

NOMBRE DEL TRABAJO

PARRA_MARTINEZ_TRABAJO_FINAL_ (1).pdf

AUTOR

FRANK PARRA

RECUENTO DE PALABRAS

9523 Words

RECUENTO DE CARACTERES

52168 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

59 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 29, 2024 8:00 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 29, 2024 8:01 AM GMT-5

● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: PARRA MARTINEZ, FRANK DENYS
D.N.I.: 47263832
Otro Documento:
Nacionalidad: PERUANO
Teléfono: 995747114
e-mail: 2016100076@UNTELS.EDU.PE

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Título Profesional otorgado: INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: “MANTENIMIENTO PREVENTIVO I3 MEDIANTE EL CICLO DE DEMING PARA EL MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS VAGONES DEL TREN ELÉCTRICO DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA”
Fecha de Sustentación: 16 DE DICIEMBRE DEL 2023
Calificación: APROBADO
Año de Publicación: 2024

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo _____

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

PARRA MARTINEZ, FRANK DENYS

APELLIDOS Y NOMBRES

47263832

DNI

Firma y huella:



Lima, 8 de MARZO del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“MANTENIMIENTO PREVENTIVO I3 MEDIANTE EL CICLO DE DEMING
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS
VAGONES DEL TREN ELÉCTRICO DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE
LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

PARRA MARTINEZ, FRANK DENYS

ORCID: 0009-0008-8289-3864

ASESOR

PFUYO MUÑOZ, ROBERTO

ORCID: 0000-0002-8823-413X

Villa El Salvador

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

**VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

En Villa El Salvador, siendo las 11:09 horas del día 16 de Diciembre, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DRA. MARGARITA FREDESVINDA MURILLO MANRIQUE	C.I.P. N° 59410
Secretario	:	MG. CARLOS HERNAN FLORES VELASQUEZ	C.I.P. N° 129506
Vocal	:	MG. FABRIZIO ARMANDO MILLAN MONTALVO	C.I.P. N° 112861

Designados con Resolución de Decanato N° 984-2023-UNTELS-R-D, de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El Bachiller: **FRANK DENYS PARRA MARTINEZ**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: "MANTENIMIENTO PREVENTIVO I3 MEDIANTE EL CICLO DE DEMING PARA EL MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS VAGONES DEL TREN ELÉCTRICO DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA"

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición APROBADO Equivalencia REGULAR de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 11:43 del día 16 de diciembre del 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

PRESIDENTE

DRA. MARGARITA FREDESVINDA MURILLO MANRIQUE
C.I.P. N° 59410

Margarita Murillo M.
Ingeniera Electricista
Reg. C.I.P. 59410

SECRETARIO
MG. CARLOS HERNAN FLORES VELASQUEZ
C.I.P. N° 129506
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
Reg. C.I.P. N° 129506

VOCAL
MG. FABRIZIO ARMANDO MILLAN MONTALVO
C.I.P. N° 112861
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. C.I.P. N° 112861

Nota: Art. 14°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

DEDICATORIA

A mis padres, por su gran apoyo incondicional y guiarme en este camino e inculcarme de ser una persona de bien.

A mi abuela, por su cariño y protección que me brindo, fue mi motivación para lograr alcanzar este objetivo.

A la plana docente de la Untels, por brindar sus conocimientos, y ser una persona profesional así contribuir en el desarrollo de mi país.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
LISTADO DE FIGURAS.....	v
LISTADO DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo.....	1
1.2.1. Delimitación temporal.....	1
1.2.2. Delimitación espacial.....	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	4
2.2. Bases teóricas:.....	6
2.2.1. Mantenimiento.....	6
2.2.2. Control de calidad.....	7
2.2.3. Herramientas para el control de calidad.....	7
2.2.4. Teorías para el control de calidad.....	8

2.2.5. Indicadores de mantenimiento.....	10
2.2.6. Tren eléctrico del metro de Lima.....	11
2.2.7. Partes del tren eléctrico del metro de Lima.....	12
2.2.8. Mantenimiento del tren eléctrico del metro de Lima.....	17
2.3. Definición de términos básico:.....	18
CAPÍTULO III.....	20
3. DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	20
3.1. Determinación y análisis del problema:.....	20
3.2. Modelo de solución propuesto.....	21
3.2.1. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa planificar.	21
3.2.2. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa hacer.....	27
3.2.3. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa verificar.	31
3.2.4. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa actuar.....	32
3.3. Resultado.....	36
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	44

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la planta patio-taller del tren eléctrico.....	2
Figura 2	Tren eléctrico del metro de Lima.....	12
Figura 3	Cofre de climatización.....	12
Figura 4	Pantógrafo	13
Figura 5	Acoplador automático	13
Figura 6	Bogie.....	14
Figura 7	Cofre de baterías	14
Figura 8	Motocompresor	15
Figura 9	Paneles neumáticos.....	15
Figura 10	Resistencia de freno	16
Figura 11	Motor de tracción	17
Figura 12	Detalle de codificación	25
Figura 13	Capitación al personal	27
Figura 14	Mantenimiento preventivo	28
Figura 15	Retorno de corriente	29
Figura 16	Retorno de masa	29
Figura 17	Inspección de instrumentos de medición	30
Figura 18	Inspección de herramientas	30
Figura 19	AprendizajeUnna	32
Figura 20	Resultado de la evaluación.....	34
Figura 21	Gestiona+	35
Figura 22	Tarjeta roja.....	36
Figura 23	Tiempo medio entre paradas	37
Figura 24	Tiempo medio para reparar	38
Figura 25	Disponibilidad.....	39

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1	Niveles de mantenimiento según su kilometraje.....	17
Tabla 2	Plan de capacitaciones.....	21
Tabla 3	<i>Plan de mantenimiento preventivo I3</i>	22
Tabla 4	Plan de calibración de instrumentos.....	26
Tabla 5	Calendario de colores distintivos para herramientas	27
Tabla 6	Check list de inspección de control de calidad	31
Tabla 7	Tiempo medio entre paradas.....	37
Tabla 8	Tiempo medio para reparar	38
Tabla 9	Disponibilidad	39

RESUMEN

El presente informe del trabajo de suficiencia profesional tiene la finalidad de determinar como el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo de Deming mejora la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima, en el área de mantenimiento preventivo de la empresa UNNA transporte S.A.C. ubicada en Av. Solidaridad cuadra 8 S/N, Villa el Salvador, que se dedica en operar y mantener a la línea 1 del metro de lima.

Dentro de sus instalaciones del área en mención se observó una demora en el proceso del mantenimiento preventivo I3, por lo que se planteó la realización de: Capacitaciones del personal técnico, plan de mantenimiento preventivo, instructivos de trabajos, programa de calibración de instrumentos de medición y de herramientas.

Se desarrolló la metodología del ciclo Deming en sus cuatro etapas que es: Planificar, hacer, verificar y actuar; aplicado al mantenimiento preventivo I3, ya que de esta manera permite estructurar y desarrollar la mejora continua en los procesos de mantenimiento.

Los resultados obtenidos al desarrollar el ciclo Deming, se midió con el indicador de la disponibilidad con una medida de 97%, siendo satisfactorio, ya que supera al estándar mínimo propuesto por Ositran la cual es 95%.

Por la tanto este informe me fue útil ya que pude plasmar mis conocimientos adquiridas en la etapa universitaria, de esta manera pude contribuir a los problemas que aquejan a la sociedad.

Palabras claves:

Mantenimiento preventivo, disponibilidad, ciclo Deming, tren eléctrico de metro de Lima

ABSTRACT

The purpose of this professional sufficiency work report is to determine how I3 preventive maintenance using the Deming cycle improves the availability of the electric train cars of line 1 of the Lima metro, in the preventive maintenance area of the UNNA company. transport S.A.C. located at Av. Solidaridad block 8 S/N, Villa el Salvador, which is dedicated to operating and maintaining line 1 of the Lima metro.

Within its facilities in the area in question, a delay was observed in the I3 preventive maintenance process, so it was proposed to carry out: Training of technical personnel, preventive maintenance plan, work instructions, calibration program for measuring instruments and tools.

The Deming cycle methodology is developed in its four stages, which is to plan, verify and act; applied to preventive maintenance, since in this way it allows structuring and developing continuous improvement in maintenance processes.

The results obtained when developing the Deming cycle were measured with the availability indicator with a measure of 97%., being satisfactory, since it exceeds the minimum standard proposed by Ositran.

Therefore, this report was useful to me since I was able to express my knowledge acquired at university, in this way I could contribute to the problems that afflict society.

Keywords:

Preventive maintenance, availability, Deming cycle, Lima metro electric train

INTRODUCCIÓN

El informe del trabajo de suficiencia profesional titulada “Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo de Deming para el mejoramiento de la disponibilidad de los vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima cuyo problema principal es ¿Como el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo de Deming permite mejorar la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima?, por lo que nos plantemos el siguiente objetivo determinar como el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo de Deming mejora la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima.

En la actualidad el uso excesivo y continuo de los trenes provoca una dependencia y desabastecimiento de los mismos, y por ende generan un incremento de fallas operacionales, de lo mencionado anterior hace que sea necesaria la búsqueda de un plan de mantenimiento de los trenes, reduciendo de esta manera paradas de servicios en las vías.

Según Ositrán que es un ente regulador en el ámbito de los servicios del transporte ferroviarios, manifiesta que el estándar mínimo de la disponibilidad de los trenes del metro de la Línea 1, debe ser de 95%.

El contenido del presente informe de trabajo de suficiencia profesional esta realizada en 3 capítulos, en el capítulo I, que es aspectos generales, se desarrolló el contexto de la empresa, las delimitaciones espaciales y temporales, los objetos de este informe. En el capítulo II se desarrolló los antecedentes, bases teóricas y las definiciones de los términos básicos de este informe. En el capítulo III se plasmó el desarrollo del informe la cual se implementó el ciclo Deming en el mantenimiento preventivo I3.

Finalmente concluimos que el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo de Deming mejoró la disponibilidad de los trenes a un 97% y esto fue factible siempre que se lleve a cabo las cuatro etapas del ciclo Deming y planteamos las siguientes recomendaciones: Realizar el mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming, siguiendo el método propuesto, con las 4 etapas del ciclo. Y se recomienda evaluar el indicador de la disponibilidad de forma mensual.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

6.1. Contexto

La empresa UNNA Transporte S.A.C. es una empresa peruana del grupo Aenza, que se dedica a la prestación de servicio de mantenimiento de infraestructura vial y ferroviaria. La instalación destinada al mantenimiento de los trenes llamado patio-taller, está ubicada en la Av. Solidaridad cuadra 8 S/N, Villa el Salvador.

Inició sus actividades en marzo de 1997, actualmente cuenta con 2 404 trabajadores, como misión tiene ser una empresa con un equipo de trabajo competente y comprometido, ofreciendo su servicio con el propósito de contribuir en el estilo de vida y el crecimiento de un país, teniendo como visión, ser considerado como la empresa fiable, indubitable, creador de un crecimiento sostenido.

Los servicios que ofrecen son la realización de construcción, mantenimiento, y rehabilitación de pavimentos e infraestructura; la operación y mantenimiento de la línea 1 del metro de Lima, en este último servicio se lleva a cabo en el patio-taller, en la cual se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de los 44 trenes que presta servicio a la sociedad limeña.

6.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

6.2.1. Delimitación temporal

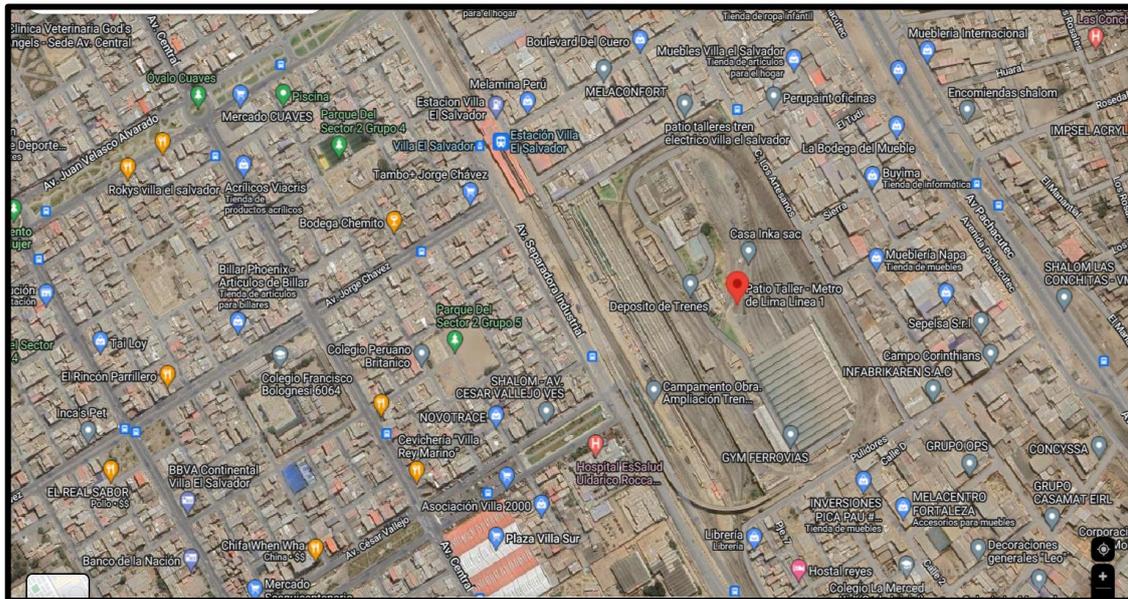
Desde el punto de vista temporal el presente informe del trabajo de suficiencia profesional se desarrolló durante el periodo de agosto a diciembre del 2023, durante esa fecha se trabajó con los datos obtenidos de la empresa UNNA Transporte S.A.C.

6.2.2. Delimitación espacial

El informe del trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en la empresa UNNA Transporte S.A.C, que está ubicada en la Av. Solidaridad cuadra 8 S/N, Villa el Salvador de la Provincia y Departamento de Lima-Perú.

Figura 1

Ubicación de la planta patio-taller del tren eléctrico



Nota: Google maps

6.3. Objetivos

6.3.1. Objetivos específicos

1. Identificar que el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa planificar permite mejorar la identificación de fallas potenciales en la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima.
2. Ejecutar el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa hacer permite mejorar las acciones preventivas planeadas en la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima.
3. Evaluar el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa verificar permite mejorar el control en la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima.
4. Demostrar como el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa actuar permite mejorar una eficiente disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

7.1. Antecedentes:

7.1.1. Antecedentes nacionales

Quispe y Valdez (2020) en su proyecto de investigación titulada *Elaboración de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo aplicando el ciclo Deming para acrecentar la disponibilidad de los activos de la contrata proyecto San Rafael que se encuentra ubicado en la región de Puno - Perú* siendo el contratista La empresa Comín S.A.C. Esta investigación tuvo como objetivo de elaborar un sistema de gestión de mantenimiento preventivo mediante la aplicación del ciclo Deming para acrecentar la disponibilidad de los activos del proyecto San Rafael. El nivel de investigación fue de tipo explicativo. Los resultados que obtuvo en la investigación fue una disponibilidad del equipo COM-04 en 96%; del equipo COM-06 y COM-03 en 95%, del equipo COM-12 y COM-05 en 94%, del equipo COM-02 en 92%. finalmente concluyó que en pronóstico permitirá tener la disponibilidad de los equipos sobre el 90%, este se calculó gracias a los datos que se tiene del tiempo de trabajo de los equipos y el tiempo que se tuvo de paradas por mantenimiento. Al estar parada la línea, la empresa encargada de realizar el mantenimiento tenía la obligación de pagar una penalidad la cual, al implementar esta investigación, esta penalidad se redujo en 10%.

Castro (2019) en su proyecto de investigación titulada *Implementación del ciclo Deming en el mantenimiento preventivo para mejorar el consumo de agua desmineralizada de la central termoeléctrica de tipo ciclo combinado de la empresa Enel generación Perú S.A.A.* Tuvo como objetivo establecer en qué medida la implementación del ciclo Deming en el mantenimiento preventivo permitirá mejorar la eficiencia en el consumo de agua desmineralizada. El nivel de investigación fue de tipo explicativo. Los resultados que obtuvo en la investigación fueron un aumento en la productividad en 24.31%, eficiencia en 27.14% y la eficacia en 12.9%. Finalmente concluyó que al mejorar el plan de mantenimiento y cambiar las válvulas

en mal estado, estas actividades dieron como efecto una disminución de pérdidas de agua, la cual significa ahorro monetario para la empresa.

Sullca y Yman (2020) en su proyecto de investigación titulada *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y la mejora continua mediante la aplicación del ciclo Deming para aumentar la confiabilidad de los equipos de una empresa de servicios y ventas de fajas vulcanizadas para el mecanismo de la transportación*. Tuvo como objetivo evaluar en qué medida la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y mejora continua mediante la aplicación del ciclo Deming permitirá mejorar la fiabilidad, confiabilidad y disponibilidad de los activos de la empresa de servicio. El nivel de investigación fue de tipo descriptivo y explicativo. Los resultados que obtuvo en la investigación fueron un aumento en la fiabilidad de los equipos en 95.43%, la confiabilidad de los equipos en 97,41 % y la disponibilidad de los equipos en 97,96 %. Finalmente concluyó que al implementar el plan de mantenimiento preventivo y la mejora continua mediante la aplicación del ciclo Deming logro mejorar significativamente los indicadores de mantenimiento.

7.1.2. Antecedentes internacionales

Pacheco (2023) en su proyecto de investigación titulada *Estudio y propuesta de mejora a través del ciclo Deming para el área de mantenimiento de la empresa Ludafa S.A. ubicada en Ecuador, dedicada al rubro de alimentos de pastelería, panadería y heladería*. Tuvo como objetivo elaborar una propuesta de optimización con el propósito de minimizar los desechos de recursos y acrecentar la productividad. El nivel de investigación fue de tipo explicativo. Los resultados que obtuvo en la investigación fueron una reducción en 93% en los tiempos improductivos del personal, lo cual significa para la empresa un ahorro de \$ 676,60 mensuales. Finalmente concluyó que en el área de mantenimiento presentaba tiempos donde el personal realizaba actividades de ocio, es decidir tiempos de improductividad, y gracias a la implementación de mejora continua basado en el ciclo Deming se

podieron reducir estas. También concluye que la implementación de ciclo Deming es de fácil aplicación y de costo reducido.

Pedrera (2023) en su proyecto de investigación titulada *Propuesta de un plan de mejoría en la línea de producción de tuberías de hormigón de la empresa Hormitub*, ubicado en Ecuador y dedicada a la elaboración de prefabricados de hormigón. Tuvo como objetivo elaborar un plan de mejoría mediante el ciclo Deming, en la línea de producción de tuberías de hormigón, para acrecentar la productividad de la empresa Hormitub. El nivel de investigación fue de tipo descriptivo. Los resultados que obtuvo en la investigación fueron una reducción en el las paradas no programadas en un 90% con un ahorro económico de \$17,234.10 por año. Finalmente concluyó que la mejor manera de elevar la baja productividad debida a las paradas no programadas, es mediante la elaboración de plan de mantenimiento preventivo y correctivo, instructivos, listas de chequeo, además se propone implementar el indicador OEE para medir la eficiencia global de los equipos de la línea productiva.

Sacoto (2023) en su proyecto de investigación titulada *Propuesta de mejora bajo el principio del ciclo de Deming, de las actividades de mantenimiento de las máquinas de la línea de producción de la empresa Poligrup S.A.* ubicado en Ecuador, y dedicada a la industria del plástico. Tuvo como objetivo diseñar una propuesta de mejoría bajo el principio del ciclo Deming, de las actividades de mantenimiento de las máquinas de la línea de producciones de la empresa. El nivel de investigación fue de tipo descriptivo. Los resultados que obtuvo en la investigación fueron una reducción en el las paradas no programadas y con un ahorro económico de \$28.763,95 por año. Finalmente concluyó que la solución de minimizar las paradas de línea por fallas de mantenimiento no programado, es a través de los informes de mantenimiento y calendario de trabajo de mantenimiento preventivo.

7.2. Bases teóricas:

7.2.1. Mantenimiento

Según Carlos (2016) el mantenimiento son un conjunto de ejecuciones planificadas o no planificadas cuyo propósito es mantener el equipo conservado y operativo, tratando en lo posible tener un gasto mínimo en la inversión para el mantenimiento, de esta manera logrando los objetivos de la organización.

También define que el mantenimiento no es un procedimiento fijo, es al contrario que este constante cambio, siempre buscando métodos o manera más eficiente y rápido de ejecutarlo.

Además, manifiesta que hay muchos tipos de de mantenimiento, entre los cuales definiremos lo más relevante en esta investigación.

7.2.1.1. Mantenimiento correctivo – CM.

Carlos (2016) manifiesta que este tipo de mantenimiento también es llamado mantenimiento a la falla o mantenimiento de emergencia, este mantenimiento se realiza después que se haya presentado la falla o que se verifique que se va presentar una falla.

Existen dos tipos.

a. Correctivo de emergencia

Carlos (2016) afirma que este tipo de mantenimiento se da cuando se presenta una falla imprevista, parando la productividad de la línea, por ende, causando pérdidas económicas, insatisfacción del cliente, disminución de calidad, contratiempo, todos estos son daños irreparables para la empresa.

b. Correctivo programado

Carlos (2016) afirma que este tipo de mantenimiento se da cuando encontramos fallas que no implica paradas de línea, porque sus consecuencias no son mayores, por lo tanto,

pueden acabar la producción programado en la línea, una vez culminado la producción se procede a solucionar la falla.

7.2.1.2. Mantenimiento preventivo-PM.

Carlos (2016) manifiesta que este tipo de mantenimiento se ejecuta antes que se presente la falla, este manteniendo se ejecuta cada cierto periodo, teniendo como tareas y actividades, la inspección, verificación, conservación, lubricación, cambiar, etc.

7.2.1.3. Mantenimiento Predictivo- PdM.

Carlos (2016) plantea que este tipo de mantenimiento observa y analiza los sistemas de la falla, y gracias esto se puede pronosticar cuando una máquina o componente puede fallar, este tipo de mantenimiento utiliza herramientas maquinas e instrumentos que sirven para analizar los datos obtenidos.

7.2.2. Control de calidad

Según Morales y Soria (2013), el control de calidad es un conjunto de procedimientos donde se utiliza herramientas, formatos para la eliminación y disminución de errores. Es un conjunto de direcciones que brinda servicio y asistencia a los materiales y producto llegando a su estandarización y especificaciones técnicas, gracias a ello se pueden reconocer los productos buenos y defectuoso, estos últimos serán separadas, evitando así posibles costos adicionales.

Además, manifiesta que para verificar la calidad de un producto se realiza revisiones y exámenes de muestro para poder corroborar que estos sean de calidad y cumplan los requerimientos, estas pruebas son gastos ocasionado y más si son encontrados productos defectuosos ya que serán separados sin posibilidad de reutilizarlo.

7.2.3. Herramientas para el control de calidad

Según Monsiváis (1999) son un conjunto de métodos cuyo fin es alcanzar la excelencia y la mejora continua, estas herramientas nos

brindan información que nos permite tomar decisiones con la finalidad de proponer mejoras y soluciones.

Además, manifiesta que estas herramientas para el control de calidad se pueden ser de 2 tipos:

7.2.3.1. Herramientas del proceso.

Monsiváis (1999) afirma que son herramientas que se desarrolla en el pensamiento, estas herramientas de proceso pueden ser: disolución de los problemas, tomar decisiones, planeamiento y previsión de los problemas, etc.

7.2.3.2. Herramientas estadísticas.

Monsiváis (1999) manifiesta que son un conjunto de métodos que validan y verifican la información, estos son muy útiles si se desea mostrar la información y sean más fáciles en tomar decisiones. estas herramientas de proceso pueden ser: Pareto, análisis de correlación, análisis de causa y efecto, histograma, etc.

7.2.4. Teorías para el control de calidad

Según Huanca (2021) el control de calidad debe ser planeada siguiendo métodos y principios, para este fin hay propuestas de diferentes autores que definen las teorías del control de la calidad, las cuales entre los principales de estas son:

7.2.4.1. Trilogía de la Calidad.

Huanca (2021) manifiesta que la Trilogía de la Calidad fue propuesto por Joseph Juran donde define tres principios:

1. Planificación de la calidad: Buscar el menester de los potenciales clientes por ello desarrollan la búsqueda de posibles productos para satisfacer sus menesteres.
2. Control de la calidad: Comparar la calidad de los productos obtenidos con los objetivos planteados, y después tomar

acciones que minimizan estas desviaciones que se encontraron.

3. Mejora de la calidad: Desarrollar y establecer planes de mejoramiento en la calidad con el propósito de alcanzar cambios en las deficiencias encontradas.

7.2.4.2. Ciclo Peca o Ciclo Deming.

Huanca (2021) afirma que el ciclo Deming fue propuesto por Edwards Deming donde define 4 etapas que son:

1. Planificar: Es donde se gesta y se prepara el cambio, basándose en datos que se tiene actuales.
2. Hacer: Es donde se realizan los cambios
3. Verificar: Es donde se analizan las consecuencias y se recoge los resultados.
4. Actuar: Es donde se examina los resultados y se implementa nuevos cambios.

7.2.4.3. Cinco "S" de Kaizen.

Huanca (2021) también plantea que las Cinco "S" Fue propuesto por el instituto Kaizen, donde define 5 principios:

1. -Seire (Traducido en español es selección): Consiste en distinguir y seleccionar entre lo necesario e innecesario, este último debes ser suprimido en todo proceso.
2. -Seiton (Traducido en español es orden): Consiste en mantener las cosas en su sitio, de esta manera sea fácil su localización.
3. -Seiso (Traducido en español es limpieza): Consiste en conservar los activos en un buen estado y buscar suprimir las fuentes de suciedad.
4. -Seiketsu (Traducido en español es estandarizar): Consiste en elaborar estándares e instructivos para las labores de trabajo, de esta manera conocer e identificar una situación anómala.

5. -Shitsuke (Traducido en español es disciplina): Consiste en que los trabajadores deben conocer las normas y disciplina para así desarrollar una buena labor.

7.2.5. Indicadores de mantenimiento

Según Carlos (2016) los índices o indicadores de mantenimiento son de conexiones que pueden ser cuantitativos y cualitativos, que se fijan entre los valores de los datos estadísticos con el fin conocer su desempeño, además permiten tomar decisiones. Los indicadores deben de tener las cualidades de: Especifico, confiable, accesible, unívoco, etc.

Según Zegarra (2016) son muchos tipos de indicadores de mantenimiento, entre los cuales definiremos lo más relevante para este informe.

7.2.5.1. Tiempo medio para reparar (TMPR)

Zegarra (2016) plantea que este indicador representa el tiempo promedio que se demora en reparar la máquina. El TMPR para un tiempo determinado se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{TMPR} = \frac{\text{Horas en reparaciones}}{\text{Número de paradas}}$$

Además, manifiesta que un elevado valor del TMPR expresa que se utiliza muchas horas en reparar la máquina, que puede ser debido a un déficit en la gestión, y un pequeño valor del TMPR expresa que las reparaciones no se realizan adecuadamente.

7.2.5.2. Tiempo medio entre paradas (TMEP)

Zegarra (2016) afirma que este indicador representa el tiempo promedio que la maquina trabaja antes que pare por algún motivo de avería.

Además, afirma que El TMEP para un tiempo determinado se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{TMEP} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Número de paradas}}$$

El autor también señala que un elevado valor del TMEP expresa que la maquina presenta poca falla y está trabajando más tiempo.

7.2.5.3. Disponibilidad (D)

Según Carlos (2016), es la capacidad de un activo de realizar a cabo su función requerida, sin ningún inconveniente, en un tiempo y en unas condiciones dadas.

Según Zegarra (2016), la disponibilidad para un tiempo determinado se calcula con la siguiente expresión:

$$D = \frac{\text{TMEP}}{\text{TMEP} + \text{TMPR}}$$

7.2.6. Tren eléctrico del metro de Lima

Según UNNA Transporte (2023), El sistema La línea 1 del metro de Lima cuenta con los trenes de modelo Alstom, cada tren está compuesto por 6 coches

Ma = Coche motor extremo con cabina de conducción.

Mb = Coche motor intermedio.

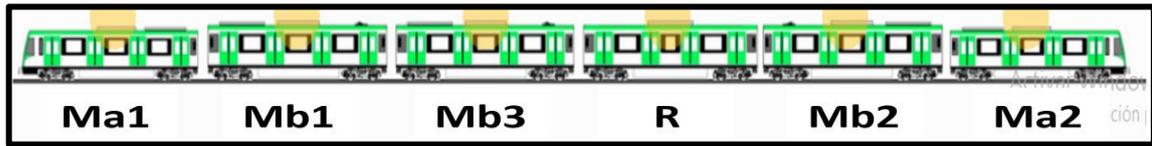
R = Coche remolque intermedio

6 coches: Ma1 – Mb1 – Mb3– R – Mb2 – Ma2

La composición tendrá la siguiente configuración, así como muestra la figura 2.

Figura 2

Tren eléctrico del metro de Lima



Nota: UNNA Transporte (2023)

7.2.7. Partes del tren eléctrico del metro de Lima

Según UNNA Transporte (2023), Las principales partes de un tren eléctrico del modelo Alstom son:

1. **Cofre de climatización:** Sistema que mantiene un ambiente agradable para los pasajeros. Puede trabajar en modo de refrigeración y calefacción.

Figura 3

Cofre de climatización



Nota: UNNA Transporte (2023)

2. **Pantógrafo:** Es un mecanismo por el cual el tren eléctrico recibe energía eléctrica, la cual lo brinda fuerza de tracción para su movimiento.

Figura 4

Pantógrafo



Nota: UNNA Transporte (2023)

- 3. Acoplador automático:** Es el mecanismo que permite la unión de dos trenes, para un posible remolque producto de una avería.

Figura 5

Acoplador automático

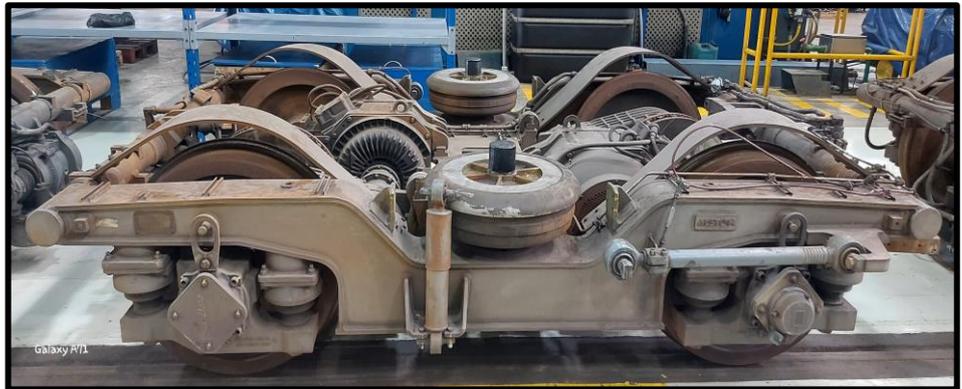


Nota: UNNA Transporte (2023)

4. **Bogie:** Es la parte fundamental del tren eléctrico, constituido por componentes eléctricos y mecánicos, este sistema es la encargada de dar estabilidad en el recorrido recto y curvo de los trenes y también asegura el confort en el recorrido, absorbiendo las vibraciones, es también el lugar donde se aplica frenado y tracción del tren. Se divide en: Bogie motor, es aquel que posee motor, y bogie remolque es aquel que no posee motor.

Figura 6

Bogie

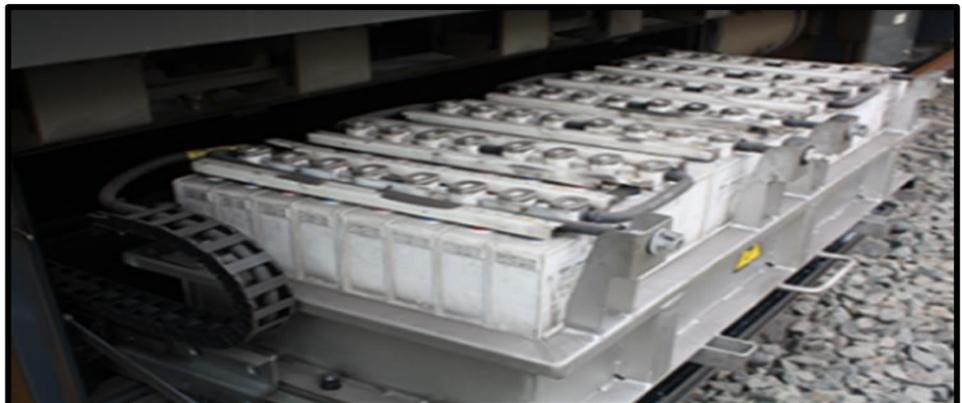


Nota: UNNA Transporte (2023)

5. **Cofre de baterías:** Proporciona la energía eléctrica de emergencia para los sistemas eléctricos.

Figura 7

Cofre de baterías



Nota: UNNA Transporte (2023)

6. **Motocompresor:** Es el mecanismo que abastece de aire al tren eléctrico.

Figura 8

Motocompresor



Nota: UNNA Transporte (2023)

7. **Paneles neumáticos:** Conformado por grupos de electroválvula, los cuales hacen la función de mando y control del sistema neumático.

Figura 9

Paneles neumáticos



Nota: UNNA Transporte (2023)

- 8. Resistencia de freno:** Está constituido por resistencia, cuya finalidad es atrapar la energía eléctrica generado en el frenado para después transfórmalo en energía térmica.

Figura 10

Resistencia de freno



Nota: UNNA Transporte (2023)

- 9. Motor de tracción:** Es la encargada de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. El Tren tiene 20 motores, 2 en cada bogie motor, conectados en paralelo. El motor de tracción es del tipo asíncrono, de 4 polos y jaula de ardilla. La refrigeración de los motores se lleva a cabo de forma natural mediante la circulación del aire. Las características técnicas principales de los motores son: Los motores trabajan con una tensión de 675 / 1.169 V (fase - neutro / fase - fase) a 96,8 A de intensidad. El rango de velocidad va de 0 a 3.660 rpm y los motores desarrollan un par máximo de 1.080 Nm en tracción y 1.204 Nm en frenado. Se alimenta de corriente alterna y tiene una potencia de 155 KW.

Figura 11

Motor de tracción



Nota: UNNA Transporte (2023)

7.2.8. Mantenimiento del tren eléctrico del metro de Lima

Según UNNA Transporte (2023), El mantenimiento de los trenes del modelo Alstom se realiza según al kilometraje que ellos registran.

Tabla 1

Niveles de mantenimiento según su kilometraje

TRENES ALSTOM	
Nivel	(Km)
I1	12 500
I2	37 500
I3	75 000
IM1	150 000
IM2	300 000
IM3	600 000
OH1	900 000
OH2	1 200 000
MV	1 800 000
OH3	2 400 000

Nota: UNNA Transporte (2023)

Tanto el I1, I2 y el I3 son mantenimientos que requieren actividades generalmente de inspección.

Tanto el IM1, IM2 y IM3 son actividades generalmente de inspección, cambio y regulación de sus componentes o sistemas.

Tanto el OH1, OH2, OH3, MV, y OH3 son trabajos que implican desmontaje para su inspección pruebas en banco, cambios o regulaciones. su tiempo de ejecución es mucho mayor a los demás niveles.

7.3. Definición de términos básico:

1. **Calidad:** Son una serie de comportamientos, acciones, actividades promovido por la empresa, que da como producto un valor agregado a estos, cumpliendo y satisfaciendo las necesidades de los clientes
2. **Línea 1 del metro de Lima:** Conformado por 26 estaciones, viajando desde la estación villa el Salvador a Bayóvar y viceversa, teniendo 44 trenes eléctricos, cada tren está conformado por 6 coches.
3. **Mejora continua:** Son tareas y acciones que se desarrollan para optimizar el rendimiento, y además son procedimientos donde se establecen metas y en busca constante de innovación y mejora
4. **Productividad:** Es un indicador que mide el rendimiento de la producción, se mide entre el producto obtenido y los insumos utilizados. También se puede medir a través del tiempo esto quiere decir a que a menor tiempo de producción mayor será la productividad de la empresa.
5. **Producto:** Es la salida final de un proceso, en este no se requiere labores o compromiso necesariamente llevados entre la empresa y el cliente. Los productos pueden ser: tangibles son los se pueden tocar y los intangibles son los que no se pueden tocar.
6. **Procedimiento:** Es una manera de especificar y desarrollar una labor o actividad, estos procedimientos pueden ser hechos en documento como también no.
7. **Proceso:** Conjunto de actividades, tareas o labores que están relacionados entre sí, de manera interdependiente, cada proceso recibe y entrega a otro proceso.
8. **Servicio:** Es la salida final de un proceso, con labores o compromiso necesariamente llevados entre la empresa y el cliente, el abastecimiento

de los productos suele ir acompañado con actividades hacia el producto ya sea tangible o intangible, y también envíos de productos intangible.

9. Sistema: Son un conjunto de componentes que se relacionan y dependen de si para su existencia.

10. Vagón: También conocido como coche, son vehículos ferroviarios para el traslado de pasajeros que puede ser remolcado por una locomotora o impulsado por motores de tracción, se divide en dos tipos: vagón motriz es aquel que posee motor y vagón remolque es el que no posee motor.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

8.1. Determinación y análisis del problema:

El tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima transporta diariamente 530 000 pasajeros, lo cual significa una alta demanda de transporte, por tal motivo es necesario lograr una alta disponibilidad de los trenes. La empresa UNNA Transporte S.A.C., operadora de la línea 1 del metro de Lima, debido a esto, presentaba una alta demanda operativo en el área de mantenimiento preventivo de los trenes, con ello se observaba las ineficiencias en: Desconocimiento en mantenimiento ferroviarios por parte del personal técnico ya que en el Perú no existe técnicos en temas ferroviarios, plan de mantenimiento preventivo obsoleto que no se actualizaban según las necesidades del tren, procedimientos de trabajos inadecuados que no se actualizaban por cada mejora encontrado en el procedimiento de trabajo, para mayor efectividad y rapidez , Instrumentos en mal estado y descalibrados que generan una medida errónea y Herramientas en mal estado que pueden generar lesiones y una mala calidad en el manteniendo .

A fin de minimizar estos problemas encontrados se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo bajo el enfoque del ciclo Deming, teniendo como plan de mejora: Capacitación al personal técnico, plan de mantenimiento preventivo, instructivos de trabajos, programa de calibración de instrumentos de medición, programa de inspección de herramientas.

Por lo cual, se procedió a realizar la formulación de problema del presente trabajo de suficiencia profesional.

1. ¿Cómo el mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa planificar permite mejorar la identificación de fallas potenciales en la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima?
2. ¿De qué manera el mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa hacer permite mejorar las acciones preventivas planeadas en la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima?
3. ¿En qué medida el mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa verificar permite mejorar el control en la disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima?

4. ¿Cómo el Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa actuar permite mejorar una eficiente disponibilidad de los Vagones del tren eléctrico de la línea 1 del metro de Lima?

8.2. Modelo de solución propuesto

En este apartado se desarrolló el mantenimiento preventivo I3 en función del ciclo Deming y en referencia a los problemas encontrados.

8.2.1. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa planificar.

8.2.1.1. Capacitación al personal técnico

Se elaboró el plan de capacitación del personal técnico, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Plan de capacitaciones

ÁREA	NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN	EN	FE	MA	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI
Preventivo	Calidad de mantenimiento								x				
Preventivo	Mantenimiento Ferroviario									x			

Nota: Elaboración propia

8.2.1.2. Plan de mantenimiento preventivo

Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo I3, tal como se muestra en la tabla 3, la cual contemplan las actividades realizadas en el techo, caja y bajo bastidor.

Tabla 3*Plan de mantenimiento preventivo I3*

TREN DESHABILITADO								
MANUAL	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Ma1	Mb1	Mb3	R	Mb2	Ma2	TÉCNICO
TECHO								
Resistencias de freno								
14. 016	Inspección general.							T1,T2,T3,T4
14.017	Revisión General de resistencias de Frenado y Aisladores							T1,T2,T3,T4
Pantógrafo								
13. 001	Inspección de los carbones de los frotadores.							T1,T2,T3,T4
13. 002	Inspección general de cables, mangueras neumáticas y juntas empernadas							T1,T2,T3,T4
13. 003	Ajustes de pantógrafo (pesaje 9kg-f)							T1,T2,T3,T4
13. 004	Control de funcionamiento.							T1,T2,T3,T4
13. 005	Verificación de los pares apriete							T1,T2,T3,T4
13. 007	Limpieza general del conjunto pantógrafo							T1,T2,T3,T4
13. 013	Engrase							T1,T2,T3,T4
Bastidor								
13. 009	Inspección global en busca de anomalía.							T1,T2,T3,T4
Aisladores y mangueras								
13. 006	Verificación y limpieza de los aisladores eléctricos y mangueras aislantes y verificación del latiguillo neumático.							T1,T2,T3,T4
Mecanismo de elevación								
13. 012	Inspección mecanismo de elevación							T1,T2,T3,T4
13. 015	Ajuste de la fuerza de presión							T1,T2,T3,T4
Caja de fusibles de pantógrafo								
13. 017	Inspección visual de la caja y cierres.							T1,T2,T3,T4
13. 018	Limpieza interior e inspección de fijaciones, cableado y continuidad de los fusibles							T1,T2,T3,T4
CAJA								
Puertas acceso pasajeros								

MANUAL	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Ma1	Mb1	Mb3	R	Mb2	Ma2	TÉCNICO
04. 002	Inspección visual conjunto puertas acceso a pasajeros.							T5,T6,T7,T8
Ventanas								
05. 004	Verificar estado de las ventanas.							T5,T6,T7,T8
Revestimiento Interior								
05. 026	Inspección interna de paredes							T5,T6,T7,T8
Asientos de pasajeros								
05. 006	Comprobar el estado y fijaciones de los asientos.							T5,T6,T7,T8
Pictogramas								
05. 025	Inspección y reposición de pictogramas si es necesario.							T5,T6,T7,T8
PMR								
05. 027	Comprobar estado y funcionamiento de cinturones PMR.							T5,T6,T7,T8
Pavimento								
05. 021	Verificar estado del pavimento.							T5,T6,T7,T8
Asideros								
05. 028	Verificar el estado y fijación de los asideros.							T5,T6,T7,T8
Dotación								
05. 023	Verificar la existencia y la correcta condición de la dotación. Reemplazar en caso lo requiera.							T5,T6,T7,T8
05. 034	Verificar el correcto funcionamiento de la linterna de dotación de cada cabina.							T5,T6,T7,T8
Techo								
05. 017	Inspección visual de las rejillas del techo.							T5,T6,T7,T8
BAJO BASTIDOR								
Bogie								
Caja de grasa / Rodamientos (AMBOS LADOS)								
03. 102	Inspección visual de la caja de grasa.							T1,T2,T3,T4,T5
03. 120	Inspección visual de la tapa plana. Y pares de apriete							T1,T2,T3,T4,T5
Retorno de corriente / tierra								

MANUAL	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Ma1	Mb1	Mb3	R	Mb2	Ma2	TÉCNICO
03. 116	Inspección visual (fijación y cableado). Y pares de apriete							T1,T2,T3,T4 ,T5
03. 083	Verificación del desgaste de las escobillas de las unidades de retorno de masa/corriente							T1,T2,T3,T4 ,T5
Tacómetro ATP								
03. 115	Inspección visual (fijación y cableado). Y pares de apriete							T1,T2,T3,T4 ,T5
Sensor Tren - Stop (Equipo IRIS)								
03. 114	Inspección visual (fijación y cableado) y pares de apriete							T1,T2,T3,T4 ,T5
Bogie Remolque								
Sensor antideslizamiento WSP								
03. 114	Inspección visual (fijación y cableado) y pares de apriete							T1,T2,T3,T4, T5
Baterías MRX 130 x 56								
15.037	Ajuste del nivel del electrolito							T3,T4,T5

Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.1.3. Instructivos de trabajos

Los instructivos de trabajo para el mantenimiento preventivo I3 contempla los procedimientos de los trabajos realizadas en el techo, caja y bajo bastidor del mantenimiento preventivo I3.

Los instructivos de trabajo se planifica según el plan de mantenimiento preventivo, cada descripción de actividad, tiene un código específico (ver figura 12), esta codificación es establecida en el instructivo de trabajo con el fin de querer más detalles y especificaciones de cómo desarrollar la actividad.

Figura 12

Detalle de codificación

MANUAL	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Ma1	Mb1	Mb3	R	Mb2	Ma2	TÉCNICO
	Retorno de corriente / tierra							
03. 116	Inspección visual (fijación y cableado). Y pares de apriete							T1,T2,T3,T4 ,T5
03. 083	Verificación del desgaste de las escobillas de las unidades de retorno de masa/corriente							T1,T2,T3,T4 ,T5
	Tacómetro ATP							
03. 115	Inspección visual (fijación y cableado). Y pares de apriete							T1,T2,T3,T4 ,T5
	Sensor Tren - Stop (Equipo IRIS)							
03. 114	Inspección visual (fijación y cableado) y pares de apriete							T1,T2,T3,T4 ,T5
	Bogie Remolque							
	Sensor antideslizamiento WSP							
03. 114	Inspección visual (fijación y cableado) y pares de apriete							T1,T2,T3,T4, T5
	Baterías MRX 130 x 56							
15.037	Ajuste del nivel del electrolito							T3,T4,T5

Nota: Elaboración propia

8.2.1.4. Programa de calibración de los instrumentos de medición

Se elaboró el plan de calibración de instrumentos, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4*Plan de calibración de instrumentos*

Código	Nombre	Marca	Modelo	Alcance de Indicación	Última Calibración	Próxima Calibración
Torquímetro analógico						
TORANA01	Torquímetro analógico	Stahlwille	730/5	6 Nm a 50 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA02	Torquímetro analógico	Stahlwille	730/5	6 Nm a 50 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA03	Torquímetro analógico	Stahlwille	721/10	20 Nm a 100Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA04	Torquímetro analógico	Stahlwille	721/10	20 Nm a 100 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA05	Torquímetro analógico	Stahlwille	721/20	40 Nm a 200 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA06	Torquímetro analógico	Stahlwille	721/20	40 Nm a 200 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA07	Torquímetro analógico	Stahlwille	721/30	60 Nm a 300 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA08	Torquímetro analógico	Stahlwille	721/30	60 Nm a 300 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA09	Torquímetro analógico	Stahlwille	730/40	80 Nm a 400 Nm	1/5/2023	1/5/2024
TORANA10	Torquímetro analógico	Stahlwille	730/40	80 Nm a 400 Nm	1/5/2023	1/5/2024
VERNIER						
VEDIG01	Vernier	Mitutoyo	Coolant Proof	0 mm a 150 mm	1/6/2023	1/6/2024
VEDIG02	Vernier	Mitutoyo	Coolant Proof	0 mm a 150 mm	1/6/2023	1/6/2024
VEDIG03	Vernier	Mitutoyo	Coolant Proof	0 mm a 200 mm	1/6/2023	1/6/2024
VEDIG04	Vernier	Mitutoyo	Coolant Proof	0 mm a 200 mm	1/6/2023	1/6/2024
VEDIG05	Vernier	Mitutoyo	Coolant Proof	0 mm a 300 mm	1/6/2023	1/6/2024
VEDIG06	Vernier	Mitutoyo	Coolant Proof	0 mm a 300 mm	1/6/2023	1/6/2024

Nota: Elaboración propia

8.2.1.5. Programa de inspección de herramientas

Se elaboró el calendario de colores distintivos para herramientas por cada mes, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Calendario de colores distintivos para herramientas

MES		COLOR
Enero	Julio	Gris
Febrero	Agosto	Negro
Marzo	Setiembre	Naranja
Abril	Octubre	Amarillo
Mayo	Noviembre	Verde
Junio	Diciembre	Azul

Nota: Elaboración propia

8.2.2. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa hacer.

8.2.2.1. Capacitación al personal técnico

Se realizó la capacitación al personal técnico en cursos de calidad de mantenimiento y también en mantenimiento ferroviario.

Figura 13

Capitación al personal



Nota: Elaboración propia

8.2.2.2. Plan de mantenimiento preventivo

Se llevo a cabo las actividades del plan de mantenimiento preventivo I3, ejecutado por el personal técnico.

Figura 14

Mantenimiento preventivo



Nota: Elaboración propia

8.2.2.3. Instructivos de trabajos

Como son varias las actividades en el mantenimiento preventivo I3 se escoge el código 03.116 para desarrollar, detallar y especificar su instructivo de trabajo.

Retorno de corriente / tierra

[03.116] Inspección visual (fijación y cableado)

- Verificar que todas las fijaciones estén presentes y aseguradas. Sustituir y reajustar según la necesidad.
- Examinar la unidad de retorno de corriente/masa en busca de daños. Reemplazar la unidad si se encuentran daños.
- Verificar que el cable de masas entre la unidad de retorno de masa y el bastidor del bogie esté fijado con seguridad y no presente daños. Reajustar o sustituir las fijaciones según la necesidad. Sustituir los cables de encontrarse dañados.
- Informar sobre cualquier daño encontrado al Supervisor.

Figura 15

Retorno de corriente



Nota: Elaboración propia

Figura 16

Retorno de masa



Nota: Elaboración propia

8.2.2.4. Programa de calibración de los instrumentos de medición

Se realizó el etiquetado de calibración a los instrumentos de medición, con el fin de garantizar en la confiabilidad de las medidas y darle uso correcto a los instrumentos la que se traduce en eficiencia, y mejora en la calidad de los servicios que cumplan con las especificaciones y estándares requeridos.

Figura 17

Inspección de instrumentos de medición



Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.2.5. Programa de inspección de herramientas

La inspección de las herramientas se realizará cada mes, una vez inspeccionado se procede a en encintar con un color distintivo por mes (ver tabla 5), este distintivo nos indicará que las herramientas están en buenas condiciones de lo contrario de desechará.

Figura 18

Inspección de herramientas



Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.3. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa verificar.

Para poder verificar los resultados obtenidos se elaboró el check list de inspección de control de calidad, tal como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6
Check list de inspección de control de calidad

CHECK LIST DE INSPECCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD AL PROCESO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
1	VERIFICACIÓN DE LAS CAPACITACIONES	SÍ	NO	NA	OBSERVACIONES	
CAPACITACIONES	¿El Personal cuenta con la capacitación aprobada?	✓				
	¿El personal responde a las preguntas del inspector?	✓				
OBSERVACIONES ADICIONALES						
2	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	SÍ	NO	NA	OBSERVACIONES	
PLAN DE MANTENIMIENTO	¿Existe congruencia entre la actividad que realiza el personal con el plan de mantenimiento?	✓				
	¿Se cumple cada actividad con la cantidad de personal establecido?	✓				
OBSERVACIONES ADICIONALES						
3	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	SÍ	NO	NA	OBSERVACIONES	
INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO	¿El personal cuenta con el instructivo vigente del mantenimiento a ejecutar?	✓				
	¿Durante la ejecución del trabajo el personal cumple con lo descrito en el instructivo de mantenimiento?	✓				
OBSERVACIONES ADICIONALES						
4	CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	SÍ	NO	NA	OBSERVACIONES	
INSTRUMENTOS	¿Los instrumentos de medición cuentan con la etiqueta de calibración vigente?	✓				

**CHECK LIST DE INSPECCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD AL PROCESO DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

	¿En los instrumentos es visible daños físicos o desperfectos que pueda causar daño?	✓			
OBSERVACIONES ADICIONALES					
5	INSPECCIÓN DE HERRAMIENTAS		SÍ	NO	NA
	¿Las herramientas cumplen con el color de encintado correspondiente al mes de acuerdo al estándar de Calidad?	✓			
HERRAMIENTAS	¿En las herramientas es visible daños físicos o desperfectos que pueda causar daño?	✓			
OBSERVACIONES ADICIONALES					

Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.4. Mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa actuar.

8.2.4.1. Capacitación al personal técnico

Para mejorar la capacitación al personal, se implementó un aula virtual llamado AprendizajeUnna, la cual pueden acceder las 24 horas del día, con su usuario y contraseña específico para cada colaborador.

Figura 19

AprendizajeUnna



Nota: UNNA Transporte (2023)

También se desarrolló la evaluación al personal técnico con la finalidad de medir los conocimientos adquiridos en las capacitaciones. Se evaluaron 20 preguntas las cuales fueron:

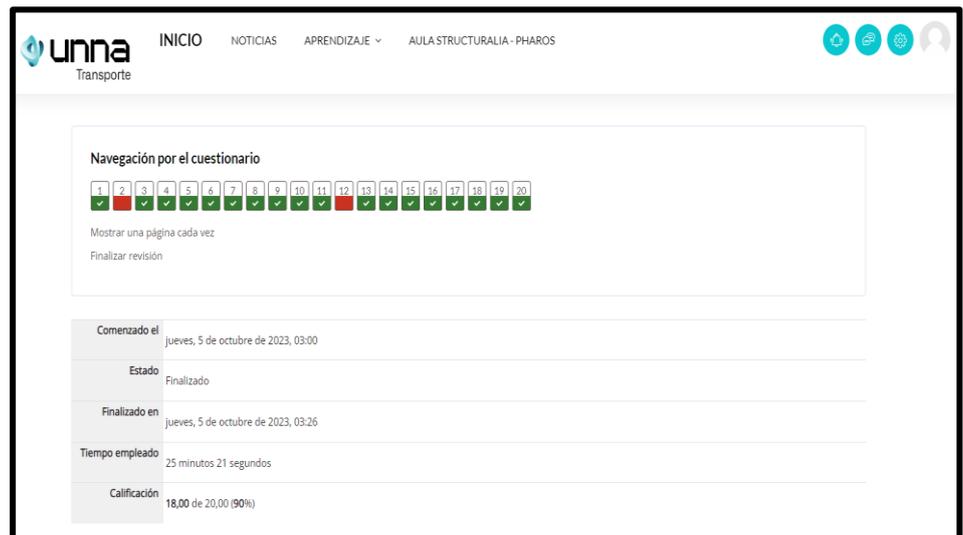
1. ¿Cuál es el voltaje de la electricidad captada por el pantógrafo?
2. ¿Cómo se alimentan los equipos eléctricos del tren?
3. Los frenos están conformados por:
4. ¿Para qué sirve el Sistema ATP?
5. El sistema Tren Stop (TS) tiene como misión fundamental controlar puntualmente...
6. En tren Alstom está compuesto por centrales de control, indicadores de apertura de puertas, carteles números de tren, carteles frontales, gráficos de línea y...
7. Los trenes Alstom, están conformados de 6 coches, las cuales son:
8. ¿Qué energía reciben los pantógrafos?
9. Los sistemas que componen los trenes en línea 1 son:
10. Los trenes Alstom cuentan con 3 pantógrafos, ubicados en el techo de los coches:
11. El acoplador automático se ubica en los coches.
12. ¿Las baterías del tren Alstom proporcionan energía en baja tensión, el voltaje es?
13. Un activo ha presentado un fallo y los técnicos temen que no podrá funcionar correctamente. Por lo tanto, que tipo de mantenimiento se tiene que hacer
14. El formato que contiene el paso a paso de cómo realizar el mantenimiento se denomina...
15. Una herramienta, cuya cinta distintiva de inspección es amarillo, no ha sido colocada aún. ¿Qué significa esto?
16. Se observa un instrumento con la codificación de inspección borrosa ¿Se debe usar este instrumento?

17. Se observa un trabajador que no cumple con los estándares de calidad ¿Qué se tiene que hacer ante este caso?
18. ¿Dónde encontramos los instructivos de trabajo?
19. ¿Qué pasará con el material sobrante después de una jornada de trabajo?
20. Se observa una herramienta en mal estado ¿Qué se tiene que hacer ante este caso?

Los resultados de las evaluaciones fueron registrados en la plataforma AprendizajeUnna tal como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Resultado de la evaluación



Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.4.2. Plan de mantenimiento preventivo

En las ejecuciones de las actividades del plan de mantenimiento preventivo i3 se observó una mala organización por parte de la cuadrilla de técnicos es por eso que se decide, al inicio de las actividades los técnicos 1,2,3 realizan la revisión de instrumentos y herramientas, los técnicos 4,5,6 realizan los

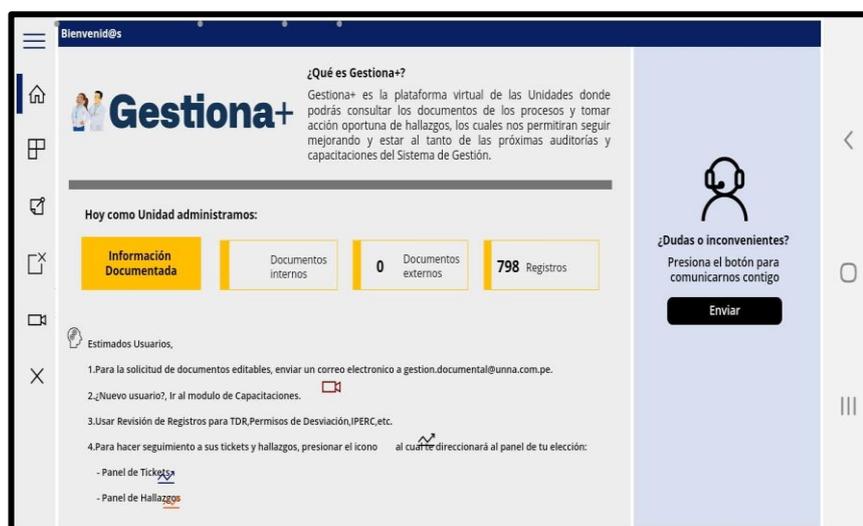
pedidos y recojo de insumos, y los técnicos 7 y 8 realizan la segregación de residuos al final de las actividades.

8.2.4.3. Instructivos de trabajos

Para tener los instructivos de trabajo a la disposición de la mano, se implementó la plataforma Gestiona+, la cual pueden acceder las 24 horas del día, con su usuario y contraseña específico para cada colaborador.

Figura 21

Gestiona+



Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.4.4. Programa de calibración de los instrumentos de medición

Se implementó las tarjetas rojas la cual sirven para separar o eliminar los instrumentos de medición que no cumplen con los estándares de calidad, teniendo presente que esta tarjeta se evalúa con el personal que interactúan directamente e indirectamente con el instrumento de medición.

Figura 22

Tarjeta roja

TREN _____

UDT: _____

EQUIPO: _____

OBSERVACIÓN: _____

CÓDIGO: _____ N/S: _____

TÉCNICO(S): _____

MOTIVO DE BAJA DEL EQUIPO: _____

V°B° SUPERVISOR: _____

FIRMA: _____ FECHA: ____/____/____

Nota: UNNA Transporte (2023)

8.2.4.5. Programa de inspección de herramientas

También se implementó las tarjetas rojas (ver figura 22) la cual sirven para separar o eliminar las herramientas que no cumplen con los estándares de calidad, teniendo presente que esta tarjeta se evalúa con el personal que interactúan directamente e indirectamente con las herramientas.

8.3. Resultado

Para identificar los resultados se va calcular la disponibilidad la cual es un indicador del mantenimiento.

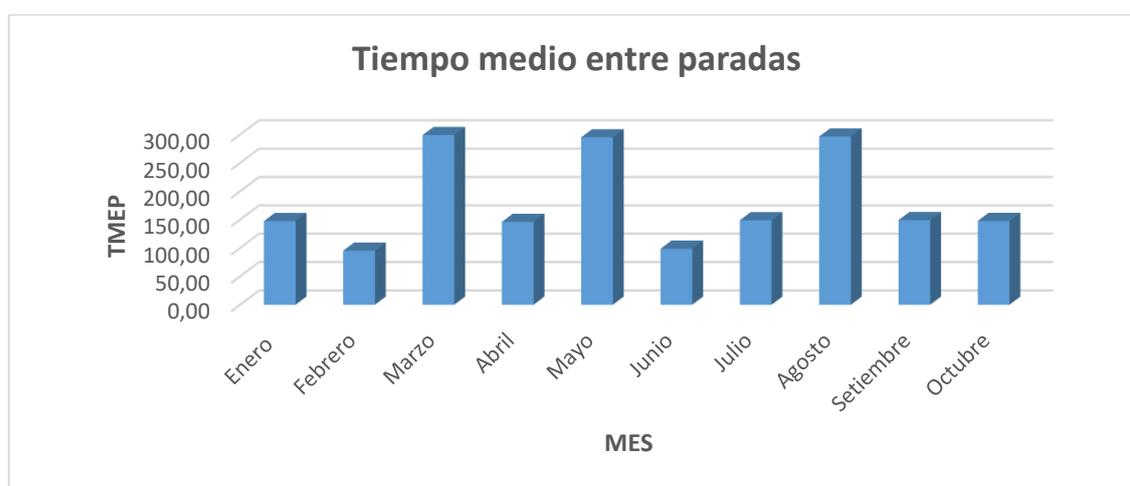
Para hallar la disponibilidad primero se calculó el tiempo medio entre paradas (TMEP).

Tabla 7*Tiempo medio entre paradas*

MES	HORAS TRABAJADAS	N° DE PARADAS	TMEP
Enero	295	2	147,50
Febrero	285,5	3	95,17
Marzo	299	1	299,00
Abril	292	2	146,00
Mayo	295	1	295,00
Junio	296,2	3	98,73
Julio	298	2	149,00
Agosto	296,5	1	296,50
Setiembre	298,2	2	149,10
Octubre	295,4	2	147,70
Promedio			182,37

Nota: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede observar el tiempo promedio entre paradas por cada mes es de 182,37 horas por cada fallo presentado. lo cual significa por cada 182,37 horas de operación del tren, se presentará una falla.

Figura 23*Tiempo medio entre paradas*

Nota: En la figura se puede observar el comportamiento del tiempo medio entre paradas por cada mes, siendo mayo el mes con mas tiempo medio entre falla y febrero el mes con menos tiempo medio entre fallas.

Luego se calculó el tiempo medio para reparar (TMPR).

Tabla 8
Tiempo medio para reparar

MES	HORAS EN REPARACIÓN	N° DE PARADAS	TMPR
Enero	9,8	2	4,90
Febrero	10,5	3	3,50
Marzo	6	1	6,00
Abril	8,6	2	4,30
Mayo	10	1	10,00
Junio	8	3	2,67
Julio	6,1	2	3,05
Agosto	8	1	8,00
Setiembre	6,8	2	3,40
Octubre	9,3	2	4,65
Promedio			5,05

Nota: Elaboración propia

En la tabla 8 se puede observar el tiempo promedio para reparar por cada mes es de 5,05 horas de tiempo de reparación, por cada fallo presentado. lo cual significa por cada avería presentado se demora 5,05 horas en reparar.

Figura 24

Tiempo medio para reparar



Nota: En la figura se puede observar el comportamiento del tiempo medio para reparar por cada mes, siendo mayo el mes con más tiempo medio para reparar y junio el mes con menos tiempo medio para reparar.

Para finalmente calcular la disponibilidad.

Tabla 9

Disponibilidad

MES	TMEP	TMPR	DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD (%)
Enero	147,50	4,90	0,97	97%
Febrero	95,17	3,50	0,96	96%
Marzo	299,00	6,00	0,98	98%
Abril	146,00	4,30	0,97	97%
Mayo	295,00	10,00	0,97	97%
Junio	98,73	2,67	0,97	97%
Julio	149,00	3,05	0,98	98%
Agosto	296,50	8,00	0,97	97%
Setiembre	149,10	3,40	0,98	98%
Octubre	147,70	4,65	0,97	97%
Promedio			0,97	97%

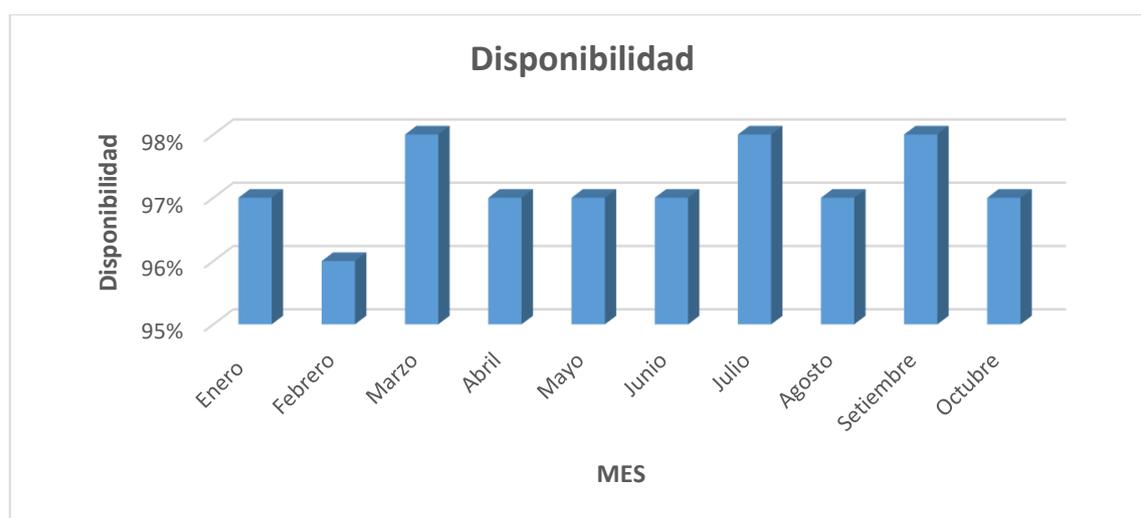
Nota: Elaboración propia

En la tabla 9 se puede observar la disponibilidad promedio es de 0,97 (97%), la cual representa una disponibilidad elevada.

Por lo tanto, se verifica la efectividad del ciclo de Deming, con una disponibilidad de 97%.

Figura 25

Disponibilidad



Nota: En la figura se puede observar el comportamiento de la disponibilidad por cada mes, siendo marzo, julio y setiembre los meses con más disponibilidad y febrero el mes con menos disponibilidad.

CONCLUSIONES

1. El mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa planificar permitió mejorar la identificación de fallas potenciales a través de la planificación de: Capacitaciones del personal, plan de mantenimiento preventivo, instructivos de trabajos, programa de calibración de instrumentos de medición y de herramientas.
2. El mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa hacer permitió mejorar las acciones preventivas planeadas a través de la realización de: Capacitaciones del personal, plan de mantenimiento preventivo, instructivos de trabajos, programa de calibración de instrumentos de medición y de herramientas.
3. El mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa verificar permitió mejorar el control en la disponibilidad en un 97%, por medio de check list de inspección de control de calidad al proceso del mantenimiento preventivo.
4. El mantenimiento preventivo I3 mediante el ciclo Deming en su etapa actuar permitió mejorar un eficiente mantenimiento preventivo I3, a través de la realización de: Para la capacitación del personal técnico se implementó el aula virtual llamado AprendizajeUnna, y evaluaciones. Para el plan de mantenimiento preventivo se formó grupos previos al inicio de las actividades, para la verificación de los instrumentos y herramientas, realizar el pedido y recojo de insumos y también se formó grupo al final de las actividades, para la segregación de residuos. Para los instructivos de trabajo se implementó la plataforma Gestiona+. Para la inspección de instrumentos y herramientas se implementó la tarjeta roja.

RECOMENDACIONES

1. En la etapa planificar del ciclo Deming, se recomienda primero identificar los problemas, las situaciones que se deben mejorar y según eso planificar las actividades de mejora.
2. En la etapa hacer del ciclo Deming, se recomienda llevar a cabo todo lo planificado.
3. En la etapa verificar del ciclo Deming, se recomienda dar seguimiento cada vez que se ejecute el mantenimiento preventivo, de esta manera verificando que se estén aplicando lo planificado y puesto en práctica los estándares de calidad.
4. En la etapa actuar del ciclo Deming, siempre buscar la mejora continua, teniendo en cuenta que siempre hay actividades que se pueden mejorar. Y actuar en caso que no se favorable el indicador de la disponibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carlos, M. (2016). *Fundamentos de mantenimiento industrial*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Castro, F. (2019). *Aplicación del ciclo Deming en el mantenimiento preventivo para mejora del consumo de agua desmineralizada ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A., 2019 [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46004>
- Huanca, E. (2021). *Control de calidad y productividad en los colaboradores de la empresa de calzado SIRWAY S.A.C. de la ciudad de Arequipa, 2021 [tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]*. repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/11189>
- Monsiváis, D. (1999). *Implementación de las herramientas básicas de calidad de acuerdo al criterio de QS-9000, 3era. edición de Kemet de México [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/3604>
- Morales, E., & Soria, A. (2013). *Control de calidad para el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD (Measurement While Drilling) usadas en la perforación de pozos direccionales en la empresas Weatherford [tesis de pregrado, Universidad Tecnica de Ambato]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5728>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos (ISO 2015)*. Obtenido de http://www.congresoson.gob.mx:81/Content/ISO/documentos/ISO_9001_2015.pdf
- Pacheco, R. (2023). *Análisis y propuesta de mejora para el departamento de mantenimiento de la Empresa Industrias Ludafa S.A. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67525>
- Pedraza, M. (2023). *Propuesta de un plan de mejora en la línea de producción de la Empresa Hormitub. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67056>

- Quispe, O., & Valdez, W. (2020). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en el ciclo Deming para mejorar la disponibilidad de equipos en el proyecto San Rafael de la empresa Comin SAC- 2019 [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/24056>
- Sacoto, C. (2023). *Propuesta de mejora en las herramientas de control de los trabajos de mantenimiento en las máquinas de la línea de producción Terfor en la Empresa Poligrup SA. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/67537>
- Sullca, M., & Yman, E. (2020). *Aplicación del mantenimiento preventivo y la mejora continua para mejorar la fiabilidad de los equipos de una empresa de servicio de vulcanizado, Lima 2020 [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53801>
- UNNA Transporte . (2023). *Documentación*.
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Core*, 9(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v19i1.1219>

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de torque para perno socket.

	CHC	HEX SOCKET CAP SCREW NF EN ISO 4762 NF E25-125 DIN 912						
TORNILLO ISO-CHC CON ARANDELA CONTACT (UNIDAD DE MEDIDA Nm)								
∅ tornillo	Calidad del tornillo							
	4-6 Re : 240	5-6 300	6-8 480	8-8 640	10-9 900	12-9 1080	Inox A4-70 450	Latón 180
M2	0,16	0,20	0,32	0,42	0,59	0,71	0,3	0,12
M2,5	0,32	0,40	0,64	0,85	1,19	1,43	0,60	0,24
M3	0,56	0,70	1,12	1,46	2,10	2,52	1,05	0,42
M3,5	0,86	1,08	1,73	2,31	3,24	3,89	1,62	0,65
M4	1,27	1,58	2,53	3,37	4,74	5,69	2,37	0,95
M5	2,53	3,17	5,07	6,76	9,50	11,40	4,75	1,90
M6	4,26	5,33	8,52	11,36	15,98	19,17	7,99	3,20
M8	10,25	12,81	20,50	27,33	38,43	46,12	19,22	7,69
M10	20,19	25,23	40,38	53,83	75,70	90,85	37,85	15,14
M12	35,08	43,85	70,15	93,54	131,54	157,85	65,77	26,31
M14	55,92	69,90	111,83	149,11	209,69	251,63	104,84	41,94
M16	86,97	108,71	173,94	231,91	326,13	391,36	163,07	65,23
M18	119,45	149,31	238,89	318,52	447,92	537,51	223,96	89,58
M20	169,21	211,52	338,42	451,23	634,55	761,45	317,27	126,91

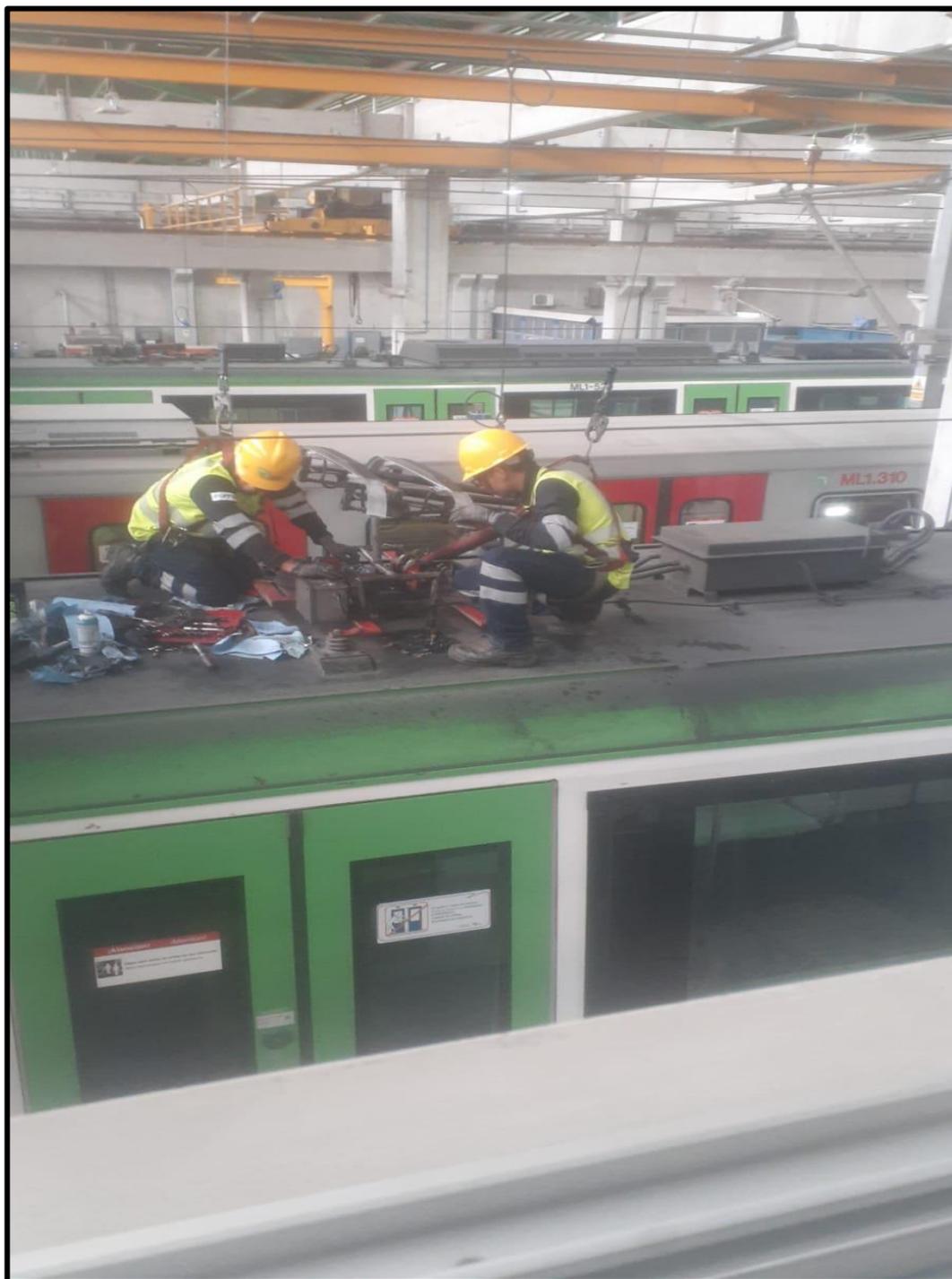
Anexo 2: Tabla de torque para perno cabeza hexagonal.

		H		HEX HEAD CAP SCREW- FULLY THREADED NF EN 24017 ISO 4017 NF E25-114 NF E27-311 DIN 933				
TORNILLO ISO-H CON ARANDELA CONTACT (UNIDAD DE MEDIDA Nm)								
∅ tornillo	Calidad del tornillo							
	4-6 Re : 240	5-6 300	6-8 480	8-8 640	10-9 900	12-9 1080	Inox A4-70 450	Latón 180
M2	0,14	0,18	0,29	0,39	0,54	0,65	0,27	0,11
M2,5	0,29	0,37	0,59	0,79	1,11	1,33	0,55	0,22
M3	0,52	0,65	1,05	1,39	1,96	2,35	0,98	0,39
M3,5	0,81	1,02	1,63	2,17	3,06	3,67	1,53	0,61
M4	1,20	1,50	2,40	3,20	4,50	5,39	2,25	0,90
M5	2,42	3,02	4,84	6,45	9,07	10,88	4,53	1,81
M6	4,09	5,11	8,18	10,90	15,33	18,40	7,67	3,07
M8	9,90	12,37	19,80	26,40	37,12	44,54	18,56	7,42
M10	19,57	24,47	39,15	52,20	73,40	88,08	36,70	14,68
M12	34,10	42,62	68,20	90,93	127,87	153,44	63,94	25,57
M14	54,46	68,07	108,92	145,22	204,22	245,07	102,11	40,84
M16	84,80	106	169,61	226,14	318,01	381,62	159,01	63,60
M18	116,63	145,78	233,25	311,00	437,35	524,82	218,67	87,47
M20	165,34	206,67	330,68	440,90	620,02	744,02	310,01	124

Anexo 3: Tabla de torque para perno cabeza avellanada.

		F	COUNTERSUNK FLAT HEAD HEX SOCKET CAP SCREWS NF EN ISO 10642 NF E25-106 NF E27-160 DIN 7991					
TORNILLO ISO-F (UNIDAD DE MEDIDA Nm)								
∅ tornillo	Calidad del tornillo							
	4-6 Re : 240	5-6 300	6-8 480	8-8 640	10-9 900	12-9 1080	Inox A4-70 450	Latón 180
M2	0,12	0,15	0,24	0,31	0,44	0,53	0,22	0,09
M2,5	0,24	0,30	0,48	0,65	0,91	1,09	0,45	0,18
M3	0,43	0,54	0,86	1,15	1,62	1,95	0,81	0,32
M3,5	0,68	0,85	1,35	1,80	2,54	3,05	1,27	0,51
M4	1,00	1,25	2,00	2,67	3,75	4,50	1,87	0,75
M5	2,03	2,54	4,06	5,41	7,61	9,13	3,80	1,52
M6	3,44	4,30	6,88	9,17	12,90	15,48	6,45	2,58
M8	8,37	10,46	16,74	22,31	31,38	37,65	15,69	6,28
M10	16,59	20,74	33,19	44,25	62,23	74,68	31,12	12,45
M12	28,97	36,21	57,93	77,24	108,62	130,35	54,31	21,72
M14	46,33	57,91	92,66	123,54	173,73	208,48	86,87	34,75
M16	72,78	90,35	144,55	192,74	271,04	325,25	135,52	54,21
M18	99,40	124,25	198,80	265,07	372,73	447,31	186,38	74,55
M20	141,11	176,38	282,21	376,28	529,15	634,98	264,57	105,83

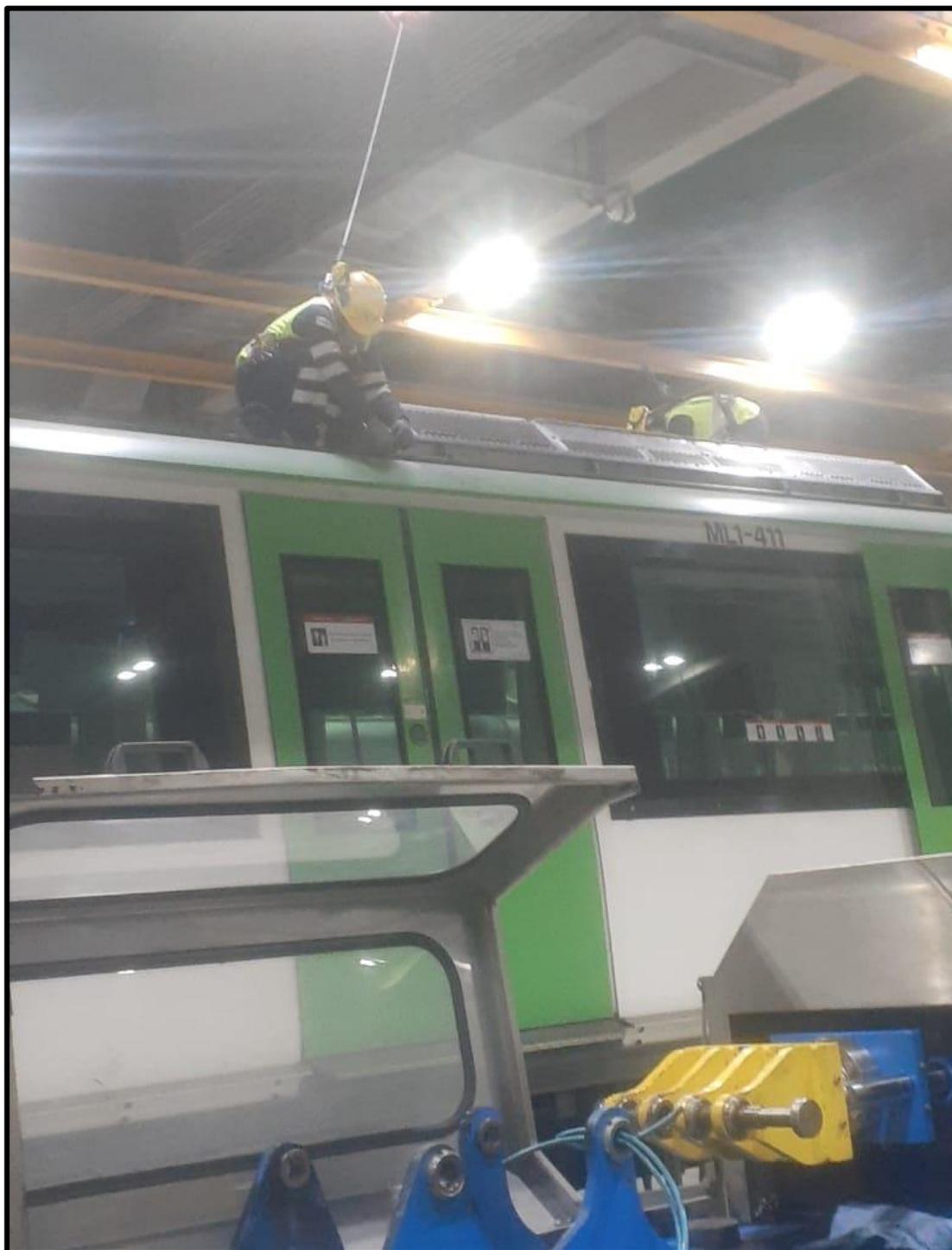
Anexo 4: Mantenimiento preventivo del pantógrafo



Anexo 5: Mantenimiento preventivo del panel neumático.



Anexo 6: Mantenimiento preventivo del cofre de climatización.



Anexo 7: Mantenimiento preventivo de las baterías

