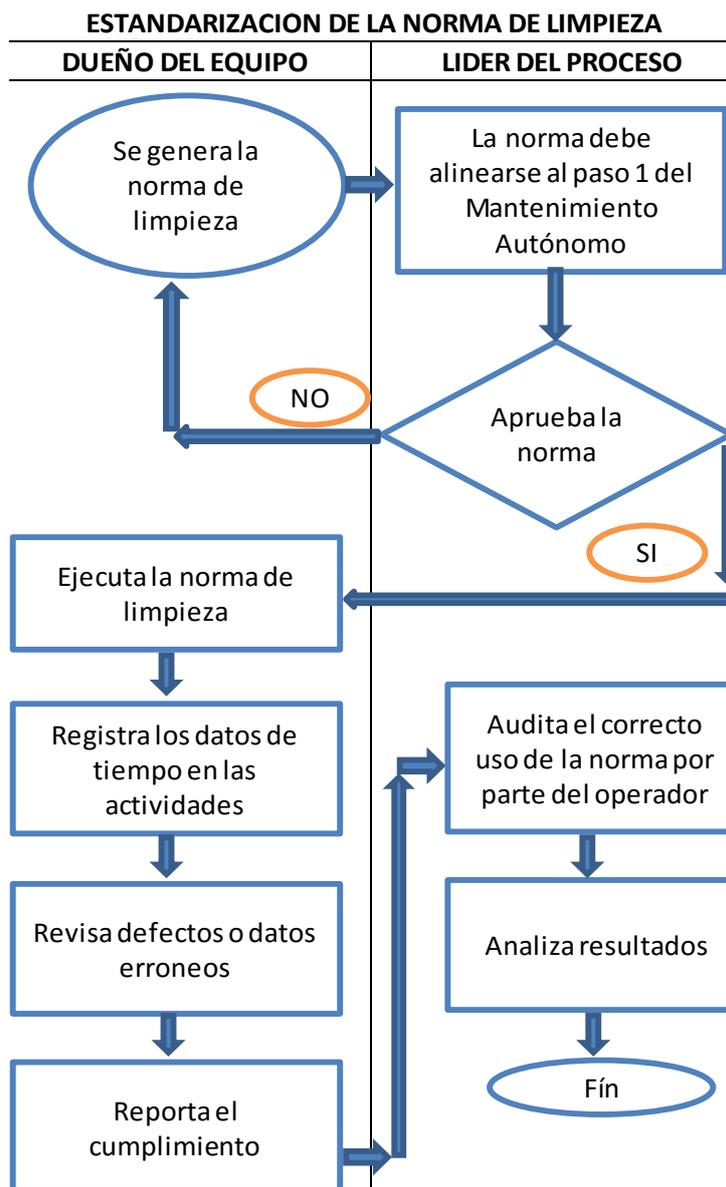


Figura 23. Estandarización de la norma de limpieza.

4.4.4 Paso 4. Auditoría General

Se revisa todas las anomalías previstas en las máquinas relacionadas a falta de limpieza, defectos en los componentes y todos los involucrados son los encargados de la vigilia y la solución ideal para corregirla. Para una adecuada aplicación se otorgó un cargo a cada persona que se encuentra involucrado con las máquinas.

Tabla 37.

Designación de cargo para la vigilia de las máquinas.

NOMBRE	FUNCIÓN	CARGO
José Toscano	Docente encargado	Líder de defectos
Estudiante	Operador de laboratorio	Líder de herramientas

Concluida la designación de cargos, se realiza un diagrama de flujo, donde se registra el procedimiento cuando encontremos una anomalía en las máquinas. Ver ANEXO 6.

Realizado el proceso de acuerdo a como lo indica el diagrama de flujo, se procede a firmar el acta de constancia que todo se realizó adecuadamente, en el siguiente formato. Ver ANEXO 7.

Las fallas más habituales en las máquinas se hacen presentes en la siguiente tabla. Nos ayudará a recurrir a una pronta solución evitando perder tiempo.

Estos tipos de defectos se encuentran generalizados ya que el principio de funcionamiento de las máquinas es el mismo:

Tabla 38.

Tipos de anomalías en las máquinas.

TIPOS DE ANOMALÍAS - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
TIPOS	ANOMALÍA	EJEMPLOS
Sistemas operacionales	Lubricación	Alta temperatura por falta de lubricante y refrigerante. Roturas por sobre velocidad. Cortocircuito por malas conexiones eléctricas. Fallas en pantallas por desprogramación del micro controlador. Falta de actualizaciones.
	Refrigeración	
	Electrónica	
	Eléctrica	
	Mecánica	
	Software	
Visual	Limpieza	Acumulación de polvo y material desecho en partes internas de los máquinas. Falla de elementos críticos durante
	Operación	

	Inspecciones	el funcionamiento. Malas prácticas durante el mantenimiento.
Contaminación	Materia prima	Roturas en mangueras de transporte de lubricante, refrigerante, líquidos. Exceso de material desecho durante la operación.
	Lubricante	
	Refrigerante	
	Gases	
	Líquidos	
	Auditiva	
Defectos	Material inusual	Partículas de material interfiriendo en la operación. Elementos desgastados o flojos. Aceite o refrigerante caducado.
	Golpeteos	
	Viscosidad	
Inseguridad	Área de trabajo	Basura y desorden en los puestos de trabajo. Irrespeto a la señalización. Fallas en las lámparas.
	Señalización	
	Iluminación	

4.4.5 Paso 5. Verificación Autónoma

Este paso se enfoca a ejercer una responsabilidad por parte del operador o estudiante a poder analizar y dar una excelente solución a la falla que detecte. Luego de cada trabajo finalizado en la máquina o final del día de prácticas en el laboratorio el operador brindará su propio testimonio de todo lo realizado ante el líder del Mantenimiento Autónomo y todos sus compañeros.

- Todos los procedimientos, formatos y actas deben cumplirse a cabalidad con el fin de seguir con una mejora continua respecto a la aplicación del Mantenimiento Autónomo.
- El personal debe ser muy responsable y consciente en todo momento, debe respetar lo implementado no solo por el beneficio personal sino por el beneficio del grupo de trabajo y de la Universidad. En el ámbito laboral es indispensable tener una adecuada formación en todo lo que se trata de Mantenimiento Autónomo, es ideal tener una sabia solución ante cualquier problema en especial cuando se trata de limpieza, el éxito de cualquier mantenimiento y operación es tener todo en orden, no existirá molestias que opaquen el ambiente, llegando a obtener un excelente trabajo final.

4.4.6 Paso 6. Estandarizaciones

Se refiere a establecer los formatos unificadamente para llevar toda la información registrada y controlada.

En este paso se aplica una lección llamada LUP (lección de un punto), se trata de un autoaprendizaje en sitio, donde se enfoca al funcionamiento de todas las máquinas y los diferentes trabajos que se realizan en ellas.

La LUP es un resumen de una hoja máxima donde se explicara el funcionamiento de algún elemento específico.

Para el LUP de funcionamiento de un elemento lo dispuesto en la hoja de resumen es ceder un 80% a la explicación gráfica y lo demás teórica. Ver ANEXO 8.

La ADT (ayuda de trabajo), lleva igual un 80% de explicación gráfica y la demás teórica, pero se basa en pasos o procedimientos de resolución. Ver ANEXO 9.

Para la creación de las LUP y ADT se realiza un diagrama de flujo con el fin de seguir paso a paso los procedimientos para la creación de estos. Ver ANEXO 10.

4.4.7 Paso 7. Dirección del Mantenimiento Autónomo

El trabajo en equipo cada semestre de estudios es indispensable para la aplicación del Mantenimiento Autónomo. La intervención del grupo es la suma de varias responsabilidades, la primera es la información aplicada a través de reuniones, la segunda es el conocimiento que se aplica a través de cursos rápidos, la tercera es la delegación de poder aplicado entregando la responsabilidad de cada acción al estudiante, la cuarta es el reconocimiento que sería una motivación al personal por las acciones exitosas realizadas. La aplicación correcta de esta fórmula ayudará a verificar si existe una buena comunicación y funcionamiento del mantenimiento autónomo, lo importante es que todo el grupo trabaje eficientemente para fomentar la unión y cumplir un objetivo grupal por el beneficio de todos.

La mejora continua o KAIZEN es una aplicación que ayudará a mejorar cada sitio o irregularidades que se pueda apreciar, a continuación realizamos un formato en conjunto con el equipo de trabajo para manejarlas de mejor manera. Ver ANEXO 11.

La aplicación de una mejora continua es un procedimiento que se debe seguirla de acuerdo a los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se realiza un diagrama de flujo para identificar los procedimientos adecuados para el manejo de KAIZEN. Ver ANEXO 12.

Para calificar el nivel de ayuda que obtuvo el Kaizen en el área, se realiza una tabla de valoración, la cual va a tener niveles de motivación de acuerdo a la actividad realizada.

Tabla 39.

Valoración de los puntos Kaizen.

VALORACIÓN DE PUNTOS KAIZEN - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
PUNTOS	CRITERIOS
1	Mejor inspección de los equipos.
	Mejor estandarización de elementos del laboratorio.
3	Disminuir fuentes de contaminación.
	Cero fallas en las máquinas.
	Mantener el orden y limpieza siempre.
5	Disminuir el tiempo de paradas y arranque.
	Disminuir tiempos en los mantenimientos.
	Uso de equipo de protección personal.
10	Optimización de recursos.
	Eliminar elementos innecesarios del área de trabajo.
	Disminuir los tiempos de elaboración de productos.

Los premios o incentivos KAIZEN están reflejados en puntos, al estudiante se le valorará la propuesta, se designará los puntos según la clasificación y se sumará a la nota más baja que tenga en la materia, el estímulo prácticamente no es económico, es netamente académico por medio de puntos a las notas.

4.5 Mantenimiento planificado

Para la implementación del mantenimiento planificado vamos a tomar en cuenta los siguientes lineamientos.

1. Evaluaciones actuales de las máquinas.
2. Diseñar un registro de datos.
3. Diseñar un plan de mantenimiento periódico.
4. Diseñar un plan de mantenimiento predictivo.
5. Inspecciones al plan del mantenimiento planificado.

Las máquinas no cuentan con un adecuado mantenimiento, tampoco con registros de las fallas habituales y necesidades de las mismas, lo cual todo lo que se ha realizado hasta el momento ha sido empíricamente. A partir de este lineamiento necesitamos llevar un registro de todas las anomalías que surjan en las máquinas para poder administrar de mejor manera los tiempos para la aplicación de los mantenimientos.

4.5.1 Planificación del mantenimiento

Se inicia identificando los indicadores de evaluación operacional de las máquinas, cumpliendo las siguientes etapas.

4.5.2 Selección de máquinas – mantenimiento planificado

Las máquinas seleccionadas son el Escáner 3D, la Fresadora CNC, Torno CNC, Impresora 3D, en cada una de ella debe ir un documento señalando las formas indicadas de realizar los mantenimientos y la ficha técnica:

PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

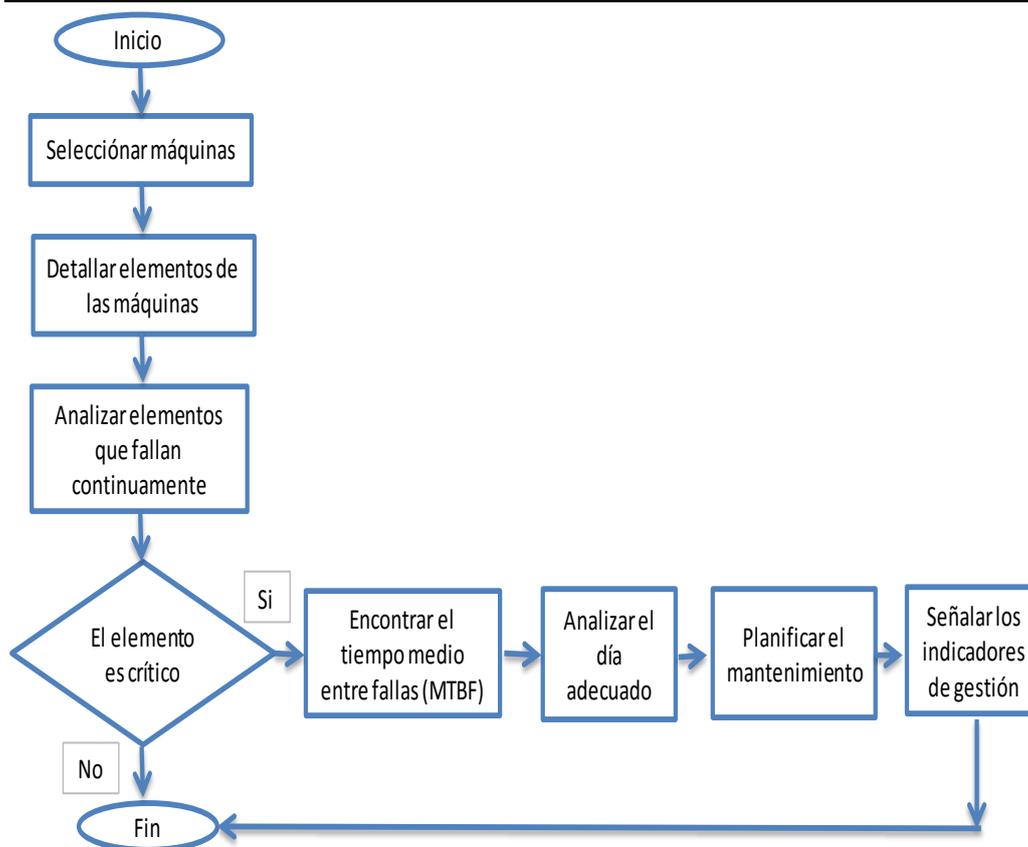


Figura 24. Planificación del mantenimiento.

4.5.3 Detallar componentes que fallan continuamente

Para identificar los componentes con fallas habituales se deben basar en información registrada o realizar un estudio durante cierto tiempo. Planteamos un formato en el cual vamos a detallar los problemas más habituales encontrados en las máquinas según registros. Ver ANEXO 13.

4.5.4 Calendario de mantenimiento de los equipos

Con información adquirida anteriormente y bajo recomendaciones que genera el fabricante, se procede a definir las horas/días y actividades que se deben cumplir en cada máquina para llevar un adecuado mantenimiento.

Tabla 40.

Cronograma de mantenimientos de las máquinas.

MANTENIMIENTO PLANIFICADO		
MÁQUINAS	ACTIVIDADES A REALIZAR	FRECUENCIA
ESCANER 3D	Revisar cable de alimentación.	Semestral
	Revisar adaptador de CA.	Semestral
	Revisar conmutador de bloqueo interno.	Trimestral
	Revisión de la tabla.	Trimestral
	Revisión de puertos de comunicación.	Semestral
	Revisar espacio de memoria del ordenador.	Semanal
	Actualización del software Lpx Roland.	Anual
FRESADORA CNC	Inspección del motor	2000 horas
	Sustitución del motor	6000 horas
	Revisión del collar	Semestral
	Revisión de la herramienta	Semestral
	Revisión de cables de alimentación	Semestral
	Actualización del software.	Anual
TORNO CNC	Revisar nivel de líquido refrigerante	Semanal
	Revisar nivel del tanque de lubricación.	Semanal
	Limpiar toda la máquina.	Diario
	Revisar la regulación apropiada del drenaje en el regulador del filtro.	Semanal
	Limpiar el tanque.	Semestral
	Revisar nivel de aceite en la caja.	Semanal
	Cambiar el líquido del refrigerante.	Anual
	Cambiar los filtros de aceite.	Anual
	Cambio de aceite de engranajes.	Anual
	Actualización del software Inventor CAM.	Anual
IMPRESORA 3D	Lubricación de la varilla roscada del eje z y la polea loca del eje x.	50 horas
	Limpieza del engranaje de impulsión.	8 horas
	Actualización del software Maket bot.	Anual

4.5.5 Implementación del plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se ejecutó a cada máquina y lo podemos apreciar en el ANEXO 14. En este plan de mantenimiento vamos a encontrar los datos técnicos de las máquinas y sus lineamientos para realizar los mantenimientos tomando en cuenta las fechas de su programación.

4.6 Cálculo de la Eficiencia General de los Equipos (OEE) semestre 2017-2

4.6.1 Cálculo OEE Escáner 3D semestre 2017-2

Tabla 41.

Datos para el cálculo del OEE semestre 2017-2 del Escáner 3D.

a. Tiempo de producción	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre).	16
Minutos operables (semanales).	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$16 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
d. Disponibilidad	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	30 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$30 \times 16 = 480$ Nota: Se mejoró el tiempo perdido en la programación.
3. Tiempo real de producción (minutos).	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	480
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 480 = 4.320$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	12
Producción real (unidades) por semestre.	11
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	11
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	1
Producto bueno (unidades) por semestre.	10

Tabla 42.

Cálculo del OEE semestre 2017-2 del Escáner 3D.

CÁLCULO OEE SEMESTRAL			
MÁQUINA:	Escáner 3D	FECHA:	15/03/2017
TURNO:	1	PRODUCTO:	Engrane
TIEMPO DE PRODUCCIÓN			
		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
DISPONIBILIDAD			
		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	480
	B	Tiempo real de producción (minutos)	4.320
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	90%
RENDIMIENTO			
	C	Producción teórica (unidades)	12
	D	Producción real (unidades)	11
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	91.66%
CALIDAD			
	E	Producción real (=D) (unidades)	11
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	1
	F	Producto bueno (unidades)	10
		Tasa de calidad (F/Ex100)%	90.90%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			73.71%

Con un porcentaje de 73.71% es regular. Aceptable solo en procesos de mejora, pérdidas económicas y baja competitividad.

4.6.2 Cálculo del OEE Fresadora CNC semestre 2017-2

Tabla 43.

Datos para el cálculo del OEE semestre 2017-2, Fresadora CNC.

a. Tiempo de producción	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre)	16
Minutos operables (semanales)	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$17 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
b. Disponibilidad	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	45 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$45 \times 16 = 720$
3. Tiempo real de producción (minutos)	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	720
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 720 = 4.080$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	30
Producción real (unidades) por semestre.	29
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	29
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	2
Producto bueno (unidades) por semestre.	27

Tabla 44.

Cálculo del OEE semestre 2017-2, de la Fresadora CNC.

CÁLCULO OEE POR SEMESTRE			
MÁQUINA:	Fresadora	FECHA:	15/03/2017
TURNO:	1	PRODUCTO:	Engrane
TIEMPO DE PRODUCCIÓN		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
DISPONIBILIDAD		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	720
	B	Tiempo real de producción (minutos)	4.080
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	85%
RENDIMIENTO	C	Producción teórica (unidades)	30
	D	Producción real (unidades)	29
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	96.66%
CALIDAD	E	Producción real (=D) (unidades)	29
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	2
	F	Producto bueno (unidades)	27
		Tasa de calidad (F/Ex100)%	93.10%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			75.8%

Con un valor de 75.8% es aceptable. Ligeras pérdidas económicas y competitividad baja.

4.6.3 Cálculo OEE del Torno CNC semestre 2017-2

Tabla 45.

Datos para el cálculo del OEE semestre 2017-2, del Torno CNC.

a. Tiempo de producción.	
1. Tiempo total de operación (minutos).	
Semanas laborales (por semestre)	16
Minutos operables (semanales).	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$16 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
c. Disponibilidad	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	30 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$16 \times 30 = 480$
3. Tiempo real de producción (minutos)	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	480
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 480 = 4.320$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	10
Producción real (unidades) por semestre.	7
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	7
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	1
Producto bueno (unidades) por semestre.	6

Tabla 46.

Cálculo del OEE semestre 2017-2, del Torno CNC.

CÁLCULO OEE POR SEMESTRE			
MÁQUINA:	Torno CNC	FECHA:	15/03/2017
TURNO:	1	PRODUCTO:	Cilindrado
TIEMPO DE PRODUCCIÓN			
		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
	A	Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
DISPONIBILIDAD			
		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	480
	B	Tiempo real de producción (minutos)	4.320
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	90%
RENDIMIENTO			
	C	Producción teórica (unidades)	10
	D	Producción real (unidades)	7
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	70%
CALIDAD			
	E	Producción real (=D) (unidades)	7
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	1
	F	Producto bueno (unidades)	6
		Tasa de calidad (F/Ex100)%	85.7%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			53%

Con un valor de 53% es inaceptable. Pérdidas económicas y baja competitividad.

4.6.4 Cálculo OEE de la Impresora 3D semestre 2017-2

Tabla 47.

Datos para el cálculo del OEE semestre 2017-2, Impresora 3D.

a. Tiempo de producción	
1. Tiempo total de operación (minutos)	
Semanas laborales (por semestre).	16
Minutos operables (semanales).	5 horas o 300 minutos
Tiempo total de operación (minutos) por semestre.	$17 \times 300 = 4.800$
Máquina no programada (minutos) por semestre.	0
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
b. Disponibilidad	
2. Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semana.	40 minutos
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	$40 \times 16 = 640$
3. Tiempo real de producción (minutos)	
Tiempo potencial de producción (minutos) por semestre.	4.800
Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos) por semestre.	640
Tiempo real de producción (minutos) por semestre.	$4.800 - 640 = 4.160$
4. Rendimiento	
Producción teórica (unidades) por semestre.	40
Producción real (unidades) por semestre.	38
5. Calidad	
Producción real (unidades) por semestre.	38
Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades) por semestre.	1
Producto bueno (unidades) por semestre.	37

Tabla 48.

Cálculo del OEE semestre 2017-2, de la Impresora 3D.

CÁLCULO OEE			
MÁQUINA:	Impresora 3D	FECHA:	15/03/2017
TURNO:	1	PRODUCTO:	Engrane
TIEMPO DE PRODUCCIÓN			
		Tiempo total de operación (minutos)	4.800
		Máquina no programada (minutos)	0
A		Tiempo potencial de producción (minutos)	4.800
DISPONIBILIDAD			
		Tiempos perdidos, daños, esperas (minutos)	640
B		Tiempo real de producción (minutos)	4.160
		Tasa de disponibilidad (B/A x 100)%	86.6%
RENDIMIENTO			
C		Producción teórica (unidades)	40
D		Producción real (unidades)	38
		Tasa de rendimiento ((D/C)x100)%	95%
CALIDAD			
E		Producción real (=D) (unidades)	38
		Pérdidas de calidad, desperdicios (unidades)	1
F		Producto bueno (unidades)	37
		Tasa de calidad (F/E x 100)%	97.3%
OEE: Disponibilidad x rendimiento x calidad			80.04%

Con un valor de 80.04 es aceptable. Ligeras pérdidas económicas y competitividad baja. La siguiente gráfica muestra los resultados del OEE mejorado, es decir implementado el TPM.

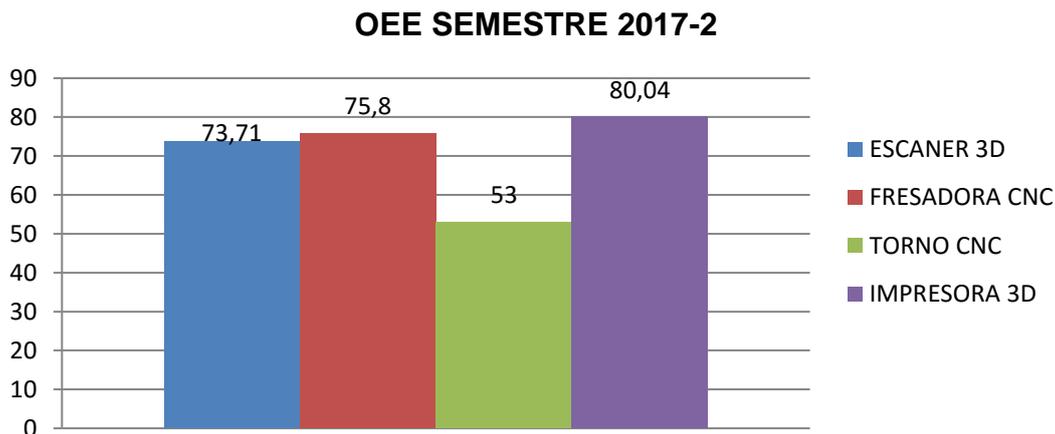


Figura 25. Gráfica OEE semestre 2017-2, de las cuatro máquinas.

El Escáner 3D= 73.71 la Fresadora CNC= 75.8 el Torno CNC = 53 la Impresora 3D= 80.04.

Realizamos la comparación entre el OEE mejorado y el no mejorado.

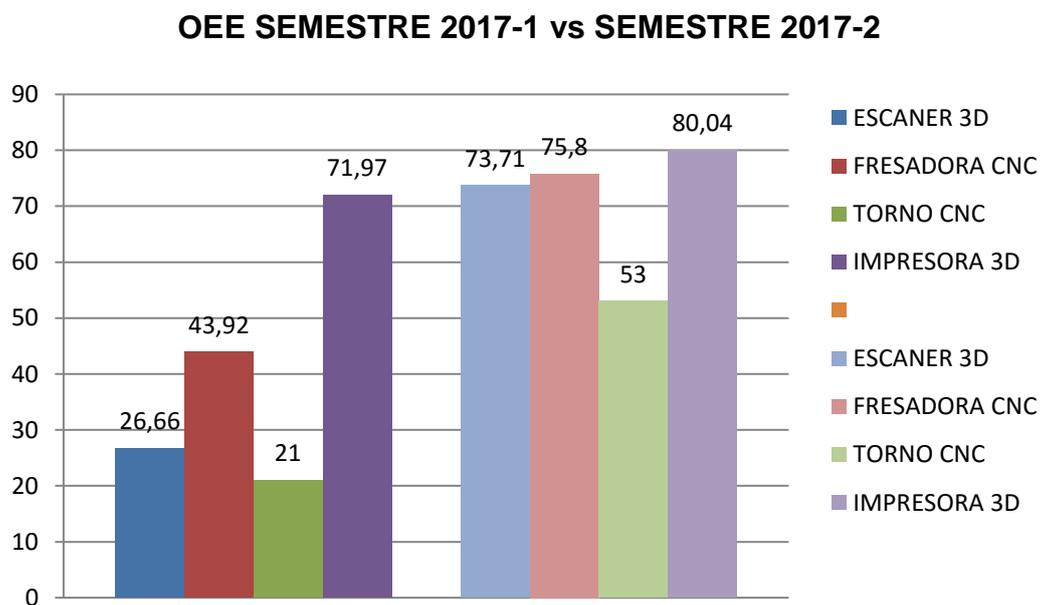


Figura 26. Gráfica comparación OEE semestre 2017-1 y semestre 2017-2.

Se observa una mejora absoluta una vez que se aplicó el Mantenimiento Productivo Total (TPM), gracias a todas las personas Docentes y Estudiantes involucradas en este proceso de implementación.

4.7 Indicadores de efectividad SEMESTRE 2017-2

Los valores a tomar en cuenta para el cálculo de los indicadores son tomados en el año 2017, el mes de Abril. Se tomaron estos meses para identificar si existió una mejora cuando se aplicó el TPM. Visualizar a continuación:

Tabla 49.

Datos actuales para el cálculo de indicadores de efectividad semestre 2017-2.

DATOS PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICADORES SEMESTRE 2017 – 2	
ESCÁNER 3D	
DATOS	ABRIL
Tiempo disponible (horas)	1.5
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.3
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.3
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.6
FRESADORA CNC	
DATOS	ABRIL
Tiempo disponible (horas)	20
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.25
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.08
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.33
IMPRESORA 3D	
DATOS	ABRIL
Tiempo disponible (horas)	20
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.33
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.16
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.5
TORNO CNC	
DATOS	ABRIL
Tiempo disponible (horas)	2
Tiempo que se paró por mantenimiento (horas)	0.45
Tiempo que se paró por operación (horas)	0.35
Número de paros por mantenimiento (paros)	1
Número de paros por operación (paros)	1
Tiempo total de paros (horas)	0.8

Una vez obtenidos los valores realizamos el cálculo de los indicadores mejorado:

Tabla 50.

Cálculo de los indicadores de efectividad semestre 2017-2.

CÁLCULO DE INDICADORES EN CADA MÁQUINA SEMESTRE 2017 – 2	
ESCÁNER 3D	
INDICADORES	ABRIL
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	1.2
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	1.2
Porcentaje de utilización (%)	60.0
FRESADORA CNC	
INDICADORES	ABRIL
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	19.75
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	19.92
Porcentaje de utilización (%)	98.4
IMPRESORA 3D	
INDICADORES	ABRIL
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	19.67
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	19.84
Porcentaje de utilización (%)	97.5
TORNO CNC	
INDICADORES	ABRIL
Tiempo medio entre fallas de mantenimiento (horas)	1.55
Tiempo medio entre fallas por operación (horas)	1.65
Porcentaje de utilización (%)	60.0

Los resultados se representan en las siguientes gráficas, los datos son correspondientes al periodo 2017-2, es decir aplicado el TPM, lo cual tendremos una mejora en relación a meses anteriores donde aún no se lo aplicaba.

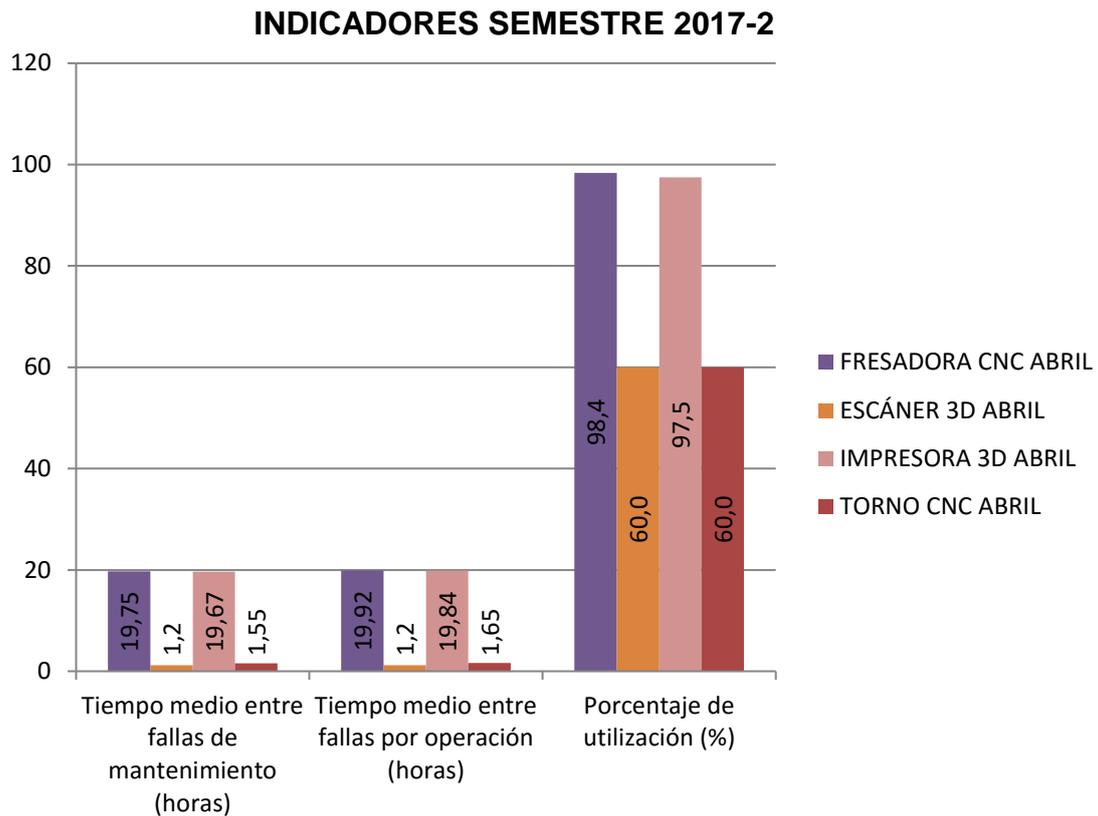


Figura 27. Gráfica de indicadores mejorados semestre 2017 - 2.

Los cálculos actualizados aplicados el Mantenimiento Productivo Total (TPM), subieron notablemente en el porcentaje de la utilización, mejorando los valores anteriores y cumpliendo con el objetivo de obtener una mejora continua.

En la siguiente gráfica comparamos los valores anteriores y actuales:

Los resultados obtenidos y analizados sobre los indicadores sin mejora y con mejora, tienen una ventaja notable los mejorados, ya que se aplicó el Mantenimiento Productivo Total a todo el laboratorio de prototipado.

Cabe recalcar el esfuerzo de todas las personas involucradas en el laboratorio para la obtención de estos valores que son parte de un objetivo planteado.

4.8 Gestión de seguridad y entorno

Se realizó una charla con todos los involucrados, acerca de la seguridad en el trabajo y la aplicación técnica durante la ejecución de los diferentes mantenimientos autónomos y preventivos.

Los objetivos que planteamos para este pilar son los siguientes:

- Implementar y estandarizar las Gestiones de Seguridad y Entorno acatando los requerimientos necesarios he identificados para una mejora continua en el laboratorio.
- Evitar incidentes durante la operación de las máquinas y promover un ambiente de trabajo agradable para una mejor productividad del operador u estudiante.

Además la Gestión de Seguridad y Entorno se relaciona 100% con el TPM, es decir se promueve una ayuda recíproca para obtener un mejor desarrollo y cuidado del personal y las áreas de trabajo y un mejor beneficio final de crecimiento para la Universidad u Organización.

4.8.1 Análisis de riesgos en los puestos de trabajo

Para realizar el estudio vamos a identificar los términos y valores a asignar en las matrices:

Tabla 51.

Determinación de niveles de eficiencia.

CUADRO N° 3: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DEFICIENCIA		
NIVEL DE DEFICIENCIA	ND	SIGNIFICADO
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgos no se ve reducida de forma apreciable
Aceptable (B)	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado.

Tabla 52.

Determinación de niveles de exposición.

CUADRO N° 4: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN		
NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	SIGNIFICADO
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo
Esporádica (EE)	1	Irregularmente

Tabla 53.

Determinación de niveles de consecuencias.

CUADRO N° 6: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONSECUENCIAS			
NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	SIGNIFICADO	
		DAÑOS PERSONALES	DAÑOS MATERIALES
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Dstrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Dstrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Tabla 54.

Significado de los niveles de intervención.

SIGNIFICADO DEL NIVEL DE INTERVENCIÓN		
NIVEL DE INTERVENCIÓN	NR	SIGNIFICADO
I	4000 - 600	Situación crítica. Corrección urgente
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control
III	120 - 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique

4.8.2 Matriz de identificación de factores de riesgo

La matriz fue ejecutada en el laboratorio analizando los posibles riesgos que existen y pueden generarse a corto y largo tiempo. Los principales factores de riesgos identificados son los físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales y accidentes mayores.

El laboratorio está relacionado con todos los riesgos, ya que operan máquinas que funcionan con electricidad y actúan mecánicamente, generándose altas temperaturas, desperdicios para obtener finalmente el producto final, además los estudiantes deben estar de pie o sentados y en algunos casos realizar acciones repetitivas.

Observando e identificando todos estos detalles, desarrollamos la siguiente matriz. Ver ANEXO 15.

4.8.3 Matriz de identificación de factores de riesgo por proceso y subprocesos.

Esta matriz la realizamos para identificar los riesgos existentes y posibles que pueden llegar a sufrir principalmente el Docente, el Estudiante y el Personal de Mantenimiento. Se evalúan los mismos factores de riesgos identificados en la anterior matriz, solo que ahora está analizada a cada proceso. Ver ANEXO 16.

4.9 Análisis financiero de la implementación

4.9.1 Gastos anteriores

Los gastos que se muestran a continuación corresponden a los mantenimientos realizados a las máquinas en fechas anteriores a la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

a. ESCÁNER 3D

Tabla 55.

Costo del mantenimiento general del Escáner 3D.

Mantenimiento General	Costo
Mantenimiento General	600 usd
Pruebas de funcionamiento	
Verificación del sensor	

c. FRESADORA CNC

Tabla 56.

Costo del mantenimiento general de la Fresadora CNC.

Mantenimiento General	Costo
Limpieza	600 usd
Pruebas Mecánicas	
Pruebas eléctricas	

d. IMPRESORA 3D

Tabla 57.

Costo del mantenimiento general de la Impresora 3D.

Mantenimiento General	Costo
Limpieza	800 usd
Pruebas Mecánicas	
Pruebas eléctricas	

e. TORNO CNC

Tabla 58.

Costo del mantenimiento general del Torno CNC.

Mantenimiento General	Costo
Limpieza	800 usd
Alineación	
Cambio de aceite	
Pruebas mecánicas	
Pruebas eléctricas – electrónicas	

4.9.2 Gastos actuales

En la siguiente tabla describimos los gastos de material destinado a la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y mantenimientos de las máquinas.

a. Materia prima

Tabla 59.

Gastos actuales en materia prima durante la aplicación del TPM.

MATERIALES	COSTO (usd)
Letrero use guantes 30x20cm	\$2.67
Letrero use gafas de seguridad 30x20cm	\$2.67
Cinta de señalización a/n 33mx48mm	\$8.23
Tacho PVC style vaivén 25LT Blanco Rimax	\$8
Letreros con cinta adhesiva rojos – blanco	\$5
Adhesivos cuadrados de colores	\$7
Limpiador de contactos	\$8
Grasa alemana para ejes	\$15
Lubricador W40	\$9
Repuestos extras	\$400
TOTAL	\$465.57

4.9.3 Costo – Beneficio

Tabla 60.

Costo beneficio durante la optimización en los mantenimientos.

COSTOS	BENEFICIOS
Mantenimiento fresadora cnc \$600	Materia prima \$465.57
Mantenimiento escáner 3d \$600	Mantenimiento escáner 3d \$500
Mantenimiento impresora 3d \$800	Mantenimiento impresora 3d \$700
Mantenimiento torno cnc \$800	Mantenimiento torno cnc \$700
Total \$2800	Mantenimiento fresadora cnc \$500
	Total \$2865.57

4.9.4 Análisis Costo – Beneficio

Los cálculos muestran un ahorro sustancial en los mantenimientos teniendo como resultado $(2800 - 2865.57) = \$-65,57$ de optimización.

El Costo - Beneficio es $(2865.57/2800) = \$1.02$ de retorno por cada dólar invertido.

Con este análisis podemos concluir que la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el laboratorio es apta para optimizar los costos de mantenimiento.

Al ser mayor que la unidad el proyecto es rentable. Los costos pueden ser similares, pero con la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), logramos ampliar el tiempo de ejecución de mantenimientos evitando gastos concurrentes y optimizando notablemente el presupuesto.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Para alcanzar los objetivos propuestos usamos únicamente las técnicas y herramientas necesarias correspondientes al TPM y Seguridad Industrial, obviando otras que no aporten a este desarrollo.

La aplicación de las 5S fue base fundamental para la ejecución del TPM, cualquier trabajo ejecutado fue realizado principalmente en un ambiente limpio y ordenado, para la obtención de un resultado de calidad.

La eficiencia general de los equipos (OEE), ayudó a determinar el nivel de eficiencia productiva de las máquinas e identificar los procesos en los cuales existía anomalías, logrando establecer indicadores de monitoreo contante para una adecuada ejecución de los mantenimientos.

Los procedimientos de operación detallados en las fichas de cada máquina fueron de gran aporte al conocimiento práctico del estudiante, llegó a ser parte de una retroalimentación diaria antes del uso del equipo.

Como ayuda los planes de mantenimiento diseñados y ejecutados a cada máquina, aportaron al mejor desarrollo y vida operacional, logrando obtener disminuciones de tiempo en trabajo y cero defectos en los productos terminados.

Se concluyó que la implementación de matrices de riesgo fue oportuno para detectar los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los estudiantes durante la operación de las máquinas, alertamos y reducimos posibles accidentes e incidentes en el área de mecanizado, con el fin de cuidar la integridad de todas las personas involucradas en el laboratorio.

5.2 Recomendaciones

Es recomendable consultar a las personas que tienen experiencia junto a las máquinas, sobre los problemas más comunes que atraviesan durante las operaciones, nos ayuda a ahorrar tiempo en identificar una anomalía y solucionarla.

Exponer los formatos para seguir recopilando información del uso y comportamiento de la maquinaria para que el plan cada vez se mejore y se ajuste a una realidad más acertada.

Usar los indicadores de mantenimiento para monitorear y diagnosticar la eficiencia operacional de las máquinas, tomando acciones inmediatas para evitar una falla imprevista.

Capacitar a los estudiantes nuevos, cada semestre que ingresan a trabajar al laboratorio, acerca de las estandarizaciones realizadas durante la aplicación del TPM, para aprovechar nuevas ideas de mejora continua a corto y largo plazo.

Manejar continuamente el plan de seguridad industrial diseñado, para inculcar al conocimiento de todos los involucrados, evitando tener incidentes durante las operaciones o en actividades dentro del área de trabajo.

REFERENCIAS

- Abhishek, J., Rajbir, B. y Harwinder, S. (2014). Total productive maintenance (TPM) implementation practice. Recuperado el 12 de octubre de 2017 de https://www.researchgate.net/profile/Harwinder_Singh4/publication/265969860_Total_productive_maintenance_TPM_implementation_practice/links/54ed4c6d0cf27bfd77249e3.pdf
- Ahuja, I. y Khamba, J. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. Recuperado el 19 de octubre de 2017 de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37009182/total_productive.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1515369015&Signature=S8IR6R8I55YEv1ro%2FuNM4vI9Keg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DInternational_Journal_of_Quality_and_Rel.pdf
- Berral, I. (2016). Equipos microinformáticos. Recuperado el 29 de octubre de 2017 de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/viewFile/11013/11860>
- Cortés, J. (2007). Seguridad e Higiene en el Trabajo. España: Editorial Tebar.
- Cuatrecasas, L. (2012). Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. En L. Cuatrecasas, Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Falagán, M., Canga, A., Ferrer, P. y Fernández, J. (2000). Manual básico de prevención de riesgos laborales: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía. Madrid: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.

- Gallego, J. (2014). FP Básica - Montaje y mantenimiento de sistemas y componentes informáticos. España: Ed. Editex.
- Gómez, C. (2001). Mantenimiento Productivo Total. Una visión global. España: Lulu.com.
- Lefcovich, M. (2009). Una visión global. En M. Lefcovich, Estrategia Kaizen. Córdoba: El Cid Editor | apuntes.
- Luna, F. (2012). Prevención de riesgos laborales. España: Editorial Vértice.
- Pascale, L. y Ciprian, P. (2012). Mathematical Decision Model to Improve TPM Indicators. Recuperado el 29 de octubre de 2017 de <http://www.ssai.valahia.ro/~duta/pdfs/INCOM2012.pdf>
- Ranteshwar, S., Ashish, G., Dhaval, S. y Sanjay, D. (2012). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine. Recuperado el 22 de octubre de 2017 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000854>
- Sánchez, J. (2007). Propuesta para la implementación del mantenimiento total productivo (TPM). Propuesta para la implementación del mantenimiento total productivo (TPM) Colombia: El Cid Editor - Ingeniería.
- Sánchez, S. (2010). Higiene y seguridad industrial. En S. Meza, Higiene y seguridad industrial. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Sarang, K., Sadashiv, W. y Ravikant, P. (2013). Study of Total Productive Maintenance & Its Implementing Approach in Spinning Industries. Recuperado el 21 de octubre de 2017 de <http://ijettjournal.org/volume-4/issue-5/IJETT-V4I5P85.pdf>
- Somolinos, J. (2002). Avances en robótica y visión por computador. España: Univ de Castilla La Mancha.

ANEXOS

ANEXO 1. ESTANDARIZACIÓN DE LAS 5S

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL							
AUTOR: ÁLVARO GUZMÁN				FECHA: 03-07-2017			
ESTANDARIZACIÓN 5S							
CRITERIO	ESTÁNDAR	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	VALOR
Introducción 5S	Capacitaciones	Capacitación a estudiantes nuevos	Ejecución de Clasificar	Ejecución de Organizar	Ejecución de Limpiar	Las 5S aplicada en el área	5
Documentación	Información de procesos implementados al personal	Conocimiento de procedimientos, fichas técnicas, señalizaciones	Uso adecuado de fichas técnicas	Ubicación adecuada de la documentación	Usar todos los documentos	La documentación es un control de las operaciones	4
Distribución de elementos	Aplicación de códigos de colores a la herramienta	Comunicación al personal	Identificación de cancelas donde se guarda la herramienta	Organización de la herramienta	Mantenimiento permanente de la herramienta	Registro de la herramienta	4
Limpieza del área	Cumplimiento de actividades de limpieza diarias	Identificar los implementos de limpieza necesarios	Aplicación del plan de limpieza	Se aplica y se cumple el 60% del plan de limpieza	Se aplica y se cumple el 100% del plan de limpieza	Realizar la limpieza antes y después de usar la máquina	5

Demarcación de pisos	Identificación de zonas	Capacitación al personal	Se demarca el 50% del piso en los puestos de trabajo	Se demarca el 100% del piso en los puestos de trabajo	Se mantienen limpias y sin obstáculos las zonas demarcadas	Se respetan las señales	4
Identificación eléctrica	Señalización de elementos eléctricos	Información al personal	Se señala fuentes de poder, swiches, cables.	Se señala el 50% de elementos eléctricos del laboratorio	Se señala el 100% de elementos eléctricos del laboratorio	Si realiza auditorías del estado de los stickers de señalización	5
Identificación de puestos de trabajo	Señalizaciones	Información al personal	Identificación de cada máquina y cancelas	Un 50% de todos los elementos se encuentran señalizados	Un 100% de todos los elementos se encuentran señalizados	Auditorías permanentes	5
Fichas de las máquinas	Identificación operacional	Información al personal	Marcación de especificaciones de cada máquina	Se marcan el 40% de las máquinas	Se marcan el 100% de las máquinas	Evaluaciones continuas	5
Desecho de desperdicios	Señalización de basureros	Información al personal	Ubicación adecuada de los basureros	Se señalizan el 70% de los basureros	Se señalizan el 100% de los basureros	Mejora continua al reciclaje	5
TOTAL							42



5 Minutos

SHITSUKE

OBJETIVO
CONVERTIR LA METODOLOGÍA DE
LAS 5S EN PARTE FUNDAMENTAL
DE LA CULTURA DEL ÁREA

1. Identificar elementos que no hacen parte del área de trabajo
2. Ubicar los elementos necesarios que no están en su sitio, en los lugares que corresponde
3. Revisión de las fuentes de suciedad
4. Revisión de letreros y demarcaciones

ANEXO 3. LINEAMIENTOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO	
TOTAL 	
AUTOR: ALVARO GUZMAN	FECHA: 03-07-2017
MOTIVO DEL PROYECTO	
PROPÓSITO	Aplicar el Mantenimiento Autónomo en el Laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial.
	Capacitar y desarrollar habilidades en los estudiantes para reducir fallas en las máquinas.
ANTECEDENTES	El Mantenimiento Autónomo en conjunto con la técnica 5S busca mejorar la productividad de las máquinas evitando cero defectos.
RESULTADOS DESEADOS	
NECESIDADES	Mejorar la productividad de las máquinas con cero defectos.
CRITERIO DE ÉXITO	Reducción de contaminantes aplicando orden y limpieza para una mejor identificación de fallas y mejor ambiente laboral.
DURACIÓN	4 meses
LINEAMIENTOS	
HERRAMIENTAS	Técnica 5S.
	Código de colores.
	Mantenimiento Autónomo.
	Plan de limpieza.
	Mejoramiento continuo.
PRIORIDADES	Orden, clasificación y limpieza en los puestos de trabajo.
	Mejorar la productividad de las máquinas.
	Cero defectos en máquinas y productos.
RECURSOS	
INTEGRANTES	Álvaro Guzmán - José Toscano
SESIONES	Dos mensuales
CLIENTE	
Universidad de las Américas - Laboratorio de Ingeniería en Producción Industrial	

ANEXO 4. FUENTES DE PELIGRO EN LAS MÁQUINAS DURANTE EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL			
AUTOR: ÁLVARO GUZMÁN		FECHA: 03-07-2017	
MAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO ESCÁNER 3D			
Fuente de poder	S. Seguridad operario	S. Seguridad máquina	Factores de Riesgo
Fuente de contaminación			
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD DEL	SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA	FACTOR DE RIESGO
Cables alimentación de energía 110 V. Interruptor de alimentación 110 V.	Swich de encendido y apagado; el mismo que funciona como para de amergencia.	Tapa de protección de rayos laser.	Swich destinado a solo cumplir la función parada de emergencia.

MAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO FRESADORA CNC

● Fuente de poder
 ● S. Seguridad operario
 ● S. Seguridad máquina
 ● Factores de Riesgo
● Fuente de contaminación



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD DEL	SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA	FACTOR DE RIESGO
Cables alimentación de energía 110 V. Interruptor de alimentación 110 V.	Swich de encendido. Switch de apagado. Schitch de parada de emergencia.	Cubierta de protección.	Recilador de basura ineficiente.

MAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TORNO CNC

● Fuente de poder
 ● S. Seguridad operario
 ● S. Seguridad máquina
 ● Factores de Riesgo
● Fuente de contaminación



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD DEL	SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA	FACTOR DE RIESGO
Cables alimentación de energía 110 V. Interruptor de alimentación 110 V.	Swich de encendido. Switch de apagado. Schitch de parada de emergencia.	Tapa de protección.	Acumulación de limallas.

MAPA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO IMPRESORA 3D

● Fuente de poder	● S. Seguridad operario	● S. Seguridad máquina	● Factores de riesgo
● Fuente de contaminación			



SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD DEL	SISTEMA DE SEGURIDAD DE LA	FACTOR DE RIESGO
Cables alimentación de energía 110 V. Interruptor de alimentación 110 V.	Switch de encendido. Switch de apagado.	Cubierta de protección.	No cuenta con un Switch destinado a parada de emergencia.

ANEXO 5. NORMAS DE LIMPIEZA DE LAS MÁQUINAS

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL				
AUTOR: ÁLVARO GUZMÁN			FECHA: 03-07-2017	
NORMA DE LIMPIEZA ESCANER 3D				
Paso S	Elemento	Estandarización	Herramienta	Tiempo
1	Cables de energía y adaptador USB	Revisar conexión. Verificar que no exista desgaste de protecciones. Verificar que se encuentre libre de óxidos. Reajustar.	Lija fina, franela, alcohol.	2
2	Puerta	Verificar ajuste de pernos. Realizar limpieza.	Franela, agua, desarmador.	2
3	Asa	Verificar ajuste y sistema de seguridad.	Desarmador y llaves Allen.	1
4	Tabla	Realizar limpieza. Verificar su rotación.	Franela, agua.	2
5	Conmutador de bloqueo interno	Verificar el accionamiento del bloqueo. Realizar limpieza.	Franela, agua.	1
6	Botón de alimentación	Verificar el accionamiento de encendido y apagado. Realizar limpieza.	Franela, agua.	1

7	Indicadores de movimiento	Verificar el encendido de todos los leds. Realizar limpieza.	Franela, agua.	1
8	Cuerpo de la señal Laser	Verificar el correcto funcionamiento lineal, horizontal y rotacional. Realizar limpieza.	Franela, agua, desarmador.	2
Observaciones: La máquina se usa regularmente.			Total (Minutos)	12

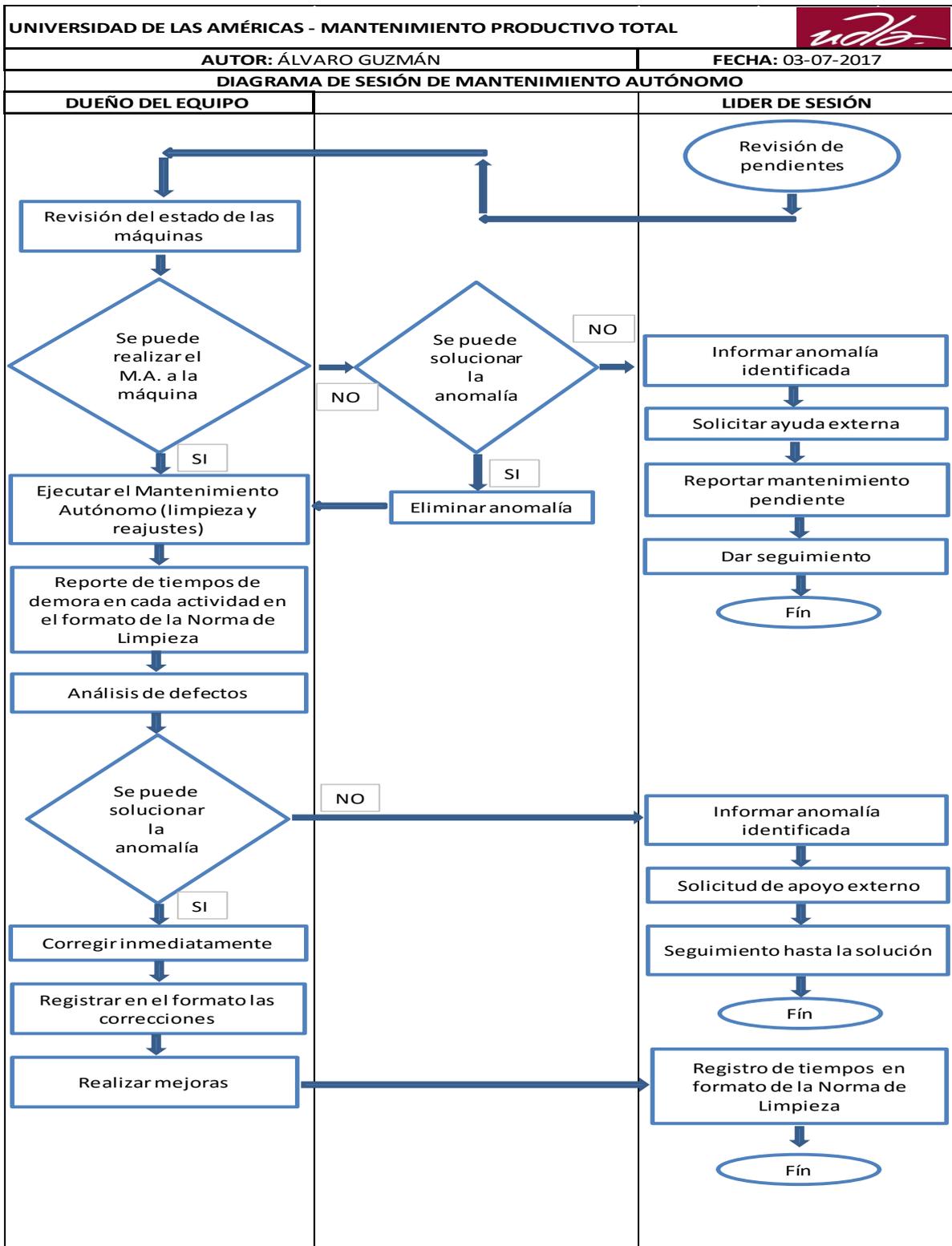
NORMA DE LIMPIEZA FRESADORA CNC				
Pasos	Elemento	Estandarización	Herramientas	Tiempo
1	Cables de energía	Revisar conexión. Verificar que no exista desgaste de protecciones. Verificar que se encuentre libre de óxidos. Reajustar.	Lija fina, franela, limpiador de contactos, desarmador.	2
2	Conmutador de parada de emergencia	Verificar su accionamiento. Realizar limpieza.	Franela, desarmador plano.	2
3	Botones de funcionamiento	Verificar accionamiento según su función. Verificación de encendido de leds. Realizar limpieza.	Desarmadores, llaves Allen, franela, alcohol.	2
4	Rotor (collar, herramienta de corte)	Verificar juegos axiales. Verificar estado de desgaste de la banda.	Franela, agua, desarmador, llaves Allen.	4
5	Tabla	Verificar rotación. Realizar limpieza.	Franela, agua	1
6	Cubierta frontal	Verificar ajuste. Realizar limpieza.	Franela, agua, desarmador.	1

7	Conector de señales de entrada.	Verificar desgastes. Verificar ajustes. Verificar óxidos. Realizar limpieza.	Franela, limpiador de contactos, desarmador,	4
Observaciones: La máquina se usa consecutivamente.			Total (Minutos)	16

NORMA DE LIMPIEZA TORNO CNC				
Pasos	Elemento	Estandarización	Herramientas	Tiempo
1	Cables de energía	Revisar conexión. Verificar que no exista desgaste de protecciones. Verificar que se encuentre libre de óxidos. Reajustar.	Lija fina, franela, alcohol.	2
2	Mandril tres guías	Realizar lubricación. Verificar rotación. Realizar limpieza.	Grasa, franela, W40, llaves de sujeción.	2
3	Cubierta protectora	Verificar recorrido horizontal. Realizar limpieza.	Franela, agua, desarmador.	1
	Botones de funcionamiento	Verificar accionamiento según su función. Verificación de encendido de leds. Realizar limpieza.	Desarmadores, llaves Allen, franela, agua.	
	Caja eléctrica	Realizar limpieza.	Franela, alcohol.	1
4	Conmutador de parada de emergencia	Verificar su accionamiento. Realizar limpieza.	Franela, agua, desarmador.	1
5	Carril guía	Realizar limpieza.	Franela, W40.	3
6	Cuchilla eléctrica	Verificar ajuste. Verificar desgaste de la cuchilla. Realizar limpieza.	Llaves Allen, franela, W40.	4
Observaciones: La máquina se usa continuamente.			Total (minutos)	14

NORMA DE LIMPIEZA IMPRESORA 3D				
Pasos	Elemento	Estandarización	Herramientas	Tiempo
1	Cables de energía	Revisar conexión. Verificar desgaste de protecciones. Verificar que se encuentre libre de óxidos. Reajustar.	Lija fina, franela, alcohol.	2
2	Sistema de puente	Realizar lubricación.	Grasa.	2
3	Panel LCD	Verificar encendido. Realizar limpieza.	Franela, agua, desarmador.	1
4	Base de impresión caliente	Realizar limpieza. Verificar ajuste.	Franela, alcohol, espátula, llaves Allen.	2
5	Tubos guía del filamento	Verificar desgaste y posibles fugas. Comprobar ajuste. Realizar limpieza.	Llave de boca, franela, alcohol.	2
6	Bobina del filamento	Verificar ajuste.	Destornillador.	1
7	Ventiladores	Verificar ajuste. Verificar funcionamiento normal de aletas. Realizar limpieza.	Llave de boca, franela, alcohol.	3
8	Boquilla del extrusor	Realizar limpieza.	Franela, alcohol.	2
9	Calentadores de cartucho	Realizar limpieza.	Franela, alcohol.	1
10	Bloque de engranajes	Verificar su desgaste. Verificar su juego axial. Realizar limpieza.	Desarmador, franela, alcohol.	3
11	Extrusor	Verificar ajuste. Realizar limpieza.	Franela, alcohol.	2
12	Manija de puerta de la cubierta	Verificar ajuste.	Desarmador.	1
Observaciones: La máquina se usa rara vez.			TOTAL	22

ANEXO 6. PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE UNA ANOMALÍA EN LAS MÁQUINAS



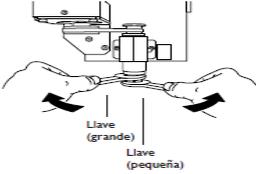
ANEXO 7. ACTA DE CONSTANCIA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO						
TOTAL						
AUTOR: ÁLVARO GUZMÁN			FECHA: 03-07-2017			
ACTA MANTENIMIENTO AUTÓNOMO						
Fecha:	09/06/2017	Hora inicio:	8:00 AM	Hora fin:	13:00 PM	
Encargados:	Álvaro Guzmán					
N°	ACTIVIDADES				TIEMPO	
1	Identificación de las máquinas.				20	
2	Remarcación de pisos.				60	
3	Limpieza de las áreas de trabajo de las máquinas.				30	
4	Limpieza de cancelas.				20	
5	Implementación de basureros.				10	
6						
7						
8						
9						
10						
					TOTAL (Minutos)	140
PLAN DE ACCIÓN PENDIENTE						
PLAN DE ACCIÓN	RESPONSABLE		FECHA	AVANCE		
Mantenimiento de las máquinas	Álvaro Guzmán		09/06/2017	0%		
HORAS HOMBRE						
Horas hombre: N° asistente * tiempo de actividad = 140 minutos						
Revisado por (Líder M.A.): José Toscano						

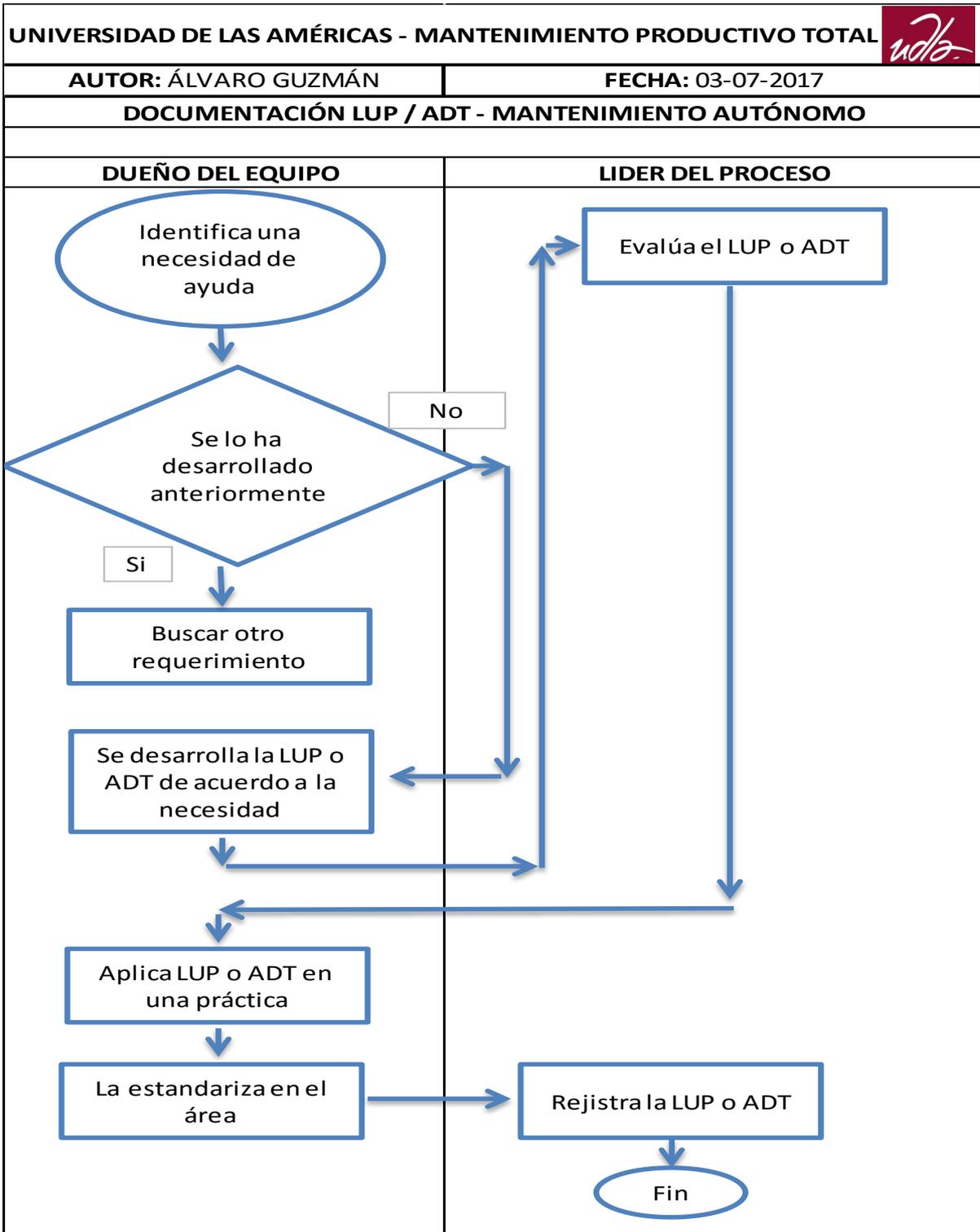
ANEXO 8. LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP)

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	
LUP- MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
COLOCACIÓN DE PRODUCTO EN LA TABLA DEL ESCÁNER 3D	
Tema:	Colocación de producto en la tabla del escáner 3D.
Realizado por:	Álvaro Guzmán
Revisado por:	José Toscano
<div data-bbox="264 887 639 1077" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"><p>El objeto no debe sobresalir los límites de medida de la tabla.</p></div> <div data-bbox="703 920 1050 1402" style="text-align: center;"></div> <div data-bbox="879 1442 1362 1659" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto;"><p>Coloque el objeto en una posición donde el rayo láser pueda penetrar los vacíos, para una exploración más fácil.</p></div>	

ANEXO 9. AYUDA DE TRABAJO (ADT)

ADT - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
FRESADORA CNC		
TEMA:	Instalar una herramienta y ajustar la posición de inicio	
PROPÓSITO:	Definir el proceso.	
CUANDO SE APLICA:	Cuando se realice un diseño nuevo	
MATERIAL:	Fresa de acero	
EPP:	Guantes	
ELABORADO POR:	Álvaro Guzmán	
REVISADO POR:	José Toscano	
ACTIVIDADES		
Pasos	Puntos clave	Imágenes
Paso 1: Situación de campos de origen. - Ajustar los puntos x, y, z de origen. - Los puntos x, y sirven para la posición de inicio del corte. - El punto z se alineará con la superficie. - Los ajustes deben coincidir con el tamaño de la pieza y la longitud del cutter.	Identificar los puntos x,y,z	
Paso 2: Instalar una herramienta. - Cerrar la cubierta central.	Centrar	
Paso 3: Insertar el mandril del collar y la herramienta. - Sujetar la herramienta para evitar que se caiga y gire el mandril del collar.	Ajustar al lado derecho	
Paso 5: Apretar el collar con las llaves.	Sujeción normal	

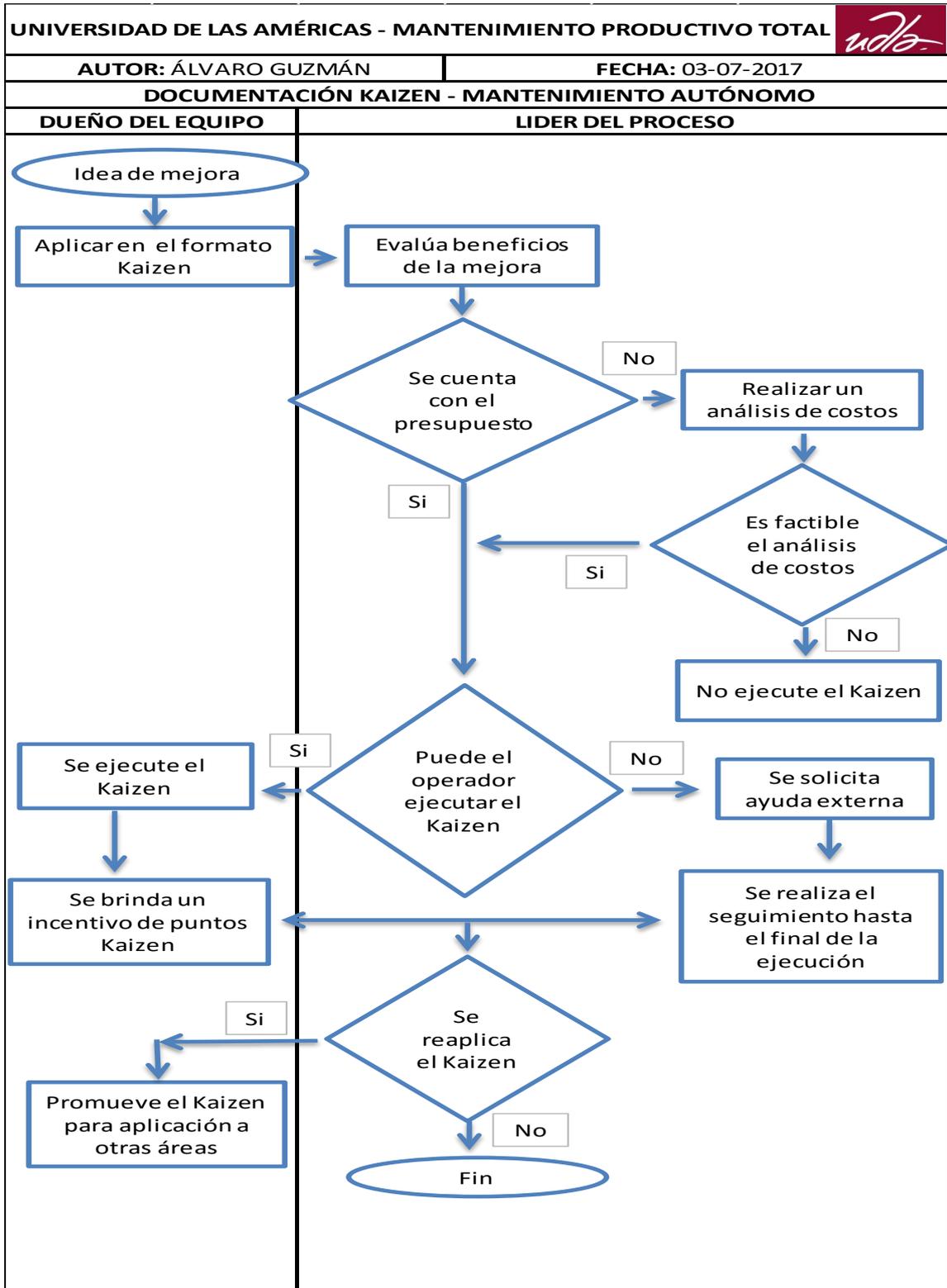
ANEXO 10. PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE UN LUP O ADT



ANEXO 11. KAIZEN O MEJORA CONTINUA EN EL LABORATORIO

KAIZEN - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO						
Tema:	Mejora de la pintura de la señalización					
Realizado por:	Álvaro Guzmán					
Aprovado por:	José Toscano					
	Foto	Detalles				
		de la señalización del piso se encontraba borrada y desgastada.				
Sin mejora						
	Foto	Detalles				
		Se cambio para volver a tener una mejor vista de la señalización y del Laboratorio.				
Mejorado						
Costo de implementación= Usd 30 \$						
ÁREA DE BENEFICIO			PUNTUACIÓN			
Calidad			1	3	5	7
Orden y limpieza	x					X
Costo						
Seguridad	X					
Visión	X					

ANEXO 12. PROCEDIMIENTOS PARA LA APLICACIÓN DEL KAIZEN



ANEXO 13. REGISTRO DE FALLAS HABITUALES DE LAS MÁQUINAS

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL				
AUTOR: ÁLVARO GUZMÁN			FECHA: 03-07-2017	
REGISTRO DE FALLAS DE LA MÁQUINA				
ESCANER 3D				
Fecha	Elemento	Causa	Acción	Tiempo
04-03-17	Adaptador de CA	Terminal desgastado	Cambio	15 min
28-03-17	Puerta	Mal manejo	Reajuste	10 min
02-04-17	Conmutador de bloqueo interno	Flojo	Reajuste	10 min
REGISTRO DE FALLAS DE LA MÁQUINA				
FRESADORA CNC				
Fecha	Elemento	Causa	Acción	Tiempo
03-02-17	Correa	Rota	Cambio	20 min
12-04-17	Collar	Desgastado	Cambio	10 min
25-05-17	Herramienta de corte	Desgastada	Cambio	10 min
REGISTRO DE FALLAS DE LA MÁQUINA				
TORNO CNC				
Fecha	Elemento	Causa	Acción	Tiempo
17-03-17	Mandril	Oxidado	Lubricación	10 min
22-04-17	Refrigerante	Obsoleto	Cambio	20 min
23-05-17	Adaptador de CA	Flojo	Reajuste	5 min
REGISTRO DE FALLAS DE LA MÁQUINA				
ESCANER CNC				
Fecha	Elemento	Causa	Acción	Tiempo
11-06-17	Varilla roscada	Reseca	Lubricación	10 min
30-06-17	Extrusor	Tapado	Limpieza	30 min

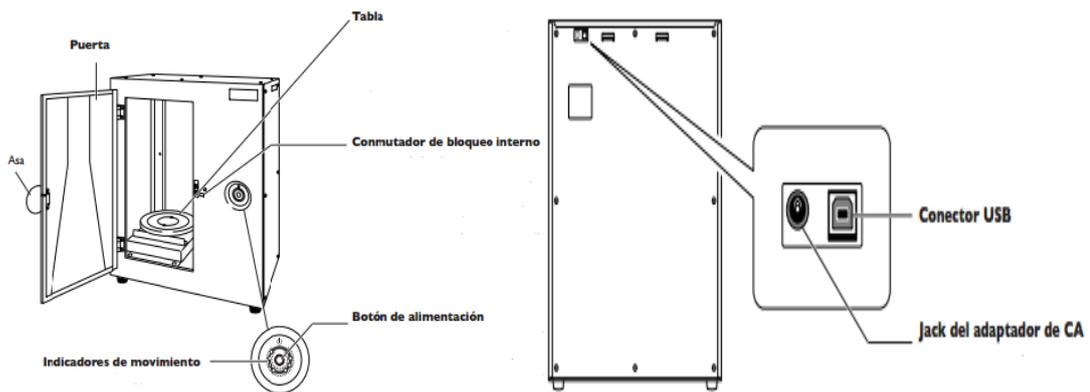
ANEXO 14. PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS CUATRO MÁQUINAS

1. ESCÁNER 3D

Hoja de Vida del Equipo					No.01	
Nombre	Escáner 3d	Código	Esc01	Sección	01	
Adquisición	2010	Factura	001	Garantía	1 Año	
Modelo	Lpx -60	Serie	3d	Ubicación	Udla	
Dimensión	Y: 619 Mm X: 500 Mm	Peso	5 Kg	Valor	\$ 3.500	
Datos Fabricante						
Nombre	Roland	Representante		Roland		
Dirección	Singapore 408694	Fax		+65 67494977		
E-Mail	Www.Avs.Com.Sg	Teléfono		+65 67424288		
Características Técnicas						
Voltaje	100 A 240 V – CA	Resistencia	-	Agua	-	
Consumo	20 W	Tipo de Control	Software	Aire	-	
Salida	CC. 19 V, 2.1 A	Tipo de Operación	Manual	Vapor	-	
Intervenciones Realizadas al Equipo						
No	Fecha	Actividad	Repuestos	Material	Tiempo	Resp.

1	28-06-17	Ajuste de tabla	Perno	Destornillador	10 Min	Álvaro G.
Ficha Técnica						No.01
Nombre del equipo	Escáner 3d	Código	001	Dependencia	-	
Marca	Roland	Modelo	Lpx	Serie	60	
Factura	001	Garantía	1 Año	Ubicación	Udla	
Proveedor	Roland	Documentos	-			
Dirección:	Quito	Planos:	Estructurales			
E Mail:	-	Manuales:	Operación Y Mantenimiento			
Teléfono:	-	Catálogos:	Tecnología			

DIMENSIONES, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EQUIPO AUXILIAR:



REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN:



Listado General de Partes y Características Principales					No. 01				
Fecha	23-06-2017		Nombre del equipo	Escáner 3d					
Sección	Producción		Ubicación del Equipo	Laboratorio	Código	001			
#	Descripción		Material	Cantidad					
1	Puerta		Plástico	1					
2	Tabla		Plástico	1					
3	Conmutador De Bloqueo		Plástico	1					
4	Botón De Alimentación		Plástico	1					
5	Indicadores Led		Vidrio	1					
6	Asa		Plástico	1					
7	Laser		Vidrio	1					
Observaciones: El Escáner 3d se lo usa rara vez.									
Plan Maestro de Mantenimiento Preventivo					No. 001				
Registro y Control									
Nombre: Álvaro Guzmán			Código: 001		Ubicación: Udla – Queri				
Mes	Semana				Frecuencia				Observaciones
	1 ^a	2 ^A	3 ^A	4 ^A	Men.	Trim.	Sem.	Anu.	
Ene	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s

Feb	It	A	I	I	L	Mps	M, E	Mga	Aplicación De Las 5s
Mar	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s
Abr	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s
May	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
Jun	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Jul	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Ago	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
Sep	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Oct	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Nov	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
Dic	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		

Simbología:

L = Lubricación.

I = Inspección.

IT=Inspección de Tortillería

M = Mecánico.

R = Reparación.

MGA=Mantenimiento General Anual

E = Eléctrico.

A = Aseo.

MPS=Mantenimiento Parcial

Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal					# 01
Nombre Equipo	Escáner 3d	Código	001	Ubicación	Udla
Marca	Roland	Modelo	Lpx	Serie	60



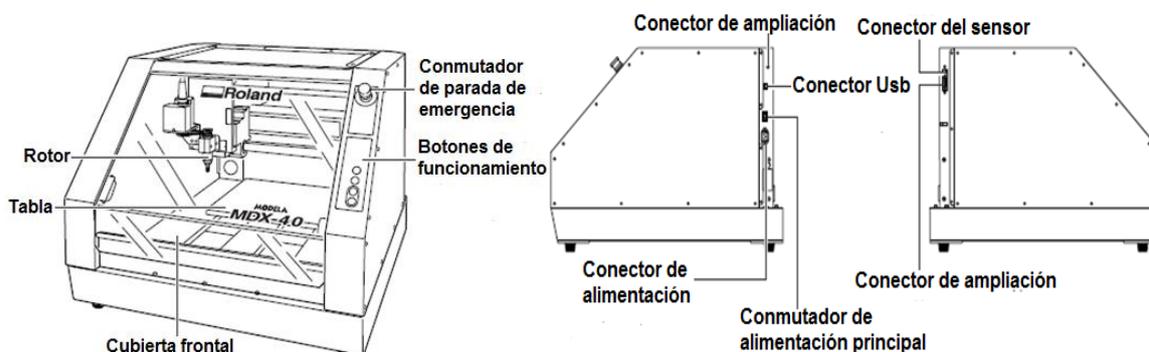
No .	Rutina De Trabajo	Sistema / Partes/Estado Y Criticidad/Observaciones Y Recomendaciones Para Ejecución De Mantenimiento
1	Limpieza General	Estructura, Conectores, Tabla, Ojo Laser.
2	Inspección Y Ajuste	Puerta, Tabla, Mecanismo de Giro Del Láser.
3	Lubricación General	Mecanismo de Movimiento del Láser.
4	Inspección Periódica Programada	Contactores y Mecanismo de Movimiento del Láser.

2. FRESADORA CNC

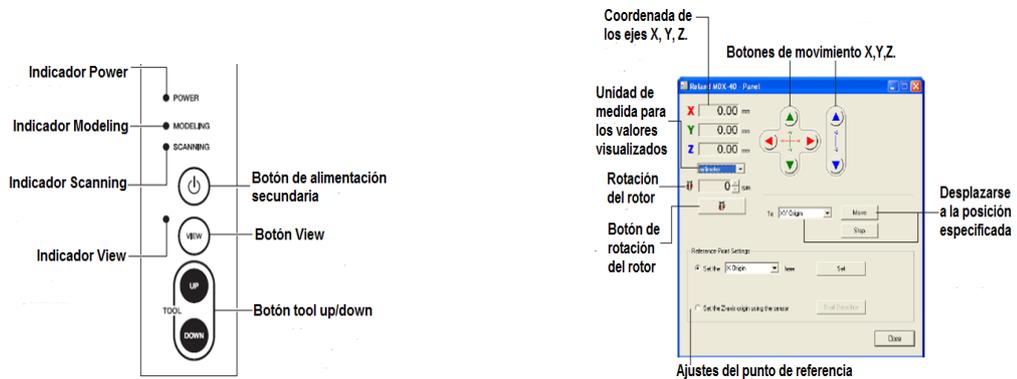
Hoja de Vida del Equipo					No.02
Nombre	Fresadora Cnc	Código	Fre02	Sección	002
Adquisición	2010	Factura	002	Garantía	1 Año
Modelo	Mdx	Serie	40a	Ubicación	Udla
Dimensión	(305x) x (305y) x (105z) mm	Peso	8,8 Lb	Valor	\$ 7.000
Datos Fabricante					
Nombre	Roland	Representante	Roland		
Dirección	Singapore 408694	Fax	+65 67494977		
Página	Www.Avs.Com.Sg	Teléfono	+65 67424288		
Características Técnicas					
Voltaje	100 C.A.	Resistencia	-	Agua	-
Consumo	210 W	Tipo de Control	Unidad Sensora de Escaneo	Aire	-
Salida	CC 19 V, 2.1 A	Tipo de Operación	Manual	Vapor	-

Intervenciones Realizadas al Equipo						
No	Fecha	Actividad	Repuestos	Material	Tiempo	Responsable
1	23-06-17	Fresa Obsoleta	Fresa	Llaves Allen	20min	Álvaro G.
Ficha Técnica						No.02
Nombre del Equipo	Fresadora Cnc	Código	002	Dependencia	-	
Marca	Roland	Modelo	Mdx	Serie	40ª	
Factura	002	Garantía	1 Año	Ubicación	Udla	
Proveedor	Roland	Documentos	-			
Dirección:	Quito	Planos:	Estructurales			
E Mail:	-	Manuales:	Operación Y Mantenimiento			
Teléfono:	-	Catálogos:	Tecnología			

DIMENSIONES, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EQUIPO AUXILIAR:



REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN:



Listado General de Partes y Características Principales

No.02

Fecha	23-06-17	Nombre	Fresadora Cnc		
Sección	Producción	Ubicación	Udla	Código	002
#	Descripción	Material	Cantidad		
1	Conmutador De Parada	Plástico	1		
2	Botones	Plástico	1		
3	Rotor	Acero	1		
4	Tabla	Plástico	1		
5	Cubierta Frontal	Plástico	1		
6	Collar	Acero	1		
7	Herramienta De Corte	Acero	3		

Observaciones: La Fresadora Cnc Se La Usa Frecuentemente.

Plan Maestro de Mantenimiento Preventivo						No. 02				
Registro y Control										
Nombre: Álvaro Guzmán					Código: 002		Ubicación: Udla – Queri			
Mes	Semana				Frecuencia				Observaciones	
	1 ^a	2 ^A	3 ^A	4 ^A	Men.	Trim.	Sem.	Anu.		
Ene	It	A	I	I	L	Mps	M, E	Mga	Aplicación De Las 5s	
Feb	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s	
Mar	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s	
Abr	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s			
May	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s			
Jun	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s			
Jul	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s			
Ago	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s			
Sep	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s			
Oct	It	A	I	I	L	Mps	M, E		Aplicación De Las 5s	
Nov	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s			
Dic	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s			

Simbología:

L = Lubricación.

I = Inspección.

IT=Inspección de Tortillería

M = Mecánico.

R = Reparación.

MGA=Mantenimiento General Anual

E = Eléctrico.

A = Aseo.

MPS=Mantenimiento Parcial

Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal					# 02
Nombre Equipo	Fresadora Cnc	Código	002	Ubicación	Udla
Marca	Roland	Modelo	Mdx	Serie	40ª



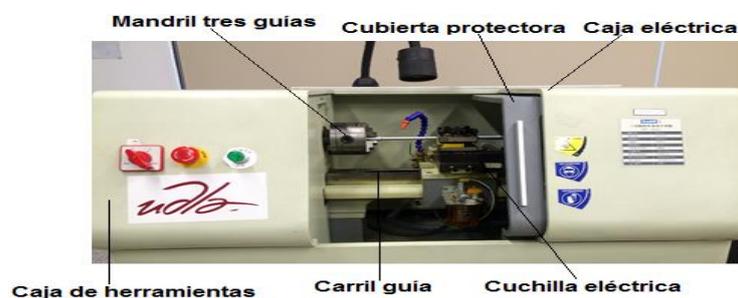
No .	Rutina De Trabajo	Sistema / Partes/Estado y Criticidad/Observaciones y Recomendaciones para Ejecución de Mantenimiento.
1	Limpieza General	Estructura Externa, Estructura Interna.
2	Inspección y Ajuste	Banda, Rotor, Collar, Cubierta Frontal.
3	Lubricación General	Ejes De Recorrido Del Mecanismo Del Rotor.
4	Inspección Periódica Programada	Cambio De Banda, Lubricación Ejes Y Contactos.

3. TORNO CNC

Hoja De Vida Del Equipo					No.03
Nombre	Torno Cnc	Código	Tor03	Sección	003
Adquisición	2010	Factura	003	Garantía	1 Año
Modelo	Xendoll	Serie	C000001	Ubicación	Udla
Dimensión	(80x) X (250z) Mm.	Peso	145kg	Valor	\$ 8.000
Datos Fabricante					
Nombre	Xendoll	Representante	Xendoll		
Dirección	-	Fax	-		
Página	-	Teléfono	-		
Características Técnicas					
Voltaje	Ac 220v	Resistencia	-	Agua	Refrigerante
Consumo	210 W	Tipo De Control	Software	Aire	-
Salida	19 V, 2.1 A	Tipo De Operación	Manual	Vapor	-

Intervenciones Realizadas al Equipo						
No	Fecha	Actividad	Repuestos	Material	Tiempo	Resp.
1	23-06-17	Cuchilla Obsoleta	Cuchilla	Llave Allen	20 Min	Álvaro G.
Ficha Técnica						No.03
Nombre del Equipo	Torno Cnc	Código	003	Dependencia	-	
Marca	Xendoll	Modelo	C000001	Serie	-	
Factura	003	Garantía	1 Año	Ubicación	Udla	
Proveedor	Xendoll	Documentos	-			
Dirección:	Quito	Planos:	Estructurales			
E Mail:	-	Manuales:	Operación Y Mantenimiento			
Teléfono:	-	Catálogos:	Tecnología			

DIMENSIONES, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EQUIPO AUXILIAR:



Listado General de Partes y Características Principales					No.03
Fecha	23-06-2017	Nombre del Equipo	Torno Cnc		
Sección	Producción	Ubicación del Equipo	Udla	Código	003
#	Descripción	Material	Cantidad		
1	Mandril Tres Guías.	Acero	1		
2	Cubierta Protectora.	Plástico	1		
3	Caja Eléctrica.	Acero	1		
4	Caja De Herramientas.	Plástico	1		
5	Carril Guía.	Acero	1		
6	Cuchilla Eléctrica.	Acero	1		
Observaciones: El Torno Cnc Se Usa Rara Vez.					

Plan Maestro de Mantenimiento Preventivo							No. 003		
Registro y Control									
Nombre: Álvaro Guzmán				Código: 003		Ubicación: Udla – Queri			
Mes	Semana				Frecuencia				Observación
	1 ^a	2 ^A	3 ^A	4 ^A	Men.	Trim.	Sem.	Anu.	
Ene	It	A	I	I	L	Mps	M, E	Mga	Aplicación De Las 5s
Feb	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s
Mar	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s
Abr	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
May	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Jun	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Jul	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
Ago	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Sep	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Oct	It	A	I	I	L	Mps	M, E		Aplicación De Las 5s
Nov	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Dic	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		

Simbología:

L = Lubricación.

I = Inspección.

IT=Inspección de Tortillería

M = Mecánico.

R = Reparación.

MGA=Mantenimiento General Anual

E = Eléctrico.

A = Aseo.

MPS=Mantenimiento Parcial

Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal					# 03
Nombre Equipo	Torno Cnc	Código	003	Ubicación	Udla
Marca	Xendoll	Modelo	C00001	Serie	-



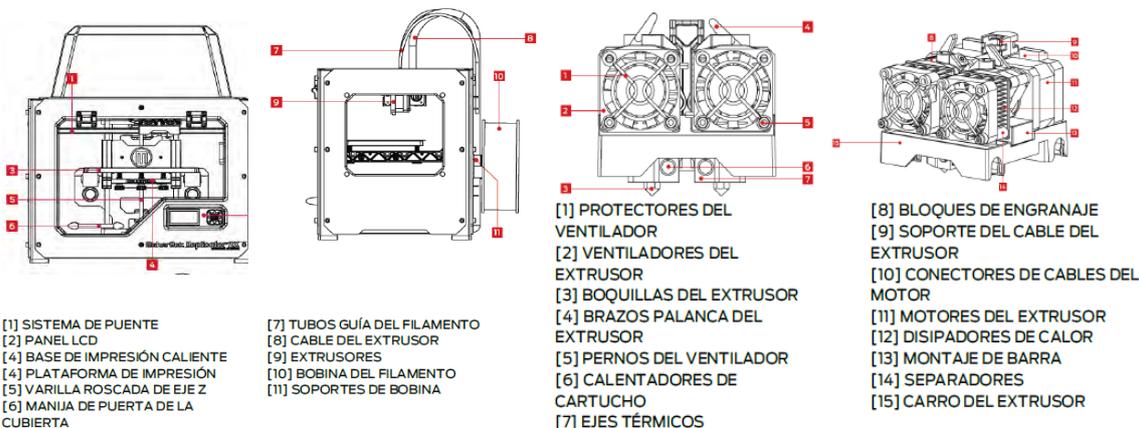
No .	Rutina De Trabajo	Sistema / Partes/Estado y Criticidad/Observaciones y Recomendaciones para ejecución de Mantenimiento
1	Limpieza General	Estructura Externa, Estructura Interna.
2	Inspección y Ajuste	Mandril, Porta Herramienta, Contrapunto, Motor.
3	Lubricación General	Carril, Mandril, Motor Eléctrico.
4	Inspección Periódica Programada	Motor Eléctrico, Mandril.

4. IMPRESORA 3D

Hoja de Vida del Equipo					No.04
Nombre	Impresora 3d	Código	Imp04	Sección	004
Adquisición	2010	Factura	004	Garantía	1 Año
Modelo	Makerbot	Serie	2x	Ubicación	Udla
Dimensión	49 X 32 X 38 Cm	Peso	27 Lbs	Valor	\$ 6.500
Datos Fabricante					
Nombre	Makerbot	Representante	Makerbot		
Dirección	21 St Fi, Brooklyn, Ny 11201 Usa	Fax	-		
Página		Teléfono	+1 347 334 6800		
Características Técnicas					
Voltaje	100 - 240 V	Resistencia	-	Agua	Refrigerante
Consumo	210 W	Tipo De Control	Software	Aire	-
Salida	CC 19 V, 2.1 A	Tipo De Operación	Manual	Vapor	-

Intervenciones Realizadas al Equipo						
No.	Fecha	Actividad	Repuestos	Material	Tiempo	Resp.
1	23-06-17	Abs Roto	Abs	Llave Allen	20min	Álvaro G.
Ficha Técnica						No.04
Nombre del Equipo	Impresora 3d	Código	004	Dependencia	-	
Marca	Makerbot	Modelo	Replicat	Serie	2x	
Factura	004	Garantía	1Año	Ubicación	Udla	
Proveedor	Makerbot	Documento	-			
Dirección:	Quito	Planos	Estructurales			
E Mail:	-	Manuales	Operación Y Mantenimiento			
Teléfono:	-	Catálogos:	Tecnología			

DIMENSIONES, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EQUIPO AUXILIAR:



Listado General de Partes y Características Principales					No. 04
Fecha	23-06-2017	Nombre	Impresora 3d		
Sección	Producción	Ubicación	Udla	Código	004
#	Descripción	Material	Cantidad		
1	Sistema De Puente	Acero	1		
2	Manija De Puerta De La Compuerta	Plástico	1		
3	Extrusores	Acero	1		
4	Bobina Del Filamento	Plástico	1		
5	Ventiladores	Plástico	1		
6	Engranajes	Acero	1		
Observaciones: La Impresora 3d se usa contantemente.					

Plan Maestro de Mantenimiento Preventivo							No. 04		
Registro y Control									
Nombre: Álvaro Guzmán				Código: 004		Ubicación: Udla – Queri			
Mes	Semana				Frecuencia				Observación
	1 ^a	2 ^A	3 ^A	4 ^A	Men.	Trim.	Sem.	Anu.	
Ene	It	A	I	I	L	Mps	M, E	Mga	Aplicación De Las 5s
Feb	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s
Mar	It	A	I	I	L				Aplicación De Las 5s
Abr	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
May	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Jun	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Jul	It	A	I	I	L	Mps	Aplicación De Las 5s		
Ago	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Sep	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Oct	It	A	I	I	L	Mps	M, E		Aplicación De Las 5s
Nov	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		
Dic	It	A	I	I	L		Aplicación De Las 5s		

Simbología:

L = Lubricación.

I = Inspección.

IT=Inspección de Tortillería

M = Mecánico.

R = Reparación.

MGA=Mantenimiento General Anual

E = Eléctrico.

A = Aseo.

MPS=Mantenimiento Parcial

Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal					# 04
Nombre Equipo	Impresora 3d	Código	004	Ubicación	Udla
Marca	Makerbot	Modelo	Replicator	Serie	2x



No.	Rutina de Trabajo	Sistema / Partes/Estado y Criticidad/Observaciones y Recomendaciones para ejecución de mantenimiento.
1	Limpieza General	Estructura Interna, Estructura Externa.
2	Inspección y Ajuste	Engranajes, Ventiladores, Porta Abs, Tapa.
3	Lubricación General	Varillas De Recorrido Del Extrusor.
4	Inspección Periódica Programada	Extrusores, Engranajes, Bobinas Del Filamento.

**ANEXO 15. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO
GENERAL**

ANEXO 15	MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO GENERAL				CÓDIGO: FOR-SSA-001		
					REFERENCIA: MAN SSA 001		
FECHA: 04-06-17					REVISIÓN: José Toscano		
PRIORIZACIÓN DE RIESGOS				MEDIDAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS			
Factor de riesgo	Nivel de riesgo	Nivel de intervención	Significado	En el proyecto	En la fuente	En el medio de transmisión	En la persona
Mecánico	Espacio Reducido	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Capacitar
Mecánico	Superficies Calientes	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	Colocar protecciones donde aplique	Colocar Señalización	Capacitar y EPP
Mecánico	Superficies Calientes	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	Colocar protecciones donde aplique	Colocar Señalización	Capacitar y EPP
Mecánico	Contactos eléctricos	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	Bloqueos	Señalización	Capacitar y EPP
Mecánico	Caída del personal al mismo nivel	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos
Mecánico	Caída del personal a diferente nivel	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	Señalización	Capacitación en prevención de riesgos, proporcionar slingas y arnés
Físico	Radiación no ionizante (UV, IR, electromagnética)	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos
Físico	Ruido	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	Insonorizar, apantallar donde aplique	Capacitación en prevención de riesgos, proporcionar EPP
Físico	Ruido	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	Insonorizar, apantallar donde aplique	Capacitación en prevención de riesgos, proporcionar doble
Físico	Manejo Eléctrico	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	Desenergizar el equipo y bloquear durante el mantenimiento	Señalización	Capacitación, Licencia y Uso de EPP dielectrico
Físico	Manejo Eléctrico	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	Desenergizar el equipo y bloquear durante el mantenimiento	Señalización	Capacitación, Licencia y Uso de EPP dielectrico
Químico	Polvo orgánico	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Uso de mascarilla
Químico	Exposición a Químicos	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Capacitación, Uso de EPP
Químico	Exposición a Químicos	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	NA	Capacitación, Uso de EPP
Accidentes Mayores	Manejo de inflamables y/o explosivos	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	Señalización	Capacitación
Accidentes Mayores	Manejo de inflamables y/o explosivos	I	Situación crítica. Corrección urgente	NA	NA	Señalización	Capacitación
Biológico	Presencia de vectores	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Vacunación y capacitación en Riesgos- USO EPP
Biológico	Presencia de vectores	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	NA	Vacunación y capacitación en Riesgos- USO EPP
Ergonómico	Sobreesfuerzo físico	III	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos
Ergonómico	Sobreesfuerzo físico	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos
Ergonómico	Trabajo nocturno	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos
Psicosocial	Turnos rotativos	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos
Psicosocial	Alta responsabilidad	II	Corregir y adoptar medidas de control	NA	NA	NA	Capacitación en prevención de riesgos

**ANEXO 16. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO POR
PROCESO Y SUBPROCESO**

Proceso	Subproceso	Factor de riesgo	Riesgo	Nivel de exposición	Nivel de deficiencia	Nivel de probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo	Nivel de intervención	Significado	
OPERACIONES / TÉCNICO	MANTENIMIENTO	MECANICOS	Radiación no ionizante (RF) (electromagnética)	1	2	2	10	20	IV	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique	
			Mantenimiento eléctrico	1	0	0	25	0			
			Equipo fallado	1	2	2	10	20	IV		No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique
			Riesgo eléctrico	2	2	4	10	40	III		Corregir y adoptar medidas de control
			Deficiencia de equipo	1	2	2	10	20	IV		No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique
			Deficiencia	3	2	6	10	60	III		Corregir y adoptar medidas de control
			Mantenimiento o control de mantenimiento de sistemas de protección	3	0	0	25	0			
			Supervisión fallada	3	6	18	10	180	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
			Desplazamiento de transporte eléctrico, eléctrico	2	0	0	60	0			
			Procedimientos de reparación y trabajos en áreas de riesgo	2	0	0	25	0			
			Trabajos realizados de campo	2	0	0	25	0			
			Trabajos de mantenimiento y de reparación	2	0	0	25	0			
			Estado de equipos en mantenimiento	2	6	12	10	120	III		Corregir y adoptar medidas de control
			Procedimientos de reparación	1	6	6	10	60	III		Corregir y adoptar medidas de control
			Trabajos de mantenimiento	2	0	0	10	0			
			Trabajos de mantenimiento	3	0	0	25	0			
			Trabajos de mantenimiento	2	0	0	25	0			
			Trabajos de mantenimiento	2	0	0	25	0			
			Trabajos de mantenimiento	2	0	0	10	0			
			QUÍMICOS	Pulso orgánico	1	2	2	25	50	III	
		Riesgo orgánico o inorgánico en el laboratorio		1	2	2	25	50	III		Corregir y adoptar medidas de control
		Humos (Sulfuro de Selenio, CH ₄ , vapores volátiles)		2	0	0	25	0			
		Materiales químicos, líquidos o sólidos		4	2	8	25	200	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
		BIOLÓGICO	Presencia de vectores (insectos, roedores, caracoles)	3	2	6	10	60	III		Corregir y adoptar medidas de control
			Presencia de agentes biológicos (microorganismos, hongos, parásitos)	3	2	6	25	150	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
		ERGONÓMICO	Sobreesfuerzo físico	3	2	6	25	150	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
			Levantamiento manual de objetos	3	2	6	25	150	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
			Movimiento corporal repetitivo	2	2	4	10	40	III		Corregir y adoptar medidas de control
			Posición forzada (de pie, sentada, encorvada, acostada)	3	6	18	10	180	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
		PSICOSOCIAL	Uso inadecuado de pantalla de visualización (PDA)	1	0	0	10	0			
			Exposición a ruidos (sonido, sónico, ultrasónico)	1	0	0	10	0			
			Trabajo a presión	1	0	0	10	0			
			Alta responsabilidad	3	0	0	10	0			
			Sobrecarga mental	1	0	0	10	0			
			Movimiento de la mano	1	0	0	10	0			
			Trabajo en equipo	3	0	0	10	0			
			Trabajo nocturno	1	0	0	10	0			
			Trabajo en equipo	1	0	0	10	0			
			Trabajo en equipo	3	0	0	10	0			
		ACCIDENTES MAYORES	Materiales inflamables y/o explosivos	3	0	0	100	0			
			Recipientes a presión	1	2	2	100	200	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
			Sistema eléctrico defectuoso	2	0	0	100	0			
			Presencia de puntos de ignición	2	2	4	100	400	II		Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención.
				Ubicación de áreas de riesgo y desastres	3	6	18	100	180	I	Situación crítica. Corrección urgente.