

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**TEMA:**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE UNA  
PLANTA DE TUBOS DE CONCRETO**

**AUTOR:**

**VALDIVIESO DELGADO, ADRIAN DAVID**

**Trabajo previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**TUTOR:**

**ARQ. VEGA JARAMILLO, ROBINSON DANILO; Mgs.**

**Guayaquil, Ecuador**

**11 de febrero del 2025**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

CARRERA:

INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el siguiente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por Valdivieso Delgado, Adrian David, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Administración de Proyectos de Construcción.

TUTOR



Firmado digitalmente con  
ROBINSON DANILLO  
VEGA JARAMILLO

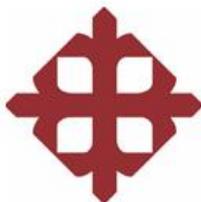
f. \_\_\_\_\_

**Arq. Vega Jaramillo, Robinson Ramiro; Mgs.**

DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Arq. Chunga de la Torre, Félix Eduardo; Mgs.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

CARRERA:

INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Valdivieso Delgado, Adrian David

DECLARO QUE:

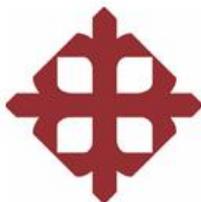
El trabajo de Titulación, Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de una planta de tubos de concreto previo a la obtención del título de Ingeniero en Administración de Proyectos de Construcción, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 11 días del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR

f. \_\_\_\_\_  
Valdivieso Delgado, Adrian David



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

CARRERA:

INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Valdivieso Delgado, Adrian David**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de una planta de tubos de concreto, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 11 días del mes de febrero del año 2025**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Valdivieso Delgado, Adrian David**



# B. VALDIVIESO.ADRIAN\_B2024 TESIS

< 1%  
Textos  
sospechosos



< 1% Similitudes

0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas

4% Idiomas no reconocidos (ignorado)

5% Textos potencialmente generados por IA (ignorado)

Nombre del documento: B. VALDIVIESO.ADRIAN\_B2024 TESIS.docx  
ID del documento: cda5acdfbc2ca6ae79979e6658b60c3d5bed4367  
Tamaño del documento original: 127,74 kB  
Autores: []

Depositante: Robinson Danilo Vega Jaramillo  
Fecha de depósito: 13/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 13/2/2025

Número de palabras: 12.860  
Número de caracteres: 86.653

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>biblat.unam.mx</b> <a href="https://biblat.unam.mx/hevilla/Revistavenezolanadegerencia/2020/Vol. 25/No. 92/39.pc">https://biblat.unam.mx/hevilla/Revistavenezolanadegerencia/2020/Vol. 25/No. 92/39.pc</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
2	<b>dx.doi.org   LACCEI 2024; Paper 521</b> <a href="https://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.521">https://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.521</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
3	<b>repository.unicatolica.edu.cc</b> <a href="https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/2499/DISEÑO_PLAN_PILQT">https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/2499/DISEÑO_PLAN_PILQT</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
4	<b>riunet.upv.es</b> <a href="https://riunet.upv.es/bitstream/10251/45772/1/Juan A. Marin-Garcia;RAFAEL MATEO MARTINEZ -">https://riunet.upv.es/bitstream/10251/45772/1/Juan A. Marin-Garcia;RAFAEL MATEO MARTINEZ -</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
5	<b>Documento de otro usuario</b> #f14b2a El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-alcantarillado-sanitari>
- <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=19391592700!>
- <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/60444f1c-f76e-4a73-b9ba-27d77e925f2>
- [http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.0.](http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.0)



Escaneado electrónicamente por:  
ROBINSON DANILO  
VEGA JARAMILLO

Tutor: Arq. Robinson Danilo Vega Jaramillo Mgs.

Estudiante: Adrian David Valdivieso Delgado

Tema: Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de una planta de tubos de concreto.

Porcentaje de coincidencia COMPILATIO 1%

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, tan solo por su gracia es suficiente, pero nos llena de bendiciones.

A mi esposa por su apoyo incondicional durante este proceso.

A mi mamá por su persistencia en mi formación profesional.

A mi papá por ser el pilar sobre el que he podido alcanzar metas profesionales en mi vida.

A mis amigos que formaron parte de este largo proceso: Gracias Gabriel, Daniela, Cynthia, Lucho,

Adriana...perdón si no menciono a alguien...

A Sebastián, me motivó tu speech.

A los profesores que lograron marcar con su conocimiento: Florencio, Rafael, Rosa Edith, Nuri,

Angelita.

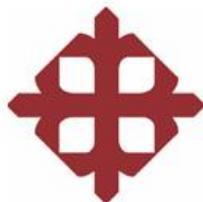
A mi Tutor Robinson, por su paciencia durante el proceso de desempolvar los conocimientos.

Y en especial a ANDREA DÍAZ... ¡LO LOGRASTE!

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de titulación a Dios que en su soberanía permite el adquirir conocimiento para nuestro bienestar. *SOLI DEO GLORIA.*

A mí. Debes de empezar a creer más en que si puedes Adrian.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

CARRERA:

INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. \_\_\_\_\_  
Arq. Chunga de la Torre, Félix Eduardo; Mgs.  
EVALUADOR 1

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Mora Orellana, Allan José; Mgs.  
EVALUADOR 2

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Quezada Valle, Edgar Raúl, Mgs.  
OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

CARRERA:

INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

CALIFICACIÓN



El código electrónico pertenece por:  
ROBINSON DANILLO  
VEGA JARAMILLO

f.

---

**Arq. Vega Jaramillo, Robinson Ramiro; Mgs.**

**TUTOR**

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
CAPITULO 1.....	4
1.1.    Antecedentes.....	4
1.2.    Planteamiento del problema .....	8
1.3.    Justificación del tema. ....	10
1.4.    Objetivos.....	11
1.4.1.    Objetivo General .....	11
1.4.2.    Objetivos específicos:.....	11
1.5.    Alcance y limitaciones .....	12
CAPITULO 2.....	13
2.        MARCO TEÓRICO .....	13
4.1.1.    Enfoques del mantenimiento a través del tiempo. ....	13
4.1.2.    Metodologías .....	17
CAPITULO 3.....	21
3.1.    Análisis de situación actual. ....	21
3.2.    Zonificación del proceso.....	38
3.3.    Situación Actual de las maquinarias.....	39
3.4.    Situación Actual de Instalaciones.....	51
3.5.    Análisis de daños presentes en la infraestructura de la planta. ....	56
Capítulo 4.....	59
4.        Propuesta de Plan de Mantenimiento .....	59
4.1.    Ciclo de Deming Etapas Planear-Actuar.....	59
4.2.    Mantenimiento Correctivo. ....	60
4.3.    Implementación programa TPM.....	63
4.3.4.    Plan de Mantenimiento para Wenker + Demag .....	69
4.3.5.    Plan de Mantenimiento para Pfeiffer Variant 2500.....	70
4.3.6.    Plan de Mantenimiento para Scraper.....	71
4.3.7.    Plan de Mantenimiento para Elba. ....	72

4.3.8.	Plan de Mantenimiento para Vifesa KMA-200. ....	73
4.3.9.	Plan de Mantenimiento para Monorriel.....	74
4.3.10.	Plan de Mantenimiento de equipos de Laboratorio.....	75
4.3.11.	Plan de Mantenimiento para Infraestructura. ....	77
4.4.	Cronograma. ....	80
4.5.	Análisis de resultados (Ciclo de Deming etapas Verificar – Actuar).....	86
4.6.	Diagrama de flujo del Mantenimiento en Inkatonsa. ....	89
4.7.	CRONOGRAMA VALORADO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA TPM EN INKATONSA..	90
CONCLUSIONES.....		93
RECOMENDACIONES.....		95
REFERENCIAS .....		96
Anexos .....		98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Enfoque del Mantenimiento a través de los años.</i> .....	16
Tabla 2: <i>Listado de Maquinarias.</i> .....	36
Tabla 3: <i>Ficha de Situación Actual Wenker.</i> .....	41
Tabla 4: <i>Ficha de Situación Actual Pfeiffer Variant 2500.</i> .....	43
Tabla 5: <i>Ficha de Situación Actual Scraper</i> .....	47
Tabla 6: <i>Ficha de Situación Actual Elba.</i> .....	48
Tabla 7: <i>Ficha de Situación Actual VIFESA KMA-200</i> .....	49
Tabla 8: <i>Ficha de Situación Actual Monorriel.</i> .....	50
Tabla 9: <i>Ficha de Situación Actual de la Infraestructura en la Planta de Inkatonsa Zona de Tuberías.</i> .....	52
Tabla 10: <i>Análisis de Daños en Infraestructura.</i> .....	57
Tabla 11: <i>Mantenimientos Correctivos Maquinarias.</i> .....	61
Tabla 12: <i>Mantenimientos Correctivos en Infraestructura.</i> .....	62
Tabla 13: <i>Esquema de mantenimiento para Grúa Pórtico (Wenker + Demag).</i> .....	69
Tabla 14: <i>Esquema de mantenimiento para Pfeiffer Variant 2500.</i> .....	70
Tabla 15: <i>Esquema de mantenimiento para Scraper.</i> .....	71
Tabla 16: <i>Esquema de mantenimiento para Elba.</i> .....	72
Tabla 17: <i>Esquema de mantenimiento para Vifesa KMA-200.</i> .....	73

Tabla 18: <i>Esquema de mantenimiento para Monorriel.</i> .....	74
Tabla 19: <i>Esquema de mantenimiento para Equipos de Laboratorio.</i> .....	75
Tabla 20: <i>Esquema de mantenimiento para Prensa de Hormigón.</i> .....	76
Tabla 21: <i>Esquema de mantenimiento para Infraestructura.</i> .....	77
Tabla 22: <i>Esquema de Capacitaciones de operarios.</i> .....	79
Tabla 23: Obtención de tiempos de uso de máquinas en el proceso de fabricación de 1 tubería. ....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Estado de Suministro de Alcantarillado en la Ciudad de Guayaquil 2001 – 2031</i> .....	5
Figura 2: <i>Conformación de la red de alcantarillado sanitario.</i> .....	6
Figura 3: <i>5 pilares del TPM.</i> .....	19
Figura 4: <i>Implantación y delimitación de área de fabricación de tuberías INKATONSA.</i> .....	21
Figura 5: <i>Partes del Tubo de Hormigón.</i> .....	22
Figura 6: <i>Diagrama del proceso.</i> .....	23
Figura 7: <i>Área de laboratorio.</i> .....	24
Figura 8: <i>Área de pruebas de granulometría.</i> .....	24
Figura 9: <i>Champan para prueba de densidad de arena.</i> .....	25
Figura 10: <i>Balanza para prueba de densidad de la piedra.</i> .....	26
Figura 11: <i>Horno Stabil Therm Prueba de absorción.</i> .....	26
Figura 12: <i>Tamices.</i> .....	27
Figura 13: <i>Maquina Vifesa KMA-200.</i> .....	28
Figura 14: <i>Armadura sobre paleta.</i> .....	29
Figura 15: <i>Wenker durante el proceso de Enmoldado.</i> .....	29
Figura 16: <i>PFEIFFER VARIANT 2500.</i> .....	30
Figura 17: <i>Área de almacenamiento de agregados y Scraper.</i> .....	31

Figura 18: <i>Silos de cemento</i> .....	31
Figura 19: <i>Maquina Elba</i> .....	32
Figura 20: <i>Monorriel</i> .....	32
Figura 21: <i>Tolva y banda de fundición de PRINZING-PFEIFFER VARIANT 2500</i> .....	33
Figura 22: <i>Wenker transportando tubería</i> .....	34
Figura 23: <i>Gorro para espiga</i> .....	34
Figura 24: <i>Prensa de Hormigón</i> .....	35
Figura 25: <i>Área de almacenamiento</i> .....	35
Figura 26: <i>Zonificación de las etapas del proceso</i> .....	38
Figura 27: <i>Grúa Pórtico Wenker</i> .....	41
Figura 28: <i>Cable de acometida</i> .....	41
Figura 29: <i>Demag</i> .....	41
Figura 30: <i>Demag con carga</i> .....	41
Figura 31: <i>Pfeiffer previo montaje de moldes</i> .....	43
Figura 32: <i>Moldes para distintos diámetros</i> .....	43
Figura 33: <i>Maquina en uso de fundición de tubería</i> .....	43
Figura 34: <i>Aspas de fundición</i> .....	43
Figura 35: <i>Banda de concreto con desgaste</i> .....	44
Figura 36: <i>Daños en estructura metálica</i> .....	44

Figura 37: Núcleos (encofrado interior tubería).....	44
Figura 38: Interior núcleos con oxidación presente.....	44
Figura 39: Paletas con presencia de oxido.....	45
Figura 40: Paletas con deformidades presentes.....	45
Figura 41: Bases de núcleos en mal estado.....	45
Figura 42: Bases de núcleos con pines incompletos.....	45
Figura 43: Maquina Scraper.....	47
Figura 44: Cable y balde.....	47
Figura 45: Maquina Elba.....	48
Figura 46: Corrosión evidente en plancha de piso.....	48
Figura 47: Maquina Vifesa Área de Soldadura.....	49
Figura 48: Maquina Vifesa Vista Posterior.....	49
Figura 49: Monorriel Transportando concreto.....	50
Figura 50: Mezcla Monorriel descargando material.....	50
Figura 51: Ductos de drenaje presentan estancamiento y falta de sellado.....	52
Figura 52: Tapas de alcantarillado pluvial en mal estado. ....	52
Figura 53: Ductos eléctricos e hidráulicos con presencia de agua.....	52
Figura 54: Ductos sin protección, y con ingreso de aguas lluvias.....	52
Figura 55: Contrapisos dañados.....	53

Figura 56: <i>Desprendimiento en estructuras de hormigón</i> .....	53
Figura 57: <i>Desprendimiento en estructuras de hormigón</i> .....	53
Figura 58: <i>Área de almacenamiento de acero sin techado</i> .....	53
Figura 59: <i>Estructura de techo con oxidación en tubos</i> .....	53
Figura 60: <i>Estructura con oxido presente, techado con agujeros</i> .....	53
Figura 61: <i>Techado sobre monorriel incompleto</i> .....	54
Figura 62: <i>Techado sobre monorriel incompleto</i> .....	53
Figura 63: <i>Cubierta no sella bien con pared</i> .....	54
Figura 64: <i>Cubierta no sella bien con pared</i> .....	54
Figura 65: <i>Cables expuestos</i> .....	54
Figura 66: <i>Instalaciones eléctricas expuestas</i> .....	54
Figura 67: <i>Ciclo de Deming dentro del Plan de Mantenimiento de Inkatonsa</i> .....	60
Figura 68: <i>Diagrama de Flujo del plan de Mantenimiento TPM</i> .....	89

## ÍNDICE DE CRONOGRAMAS

Cronograma 1: .....	82
Cronograma 2: .....	83
Cronograma 3: .....	83
Cronograma 4: .....	83
Cronograma 5: .....	84
Cronograma 6: .....	84
Cronograma 7: .....	85
Cronograma 8: .....	85
Cronograma 9: .....	85
Cronograma 10: .....	86
Cronograma 11: .....	91
Cronograma 12: .....	92

## RESUMEN

Para lograr una eficiencia operativa dentro de una planta dedicada a la fabricación de tubos de hormigón, es fundamental disponer de los equipos adecuados, y en los estados óptimos. Con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los equipos e infraestructura, este proyecto plantea la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para Inkatonsa, una empresa que produce prefabricados de hormigón, en la que actualmente se usa un enfoque reactivo para el cuidado de sus equipos e infraestructura. Este estudio, se centrará en la implementación de un programa de mantenimiento basado en un enfoque de Mantenimiento Productivo Total (TPM), para permitir contar con una organización comprometida con el mantenimiento, y que promueva la participación en la mejora continua del proceso de mantenimiento. Esto se logrará implementando el ciclo de Deming, por medio del cual se busca desarrollar fases claras en las que se definan objetivos de mejora, indicadores por medio de los cuales se cuantificarán los avances, y en base a un análisis de estos poder encontrar oportunidades de mejora. La implementación del plan requerirá el levantamiento de información para determinar áreas críticas dentro de la intervención y fijar las actividades que deben ejecutarse con sus respectivos cronogramas.

**Palabras clave:** Mantenimiento, ciclo de Deming, KPIs, TPM, optimización, mejora continua.

## **INTRODUCCIÓN.**

El mantenimiento es el acto que se realiza en búsqueda de que un bien se encuentre disponible y perdure su funcionamiento a lo largo del tiempo. En un plan de mantenimiento, se busca dar soluciones integrales a daños presentes en la planta, como también poder analizar cómo prevenir a futuro, fallos en las instalaciones y los equipos, para evitar paros no planificados. Esto se denomina como: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

Con una planificación adecuada, para prevenir el deterioro de los bienes inmuebles, y maquinarias, las empresas pueden continuar sus actividades sin sufrir paralizaciones que repercutan en pérdidas económicas. Es por esto la importancia de contar con un plan de mantenimiento dentro de una empresa.

En este contexto, la implementación de un plan de mantenimiento eficiente ayuda a garantizar la continuidad operativa de los equipos y asegura la calidad de los productos fabricados, como es el caso de las tuberías de hormigón. Estos elementos son utilizados en los sistemas de alcantarillados públicos en las ciudades, gracias a su resistencia y durabilidad.

Un adecuado proceso de producción asegura que las tuberías tengan la calidad y resistencia requeridas para su correcto funcionamiento, en cumplimiento con las distintas necesidades establecidas en cada proyecto de infraestructura. Debido a los requerimientos especiales que deben de cumplir, como sus dimensiones y resistencia, su fabricación no es posible sin maquinaria especializada. Por tanto, es indispensable el uso de estos equipos, e imperativo garantizar el estado óptimo de los mismos, así como la infraestructura en la que se produce su fabricación con el fin de maximizar la producción, y disminuir los tiempos de retraso por paralizaciones no programadas. Además, debe contar con la infraestructura en óptimas condiciones para poder realizar los procesos adecuadamente, cuidando siempre el estado de las materias primas, así como la calidad del producto.

Definida la importancia del mantenimiento planificado, este estudio busca implementarlo dentro del proceso de fabricación de tuberías de concreto, en la planta de Inkatonsa, una empresa que se dedica a prefabricados de concreto, con gran participación dentro del mercado en Ecuador.

El presente trabajo, se basará en la implementación de la metodología TPM, con el objetivo de desarrollar una estrategia integral dentro del plan de mantenimiento, asegurando la inclusión de todos los miembros del equipo involucrados dentro del proceso de fabricación. Este enfoque busca fomentar una cultura de mantenimiento en la que su meta sea prever y prevenir posibles fallos.

Un pilar fundamental dentro de TPM es el de mejora continua. Para lograr este objetivo, se empleará como herramienta clave el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), el cual permitirá realizar una evaluación de forma planificada sobre el estado de los equipos y áreas de trabajo. Esto nos permitirá asegurar que las condiciones operativas se mantengan en niveles óptimos, apoyándose de indicadores de desempeño medibles (KPIs). Estos permitirán a la empresa Inkatonsa analizar los resultados obtenidos, determinando si los objetivos establecidos se están cumpliendo, o si es necesario implementar acciones para alcanzar los estándares requeridos.

## CAPITULO 1

### 1.1. Antecedentes

La empresa Inkatonsa, fundada en 1979, está ubicada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Desde sus inicios, se ha especializado en la producción de prefabricados de hormigón, ofreciendo importantes soluciones dentro del sector de la construcción. Sus productos son utilizados en sistemas de alcantarillado, destacando por su durabilidad y resistencia, características fundamentales para proyectos de infraestructura urbanos y rurales en el Ecuador.

Entre los productos que ofrece, se encuentran:

- Ductos Cajón para coleccionar las aguas lluvias.
- Cajas colectoras domiciliarias, usadas para la colección de aguas servidas en la red interna de las viviendas.
- Separadores de vía, de concreto.
- Adoquines.
- Tubos de hormigón, para el uso de alcantarillado como colectores.

Los productos de Inkatonsa han formado parte fundamental en la infraestructura de grandes proyectos, como el alcantarillado de la Ciudad Deportiva Ismael Pérez Pazmiño, la autopista Chongón-Progreso, la ampliación de la Vía Perimetral; así como en proyectos de desarrollo residencial, como Mucho Lote Etapas 1-5, Terranostra, Villa Club, La Joya, o Volare; además de trabajar como proveedor de Interagua en obras la red de alcantarillado de la ciudad de Guayaquil.

La planta de producción utiliza maquinaria crítica en su operación diaria, equipos que trabajan continuamente, evidenciando un alto grado de exigencia. Sin embargo, no cuenta con un plan

estructurado de mantenimiento preventivo y correctivo, lo que los expone a vulnerabilidades como fallas inesperadas, o riesgos tanto en la productividad como en la seguridad laboral de sus empleados.

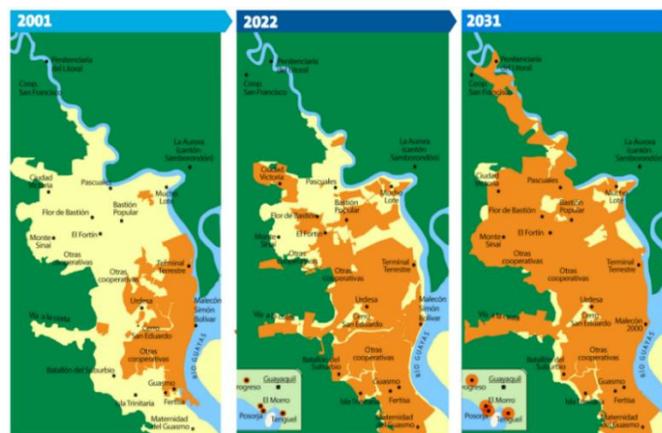
El funcionamiento diario de estas máquinas es esencial para mantener la continuidad de las operaciones y garantizar la calidad de los productos. Sin embargo, el uso intensivo de los equipos incrementa significativamente la probabilidad de fallas, además de acelerar el desgaste tanto en sus componentes internos como en las partes visibles, subrayando la importancia de implementar un plan de mantenimiento eficiente, que además de disminuir los tiempos de inactividad, permita prolongar la vida útil de los activos.

### Importancia en el sector de la construcción

En Guayaquil uno de los mayores problemas presentados en el desarrollo urbano, es el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial. Debido al crecimiento no planificado que se ha dado en la ciudad, aun no se ha logrado alcanzar que el 100% de las áreas pobladas cuenten con una conexión al alcantarillado público (ver Figura 1).

**Figura 1:**

*Estado de Suministro de Alcantarillado en la Ciudad de Guayaquil 2001 – 2031*



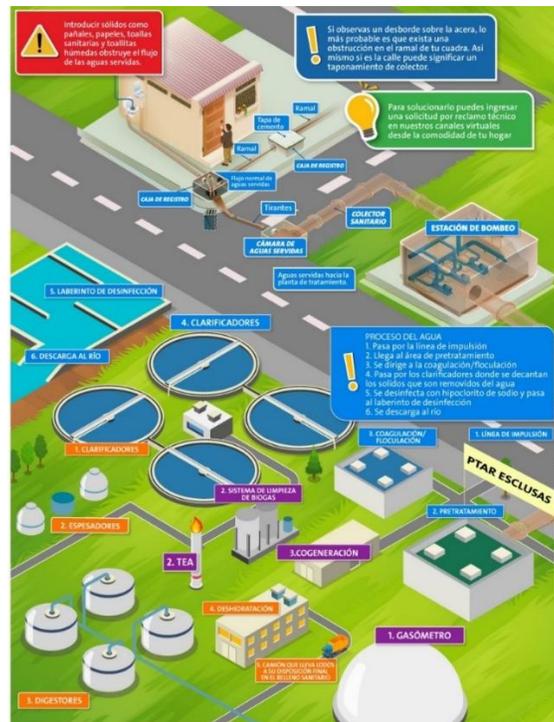
Fuente: Tomado de *Sistema de Alcantarillado Sanitario*, por INTERAGUA, 2022, Recuperado de

<https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-alcantarillado-sanitario>

La red de alcantarillado público se encarga de conducir los desechos desde las conexiones domiciliarias, hasta las plantas de tratamiento (ver Figura 2). Dentro de esta red, la infraestructura incluye: cajas de registro, que son las estructuras que reciben las aguas residuales de las viviendas; el ramal, que son las tuberías que transportan el agua por el frente de la cuadra hasta el tirante; los tirantes, son las tuberías que conectan la aportación de la manzana al colector más cercano por medio de las cámaras; las cámaras de aguas residuales, son el punto de convergencia entre los tirantes y los colectores; los colectores, son las tuberías que conducen las aguas residuales de los diferentes sectores hacia las plantas de tratamiento por medio de las estaciones de bombeo; finalmente luego de ser procesadas, las aguas son descargadas al río (INTERAGUA, 2022).

**Figura 2:**

*Conformación de la red de alcantarillado sanitario.*



Fuente: Tomado de Sistema de Alcantarillado Sanitario, por INTERAGUA, 2022, Recuperado de

<https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-alcantarillado-sanitario>

De esta infraestructura, las tuberías son parte neurálgica, ya que por medio de ellas se conecta todo el sistema. En el mercado nacional, se cuenta con tuberías de PVC, PEAD y de Hormigón. Para determinar su uso, se deben de considerar los aspectos de la durabilidad, la resistencia, el costo, y las condiciones físicas del lugar de instalación. Dentro de estos puntos, las tuberías de hormigón cuentan con ventajas como:

- Durabilidad: Las tuberías de Hormigón Armado cuentan con una vida útil entre 70 y 100 años mientras que una de PVC o PEAD puede tener una vida útil de 50 años.
- Resistencia: Las tuberías de Hormigón soportan mayores cargas que una de PVC o PEAD, lo que las hace ideales en infraestructura urbana de tránsito. Además, al ser más resistentes, no se ven afectadas por problemas mecánicos del relleno, o por trabajos de excavación que se realicen encima, o raíces de árboles alrededor.
- Mayor eficiencia hidráulica: Los fluidos al ingresar en una tubería, sufren pérdidas de flujo. En las tuberías de hormigón se logra reducir esta pérdida, debido a la forma de campana del extremo que se usa en la entrada; este diseño más óptimo, permite menor pérdida, lo que puede llevar a generar diseños de tuberías con menor sección de diámetro que en PVC o PEAD, lo cual permite ahorrar costos y optimizar el espacio dentro de los proyectos.

Teniendo en cuenta que, en búsqueda de una tubería de mayor fiabilidad a largo plazo, la producción de tuberías de concreto en Inkatonsa resultan de gran importancia en el desarrollo de infraestructuras sanitarias en Ecuador. Además, las tuberías cumplen tanto con estándares internacionales como las ASTM C-14 y ASTM C-76, y normas nacionales NTE INEN 3157, lo que asegura su calidad y rendimiento en proyectos de gran envergadura.

## 1.2. Planteamiento del problema

En el desarrollo urbano de la ciudad de Guayaquil, las tuberías de concreto desempeñan un papel crucial al formar parte de la infraestructura sanitaria, específicamente en sistemas de alcantarillado y drenaje. A pesar de que se ha alcanzado a desarrollar 5319 km de extensión de la red de alcantarillado sanitario, aún la demanda no ha sido satisfecha en su totalidad, por lo que se planifica alcanzar a cubrir el 95% del territorio hasta el 2031, por lo cual, contar con proveedores confiables es crítico (INTERAGUA, 2022).

Inkatonsa, con más de 40 años de experiencia en la fabricación de prefabricados de hormigón, desempeña un papel muy importante en la ayuda para cubrir ese déficit, al ser proveedor de tuberías de concreto de Interagua. Actualmente, la planta cuenta con maquinaria que opera en jornadas de hasta 10 horas diarias, generando su uso intensivo; mientras que el no contar con un plan de mantenimiento, produce un enfoque reactivo, abordando las fallas solo cuando se presentan generando:

- Deterioro acelerado de los equipos: Contar con un enfoque reactivo, implica que las maquinas no reciban el cuidado suficiente para mantenerse en un estado óptimo, lo cual hace que su envejecimiento sea notorio, tanto en lo visual como en el uso de estos.
- Paradas imprevistas en la producción: Se han presentado daños en las máquinas que hacen que las actividades de producción se retrasen, hasta lograr su reparación. Al no tener registro de estos inconvenientes, no se puede cuantificar la cantidad de tiempo perdido, ni su repercusión, por estos daños. Sin embargo, son situaciones recurrentes debido al tiempo de vida útil de los equipos y su bajo nivel de mantenimiento.
- Mayores costos operativos: Debido a las paralizaciones se producen tiempos muertos que implican pérdidas económicas para la empresa. Al no contar con datos fiables de las

paralizaciones, se estima como ejemplo para cuantificar las pérdidas por la paralización de 1 día, que considerando el costo de un tubo de concreto de 48” que es de \$296.91 y la producción diaria promedio es de 11 tubos, el perder 1 día de fabricación le lleva a perder \$3266.01 en venta. Estos costos pueden ser mitigados con un manejo óptimo del mantenimiento para evitar estas paradas imprevistas.

- Riesgos en la seguridad laboral: Dentro de la planta se han presentado accidentes de operarios tanto por el uso incorrecto de las máquinas, como porque estas no han estado en las condiciones óptimas. Esto puede llevar a que la empresa pueda tener problemas legales por no cumplir con normativas de Seguridad y Salud Ocupacional.

Estos problemas no solo afectan la operatividad interna, sino también puede llegar a verse comprometido el cumplimiento de las normas que regulan la calidad y estándares de los productos de la industria. Si no se logra tomar medidas, las limitaciones actuales pueden conllevar a ver afectaciones no solo en la operatividad de la organización, sino llevar a comprometer la meta actual de continuar reduciendo el déficit actual del sistema de alcantarillado urbano en la región.

**Pregunta de investigación:**

¿Puede el desarrollo de un plan de mantenimiento optimizar la eficiencia operativa dentro del proceso de fabricación de tuberías de hormigón en la planta **Inkatonsa**?

### 1.3. Justificación del tema.

En Ecuador, la normativa vigente establece la necesidad de garantizar condiciones seguras de trabajo y un manejo adecuado de los equipos industriales. De acuerdo con el *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores*, las empresas tienen la obligación de implementar medidas que incluyan inspecciones regulares y el mantenimiento preventivo de las instalaciones, herramientas y maquinarias (DECRETO EJECUTIVO 255, ART 8., 2024). El no cumplir con las disposiciones pueden repercutir en sanciones legales, riesgos laborales, y una reducción en la productividad de la empresa.

El mantenimiento industrial es un factor determinante para garantizar la eficiencia y la productividad en plantas de producción como Inkatonsa. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo tiene la capacidad de mejorar significativamente el desempeño de la maquinaria, reduciendo tiempos por inactividad, costos asociados a reparaciones de emergencia y riesgos asociados al desgaste mecánico. Según Poór, Basl, & Zenisek (2019), una aplicación óptima de los mantenimientos dentro de una organización, pueden llevar a obtener una reducción de hasta un 45% de tiempos muertos, reducir los costos de mantenimiento hasta un 30%, e incrementar la productividad hasta en un 25%.

La falta de un plan de mantenimiento integral en Inkatonsa compromete no solo la eficiencia de sus operaciones, sino también la continuidad del suministro de tuberías, las cuales resultan esenciales para proyectos de alcantarillado. Este es un aspecto crítico en ciudades como Guayaquil, donde de acuerdo con Interagua (2022), en la actualidad el objetivo es ampliar en los próximos 6 años la cobertura del sistema de drenaje para alcanzar al cerca del 25% de población que aún no cuenta de este servicio básico, lo que vuelve indispensable para Interagua contar con proveedores confiables que logren atender la demanda. Sin un sistema formal de mantenimiento, Inkatonsa podría perder por costos operativos,

dificultades para mantener la continuidad de sus procesos productivos, lo que puede implicar riesgos de incumplimiento en sus contratos.

Con base en lo expuesto, resulta imperativo formular un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que permita prever y mitigar fallas, optimizar los recursos disponibles y garantizar la sostenibilidad operativa de la planta. Dicho plan no solo mejorará la eficiencia de los procesos, sino que también asegurará el cumplimiento de las normativas vigentes y asegurando la calidad del producto para contribuir en el desarrollo de la infraestructura regional.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

- Desarrollar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para mejorar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de una planta de tubos de concreto.

##### **1.4.2. Objetivos específicos:**

- Buscar metodologías existentes aplicables para realizar el plan de mantenimiento.
- Analizar el estado actual de la planta de tubos de concreto para identificar las necesidades de mantenimiento.
- Determinar los tipos de mantenimiento correctivo y preventivo que se deben implementar en la línea de producción de tuberías de hormigón, y en la infraestructura de esta.
- Establecer el plan de mantenimiento correctivo y preventivo de la infraestructura e instalaciones técnicas comprendidas dentro del proceso.
- Definir las actividades a realizar y los tiempos de ejecución de estas.

### **1.5. Alcance y limitaciones**

Para fines de este estudio se considerará, exclusivamente el área que está dentro del proceso de tuberías de hormigón. El estudio se basa en la optimización del proceso actual de mantenimiento, en donde no se consideran las variables económicas, con el fin de profundizar más en el análisis técnico.

El análisis se dividirá en tres fases. La primera, consistirá en definir el proceso de fabricación de las tuberías, que permita la verificación del estado actual de las instalaciones y equipos, como el enfoque actual que se utiliza para resolver los problemas presentados. La segunda fase, se procederán a determinar las metodologías para lograr cubrir las necesidades y capacidades de la planta. Finalmente, en la fase tres, se generará un plan de mantenimiento definiendo las actividades que deben ser realizadas, y la periodicidad con las que deben ser realizadas. Además, se definirán indicadores para que en un futuro puedan analizar el nivel de mejoras, y el plan pueda ser optimizado, de acuerdo con los resultados que se vayan obteniendo, considerando que la implementación no es parte del estudio.

## CAPITULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 4.1.1. Enfoques del mantenimiento a través del tiempo.

El mantenimiento ha sido abordado con distintos enfoques en base a las distintas necesidades, y con las distintas herramientas que se han tenido a la mano. Dependiendo del enfoque, se obtendrán diversos resultados del proceso de mantenimiento, debido a que cada enfoque busca un fin distinto.

El primer enfoque corresponde al *mantenimiento correctivo*, el cual busca enfocarse en corregir fallas presentes en los equipos. Según Poór et al. (2019), la estrategia de este enfoque consistía en usar el equipo hasta que esté presente algún desperfecto. De esta manera, mientras los equipos aún no presentaran fallos, el trabajo no se veía comprometido; pero a medida que pasaba el tiempo y el uso de estos, la calidad podía verse comprometida, hasta que finalmente se producían paralizaciones por ver colapsados los equipos. El no considerar la intervención oportuna generaba pérdidas en tiempos de entrega, disminución en la calidad del producto, accidentes laborales por no contar con condiciones óptimas de los equipos e infraestructuras, y pérdidas económicas para las empresas. Por estos motivos, la necesidad de un nuevo enfoque era necesaria.

El segundo enfoque es el *mantenimiento preventivo*. Este enfoque se puede definir como las acciones planificadas, en búsqueda de detectar, evitar, y mitigar de un componente o sistema para mantener y extender la vida útil del mismo, controlando su degradación dentro de niveles aceptables (Poór et al., 2019).

Este enfoque permite encontrar las partes que puedan ser reemplazadas o reparadas, para lograr que los costos sean focalizados, haciendo que, con pequeñas inversiones periódicas, se prolongue el tiempo de utilidad de los equipos o infraestructura. Dentro de este enfoque se debe contar con un detalle de las actividades que deben de ser realizadas, y la periodicidad de estas.

El tercer enfoque es el *mantenimiento predictivo*. Este es definido por Poór et al. (2019), como las medidas que se toman para detectar los puntos en los que empieza la degradación de los mecanismos. De esta forma se previene desde la raíz, eliminando o controlando antes de que se produzca una condición de deterioro más significativo.

Este enfoque se diferencia del mantenimiento preventivo, en que se busca monitorear continuamente el equipo por medio de mecanismos, los cuales detectan a tiempo las posibles fallas, ayudando a prevenirlas, por lo que no se basa en horarios programados. Como beneficios tenemos los ahorros tanto económicos como de tiempo al lograr que las paralizaciones o daños se reduzcan a ser solo por motivos catastróficos, además de optimizar la operación de las máquinas. El problema con este enfoque es que al ser mecanismos que deben ser instalados en cada equipo, además del entrenamiento al personal para manejarlos, hacen que los costos de implementación puedan ser más altos.

También tenemos el enfoque *RCM (Reability-based maintenance)*, cuyo enfoque se basa en integrar todo el contexto operativo de la empresa. En este, se consideran no solo los aspectos operativos de las maquinarias, sino también se incluyen las limitantes que pueden presentar las organizaciones, como pueden ser de recursos financieros y humanos. Por esto se busca priorizar los mantenimientos en base a las necesidades, reconociendo que no todos los equipos tienen la misma importancia, ni características de construcción, operación, o probabilidades de fallas. Por medio de este enfoque los mantenimientos son planificados en base al análisis de la criticidad de cada proceso (Poór et al., 2019).

Finalmente tenemos el enfoque *TPM (Total Productive Maintenance)*, una filosofía orientada al resultado, que busca por medio un conjunto de actividades incluidas durante todo el proceso de producción de la empresa, integrar todos los departamentos de la empresa, generando una interconexión del mantenimiento y la producción con la seguridad técnica de la construcción y la tecnología (Poór et al., 2019).

En esta metodología se da especial importancia a la recopilación y análisis de los datos durante el proceso. Es por esto la gran importancia que tiene el incluir a todo el equipo, ya que los operadores de las maquinas son los únicos que pueden obtener la información sobre el estado del equipo continuamente; y estos necesitan compartir esta información a quienes gestionen el proceso de mantenimiento para el análisis y determinar las necesidades que tiene cada equipo o área de trabajo. De esta manera, incluyendo a todo el equipo, el TPM busca logra mantener una comunicación clara entre los usuarios de los equipos o áreas de trabajo y encargados del mantenimiento, aumentando la eficiencia de los equipos, optimizando los costos ya que los mismos operadores forman parte del control del estado de los equipos.

De estos cambios podemos observar que, con el transcurso del tiempo, el enfoque fue modificándose, para lograr que por medio de procesos no solo se obtenga la prolongación de la vida útil, sino que sea de manera óptima, aprovechando los recursos de las organizaciones.

**Tabla 1:** Enfoque del Mantenimiento a través de los años.

<b>AÑOS</b>	<b>ENFOQUE</b>
<b>3000 a.C. – Siglo V d.C.</b>	Mantenimiento básico, en búsqueda de corregir daños claramente visibles de ser posible.
<b>Edad Media (Siglo V-XV).</b>	Edificaciones utilizaban métodos constructivos y materiales de gran durabilidad. El enfoque continuaba siendo <i>correctivo</i> , aunque se empezó a <i>registrar la periodicidad de las reparaciones</i> .
<b>Revolución Industrial (Siglo XVIII-XIX).</b>	El uso de maquinaria comienza a ser común en los procesos de producción. En la construcción, la implementación de nuevos materiales, como equipos dentro de las edificaciones genero una necesidad de empezar a generar <i>CM (mantenimientos preventivos)</i> .
<b>1920's</b>	Uso de las estadísticas en la Producción.
<b>1950</b>	Edwad Deming, crea el <i>PM (mantenimiento productivo)</i> , en búsqueda de optimizar la relación calidad-rendimiento, para evitar el solo enfocarse en el cuidado de las maquinas.
<b>1960</b>	Se desarrolla el <i>RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad)</i> .
<b>1970</b>	<i>CMM's</i> (Sistemas de Administración de Mantenimiento Computarizado). Una herramienta tecnológica que permite gestionar, planificar y dar seguimiento a las actividades de mantenimiento.
<b>1971</b>	El <i>TPM (Mantenimiento Productivo Total)</i> es desarrollado en Japón.
<b>1985</b>	La filosofía Kaizen llega a occidente, cambiando el enfoque a buscar la mejora continua de los procesos de producción y gestión. Lo que importa no es el resultado, sino el proceso. Si el proceso es bueno el resultado lo será.
<b>1995</b>	Hiroyuki Hirano introduce las 5Ss. Una técnica que se basa en el principio de que mantener en condiciones óptimas un espacio de trabajo (que este limpio y ordenado), hará que sea un espacio seguro y productivo.
<b>Siglo XXI</b>	El enfoque del mantenimiento va de la mano con el crecimiento del pensamiento sostenible. Se enfoca en buscar la reducción de consumo de recursos, y en prolongar la vida útil de los materiales y sistemas.
<b>2010's</b>	La tecnología ayuda a gestionar el mantenimiento de manera integral, por medio de métodos como el <i>BIM (Building Information Modeling)</i> , facilitando un enfoque predictivo.

*Nota.* Elaboración propia. Adaptado de *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*, por Rivera,

2011.

#### 4.1.2. Metodologías

En la búsqueda de transformar la cultura de mantenimiento dentro de la organización, se buscará contar con un plan de mantenimiento, que incluya la participación de todos los niveles de la organización, fomentando la responsabilidad compartida, y permitiendo que este plan pueda ser optimizado de acuerdo con el análisis continuo de su implementación, buscando generar una mejora continua dentro del proceso.

Con este enfoque, se implementará la metodología *TPM* dentro del proceso de gestión del mantenimiento. El *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*, está enfocado en integrar a todos los miembros del proceso en la gestión del mantenimiento. Esta metodología fue desarrollada en Japón por diversas industrias, demostrando ser eficaz en la reducción de tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia operativa.

A diferencia del mantenimiento tradicional, que se centra en la reparación de fallas, el TPM busca prevenirlas y mantener la máquina en su estado óptimo durante todo su ciclo de vida. Además de incluir el mantenimiento preventivo, el TPM promueve el mantenimiento autónomo, en el que los operarios son entrenados para realizar tareas básicas de mantenimiento.

Para la implementación del TPM, nos basamos en 5 pilares que serán el fundamento de una operación óptima del programa. De acuerdo a la etapa que se vaya implementando, se va a ir obteniendo solidez de los resultados en la estructura creada (Calvo & Lago, 2004).

Estos pilares son:

- Mejora continua: Por medio de la identificación de los puntos en los que se producen las pérdidas dentro del proceso, se definen indicadores para poder analizar como estos inciden dentro de la operación (Calvo & Lago, 2004). Dentro de este estudio será abarcado por medio de la implementación del ciclo de Deming.

- **Mantenimiento autónomo:** En búsqueda de mejorar los procesos, se busca incluir en el apartado de mantenimiento al personal que opera las máquinas y que estos mantengan sus áreas en estados óptimos, además de proporcionar información sobre el estado de los equipos, ya que son los más indicados en conocer el estado de estos al largo tiempo que pasan trabajando con estos (Calvo & Lago, 2004).
- **Mantenimiento planificado:** Dentro de este pilar se encuentran todas las actividades regulares que deben de ser realizadas para un funcionamiento óptimo. Es importante que el equipo que opera las máquinas cuente con comunicación con el equipo de mantenimiento para lograr registrar y diagnosticar problemas que puedan presentarse, así como los cambios ya realizados (Calvo & Lago, 2004).
- **Formación:** En búsqueda de que el equipo cuente con las herramientas apropiadas para poder contar con un mantenimiento autónomo, además de que pueda ser optimizado el uso de las máquinas, se debe de contar con capacitaciones para que puedan conocer más a profundidad los equipos y sus necesidades (Calvo & Lago, 2004).
- **Gestión temprana del equipo:** En una gestión de mejora continua, se debe de buscar el poder predecir la posibilidad de fallos dentro de los equipos. Es por esto por lo que se debe buscar por medio de implementación de medios mecánicos que detecten cuando se está presentando una falla, o por medio de registros internos, estimar la durabilidad de las partes, para permitir actuar a tiempo y prevenir paros no planificados (Calvo & Lago, 2004).

Figura 3:

5 pilares del TPM.



Fuente: Tomado de *Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos*, por Calvo & Lago, 2004.

Dentro de la planta de producción de Inkatonsa, el TPM puede aplicarse en las máquinas de producción, para reducir las fallas imprevistas, mejorar la seguridad y aumentar la vida útil de los equipos. Al involucrar a los operarios en las tareas básicas de mantenimiento, la planta puede beneficiarse de un enfoque preventivo que contribuya a una mayor eficiencia y menores costos.

Para aplicar la metodología, se necesita contar con un personal capacitado, ya que son parte fundamental dentro del sistema, por lo tanto, son indispensables las capacitaciones continuas al personal. Con el personal capacitado, se implementan mantenimientos autónomos de parte de los operarios a sus máquinas. También se debe lograr identificar la criticidad de los equipos y áreas dentro de la operación, para poder priorizarlas en base al impacto que tengan estas sobre la producción. Una vez definido el nivel de importancia de mantenimiento de cada equipo, se procede a diseñar un plan de mantenimiento preventivo en base a los datos históricos, y las especificaciones de cada equipo. Finalmente se monitorean los datos para poder analizar los *Indicadores Claves de Desempeño (KPI)*, para medir la efectividad de la implementación del programa (Smith & Hawkins, 2004).

En la búsqueda de una mejora continua, se implementará el *ciclo de Deming (PHVA)* como herramienta clave en la gestión del mantenimiento. Este método estructurado permite configurar planes de gestión en los procesos que contribuyan a optimizar la productividad, reducir costos operativos, minimizar fallos y eliminar riesgos potenciales. (Montesinos, Vázquez, Maya & Gracida, 2020)

Este ciclo consta de 4 partes:

- **Planificar:** En esta etapa se definen los problemas actuales que están presentes dentro del proceso o actividad a mejorar. Así mismo se fijan que objetivos se buscan alcanzar, y se definen los métodos a aplicar y los indicadores con los que se van a evaluar los avances (Montesinos et al., 2020).
- **Hacer:** La etapa en la que se procede con la ejecución del plan. Esta puede ser realizada en prueba piloto inicialmente. Siempre en esta etapa es importante el registrar la información sobre los resultados obtenidos (Montesinos et al., 2020).
- **Verificar:** Para esta etapa, es crítico el contar con los datos de la etapa de Hacer. Aquí por medio de herramientas previamente definidas en la planificación se analiza si se están cumpliendo las metas esperadas (Montesinos et al., 2020).
- **Actuar:** Finalmente esta etapa es en la que se analiza los resultados y en base a estos se puede determinar si se están cumpliendo las metas planteadas, o si se necesita modificar algo dentro del proceso, y volver al inicio del ciclo (Montesinos et al., 2020).

## CAPITULO 3

### 3.1. Análisis de situación actual.

Previo a la implementación de un plan de mantenimiento, es importante conocer la operatividad actual de las instalaciones para que, en base a los procesos y el estado actual, se pueda determinar las necesidades que tienen las máquinas y la infraestructura.

La planta de Inkatonsa, es una planta de prefabricados de hormigón, que cuenta con 31000 m<sup>2</sup>, en donde podemos encontrar áreas de oficinas administrativas, áreas de carga, áreas de almacenamiento, áreas de producción de ductos, y área de producción de tuberías de concreto. Dentro de este estudio nos enfocaremos en el área del proceso de producción de tuberías.

#### Figura 4:

*Implantación y delimitación de área de fabricación de tuberías INKATONSA.*



*Fuente: Tomado de Google Earth, 2025.*

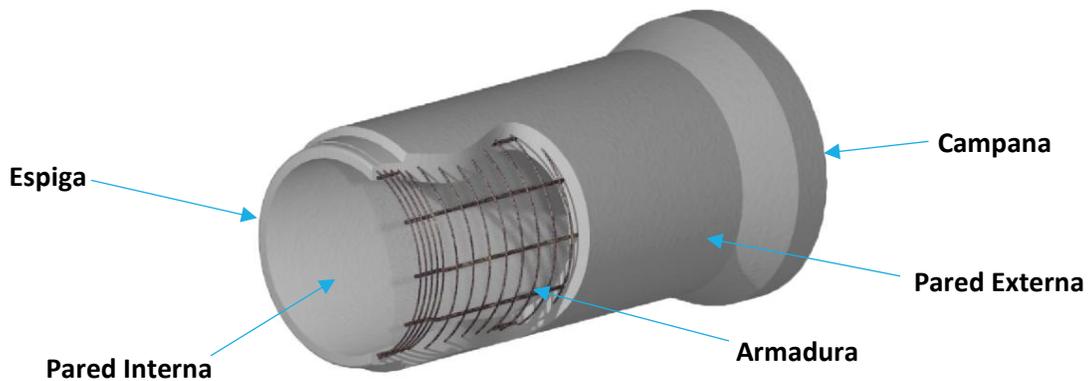
### Proceso de fabricación de tuberías de concreto:

En la planta de Inkatonsa se fabrican diversos productos derivados del hormigón, como tuberías, ductos tipo cajón, cajas domiciliarias, separadores de vías, entre otros. Este estudio se centra en el proceso de la fabricación de las tuberías. Estas son producidas en 14 distintos diámetros, que van desde las 20" hasta las 90".

Las tuberías tienen dos terminaciones, una es la campana, que es la boca más ancha del tubo, y la espiga que es la parte superior. Estas son conectadas entre sí sellándose por una junta de goma, la cual garantiza el hermetismo dentro del sistema, evitando fugas durante su funcionamiento.

**Figura 5:**

*Partes del Tubo de Hormigón.*

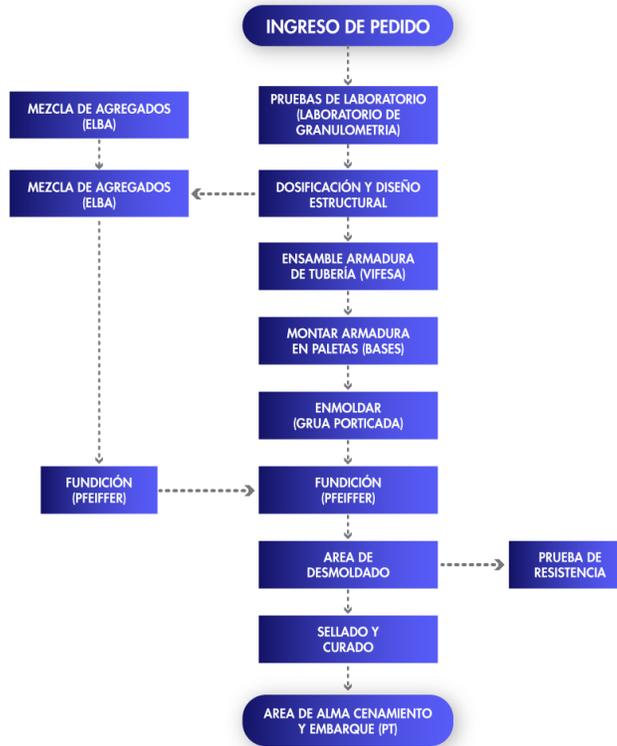


*Nota.* Elaboración propia.

La fabricación de estos elementos se realiza en un área con maquinaria especializada que permite implementar un proceso de producción en línea. Este proceso está compuesto por las distintas etapas consecutivas que se observan en el siguiente diagrama de flujo:

**Figura 6:**

*Diagrama del proceso.*



*Nota.* Elaboración propia.

El proceso empieza al ingreso de un pedido, en el cual el laboratorio (ver figura 7 y 8), recibe las especificaciones de las tuberías a fabricar. A partir de estas, el encargado de las pruebas realiza el análisis del material receptado, en el que se define de acuerdo a las necesidades del requerimiento, la dosificación adecuada de los agregados para el hormigón de la tubería.

**Figura 7:**

*Área de laboratorio.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 8:**

*Área de pruebas de granulometría.*



*Nota.* Elaboración propia.

En esta etapa se realizan pruebas clave para garantizar la calidad final del producto. Las pruebas realizadas son:

- Prueba de Densidad: En esta se evalúa la relación entre la masa y el volumen de los materiales como la arena y la piedra. Las pruebas son realizadas en un champan (ver figura 9), para la arena, y una balanza (ver figura 10), para la prueba en las piedras.

**Figura 9:**

*Champan para prueba de densidad de arena.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 10:**

*Balanza para prueba de densidad de la piedra.*



*Nota.* Elaboración propia.

- Prueba de absorción: Se busca determinar la capacidad del material para retener agua. Esta prueba se realiza dentro del Horno de Stabil (ver figura 11).

**Figura 11:**

*Horno Stabil Therm Prueba de absorción.*



*Nota.* Elaboración propia.

- Prueba de granulometría: Por medio de tamices (ver figura 12), se verifica el tamaño de los agregados, para asegurar homogeneidad dentro de la mezcla, y adecuada a la resistencia final deseada.

**Figura 12:**

*Tamices.*



*Nota.* Elaboración propia.

Después de las pruebas de laboratorio, de acuerdo con el diseño estructural, se procede a fabricar la armadura de las tuberías por medio de la maquina Vifesa KMA-200 (Ver figura 13). Este equipo automatiza el proceso de soldadura asegurando precisión y uniformidad en la estructura. El funcionamiento de esta comienza con un operador que va colocando las varillas del hierro transversal de la armadura en sus respectivos soportes. Una vez colocados todas las varillas, la armadura comienza a girar sobre su eje mientras los estribos son enrollados por el sistema automáticamente, y siendo soldados alrededor de la estructura. Una vez completada la soldadura, la armadura es desmontada, y llevada al área de enmoldado para continuar el proceso.

**Figura 13:**

*Maquina Vifesa KMA-200.*



*Nota.* Elaboración propia.

En el área de enmoldado, un operario procede a colocar la armadura sobre la paleta (las bases para el encofrado), luego de tener colocadas las armaduras de todo el lote (ver figura 14), la máquina Wenker-Demag (ver figura 15), lleva el molde para ser colocado sobre las paletas, siendo asegurada por el mismo operario, alistándola para enviarlo a la Pfeiffer. La máquina Wenker-Demag es una Grúa pórtico, la cual permite la transportación de las distintas etapas del tubo desde que esta enmoldada para ser fundida, hasta llevarlo al área de curado. Esta máquina la maneja un operario desde una cabina en la parte superior, mientras otro operario por medio de radio se comunica para confirmar cuando ya está listo el molde para transportar o ser desmoldado. El movimiento de la grúa es a través de un riel, mientras cuenta con un polipasto en la viga superior, para un movimiento perpendicular al de los rieles.

**Figura 14:**

*Armadura sobre paleta.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 15:**

*Wenker durante el proceso de Enmoldado.*



*Nota. Elaboración propia.*

La Pfeiffer Variant 2500, es una máquina especializada en la fabricación de tuberías de concreto, mediante un proceso de fundición centrífuga, la cual genera que el concreto sea presionado hacia las paredes internas del molde, lo que permite eliminar cualquier burbuja de aire o espacio vacío, además de asegurar una distribución uniforme del material. Esta máquina requiere de dos operarios, el primero se encarga de la recepción del molde, asegurándose que este ingrese correctamente, desenganchándolo de la Wenker, y luego verificando el ingreso de la mezcla al molde. El segundo operario, se encarga de verificar el ingreso de la mezcla en la tolva, y del envío de este por medio de la banda transportadora. Previo al ingreso del molde, se debe de realizar el cambio de los núcleos, que funcionan como el encofrado interior del tubo. Estos son intercambiables dependiendo del diámetro de tubería requerido.

**Figura 16:**

*PFEIFFER VARIANT 2500.*



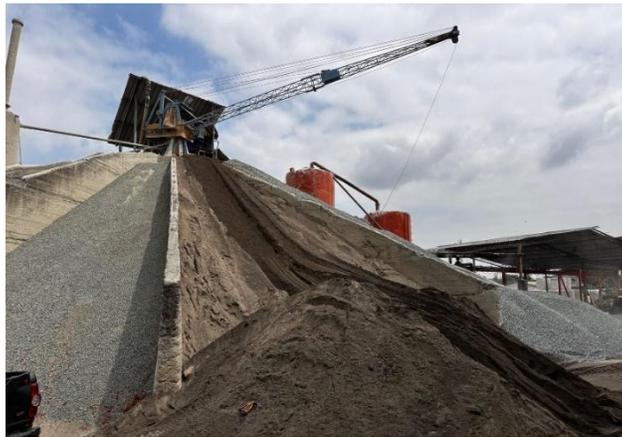
*Nota.* Elaboración propia.

Mientras se produce el enmoldado y la introducción de este en la Pfeiffer, los agregados son tomados del área de almacenamiento por el Scraper (ver Figura 17). Esta maquinaria pesa y controla con precisión el flujo de los distintos materiales. El operario recoge por medio de la pluma con un balde los agregados, los cuales son depositados en distintos compartimentos, separados por tipo de agregado.

Luego el operario selecciona el compartimento del agregado que necesita, el cual pasa a una báscula en la que es calculada la cantidad de material exacto. Finalmente se libera ese material y cae dentro de la Elba (ver Figura 19), la cual realiza la mezcla de los agregados recibidos por la Scraper, los silos de cemento (ver figura 18), y la conexión de agua.

**Figura 17:**

*Área de almacenamiento de agregados y Scraper.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 18:**

*Silos de cemento.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 19:**

*Maquina Elba.*



*Nota.* Elaboración propia.

Esta mezcla es liberada de la Elba, a un Monorriel (ver Figura 20), el cual, por medio de una estructura, se conecta con la tolva de la Pfeiffer sobre la cual se deposita la mezcla para ser introducida en el molde. Tanto el Monorriel como la Elba y la Scraper son manejadas por el mismo operario.

**Figura 20:**

*Monorriel.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 21:**

*Tolva y banda de fundición de PRINZING-PFEIFFER VARIANT 2500.*



*Nota.* Elaboración propia.

La mezcla es depositada en la tolva y transportada por una banda al molde donde ocurre la fundición (ver Figura 21). Luego de esto se procede a sacar el tubo, fijando el molde a la Wenker, y se transporta al área de curado, donde tres operarios se encargan del desmolde (ver Figura 22). En este proceso de desmoldado, se sella primero el interior del tubo con dos personas dentro, luego se alza el tubo y se baja nuevamente para soltar los seguros de las paletas, y se proceder a alzar el molde. El personal queda sellando por fuera los tubos y realizando desbaste a la espiga, para sellarla con el gorro (ver Figura 23), y forrar el tubo con plástico.

**Figura 22:**

*Wenker transportando tubería.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 23:**

*Gorro para espiga.*



*Nota.* Elaboración propia.

De las piezas, se elige una al azar para realizar la prueba de compresión, en el que se puede verificar la resistencia mecánica de estas. Este es colocado dentro de la Prensa de Hormigón (ver Figura 24), verificando la correcta alineación de los extremos del tubo. Se procede a aplicar una carga progresiva y constante de manera controlada, buscando simular condiciones reales de carga a las que va a estar

sometidas una vez instalado. Una vez el tubo presenta agrietamiento severo o fragmentación, se considera que ha fallado y se determina cual fue la carga máxima que pudo soportar. Este trabajo lo realiza un operario, aunque la colocación y regulación del tubo lo realiza con ayuda de un operario más.

**Figura 24:**

*Prensa de Hormigón.*



*Nota.* Elaboración propia.

Finalmente, los tubos son llevados al área de almacenamiento, en donde se mantienen listos para el posterior envío a las obras (ver Figura 25).

**Figura 25:**

*Área de almacenamiento.*



*Nota.* Elaboración propia.

## Análisis de Criticidad de uso de Maquinas durante el proceso.

Para determinar la criticidad que las máquinas tienen dentro del proceso, se va a calcular la incidencia de cada una dentro del proceso determinando: la cantidad de veces que intervienen, y el tiempo que ocupan dentro de la fabricación de una tubería. Estos fueron obtenidos de observación directa dentro del proceso; en el que luego de tres periodos de mediciones, se obtuvo un promedio, para obtener el tiempo de uso de acuerdo con cada actividad. Así mismo se observó las veces que intervenía cada máquina, las cuales se mantuvieron iguales en cada medición. (ver Anexo 1)

**Tabla 2:** Listado de Maquinarias.

<b>Maquina</b>	<b>Proceso</b>	<b>Tiempo de uso</b>	<b>Tiempo acumulado</b>	<b>Cantidad de intervenciones</b>	<b># Criticidad</b>
<b>Vifesa</b>	Armadura de Tubería.	7:20 min	7:20 min	1	<b>4</b>
<b>Wenker - Demag</b>	Enmoldado.	1:34 min	1:34 min	1	
<b>Wenker - Demag</b>	Traslado Molde para fundición.	2:45 min	4:19 min	2	
<b>Pfeiffer</b>	Preparación Molde para fundición.	2:49 min	2:49 min	1	
<b>Scraper</b>	Recolectar agregados (x 2 turnos).	6:41 min	6:41 min	2	<b>5</b>
<b>Elba</b>	Mezclar agregados (x 2 turnos).	8:02 min	8:02 min	2	<b>3</b>
<b>Monorriel</b>	Llevar el concreto para fundición desde la Elba a la Pfeiffer (x 2 turnos).	6:04 min	6:04 min	2	<b>7</b>
<b>Pfeiffer</b>	Fundición del Tubo.	14:42 min	<b>17:31 min</b>	2	<b>1</b>
<b>Wenker - Demag</b>	Sacar Tubo y transportar a área de curado.	2:43 min	7:02 min	3	
<b>Wenker - Demag</b>	Curado interior, y Desmoldado.	3:40 min	10:42 min	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Prensa de Hormigón</b>	Pruebas de Compresión y resistencia.	5:35 min	5:35 min	1	<b>6</b>

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo con los datos obtenidos en los tiempos de fabricación, podemos observar que dentro de la línea de proceso tenemos dos máquinas cuya participación es mayor dentro del proceso. La Wenker-Demag, es la máquina que más veces es utilizada con 4 intervenciones dentro del proceso, realizando distintas actividades, desde transportar el molde, hasta llevar el producto terminado a su última zona de proceso. Mientras que la Pfeiffer con 17 minutos con 30 segundos, es la máquina que más tiempo actúa en un proceso.

A pesar de que todas las máquinas son vitales dentro del proceso, la Wenker y la Pfeiffer aparecen como máquinas esenciales para garantizar la operatividad, determinándolas como las más críticas dentro del proceso. Esto nos permite comprender que la intervención en ellas debe ser prioritario para reducir fallas que puedan repercutir en afectaciones significativas sobre el proceso.

### 3.2. Zonificación del proceso.

Figura 26:

*Zonificación de las etapas del proceso.*



-  Área de laboratorio.
-  Área de ensamble de armadura (Vifesa).
-  Área de fundición (Pfeiffer).
-  Área de transporte de mezcla. (Monorriel).
-  Área de mezclado (Elba).
-  Área de agregados (Scraper).
-  Área de enmoldado (Wenker-Demag).
-  Área de desmoldado y curado (Wenker-Demag).
-  Área de pruebas de compresión.
-  Área de almacenamiento y transporte.

*Nota.* Elaboración propia.

### **3.3. Situación Actual de las maquinarias.**

Después de realizar un análisis in situ y entrevistas con el encargado del mantenimiento dentro de la planta, se pudo conocer la forma en que actualmente son implementados los mantenimientos, que permitieron identificar deficiencias notables dentro de la gestión, debido a la baja atención hacia el mantenimiento desde la organización, lo cual repercute directamente en el estado de la infraestructura y los equipos.

Actualmente el área de mantenimiento cuenta con tres personas, el jefe de Mantenimiento, el cual cumple las funciones de verificar el estado de las instalaciones y equipos, y verificar que se realicen las actividades de mantenimiento; un técnico de mantenimiento que realiza las reparaciones, sean estructurales, o de mantenimientos mecánicos; y un técnico eléctrico, que está encargado de la revisión del funcionamiento apropiado, y corrección de las fallas dentro de las instalaciones eléctricas de los equipos.

Dentro del área de pruebas de laboratorio (incluyendo pruebas de compresión), los mantenimientos de calibración y verificación de estado de los equipos están a cargo de un contratista externo. Con el fin de cumplir los requerimientos de las normas internacionales de calidad a las que se rigen las tuberías.

Este equipo de mantenimiento lleva a cabo ciertos cuidados básicos en las maquinas luego de ciertos procesos, actividades que no se encuentran documentados, ni organizados bajo parámetros de periodicidad definidos. Esto implica una limitante clara en lograr determinar qué tan eficientes están resultando estas actividades, lo que dificulta la toma de decisiones futuras en búsqueda de optimizar el proceso. Además, con un enfoque reactivo por parte de la dirección, basado en el principio de “usar mientras funcione”, implica que, al presentarse alguna falla observable, no se actúe a tiempo para prevenir detenciones, lo cual afecta en la productividad operativa.

Según Paladinez (2024), las reparaciones deben ser realizadas en un promedio de hasta dos días, no permitiendo que las reparaciones se realicen de forma apropiada. Es posible también en fallas mayores, como las mecánicas, que requieren de repuestos especializados, los tiempos de reparación se incrementen considerablemente. La falta de un registro histórico impide que se pueda determinar actualmente tiempos precisos de reparación o recurrencia de fallas.

A continuación, se presentan las fichas utilizadas para el levantamiento de información, y que recaba el estado actual de cómo se encuentra cada maquinaria que interviene en el proceso de fabricación de tuberías de concreto. El formato de ficha se lo puede encontrar en el anexo 1. La información de las fichas está basada en entrevistas a los operarios y personal de mantenimiento, complementada con observaciones del estado físico actual que presentan los equipos.

Tabla 3: Ficha de Situación Actual Wenker.

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Área de enmoldado, desmoldado y curado	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	Wenker	<b>Tiempo de uso:</b>	45 años
<b>Imágenes:</b>			

Figura 27:

Grúa Pórtico Wenker.



Nota. Elaboración propia.

Figura 29:

Demag.



Nota. Elaboración propia.

Figura 28:

Cable de acometida.



Nota. Elaboración propia.

Figura 30:

Demag con carga.



Nota. Elaboración propia.

---

**Observaciones:**

- La Wenker es una Grúa pórtico, que, por medio de un monorriel, puede mover grandes cargas soportadas por un polipasto (Demag). Este es móvil también a lo largo de la viga principal, lo cual ayuda a movilizar las tuberías y ubicarlas de manera óptima.
- Un daño muy común que está presentando la Wenker, es debido al movimiento en el monorriel, lo que hace que el cable de la acometida sufra desgaste por fricción en su cobertura. Esto se da por el rozamiento que se produce durante el movimiento de la máquina, el cual expone al cable a mantenerse en un proceso constante de enrollarse y desenrollarse, mientras está en contacto constante con el suelo.
- Otro gran problema es que no cuenta con cobertura, por lo que, en épocas de lluvia, sufre de paralizaciones para evitar riesgos eléctricos.
- Estructuralmente se han tenido que realizar reparaciones en la zona del puesto de mando, porque el piso se encontraba defectuoso.

Dentro de los mantenimientos que se realizan actualmente están:

<b>TAREA</b>	<b>FRECUENCIA ACTUAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Lubricación de motores de traslación.	Regular (Tiempo no especificado).	Verificación y llenado de niveles de aceite en motores.
Revisión de cajas reductoras.	Regular (Tiempo no especificado).	Verificar el nivel de aceite y el estado de los piñones.
Reparación estructural.	Según necesidad.	Inspección y ajuste de componentes estructurales.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 4:** *Ficha de Situación Actual Pfeiffer Variant 2500*

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Área de fundición.	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	Pfeiffer Variant 2500	<b>Tiempo de uso:</b>	45 años
<b>Imágenes:</b>			

**Figura 31:**

*Pfeiffer previo montaje de moldes*



**Figura 32:**

*Moldes para distintos diámetros.*



*Nota.* Elaboración propia.

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 33:**

*Maquina en uso de fundición de tubería.*



**Figura 34:**

*Aspas de fundición.*



*Nota.* Elaboración propia.

*Nota.* Elaboración propia.

Figura 35:

*Banda de concreto con desgaste.*



*Nota.* Elaboración propia.

Figura 36:

*Daños en estructura metálica.*



*Nota.* Elaboración propia.

Figura 37:

*Núcleos (encofrado interior tubería).*



*Nota.* Elaboración propia.

Figura 38:

*Interior núcleos con oxidación presente.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 39:**

*Paletas con presencia de oxido.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 40:**

*Paletas con deformidades presentes.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 41:**

*Bases de núcleos en mal estado.*



**Figura 43:** *Bases de núcleos en mal estado.*

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 42:**

*Bases de núcleos con pines incompletos.*



**Figura 44:** *Bases de núcleos con pines incompletos.*

*Nota.* Elaboración propia.

---

**Observaciones:**

---

- En esta máquina se produce la fundición del tubo.
- La máquina cuenta con un deterioro notorio, producto a su tiempo de uso.
- Muchas partes de la maquina cuentan con un desgaste natural.
- Notorio desgaste provocado por falta de limpieza y mantenimiento de estas.

Dentro de los mantenimientos que se realizan actualmente se encuentran:

<b>TAREA</b>	<b>FRECUENCIA ACTUAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Lubricación de Núcleos.	Cada tres meses aproximadamente.	Aplicación de lubricante en núcleos.
Revisión de gatos hidráulicos.	Durante cada inspección.	Verificar fugas en pines de carga y su correcto funcionamiento.
Cambio de aceite hidráulico.	Cada tres meses (dependiendo del uso).	Análisis del estado del aceite, evaluando viscosidad y nivel de suciedad, realizando cambio según necesidad.
Revisión de cajas reductoras.	Según necesidad.	Inspección de estado de piñones y lubricación de estos.
Reparaciones estructurales.	Según necesidad.	Revisión de Moldes, gorros, bases de moldes, núcleos, y bases de núcleos. Se repara de acuerdo con necesidad.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 5: Ficha de Situación Actual Scraper**

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Área de agregados	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	Scraper	<b>Tiempo de uso:</b>	30 años
<b>Imágenes:</b>			

Figura 45:

*Maquina Scraper.*



Figura 46:

*Cable y balde.*



*Nota.* Elaboración propia.

*Nota.* Elaboración propia.

**Observaciones:**

- Esta máquina se encarga de alimentar de agregados la elba.
- El mayor problema presentado, es el deterioro del balde por mal manejo del equipo, como el desgaste del cable que sostiene el balde por el roce constante con los agregados.

Dentro de los mantenimientos que se realizan actualmente están:

TAREA	FRECUENCIA ACTUAL	DESCRIPCIÓN
Revisión de poleas.	Regular (Tiempo no especificado).	Inspección de desgaste y lubricación de poleas.
Revisión de cable y balde.	Según necesidad.	Verificación de estado del cable. Reparación o reemplazo del balde según desgaste.
Revisión de embragues.	Regular (Tiempo no especificado).	Revisión del sistema de embrague hidráulico.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 6:** Ficha de Situación Actual Elba.

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Área de agregados	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	Elba	<b>Tiempo de uso:</b>	30 años
<b>Imágenes:</b>			

**Figura 47:**

*Maquina Elba.*



**Figura 48:**

*Corrosión evidente en plancha de piso.*



*Nota.* Elaboración propia.

*Nota.* Elaboración propia.

**Observaciones:**

- Dentro de esta máquina se realiza la mezcla del hormigón de acuerdo con las especificaciones de resistencia de la tubería.
- En esta máquina, recientemente realizaron un arreglo en la estructura del piso de la elba, cambiando la plancha del piso, debido a un debilitamiento producido por la oxidación.

Dentro de los mantenimientos que se realizan actualmente están:

<b>TAREA</b>	<b>FRECUENCIA ACTUAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Mantenimiento de aspas y chumaceras.	Regular (Tiempo no especificado).	Inspección de desgaste y lubricación de poleas.
Lubricación de catalina y cadenas.	Regular (Tiempo no especificado).	Aplicación de grasa para garantizar un movimiento suave.
Reparaciones estructurales.	Según necesidad.	Revisión del sistema de embrague hidráulico.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 7: Ficha de Situación Actual VIFESA KMA-200**

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Área ensamble armadura	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	Vifesa KMA-200	<b>Tiempo de uso:</b>	3 años
<b>Imágenes:</b>			

**Figura 49:**

*Maquina Vifesa Área de Soldadura.*



**Figura 50:**

*Maquina Vifesa Vista Posterior.*



*Nota. Elaboración propia.*

*Nota. Elaboración propia.*

**Observaciones:**

- Es la maquina más moderna dentro del proceso. Se ingresan las varillas, y va soldando de acuerdo con la especificación la armadura de la tubería.
- De acuerdo con el encargado de mantenimiento, hace falta fabricar un carro de manipulación manual, para desmonta las armaduras.

Dentro de los mantenimientos que se realizan actualmente están:

<b>TAREA</b>	<b>FRECUENCIA ACTUAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Limpieza Estructural.	Al finalizar cada producción de armadura.	Limpieza de residuos como alimañas de soldadura.
Lubricación.	Al finalizar cada producción de armadura.	Aplicación de WD-40 en mordazas, rieles, carro de traslación y poleas.
Reajuste de porta electrodos.	Al finalizar cada producción de armadura.	Revisión y ajuste de electrodos para soldadura.
Limpieza del tanque de refrigeración.	Según necesidad (no se revisa con planificación).	Limpieza del reservorio de agua usado en el sistema de refrigeración.
Revisión de niveles de aceite.	Según necesidad (no se revisa con planificación).	Verificación de niveles y estado de aceite en bomba hidráulica.

*Nota. Elaboración propia.*

**Tabla 8:** Ficha de Situación Actual Monorriel.

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Área de agregados	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	Monorriel	<b>Tiempo de uso:</b>	30 años
<b>Imágenes:</b>			

**Figura 51:**

*Monorriel Transportando concreto.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 52:**

*Mezcla Monorriel descargando material.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Observaciones:**

- La función del monorriel es transportar la mezcla a la Pfeiffer para la fundición del tubo.
- Dentro de los problemas que se presentan con mayor frecuencia, son daños en los rulimanes de rodamiento, debido al rodamiento continuo que tiene durante el proceso.
- El carro de transporte de mezcla del monorriel presenta un alto nivel de desgaste, debido a su uso, y bajo cuidado.

Dentro de los mantenimientos que se realizan actualmente están:

TAREA	FRECUENCIA ACTUAL	DESCRIPCIÓN
Lubricación de rodamientos.	Regular (Tiempo no especificado).	Aplicación de grasa en rodamientos de las guías del monorriel.
Revisión de cadena y cable.	Regular (Tiempo no especificado).	Limpieza y lubricación de patines, y verificación de desgaste en cables.
Revisión de estructura.	Según necesidad.	Inspección de la estructura para garantizar estabilidad.

*Nota.* Elaboración propia.

### **3.4. Situación Actual de Instalaciones.**

Dentro del estudio, además del análisis del estado actual en las maquinas, se evalúa también la condición actual de las instalaciones. Garantizar una correcta operatividad de los equipos, y poder brindar la seguridad requerida para las actividades realizadas en cada área, requiere de una infraestructura en buen estado.

Los problemas que se presentan en la infraestructura impactan no solo el desempeño y cuidado de las maquinas, sino que también afecta a la eficiencia de los operarios, debido al aumento en tiempos improductivos, como también posibles riesgos asociados. El no contar con el mantenimiento adecuado de las instalaciones puede llevar a daños progresivos, como filtraciones, corrosión o fallas estructurales, que a largo plazo influyen tanto en la sostenibilidad operativa de la planta, como en el bienestar del personal.

**Tabla 9:** Ficha de Situación Actual de la Infraestructura en la Planta de Inkatonsa Zona de Tuberías.

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

<b>ÁREA:</b>	Tuberías	<b>FECHA:</b>	10/12/2024
<b>Máquina:</b>	-	<b>Tiempo de uso:</b>	Indeterminado
<b>Imágenes:</b>			

**Figura 53:**

*Ductos de drenaje presentan estancamiento y falta de sellado.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 54:**

*Tapas de alcantarillado pluvial en mal estado.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 55:**

*Ductos eléctricos e hidráulicos con presencia de agua.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 56:**

*Ductos sin protección, y con ingreso de aguas lluvias.*



*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 57:**

*Contrapisos dañados.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 59:**

*Desprendimiento en estructuras de hormigón.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 61:**

*Estructura de techo con oxidación en tubos.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 63:** *Techado sobre monorriel incompleto.*

**Figura 58:**

*Desprendimiento en estructuras de hormigón.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 60:**

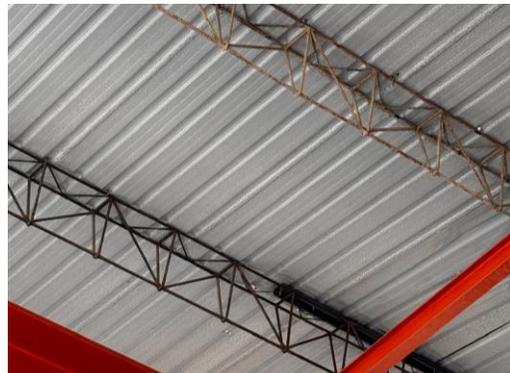
*Área de almacenamiento de acero sin techado.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 62:**

*Estructura con oxido presente, techado con agujeros.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 64:** *Techado sobre monorriel incompleto.*

**Figura 65:**

*Techado sobre monorriel incompleto.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 66:**

*Techado sobre monorriel incompleto.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 67:**

*Cubierta no sella bien con pared.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 68:**

*Cubierta no sella bien con pared.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 69:**

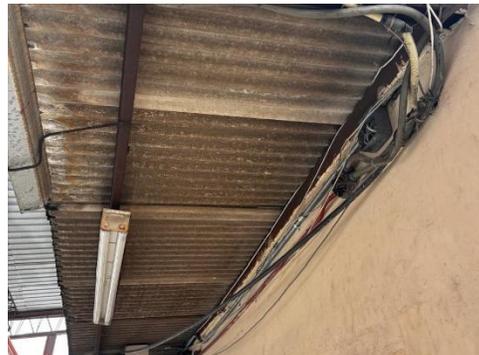
*Cables expuestos.*



*Nota. Elaboración propia.*

**Figura 70:**

*Instalaciones eléctricas expuestas.*



*Nota. Elaboración propia.*

---

**Observaciones:**

- Se puede notar claramente el deterioro de ciertas áreas dentro de la planta, debido al escaso o nulo mantenimiento dentro de estos elementos, los cuales pueden presentar problemas en operatividad, como en riesgos laborales.
- Según se puede apreciar claramente en las Figuras 48 y 49, el sistema de drenaje de aguas lluvias presenta estancamientos ya sea por tramos incompletos en la base de concreto, como por falta de limpieza; además las cajas de registro deberían estar selladas, más las tapas se encuentran partidas.
- Los ductos de cables (figura 50 y 51), no se encuentran correctamente cubiertos, por lo que además de ser un latente riesgo laboral, también permite el ingreso de agua dentro de estos, pudiendo dañar sistemas hidráulicos y eléctricos.
- En la figura 52, podemos observar que los contrapisos colapsados en su totalidad por daños estructurales. Esto agrava el problema dentro del sistema de aguas lluvias, ya que permite filtraciones al suelo, no permitiendo fluir el agua con el flujo que en algún momento estuvo diseñado.
- Dentro de la estructura de hormigón en el área de la Elba y Scraper (figura 53 y 54), podemos observar como el hormigón ha sufrido desprendimientos, dejando expuestas a la corrosión los refuerzos del hierro. Esto puede resultar en riesgos laborales debido al colapso de partes de la estructura.
- En el área de almacenamiento del acero (figura 55), podemos observar la necesidad de un techado para poder proteger de las lluvias el material.
- En las imágenes 56 y 57 podemos observar problemas de corrosión presentes en las estructuras de techado en distintas zonas. Sin un correcto cuidado el hierro podría verse comprometido con el paso del tiempo, viéndose afectada la estructura, y maquinarias en donde se encuentran.
- También se puede observar que el techado en el área del monorriel (Figura 58 y 59) necesita ser intervenido, ya que se presentan algunas zonas huecas, lo que mantiene sin la correcta protección la estructura e instalaciones de la máquina.
- También en el área de laboratorio y mantenimiento (Figura 60 y 61), se puede observar que la cubierta no se encuentra correctamente sellada con la pared, permitiendo ingreso de agua dentro de estas zonas.
- En estas mismas zonas podemos observar (Figura 62 y 63) que las instalaciones eléctricas necesitan sellarse para brindar una zona de trabajo más segura.

---

*Nota.* Elaboración propia.

### **3.5. Análisis de daños presentes en la infraestructura de la planta.**

Dentro de la planta se han podido identificar diversos problemas presentes en las zonas de trabajo, las cuales requieren atención por medio de mantenimientos correctivos, para poder reducir su impacto sobre los equipos o las actividades de trabajo. De las entrevistas realizada se pudo obtener que el problema más relevante en cuanto a la infraestructura se debe a paralizaciones durante las lluvias; esto debido a que maquinas como la Pfeiffer y la Wenker + Demag no se encuentran totalmente cubiertas, por lo que se detienen las actividades al presentase precipitaciones intensas. También se han presentado inundaciones por problemas en los drenajes de agua lluvia, lo que conlleva a paralizaciones hasta lograr sacar el agua de las zonas afectadas.

Se analizarán los tipos de daños identificados, para poder determinar cómo actuar sobre cada uno de ellos, dividiéndolos en categorías según su naturaleza, evaluando las posibles causas que generaron el daño, como las consecuencias que tiene sobre el proceso. Además, analizaremos la afectación de cada uno sobre la operación, para de esta manera priorizar las intervenciones necesarias.

**Tabla 10: Análisis de Daños en Infraestructura.**

<b>Tipo de Daño.</b>	<b>Posibles Causas.</b>	<b>Consecuencias. *</b>	<b>Incidencia dentro del proceso.</b>
<b><i>Daños en el alcantarillado</i></b>	Ingreso de desechos dentro del sistema por falta de sellado en ductos colectores, acumulación de sedimentos, falta de limpieza periódica, diseño deficiente en pendientes.	Estancamiento de agua, y filtraciones en áreas de trabajo.	Alta. Se producen paralizaciones en épocas de altas precipitaciones.
<b><i>Daños en el hormigón</i></b>	Sobrecarga estructural, corrosión de los refuerzos por penetración de agua o agentes químicos, cargas vivas excesivas.	Exposición de barras de refuerzo a la corrosión, problemas en drenaje (estancamiento por falta de pendientes), debilitamiento estructural, e incluso riesgo de colapso.	Alta. Fallas en los contrapisos que conectan al drenaje, pueden llevar a paralizaciones por exceso de agua. Eso sin contar con lo grave que resultaría el colapso de alguna estructura.
<b><i>Daños en estructuras metálicas.</i></b>	Falta de protección contra agentes corrosivos a elementos expuestos al medio ambiente.	Fragilidad estructural, resultando en disminución en la resistencia.	Media. Puede que a corto plazo no genere paralizaciones, pero el colapso de alguna estructura podría generar que se vea interrumpido el proceso durante plazos largos.
<b><i>Daños en el techado</i></b>	Instalación deficiente, material de poca vida útil y baja resistencia.	Ingreso de agua en máquinas dentro del proceso, infiltraciones en interior que afectan paredes y áreas de trabajo.	Alta. La necesidad del cambio del techado en el área del monorriel es latente, ya que no permite trabajar mientras se den precipitaciones, para evitar ingresos de agua extra a la mezcla.
<b><i>Daños en ductos</i></b>	Daños en las estructuras que cubrían estos. Problemas en desniveles de contrapisos para evacuar el agua.	Generan un riesgo físico dentro del espacio de trabajo, además de poder ver afectaciones en máquinas, por afectación del agua en las instalaciones.	Medio. Aunque no presenta un problema actualmente, el no resolver esto puede llevar a daños más graves de las maquinas, además de problemas de SSO.

***Daños en instalaciones eléctricas.***

Desgaste por tiempo, instalaciones incorrectas, exposición de tuberías y cables por deficiente planificación en las instalaciones eléctricas.	Riesgos de seguridad laboral, cortocircuitos y daños en cableados.	Baja. Al estar centrado en el área de laboratorios, es un problema que no afecta directamente la operatividad.
---	--	--

*Nota.* Elaboración propia. *\*Consecuencias actuales o a futuro.*

## Capítulo 4

### 4. Propuesta de Plan de Mantenimiento

El desarrollo del plan de mantenimiento se centrará inicialmente en la implementación de la metodología TPM a la organización. Los pilares de esta metodología servirán como base para desarrollar la estructura del plan, estableciendo las directrices necesarias para abordar las problemáticas previamente identificadas.

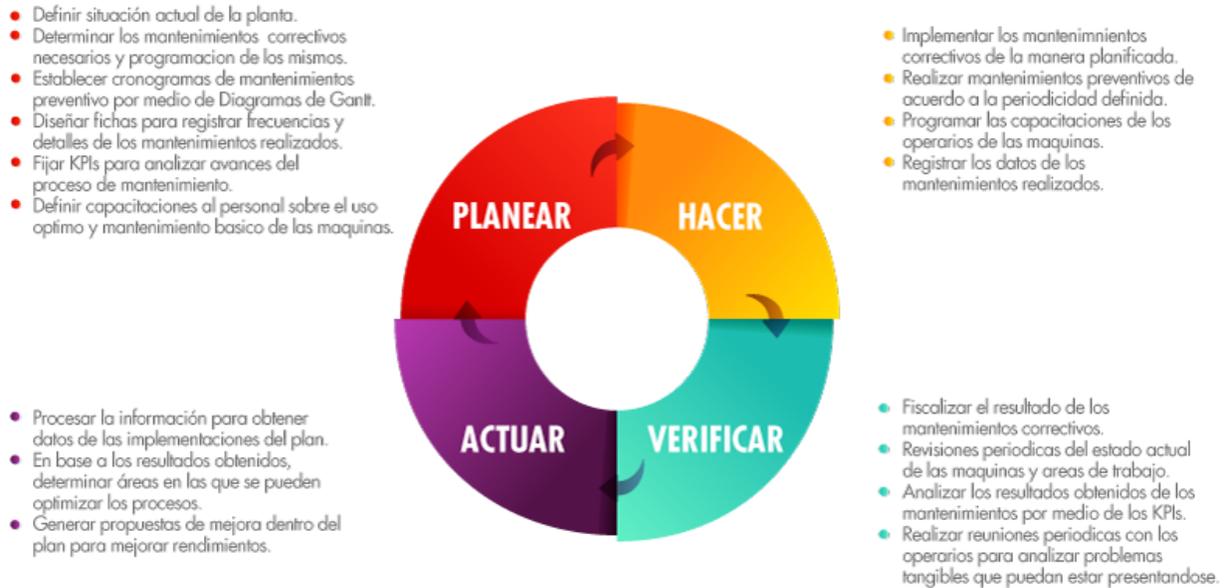
Como primera etapa del proyecto, nos enfocaremos en la P-H-V-A para garantizar una mejora continua en la gestión del mantenimiento. Este modelo nos servirá como un marco de gestión en el que la fase de planificación será el punto de partida. A partir de las necesidades previamente identificadas, se definirán los lineamientos a seguir para una correcta implementación del programa TPM.

#### 4.1. Ciclo de Deming Etapas Planear-Actuar

Con el objetivo de desarrollar un plan de mantenimiento sea flexible y adaptable a las necesidades que la organización identifique con el paso del tiempo, se plantea el uso de la herramienta del ciclo de Deming. Este enfoque permitirá definir objetivos que logren hacer que el plan sea dinámico, capaz de ajustarse con base en la realidad organizacional a través de los datos obtenidos, que permitirá la medición del cumplimiento de las metas, y por medio de los cuales se fomentará la mejora continua. Para lograrlo, se aplicará el método PHVA como herramienta principal en este proyecto.

**Figura 71:**

*Ciclo de Deming dentro del Plan de Mantenimiento de Inkatonsa.*



*Nota.* Elaboración propia.

Tanto la Etapa de Planear como la de Hacer se definirán a través de la implementación del programa TPM. En estas se determinarán las necesidades actuales y se definirán las herramientas disponibles para la implementación del plan, con las que se podrá luego tomar decisiones en las otras etapas del ciclo.

#### **4.2. Mantenimiento Correctivo.**

Previo a implementar la metodología TPM, es primordial abordar el mantenimiento correctivo. A partir del análisis en sitio de la planta, y las entrevistas realizadas, se han identificado las áreas y equipos sobre los que debe ser aplicada una intervención para restaurarlos y que estén en condiciones de operatividad correctas. Estas se encuentran detalladas en la siguiente tabla.

**Tabla 11:** *Mantenimientos Correctivos Maquinarias.*

<b>Maquina</b>	<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo*</b>	<b>Encargado</b>
<b>Pfeiffer</b>	Correctivo	Cambio de banda de caucho en la tolva transportadora de mezcla.	3 días.	Técnico de Mantenimiento.
<b>Pfeiffer</b>	Correctivo	Reparación estructural de zonas con presencia de oxido en área de la tolva por medio de soldadura.	2 días.	Técnico de Mantenimiento.
<b>Pfeiffer</b>	Correctivo	Limpieza de Hormigón pegado en aspas y bases de núcleos.	2 días.	Personal de Limpieza.
<b>Pfeiffer</b>	Correctivo	Mantenimientos en pines de bases de núcleos, por medio de soldadura, completando los pines faltantes.	3 días.	Técnico de Mantenimiento.
<b>Pfeiffer</b>	Correctivo	Mantenimiento anticorrosivo en núcleos y moldes, limpiando superficies de oxido, y aplicando agentes protectores a la corrosión.	10 días.	Técnico de Mantenimiento.
<b>Pfeiffer</b>	Correctivo	Enderezar deformidades de paletas.	3 días.	Técnico de Mantenimiento.
<b>Vifesa</b>	Correctivo	Compra de carro de manipulación manual.	-	Contratista especializado.
<b>Monorriel</b>	Correctivo	Mantenimiento a la estructura del carro del monorriel. Enderezar estructura y proteger contra la corrosión.	5 días.	Técnico de Mantenimiento.
<b>Wenker</b>	Correctivo	Aislar cable de acometida, cambiándolo a un sistema tipo polipasto para evitar el desgaste por fricción.	8 días.	Técnico de Mantenimiento.

*Nota.* Elaboración propia. \*Tiempos determinados en base a consulta al técnico de mantenimiento de

*Inkatonsa.*

**Tabla 12:** *Mantenimientos Correctivos en Infraestructura.*

<b>Área</b>	<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo*</b>	<b>Encargado</b>
<b><i>Daños en alcantarillado</i></b>	Correctivo	Limpieza de ductos en el sistema de alcantarillado pluvial.	2 días.	Personal de Limpieza.
<b><i>Daños en alcantarillado</i></b>	Correctivo	Corrección en contrapisos dentro de ductos del alcantarillado: remplazo de hierros de refuerzo, fundición, e impermeabilización.	2 días.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en el alcantarillado</i></b>	Correctivo	Comprar rejillas para cubrir ductos colectores de aguas lluvia.	1 día.	Personal de Limpieza.
<b><i>Daños en el hormigón</i></b>	Correctivo	Reparación de contrapisos de concreto: revisión y corrección de desniveles, uso de imprimantes para juntar hormigón nuevo con viejo en fisuras o áreas partidas.	5 días.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en el hormigón</i></b>	Correctivo	Análisis de las patologías, y determinar fallas en hormigón y en acero en desprendimientos estructurales.	2 días.	Ingeniero Estructural
<b><i>Daños en el hormigón</i></b>	Correctivo	Reparación de desprendimientos estructurales, de acuerdo con el análisis de las patologías.	5 días.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en el hormigón</i></b>	Correctivo	Cambio de tapas de concreto para alcantarillado.	1 día.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en el techado</i></b>	Correctivo	Cambio de planchas en estructura de techo sobre monorriel.	4 días.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en el techado</i></b>	Correctivo	Sellar juntas de pared y techo en área de laboratorio, bloqueando, enluciendo e impermeabilizando áreas afectadas.	3 días.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en el techado</i></b>	Correctivo	Reparar filtraciones por agujeros en planchas con cubre goteras.	1 día.	Contratista especializado.
<b><i>Daños en estructuras metálicas</i></b>	Correctivo	Reparar presencia de oxido en estructura, limpiando superficies del oxido presente, y cubriendo superficie de protectores contra el óxido.	5 días.	Personal de Limpieza.

<b><i>Daños en instalaciones eléctricas</i></b>	Correctivo	Reparar puntos de interruptores y cajas conectoras sin tapas, o sin cajas.	1 día.	Técnico Eléctrico.
<b><i>Daños en instalaciones eléctricas</i></b>	Correctivo	Aislar las instalaciones expuestas por medio de canaletas, para que estén cubiertas y evitar riesgos laborales.	2 días.	Técnico de Mantenimiento.

*Nota.* Elaboración propia. *\*Tiempos no contemplan días de fabricación de elementos comprados.*

Mientras se realizan las reparaciones, parte importante previo a la implementación, es socializar el proyecto con el recurso humano, para que el cambio de cultura de mantenimiento dentro de la empresa ocurra desde sus bases. Para esto es necesario capacitar a los operadores en los nuevos recursos que serán utilizados para obtener la información, que serán definidos en la etapa de mantenimiento autónomo. Además, es importante que toda la organización conozca lo beneficioso que resulta dentro de la operación contar con un enfoque TPM, y los requerimientos que esta nueva metodología va a requerir de todo el personal.

#### **4.3. Implementación programa TPM.**

Definidos los trabajos de mantenimiento correctivo, el siguiente paso es establecer un programa a seguir para continuar con el mantenimiento óptimo de los equipos e instalaciones. Una vez definidas las necesidades dentro del plan, vamos a centrarnos en la metodología TPM, la cual aplicaremos dentro del mantenimiento. Para proceder con esto, debemos definir inicialmente como debe ser manejada la estructura interna de la organización, lo que ayudará a cambiar el enfoque dentro de la organización, generando una cultura dentro de ella con una visión proactiva con respecto al mantenimiento (Nakajima, 1989).

Dentro de esta nueva estructura, se busca que todas las áreas implicadas en el proceso respondan al mantenimiento, creando un comité de TPM en el que deben formar parte tanto los directivos, como las jefaturas de la empresa y una cabeza especializada que, en este caso, sería el jefe de mantenimiento. Este

se reunirá *cada 4 meses*, con el fin de poder analizar los avances que está teniendo la implementación, así como las dificultades que puedan presentarse durante la implementación de cada uno de los nuevos procesos que se vayan a ir introduciendo.

Una vez revisada la estructura organizacional, se procederá a la etapa de implementación del TPM, basado en los 5 pilares que vimos previamente en la figura 3 (Calvo & Lago, 2004).

#### **4.3.1. Mejora Continua.**

Con base en el ciclo de Deming, se deben de lograr definir el cómo analizar los avances en los objetivos planteados para poder verificar si se están alcanzando, o si hay posibilidad de mejora (Planear). Por este motivo, se necesita de herramientas que nos permitan cuantificar el efecto del plan. Los KPIs (Indicadores clave de desempeño) deben ser definidos en base a estos objetivos de manera que por medio de ellos se permita analizar la eficiencia del programa sobre el proceso.

Dentro de Inkatonsa, la meta planteada en este estudio es mejorar la productividad dentro del proceso de fabricación de tuberías por medio de la confiabilidad de los equipos, permitiendo que estén a disposición de los requerimientos, y la disminución de las paralizaciones prolongadas no planificadas. Esto lo mediremos a través de los siguientes KPIs:

- Tiempo promedio entre fallos (MTBS), el cual busca determinar la confiabilidad de los equipos, analizando el tiempo que opera la maquina sin presentar fallos (Zegarra, 2016). Esto lo determinamos por medio de la siguiente formula:

$$MTBS = \frac{\textit{T tiempo disponible} - \textit{T tiempo de paradas}}{\textit{Numero de paradas}}$$

Para leer el valor de este indicador, se debe entender que un alto valor del MTBS, implica que la maquina presenta una periodicidad baja de paradas. Un rango optimo dentro de este indicador es que se encuentre entre 60 horas y 80 horas (Zegarra, 2016).

- Tiempo promedio de reparación (MTTR), indicador que permite llegar a saber por medio del análisis de los tiempos de reparaciones, y la cantidad de paralizaciones, el tiempo que la maquina se encuentra en reparación (Fernández et al., 2024). La fórmula a considerar es:

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo de paradas}}{\textit{Numero de paradas}}$$

Este indicador busca determinar la calidad de la gestión del mantenimiento. Mientras más alto sea el valor, puede implicar deficiencias dentro de la ejecución del mantenimiento. Un valor bajo por el contrario puede mostrar que no se le está dedicando el tiempo necesario para la correcta gestión. Un valor recomendable es que sea entre 3 a 6 horas (Zegarra, 2016).

- Disponibilidad (MA), el cual nos permite analizar la fiabilidad que ha tenido cada equipo durante un periodo de tiempo, con lo que podemos conocer que el grado de garantía de la operatividad continua (Fernández et al., 2024). Su método de cálculo es el siguiente:

$$MA = \frac{\textit{Tiempo Promedio Entre Fallos}}{\textit{Tiempo Promedio Entre Fallos} + \textit{Tiempo Promedio de Reparación}} \times 100$$

Lo recomendable es que este valor se encuentre en promedio del 90% (Zegarra, 2016).

- Índice de paradas no planificadas con el que se puede cuantificar que tanto se está mejorando con la implementación del programa con el paso del tiempo, comparando este índice en distintos periodos. Se debe buscar que este índice sea menor al 10%. Este quedaría definido con la siguiente formula:

$$\textit{Paradas no planificadas} = \left( \frac{\textit{Horas de paradas no planificadas}}{\textit{Horas totales}} \right) \times 100$$

- Finalmente mediremos el Índice ratio de mantenimiento (MR), el cual determina la correlación de las horas que han sido utilizadas por los técnicos, y operarios en el mantenimiento de los equipos en relación con las horas que ha producido la máquina (Zegarra, 2016).

$$MR = \frac{\textit{Horas hombre}}{\textit{Horas trabajadas}}$$

Este debe ser medido tanto para técnicos como para los operadores de las maquinas, sus resultados óptimos deben rondar entre 0.2 a 0.3 para técnicos, y 0.15 a 0.2 en los operadores (Zegarra, 2016).

- Además de los KPIs para las maquinas, se analizará la efectividad de los mantenimientos en la infraestructura, analizando la cantidad de *paralizaciones generadas por fallas de infraestructura*. De esta forma se podrá contabilizar la incidencia del estado de las instalaciones dentro del proceso. El ideal es que este, sea igual a 0, dado que las instalaciones deben de garantizar confiabilidad durante el proceso.

Para el cálculo de estos indicadores, se debe considerar el tiempo en horas. Estos datos se obtienen en la etapa de Actuar, en la que la información que debe ser proporcionada por los operadores, y técnicos de mantenimiento dentro de las fichas de trabajos realizados (ver Anexos 3, 4 y 5).

Estos indicadores sirven de métricas para evaluar si la implementación se está llevando a cabo de forma adecuada y verificar que tan efectivo está siendo el plan. Estos serán analizados en las etapas de gestión temprana y de comités TPM (Etapa de Verificar), en los que se determinaran si las decisiones implementadas están ayudando al cumplimiento de las metas, y poder tomar decisiones en las etapas de Actuar del ciclo de Deming.

#### **4.3.2. Mantenimiento Autónomo**

En la implementación del plan de mantenimiento, se debe de revisar la estructura actual del equipo de mantenimiento. Como se detalla previamente, el equipo actualmente consta de tres personas; más en un enfoque TPM es vital incluir al personal de la empresa dentro del proceso de mantenimiento, en búsqueda de que por medio de actividades básicas dentro de la operación se logre prolongar la vida útil de las maquinas.

Dentro de Inkatonsa, se parte desde los operadores que tendrán intervención en actividades de lubricación, cambios de elementos básicos, calibraciones y notificaciones del estado de las máquinas; como también personal dentro de la organización, como Ingenieros Estructurales, para las revisiones del estado de la infraestructura general de las áreas y equipos. También el personal de limpieza deberá de responder al jefe de Mantenimiento, formando parte del equipo. Estas actividades que realicen deben de ser registradas para en base a esto poder contar con información clara y continua del estado de los equipos. Esto se hará por medio de fichas, las cuales son:

- Ficha de Historial de Mantenimiento (ver Anexo 3): Estas fichas deberán de estar ubicadas en cada maquinaria, en la que serán llenadas las actividades que se realizan de los mantenimientos preventivos o correctivos por parte de los operadores o el equipo de mantenimiento. Estas nos permiten conocer a detalle las actividades que han sido realizadas, así como cualquier novedad que esta pueda estar presentando. Se llena durante el transcurso del mes, y al final de cada mes se entregan al jefe de mantenimiento para que procese la información.
- Fichas de mantenimientos realizados (ver Anexo 4 y 5): Estas fichas son llenadas exclusivamente por el personal de mantenimiento, en base a cada mantenimiento que sea ejecutado, sin importar su naturaleza. En cada intervención a realizar, se detallan los tiempos de ingreso y salida del

ejecutor, las actividades realizadas, y observaciones que se puedan hacer en base de las reparaciones, para tomar en cuenta durante el análisis.

Esta información que se obtiene de las fichas es la que nos permitirá una obtención correcta de datos para el futuro cálculo de los KPIs que son la base para la futura toma de decisiones.

#### **4.3.3. Mantenimiento Planificado**

Dentro de este pilar, fijaremos planificaciones programadas a cada maquinaria, estas deberán estar basadas en los manuales de cada máquina con las especificaciones del fabricante, pero debido a la antigüedad de las máquinas, se partirá el diseño del plan con base a los mantenimientos actualmente registrados o con planes de mantenimiento de máquinas similares. A futuro se podrán ir ampliando las actividades por realizar o actualizando la frecuencia con la que deben de realizarse, en base a los datos obtenidos con la periodicidad de las reparaciones, lo que permitirá determinar un estimado de tiempos de vida útil de las partes.

#### 4.3.4. Plan de Mantenimiento para Wenker + Demag

Tabla 13: Esquema de mantenimiento para Grúa Pórtico (Wenker + Demag).

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<i>Inspección visual diaria</i>	Diario.	Operador.
<i>Revisión de sistemas eléctricos</i>	Semanal.	Técnico Eléctrico.
<i>Lubricación de poleas y cojinetes</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Revisión de frenos y tensado de cables</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Prueba de carga</i>	Trimestral.	Ingeniero Estructural.
<i>Revisión de motor y reductores</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Revisión estructural de puente</i>	Anual.	Ingeniero Estructural.
<i>Cambio de cables y piezas desgastadas</i>	Anual (Según necesidad).	Técnico de mantenimiento.
<i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.5. Plan de Mantenimiento para Pfeiffer Variant 2500.

Tabla 14: Esquema de mantenimiento para Pfeiffer Variant 2500.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<b>Inspección visual diaria</b>	Diario.	Operador.
<b>Revisión de sistemas eléctricos</b>	Semanal.	Técnico Eléctrico.
<b>Lubricación de Núcleos y Moldes.</b>	Diario, previo a cada cambio de diámetro.	Operador.
<b>Limpieza de banda transportadora</b>	Diario, luego de cada Tubo Fundido.	Operador.
<b>Limpieza Tolva</b>	Diario, luego de cada Tubo Fundido.	Operador.
<b>Limpieza de Núcleos</b>	Diario, posterior a cada cambio de diámetro.	Operador.
<b>Limpieza de Moldes</b>	Diario, posterior a cada cambio de diámetro.	Operador.
<b>Limpieza de gorros y paletas</b>	Diario, posterior a cada cambio de diámetro.	Operador.
<b>Revisión del Sistema Hidráulico</b>	2 meses.	Técnico de mantenimiento.
<b>Mantenimiento y revisión de Vibradores de Alta Frecuencia</b>	4 meses.	Técnico de mantenimiento.
<b>Cambio de aceite de bomba hidráulica</b>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<b>Revisión motor distribuidor izquierdo</b>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<b>Revisión motor distribuidor derecho</b>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<b>Limpieza y revisión del convertidor de frecuencia electrónico</b>	Anual.	Técnico Eléctrico.
<b>Engrasar piñones de motor banda transportadora</b>	Anual.	Técnico de mantenimiento.
<b>Cambio de Rulimanes Vibrador Tolva</b>	Anual.	Técnico de mantenimiento.
<b>Cambio de bandas Motor de Compresor</b>	Anual.	Técnico de mantenimiento.
<b>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</b>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.6. Plan de Mantenimiento para Scraper.

Tabla 15: Esquema de mantenimiento para Scraper.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<i>Inspección visual diaria</i>	Diario.	Operador.
<i>Revisión de sistemas eléctricos</i>	Semanal.	Técnico de mantenimiento.
<i>Lubricación de 71sistema71s móviles</i>	Semanal	Operador.
<i>Inspección de cables, poleas y cadenas</i>	Mensual.	Ingeniero Estructural.
<i>Verificación del 71sistema hidráulico</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Ajuste y alineación de guías</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección de motor eléctrico y conexiones</i>	Trimestral.	Técnico Eléctrico.
<i>Revisión estado de Balde.</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Cambio de piezas desgastadas</i>	Anual (Según necesidad).	Técnico de mantenimiento.
<i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.7. Plan de Mantenimiento para Elba.

Tabla 16: Esquema de mantenimiento para Elba.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<i>Inspección y limpieza de aspas mezcladoras</i>	Diario.	Operador.
<i>Lubricación de cojinetes y chumaceras</i>	Semanal.	Operador.
<i>Inspección de cableado y conexiones eléctricas</i>	Semanal.	Técnico Eléctrico.
<i>Inspección de fisuras y corrosión en la estructura</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección y tensión de correas y cadenas</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Lubricación de engranajes y sistema de transmisión</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Verificación del nivel de aceite en la caja reductora</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Verificación de fugas en conexiones</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Revisión de pernos y fijaciones</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Verificación del estado del tambor y su recubrimiento</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Cambio de aceite en la caja reductora</i>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Aplicación de recubrimiento anticorrosivo</i>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Limpieza y ajuste de contactos eléctricos</i>	Semestral.	Técnico Eléctrico.
<i>Cambio de aceite hidráulico</i>	Anual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Reemplazo de aspas desgastadas</i>	Anual (Según condición).	Técnico de mantenimiento.
<i>Reparaciones estructurales</i>	Anual (Según condición).	Técnico de mantenimiento.
<i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.8. Plan de Mantenimiento para Vifesa KMA-200.

Tabla 17: Esquema de mantenimiento para Vifesa KMA-200.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<i>Inspección visual diaria</i>	Diario	Operador
<i>Limpieza estructural de residuos (alimañas de soldadura, polvo, etc.)</i>	Tras cada producción.	Operador.
<i>Lubricación de rieles y ruedas del carro</i>	Tras cada producción.	Operador.
<i>Lubricación de mordazas y parantes</i>	Tras cada producción.	Técnico de mantenimiento.
<i>Verificación de niveles de aceite en la bomba hidráulica</i>	Semanal.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección de gatos hidráulicos para fugas</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Revisión de desgaste de mordazas</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección de alineación de los rieles</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección del sistema de refrigeración</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Verificación de conexiones y sensores</i>	Trimestral.	Técnico Eléctrico.
<i>Ajuste y reemplazo de ruedas desgastadas</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Cambio de aceite hidráulico</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Cambio de refrigerante.</i>	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Limpieza del tanque de agua</i>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección de panel de control y cableado</i>	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
<i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.9. Plan de Mantenimiento para Monorriel.

Tabla 18: Esquema de mantenimiento para Monorriel.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<b><i>Prueba operativa con carga</i></b>	Diario	Operador
<b><i>Limpieza de rieles y eliminación de residuos</i></b>	Mensual	Operador
<b><i>Lubricación de ruedas, rodamientos y ejes</i></b>	Mensual	Técnico de mantenimiento
<b><i>Lubricación de la cadena o cable de tracción</i></b>	Mensual	Técnico de mantenimiento
<b><i>Verificación de alineación y fijaciones</i></b>	Trimestral	Técnico de mantenimiento
<b><i>Inspección del desgaste de ruedas y rodillos</i></b>	Trimestral	Técnico de mantenimiento
<b><i>Verificación del estado de la cadena o cable</i></b>	Trimestral	Ingeniero de mantenimiento
<b><i>Ajuste de tensado de la cadena o cable</i></b>	Trimestral	Técnico de mantenimiento
<b><i>Inspección de polipastos, frenos, pernos y soportes</i></b>	Trimestral	Técnico de mantenimiento
<b><i>Inspección general de seguridad</i></b>	Trimestral	Técnico de mantenimiento
<b><i>Limpieza y ajuste de contactos eléctricos</i></b>	Semestral.	Técnico Eléctrico.
<b><i>Prueba de carga y funcionamiento general</i></b>	Semestral.	Ingeniero Estructural.
<b><i>Verificación del desgaste en cables de acero</i></b>	Semestral	Ingeniero Estructural
<b><i>Reemplazo de ruedas desgastadas</i></b>	Anual (Según condición).	Técnico de mantenimiento.
<b><i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i></b>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.10. Plan de Mantenimiento de equipos de Laboratorio.

El mantenimiento de los equipos para las pruebas de laboratorio está regido bajo las normas internacionales que debe cumplir la empresa. Por estos motivos, las intervenciones en los equipos deben de ser realizados por un equipo externo. Bajo ese contexto, las actividades de mantenimiento realizadas por el personal de la planta serán de registros, y mantenimiento básico (limpieza e inspecciones visuales).

**Tabla 19:** Esquema de mantenimiento para Equipos de Laboratorio.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<b><i>Limpieza de instrumentos.</i></b>	Diario.	Técnico de laboratorio.
<b><i>Inspección visual de equipos como tamices, champanes, hornos y balanzas</i></b>	Mensual.	Técnico de laboratorio.
<b><i>Calibración de balanzas</i></b>	Semestral.	Contratista especializado
<b><i>Revisión del horno Stabil Therm (temperatura y estado general)</i></b>	Semestral.	Técnico de laboratorio.
<b><i>Limpieza de tamices y eliminación de residuos</i></b>	Mensual.	Técnico de laboratorio.
<b><i>Inspección de sistemas de aire acondicionado</i></b>	Trimestral.	Contratista especializado
<b><i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i></b>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 20:** Esquema de mantenimiento para Prensa de Hormigón.

<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<i>Limpieza de las placas y superficies</i>	Diario.	Técnico de laboratorio.
<i>Verificación de niveles de aceite hidráulico</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Inspección de fugas en mangueras y conexiones</i>	Mensual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Limpieza de la base y componentes externos</i>	Mensual.	Técnico de laboratorio.
<i>Inspección visual de la estructura y anclajes</i>	Trimestral.	Técnico de laboratorio.
<i>Inspección del desgaste de las placas</i>	Semestral.	Técnico de laboratorio.
<i>Cambio de aceite hidráulico</i>	Anual.	Técnico de mantenimiento.
<i>Calibración de la máquina de compresión</i>	Anual.	Contratista especializado.
<i>Reemplazo de placas desgastadas</i>	Anual (Según condición).	Contratista especializado.
<i>Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.</i>	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.3.11. Plan de Mantenimiento para Infraestructura.

Tabla 21: Esquema de mantenimiento para Infraestructura.

<b>Elemento</b>	<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<b>Estructura de Hormigón y Contrapisos</b>	Limpieza general de áreas de tránsito.	Diario.	Operario.
	Inspección visual de grietas y fisuras.	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
	Inspección visual de hundimientos o daños en pisos.	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
	Limpieza de superficies para evitar acumulación de residuos.	Semestral.	Operario.
	Reparación y sellado de grietas menores en estructuras y pisos.	Semestral.	Contratista especializado.
	Revisión de estructuras de Hormigón.	Anual.	Ingeniero estructural.
	Aplicación de recubrimientos protectores contra agentes químicos.	Cada 2 años.	Contratista especializado.
<b>Alcantarillado y Drenaje</b>	Limpieza de canales y tuberías de drenaje.	Cada 4 meses.	Contratista especializado.
	Inspección de pendientes y obstrucciones.	Semestral.	Técnico de mantenimiento.
	Reparación de tapas de alcantarillado dañadas.	Anual (Según necesidad).	Contratista especializado.
<b>Cubierta y Techado</b>	Inspección visual de daños en el techo.	Trimestral.	Técnico de mantenimiento.
	Reparación de áreas corroídas.	Anual.	Contratista especializado.
	Reparación de goteras.	Anual.	Contratista especializado.
	Sustitución de paneles o cubiertas dañadas.	Anual (Según necesidad).	Contratista especializado.
<b>Instalaciones Eléctricas</b>	Inspección de cableado y conexiones.	Semestral.	Técnico eléctrico.
	Verificación de tableros y paneles eléctricos.	Semestral.	Técnico eléctrico.

	Limpieza de contactos eléctricos.	Semestral.	Técnico eléctrico.
<b>General</b>	Informe y recopilación de documentación del mantenimiento.	Mensual.	Jefe de Mantenimiento.
	Inspección integral de toda la infraestructura.	Anual.	Jefe de Mantenimiento.

*Nota.* Elaboración propia.

#### **4.3.12. Formación.**

Con las actividades definidas, los tiempos en que deben de ser ejecutados y los responsables de cada actividad, es fundamental planificar las capacitaciones del personal. Contar con personal con formación adecuada, permitirá implementar de manera eficiente el plan. La importancia es crucial, debido a que por medio de estas se logra que el personal adquiera las competencias para llegar a identificar las fallas tempranas en el funcionamiento de los equipos.

El programa será implementado de manera *mensual*, capacitando a todos los operadores en el conocimiento del funcionamiento y mantenimiento que requieren las distintas maquinarias, además de entrenarlos con herramientas de Seguridad y Salud Ocupacional para lograr mitigar riesgos laborales. De esta manera se asegura un trabajo en equipo en búsqueda de mejora continua de la gestión de mantenimiento. Las capacitaciones deben de contar con pruebas de tipo teóricas o prácticas de acuerdo con lo enseñado, para poder evaluar su efectividad dentro del personal. Se programarán las capacitaciones en base a la criticidad de las máquinas de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 22: Esquema de Capacitaciones de operarios.

<b>Capacitación</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Frecuencia</b>
<b><i>Pfeiffer Variant 2500</i></b>	Capacitación de mantenimientos básicos del equipo y uso optimo.	Mensual.
<b><i>Seguridad y Salud Ocupacional Pfeiffer</i></b>	Conciencia en riesgos laborales, y uso seguro del equipo, además de equipos de protección personal necesarios.	
<b><i>Wenker – Demag</i></b>	Capacitación de mantenimientos básicos del equipo y uso optimo.	
<b><i>Seguridad y Salud Ocupacional Wenker - Demag</i></b>	Conciencia en riesgos laborales, y uso seguro del equipo, además de equipos de protección personal necesarios.	
<b><i>Elba</i></b>	Capacitación de mantenimientos básicos del equipo y uso optimo.	
<b><i>Seguridad y Salud Ocupacional Elba</i></b>	Conciencia en riesgos laborales, y uso seguro del equipo, además de equipos de protección personal necesarios.	
<b><i>Vifesa</i></b>	Capacitación de mantenimientos básicos del equipo y uso optimo.	
<b><i>Seguridad y Salud Ocupacional Vifesa</i></b>	Conciencia en riesgos laborales, y uso seguro del equipo, además de equipos de protección personal necesarios.	
<b><i>Scraper</i></b>	Capacitación de mantenimientos básicos del equipo y uso optimo.	
<b><i>Seguridad y Salud Ocupacional Scraper</i></b>	Conciencia en riesgos laborales, y uso seguro del equipo, además de equipos de protección personal necesarios.	
<b><i>Monorriel</i></b>	Capacitación de mantenimientos básicos del equipo y uso optimo.	
<b><i>Seguridad y Salud Ocupacional Monorriel</i></b>	Conciencia en riesgos laborales, y uso seguro del equipo, además de equipos de protección personal necesarios.	

Nota. Elaboración propia.

#### **4.3.13. Gestión temprana del equipo.**

Contando con un equipo capacitado en la operatividad de las maquinas, y con registros detallados de las intervenciones realizadas en los equipos e infraestructuras, se implementará un sistema de reuniones *bimestrales*. Los objetivos de estas son:

- Analizar la efectividad de las medidas tomadas,
- Discutir ocurrencias durante la operación o los mantenimientos.
- Proponer posibles optimizaciones en los procesos de mantenimiento.

Esto se hace, en base a las fichas, la revisión de los KPIs, y la experiencia de los operarios y técnicos durante los trabajos realizados. Este enfoque busca desarrollar una gestión predictiva, en el que por medio de la identificación temprana de las posibles fallas se logre disminuir las paras de las maquinas, optimizando el rendimiento de estas, y la eficiencia productiva de la organización.

#### **4.4. Cronograma.**

Teniendo definidas todas las actividades de este programa de mantenimiento, se estructurará un cronograma para corregir las fallas detectadas en el estudio. Estas están programadas previo al proceso de implementación del programa TPM. Las actividades serán programadas de manera que las maquinarias, o zonas a intervenir no se crucen entre sí, buscando evitar paralizaciones en más de una actividad a la vez.

Adicionalmente se generarán cronogramas anuales de cada maquina e infraestructura, con la implementación del programa de TPM considerando las variables de los mantenimientos planificados dentro de las maquinarias, herramientas de laboratorio, y la infraestructura, además de contar con las actividades en búsqueda de la mejora continua, como la periodicidad de las capacitaciones, y las reuniones del equipo. Este permite una planificación estructurada dentro del proceso en el que se

optimiza la gestión de los recursos y la operatividad de la planta. Este cronograma está planteado para el primer año de ejecución, posterior a esto de acuerdo a los resultados obtenidos, podrán sufrir modificaciones.











Debido a la falta de información previa para comparar, en este plan, se considera que las metas se están cumpliendo, comparándolas en niveles cercanos a los rangos aceptables definidos en el apartado de mejora continua (4.2.1). Las metas para Inkatonsa en la primera fase de implementación del programa son:

- El KPI de disponibilidad sea cercano al 80%. Un porcentaje considerablemente menor a este implica que se deben de verificar las actividades que se están realizando en las maquinas ya que no están permitiendo contar con equipos fiables.
- El KPI de Paradas no planificadas este por debajo del 15%. Si este indicador supera este valor, la eficiencia productiva se ve comprometida, por lo que se debe analizar las causas de los paros, para actuar sobre estos.
- El KPI Ratio de mantenimiento debe encontrarse en 0.4 para técnicos, el valor de los operarios debe ser 0.3. De esta manera, un valor más alto determinaría que no se está siendo optimo el uso del personal dentro de la gestión de las maquinas, por lo que habría que analizar el conocimiento de estos en las actividades realizadas.
- El KPI paralizaciones generadas por fallas de infraestructura, debe de ser 0. Para que la incidencia de la infraestructura sobre la operación se encuentre en 0, es primordial realizar los mantenimientos correctivos, para contar con una infraestructura en óptimas condiciones. Si el KPI no se encuentra en el nivel deseado, se debe determinar qué área no ha sido atendida correctamente, o que falla se ha presentado, para que se dé una intervención oportuna.

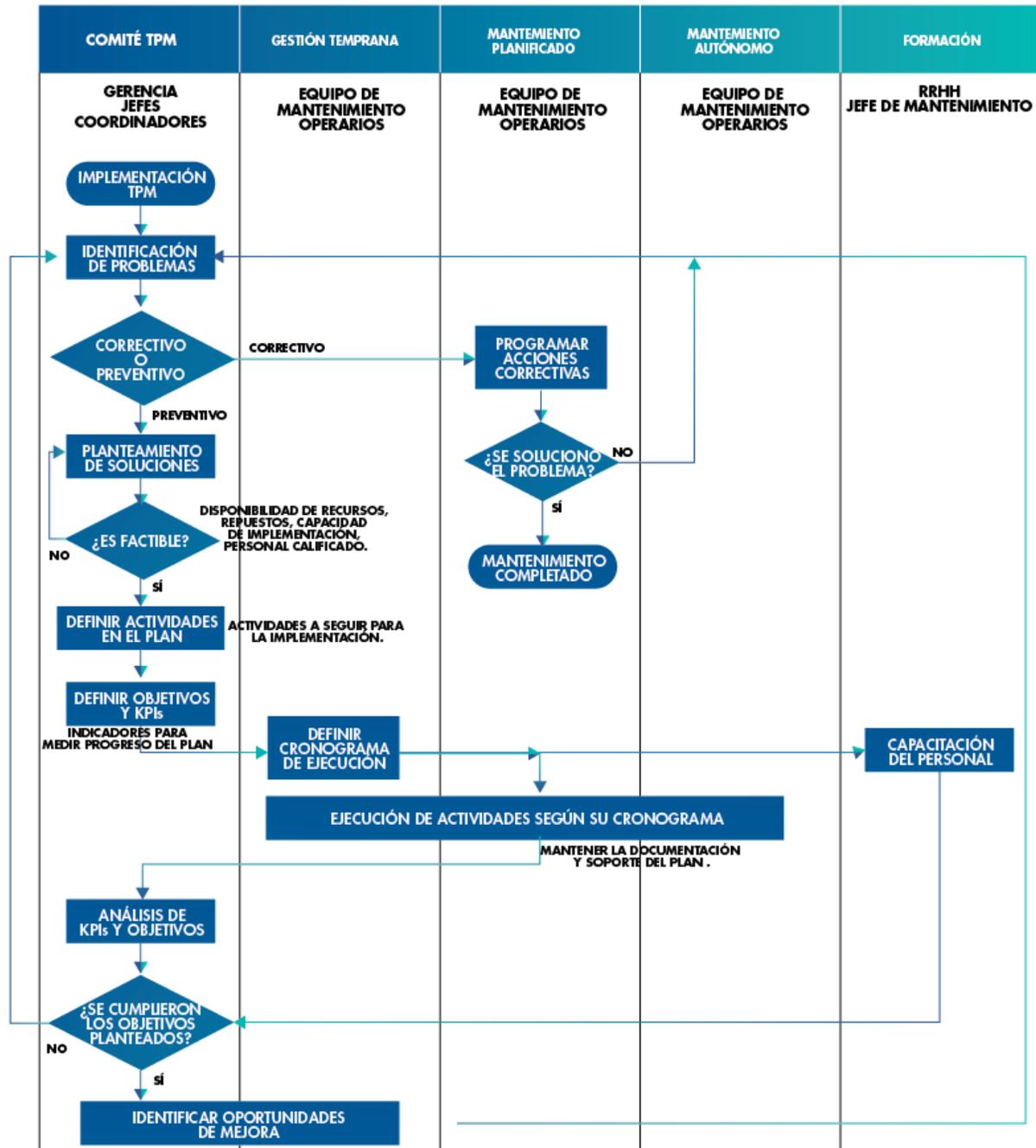
En función a la obtención de estas metas, se podrá a futuro determinar la eficiencia del plan, y poder encontrar puntos de optimización. Además, se contará como base a futuro, con data que permitirá la comparación para los siguientes ciclos del programa.

Finalmente, con esta información, se deben plantear los cambios, de ser requeridos, en las áreas que no estén presentando resultados favorables, o en las que se busque optimizar recursos o procesos. Así mismo si la dirección busca un cambio en metas de producción, o requiere realizar nuevas actividades al proceso, estas deben ser estudiadas y analizadas en esta etapa para que su implementación sea de forma programada. De esta manera volveremos a empezar el ciclo, contando con un enfoque en el que la mejora continua se vuelve parte de la cultura organizacional.

4.6. Diagrama de flujo del Mantenimiento en Inkatonsa.

Figura 68:

Diagrama de Flujo del plan de Mantenimiento TPM.



Nota. Elaboración propia.

#### 4.7. CRONOGRAMA VALORADO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA TPM EN INKATONSA.

Previo a la implementación del programa, se deben de considerar que las actividades recomendadas a implementar previamente, que son los mantenimientos correctivos y las capacitaciones de herramientas para la implementación. Estas son necesarias para que el personal pueda hacer de manera óptima las actividades del programa, y que las fallas que actualmente se encuentran presentes, no interfieran en los resultados de las mediciones que se harán a lo largo del programa.

Los costos de la implementación del programa mayormente están incluidos en valores que actualmente ya maneja la empresa, debido a que el enfoque TPM permite que las actividades sean realizadas en su mayoría por personal propio. Las actividades que representan costos adicionales son las siguientes:

- Los costos de los **Mantenimientos Correctivos**.
- Durante la fase de **Mantenimiento Planificado**, se requerirá la intervención de contratistas especializados para trabajos en infraestructura e intervenciones puntuales en los equipos.
- La etapa de **capacitaciones específicas** para operarios y técnicos.

Es importante mencionar que las actividades realizadas por contratistas especializados en laboratorio son gastos que actualmente ya son realizados. En cuanto a intervenciones realizadas por especialistas, como Ingenieros Estructurales o Ingenieros Eléctricos, también son realizadas por miembros de la empresa, por lo que no son considerados en costos adicionales. Las capacitaciones de Seguridad y Salud Ocupacional estarán a cargo del jefe de Mantenimiento, por lo que estos tampoco se considerarán dentro del cronograma valorado.

## Cronograma 11:

### Cronograma valorado mantenimientos correctivos.

MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS			Día		Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8																							
Actividades	Responsable	Duración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<b>Maquinas</b>																																										
Pfeiffer	Cambio de banda de caucho en la tolva transportadora de mezcla.	Técnico de Mantenimiento	3 días.																																							
	Reparación estructural de zonas con presencia de óxido en área de la tolva por medio de soldadura.	Técnico de Mantenimiento	2 días.																																							
	Limpieza de Hormigón pegado en aspas y bases de núcleos.	Personal de limpieza.	2 días.																																							
	Mantenimientos en pines de bases de núcleos, por medio de soldadura, completando los pines faltantes.	Técnico de Mantenimiento	3 días.																																							
Wenker	Mantenimiento anticorrosivo en núcleos y moldes, limpiando superficies de óxido, y aplicando agentes protectores a la corrosión.	Técnico de Mantenimiento	10 días.																																							
	Aislar cable de acometida, cambiándolo a un sistema tipo polipasto para evitar el desgaste por fricción.	Técnico de Mantenimiento	8 días.																																							
Vfesa	Compra de carro de manipulación manual.	Contratista especializado	-																																							
Monorriel	Mantenimiento a la estructura del carro del monorriel. Enderezar estructura y proteger contra la corrosión.	Técnico de Mantenimiento	5 días.																																							
<b>Área</b>																																										
Daños en alcantarillado	Limpieza de ductos en el sistema de alcantarillado pluvial.	Personal de limpieza.	2 días.																																							
	Corrección en contrapisos dentro de ductos del alcantarillado: remplazo de hierros de refuerzo, fundición e impermeabilización.	Contratista especializado	2 días.																																							
	Comprar rejillas para cubrir ductos colectores de aguas lluvias.	Personal de limpieza.	1 día.																																							
Daños en el hormigón	Reparación de contrapisos de concreto: revisión y corrección de desniveles, uso de imprimantes para juntar hormigón nuevo con viejo en fisuras o áreas partidas.	Contratista especializado	5 días.																																							
	Análisis de las patologías, y determinar fallas en hormigón y en acero en desprendimientos estructurales.	Ingeniero Estructural.	2 días.																																							
	Reparación de desprendimientos estructurales, de acuerdo con el análisis de las patologías.	Contratista especializado	5 días.																																							
Daños en techado	Cambio de tapas de concreto para alcantarillado.	Contratista especializado	1 día.																																							
	Cambio de planchas en estructura de techo sobre monorriel.	Contratista especializado	4 días.																																							
	Sellar juntas de pared y techo en área de laboratorio, bloqueando, enluciendo e impermeabilizando áreas afectadas.	Contratista especializado	3 días.																																							
Daños en estructuras metálicas	Reparar filtraciones por agujeros en planchas con cubre goteras.	Contratista especializado	1 día.																																							
	Reparar presencia de óxido en estructura, limpiando superficies del óxido presente, y cubriendo superficie de protectores contra el óxido.	Personal de limpieza.	5 días.																																							
Daños en instalaciones eléctricas	Reparar puntos de interruptores y cajas conectoras sin tapas, o sin cajas.	Técnico Eléctrico.	1 día.																																							
	Aislar las instalaciones expuestas por medio de canaletas, para que estén cubiertas y evitar riesgos laborales.	Técnico de Mantenimiento	2 días.																																							
VALOR SEMANAL																																										
VALOR TOTAL																																										



## CONCLUSIONES

Después de procesar y analizar la información levantada el presente trabajo, se puede determinar que la implementación de un plan de mantenimiento es una medida estratégica imprescindible para Inkatonsa. De esta forma se logra no solo evitar paradas, sino una optimización dentro del proceso, además de contar con espacios más seguros para las máquinas y operarios.

Es importante considerar que el enfoque que busca este estudio no se basa tan solo en que la empresa cambie partes de los equipos, o los lubrique, sino que genere una nueva cultura dentro de la organización, la cual permite buscar siempre eficiencia operativa.

Para una implementación correcta es importante que podamos intervenir inicialmente dentro de las fallas que actualmente se presentan, por lo que dentro del enfoque Correctivo se busca que la planta llegue a condiciones óptimas. De esta forma logramos solucionar los problemas por paradas por reparaciones, optimización en el tiempo de uso de los equipos, y contar con espacios de trabajos seguros evitando riesgos laborales.

Una vez cubiertas estas problemáticas, la implementación de un programa con enfoque TPM nos asegura que los esfuerzos realizados en el enfoque correctivo perduren. Esto se logra implementando los pasos en los que se logra comprometiendo las distintas áreas de la empresa.

El programa planteado está diseñado para que, en el transcurso de su ejecución, sea revisado y optimizado según las necesidades que se vayan presentando. Esta es la importancia de contar con un programa basado en un ciclo de mejora continua.

Como conclusión podemos decir que un programa de mantenimiento es una herramienta trascendental para lograr prolongar tanto la vida útil de equipos, como de la infraestructura. Esto va a

permitir que la organización optimice sus procesos debido a la disponibilidad de los equipos, logrando generar una mayor productividad operativa.

## RECOMENDACIONES

Tomando en consideración la búsqueda de enfoques que, por medio de la implementación de mantenimiento, generen calidad y mejora dentro de los procesos, es importante que la dirección de la organización sea parte activa dentro de la implementación, para buscar ese cambio dentro de la cultura organizacional.

Se debe de tener en cuenta que una parte muy importante del programa es la capacitación del equipo y la integración de la data que este pueda generar. Por esto se debe buscar capacitadores adiestrados en los usos de los distintos equipos, para que los operadores puedan comprender el funcionamiento optimo de las máquinas y de esta forma puedan notificar de forma apropiada las novedades que puedan presentarse.

Adicionalmente, se pudo determinar que en la planta se dan paralizaciones no solo por las maquinarias, sino por las condiciones naturales, ya que gran parte del proceso se da al aire libre. Considerando que en la ciudad de Guayaquil normalmente se cuenta con 3 meses en los que la lluvia es constante, se debería de poder cubrir estas zonas de trabajo. Esto asegura un mejor cuidado a las maquinas, y mejora en los tiempos de operatividad.

Finalmente, en Ecuador el periodo de depreciación de máquinas es de 10 años. La maquinaria con la que actualmente se cuenta, en su mayoría supera los 30 años, por lo que debe de ser considerado a mediano plazo el cambio de estas máquinas, lo que ayudara en la búsqueda de optimizar tiempos de disponibilidad, y eficiencia de las maquinas, además de permitir modernizar ciertos procesos (Acuerdo Ministerial 067 Normativa de Contabilidad Gubernamental, 2016).

## REFERENCIAS

- Arencibia, J. M. (2007). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, págs. 1-8. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915927005>
- Calvo Rollé, J. L., & Lago Dopico V. J. (Junio de 2004). Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos. *Tecnica Industrial* 253, pp. 44-49.
- Fernández Torres, M. A., Casapaico Pultay, F. E., & Loja Herrera, P. M. (2024). Aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y 5's para incrementar la disponibilidad de una línea de empaquetado de jamones de una empresa de alimentos. "*Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship*". doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.521
- Interagua. (2022). *Sistema de alcantarillado sanitario*. Recuperado de <https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-alcantarillado-sanitario>
- Ministerio de Economía y Finanzas del Ecuador. (2016). *Acuerdo Ministerial 067 Normativa de Contabilidad Gubernamental*. pp. 29-30. Recuperado de [https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Anexo\\_Acuerdo-Ministerial-067-Normativa-de-Contabilidad-Gubernamental.pdf](https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Anexo_Acuerdo-Ministerial-067-Normativa-de-Contabilidad-Gubernamental.pdf)
- Montesinos González, S., Vázquez Cid de León, C., Maya Espinoza, I., & Gracida Gracida, E. B. (2020). Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming. *Revista Venezolana de Gerencia*. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistavenezolanadegerencia/2020/Vol.%2025/No.%2092/39.pdf>
- f

Nakajima, S. (1989). *TPM development program: implementing total productive maintenance*.  
Cambridge, MA: Productivity Press.

Paladinez, G. J. (2024, diciembre 10). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de una planta de tubos de concreto*. [Entrevista],

Poór, P., Basl, J., & Zenisek, D. (2019). Predictive Maintenance 4.0 as next evolution step in industrial maintenance development. *International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering, University of Kelaniya, Sri Lanka* doi: 10.23919/SCSE.2019.8842659

PRESIDENCIA DEL ECUADOR. (2024, mayo 2). *DECRETO EJECUTIVO 255, ART 8*. Olón, Santa Elena, Ecuador.

Rivera Rubio, E. M. (2011). *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/60444f1c-f76e-4a73-b9ba-27d77e925f2c>

Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo, 19(1)* doi: 10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02

## **Anexos**

ANEXO 1: TABLA DE TIEMPOS DE USO DE MAQUINA.

Tabla 23: Obtención de tiempos de uso de máquinas en el proceso de fabricación de 1 tubería.

<b>Diámetro de tubería</b>		<b>60"</b>			
<b>Maquina (orden en base a intervención dentro del proceso).</b>	Proceso	Tiempo #1 (09:30 am)*	Tiempo #2 (11:10 am)*	Tiempo #3 (13:45 pm)*	Tiempo Promedio (min)
<b>Vifesa*</b>	Armadura de Tubería.	7:07	7:34	7:17	7:20 min
<b>Wenker - Demag</b>	Enmoldado.	1:22	1:48	1:33	1:34 min
<b>Wenker - Demag</b>	Traslado Molde para fundición.	2:58	2:36	2:41	2:45 min
<b>Pfeiffer</b>	Preparación Molde para fundición.	2:39	2:51	2:56	2:49 min
<b>Scraper</b>	Recolectar agregados (x 2 turnos).	6:31	6:46	6:45	6:41 min
<b>Elba</b>	Mezclar agregados (x 2 turnos).	7:54	8:17	7:55	8:02 min
<b>Monorriel</b>	Llevar el concreto para fundición desde la Elba a la Pfeiffer (x 2 turnos).	6:08	5:57	6:08	6:04 min
<b>Pfeiffer</b>	Fundición del Tubo.	14:41	14:46	14:38	14:42 min
<b>Wenker - Demag</b>	Sacar Tubo y transportar a área de curado.	2:39	2:47	4:55**	2:43 min
<b>Wenker - Demag</b>	Curado interior, y Desmoldado.	3:34	3:44	3:41	3:40 min
<b>Prensa de Hormigón***</b>	Pruebas de Compresión y resistencia.	5:35 min			5:35 min

AUTOR: VALDIVIESO (2025)

\*Tiempos en Vifesa fueron obtenidos en una sola medición de tiempo, dado que las armaduras son producidas simultáneamente en un solo ciclo.

\*\*Tiempo no considerado, por estar fuera de la media; debido a demoras por los operadores.

\*\*\*Tiempos basados en una sola medición, ya que se hace solo una al final de la producción.

**PLANTA DE TUBERÍAS DE CONCRETO INKATONSA**

---

<b>ÁREA:</b>	<b>FECHA:</b>
<b>Máquina:</b>	<b>Tiempo de uso:</b>
<b>Imágenes:</b>	

---

Foto:

Fotos:

Detalle de Foto

Detalle de Foto



Fuente:

Fuente:

---

**Observaciones:**

---

ANEXO 3: FICHAS DE HISTORIAL DE LA MAQUINA.

<b>FICHA PARA EL HISTORIAL DE LA MAQUINA</b>						
<b>Nombre de maquina</b>						
<b>Mes y año</b>						
<b>Dia</b>	<b>Encargado</b>	<b>Tipo de Intervención</b>	<b>Actividades realizadas</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Firma</b>







## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **VALDIVIESO DELGADO, ADRIAN DAVID**, con C.C: # **0920143377** autor/a del trabajo de titulación: **Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de una planta de tubos de concreto** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Administración de Proyectos de Construcción** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **11 de febrero del 2025**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **VALDIVIESO DELGADO, ADRIAN DAVID**

C.C: **0920143377**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de una planta de tubos de concreto		
<b>AUTOR(ES)</b>	VALDIVIESO DELGADO, ADRIAN DAVID		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Arq. Vega Jaramillo, Robinson Danilo; Mgs.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Arquitectura y Diseño		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Administración de Proyectos de Construcción		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Administración de Proyectos de Construcción		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	11 de febrero del 2025	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	103
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Mantenimiento correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento productivo total		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	TPM, CICLO DE DEMING, KPIs, Mejora continua, optimización, Planta de tuberías de concreto, Cronogramas.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>Para lograr una eficiencia operativa dentro de una planta dedicada a la fabricación de tubos de hormigón, es fundamental disponer de los equipos adecuados, y en los estados óptimos. Con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los equipos e infraestructura, este proyecto plantea la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para Inkatonsa, una empresa que produce prefabricados de hormigón, en la que actualmente se usa un enfoque reactivo para el cuidado de sus equipos e infraestructura. Este estudio, se centrará en la implementación de un programa de mantenimiento basado en un enfoque de Mantenimiento Productivo Total (TPM), para permitir contar con una organización comprometida con el mantenimiento, y que promueva la participación en la mejora continua del proceso de mantenimiento. Esto se logrará implementando el ciclo de Deming, por medio del cual se busca desarrollar fases claras en las que se definan objetivos de mejora, indicadores por medio de los cuales se cuantificaran los avances, y en base a un análisis de estos poder encontrar oportunidades de mejora. La implementación del plan requerirá el levantamiento de información para determinar áreas críticas dentro de la intervención y fijar las actividades que deben ejecutarse con sus respectivos cronogramas.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-997669011	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:adrian.valdiviezo@cu.ucsg.edu.ec">adrian.valdiviezo@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> FORERO FUENTES, BORIS ANDREI		
	<b>Teléfono:</b> +593-995712823		
	<b>titulación.arq@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			