

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Diseño, fabricación y montaje de una escalera de gato con
plataforma y barandas según Norma UNE-EN ISO
14122-4:2017 para la Unidad Minera Santander – Huaral 2022**

Wilber Rene Villafuerte Alccalaico

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Arturo Gerardo Velasquez Cruz
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 3 de Julio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Diseño, Fabricación y Montaje de una Escalera de Gato con Plataforma y Barandas según Norma UNE-EN ISO 14122-4:2017 para la Unidad Minera Santander-Huaral 2022

Autor:

Wilber Rene Villafuerte Alccalaico – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☐ | NO ☒ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | SI ☐ | NO ☒ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE.....	iv
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	1
1.1 Datos generales de la empresa	1
1.1.1 Ubicación Geográfica de TSPW S.A.C.....	1
1.1.2 Ubicación Geográfica de la Unidad Minera Santander	2
1.2 Actividades principales de la empresa	2
1.3 Reseña histórica de la empresa	3
1.4 Organigrama de la empresa.....	3
1.5 Visión y misión	4
1.5.1 Visión	4
1.5.2 Misión	4
1.6 Bases legales o documentos administrativos	5
1.6.1 Bases Legales.....	5
1.6.2 Documentos Administrativos de la empresa TSPW S.A.C.	5
1.7 Descripción del área de desempeño profesional	6
1.8 Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	6
CAPÍTULO II	7
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	7
2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional	7

2.2	Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	8
2.3	Objetivos de la actividad profesional.....	9
2.3.1	<i>Objetivo General</i>	9
2.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	9
2.4	Justificación de la actividad profesional	10
2.4.1	<i>Importancia</i>	10
2.4.2	<i>Impacto técnico</i>	10
2.4.3	<i>Impacto Económico</i>	10
2.4.4	<i>Impacto en la seguridad</i>	10
2.5	Resultados esperados	11
CAPÍTULO III.....		12
MARCO TEÓRICO.....		12
3.1	Antecedentes.....	12
3.1.1	<i>Antecedentes Internacionales</i>	12
3.1.2	<i>Antecedentes Nacionales</i>	12
3.1.3	<i>Antecedentes Locales</i>	13
3.2	Bases teóricas.....	14
3.2.1	<i>Escala fija</i>	14
3.2.2	<i>Escalera Tipo Gato</i>	15
3.2.3	<i>Norma UNE EN ISO 14122-4:2017</i>	16
3.2.3.1	<i>Dimensiones de la escalera de gato</i>	16
3.2.3.2	<i>Dimensiones de Barandas de seguridad</i>	18
3.2.4	<i>Diseño</i>	18
3.2.5	<i>El diseño en ingeniería mecánica</i>	19
3.2.6	<i>Norma VDI 2221 - metodología aplicada para el desarrollo del diseño</i>	19
3.2.6.1	<i>Fase I: Comprensión de la solicitud</i>	22
3.2.6.2	<i>Fase II: Elaboración del concepto de solución</i>	22
3.2.6.3	<i>Fase III: Elaboración del Proyecto Preliminar</i>	24
3.2.6.4	<i>Fase IV: Elaboración de detalles</i>	27

3.2.7	<i>Mecánica de materiales</i>	27
3.2.8	<i>Resistencia de materiales:</i>	27
3.2.9	<i>Software SolidWorks</i>	28
3.2.10	<i>Proceso de fabricación por el método de soldadura SMAW</i>	28
3.2.10.1	<i>Electrodo E6011</i>	28
3.2.10.2	<i>Electrodo E7018</i>	29
3.2.11	<i>Fundamentos de calidad</i>	30
3.2.12	<i>Norma AWS D1.1</i>	30
3.2.13	<i>Norma ASTM E 165</i>	31
3.2.14	<i>Norma ISO 12944</i>	31
3.2.15	<i>Norma AWS A2.4</i>	32
3.2.16	<i>Seguridad</i>	33
3.3	<i>Definición de términos básicos</i>	34
CAPÍTULO IV		37
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES		37
4.1	<i>Descripción de actividades profesionales</i>	37
4.1.1	<i>Enfoque de las actividades profesionales</i>	37
4.1.2	<i>Alcance de las actividades profesionales</i>	38
4.1.3	<i>Entregables de las actividades profesionales</i>	39
4.2	<i>Aspectos técnicos de la actividad profesional</i>	40
4.2.1	<i>Metodologías</i>	40
4.2.2	<i>Técnicas</i>	43
4.2.3	<i>Instrumentos</i>	43
4.2.4	<i>Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades</i>	44
4.3	<i>Ejecución de actividades profesionales</i>	46
4.3.1	<i>Fase I: comprensión de la solicitud</i>	47
4.3.1.1	<i>Solicitud de cotización del proyecto</i>	47
4.3.1.2	<i>Documentos entregables antes de la adjudicación del proyecto</i>	47
4.3.1.3	<i>Adjudicación del proyecto</i>	48

4.3.1.4	<i>Planificación</i>	48
4.3.1.5	<i>Personal Requerido para el proyecto</i>	48
4.3.1.6	<i>Diagrama Gantt</i>	49
4.3.1.7	<i>Lista de exigencias</i>	49
4.3.2	<i>Fase II: concepción de la solución</i>	50
4.3.2.1	<i>Secuencia de procesos</i>	50
4.3.2.2	<i>Esquema de estructura de funciones</i>	51
4.3.2.3	<i>Matriz morfológica</i>	52
4.3.2.4	<i>Valoración de la solución N°1</i>	53
4.3.2.5	<i>Valoración de la solución N°2</i>	53
4.3.2.6	<i>Valoración de la solución N°3</i>	54
4.3.2.7	<i>Evaluación técnica</i>	54
4.3.2.8	<i>Evaluación económica</i>	55
4.3.3	<i>Fase III: elaboración del proyecto</i>	58
4.3.3.1	<i>Justificación de selección de materiales</i>	58
4.3.3.2	<i>Justificación de la aplicación de Factor de seguridad en el diseño</i>	58
4.3.3.3	<i>Hojas de cálculo estructural</i>	59
4.3.3.4	<i>Análisis estático de la escalera de gato en SolidWorks</i>	60
4.3.3.5	<i>Análisis estático de las barandas de seguridad</i>	63
4.3.3.6	<i>Análisis estático de los soportes</i>	63
4.3.3.7	<i>Análisis estático de la plataforma metálica</i>	65
4.3.4	<i>Fase IV: elaboración de planos de fabricación y montaje</i>	68
4.3.4.1	<i>Elaboración de Planos de soldadura según norma AWS A2.4</i>	68
4.3.4.2	<i>Planos de soldeo en escalera de gato</i>	68
4.3.4.3	<i>Planos de soldeo de plataforma y barandas de seguridad</i>	69
4.3.5	<i>Fabricación de escalera de gato, plataforma y barandas de seguridad.</i>	69
4.3.5.1	<i>Acabados y tratamiento anticorrosivo</i>	72
4.3.5.2	<i>Control de calidad y documentos entregados post servicio</i>	72
4.3.6	<i>Montaje de escalera de gato, plataforma y barandas de seguridad</i>	74

4.3.7	<i>Costo del proyecto</i>	76
4.3.8	<i>Costo de mano de obra en fabricación</i>	77
4.3.9	<i>Costo de mano de obra en montaje</i>	77
4.3.10	<i>Costos en alquiler y otros</i>	78
4.3.11	<i>Resumen de Costos</i>	78
4.3.12	<i>Costo de mantenimiento</i>	78
4.3.13	<i>Costo comparativo entre proyecto y métodos tradicionales</i>	79
CAPÍTULO V		80
RESULTADOS		80
5.1	Resultados finales de las actividades realizadas	80
5.1.1	<i>Cumplimiento normativo UNE EN ISO 14122-4:2017</i>	80
5.1.2	<i>Elaboración de hojas de cálculo y análisis estático</i>	81
5.1.3	<i>Elaboración de planos</i>	82
5.1.4	<i>Fabricación de la estructura</i>	82
5.1.5	<i>Control de calidad estructural</i>	83
5.1.6	<i>Montaje y ensamblaje en unidad minera</i>	83
5.2	Logros alcanzados	84
5.3	Dificultades encontradas	86
5.4	Planteamiento de mejoras	86
5.4.1	<i>Metodologías propuestas</i>	87
5.5	Análisis	88
5.6	Aporte del bachiller en la empresa	89
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES		92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		93
ANEXOS		97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales de la empresa	1
Tabla 2. Equipos de protección personal.....	44
Tabla 3. Requerimiento de equipos.....	45
Tabla 4. Requerimiento de herramientas.....	46
Tabla 5. Requerimiento de materiales consumibles.....	46
Tabla 6. Cantidad de personal requerido	49
Tabla 7. Lista de requerimiento y exigencias del diseño	50
Tabla 8. Valoración técnica	55
Tabla 9. Evaluación económica	56
Tabla 10. Resumen de la calificación técnica y económica	57
Tabla 11. Costo de materiales.....	76
Tabla 12. Costo de mano de obra en fabricación	77
Tabla 13. Costo de mano de obra en montaje.....	77
Tabla 14. Costo en alquiler y otros	78
Tabla 15. Costos generales	78
Tabla 16. Costo de mantenimiento de escalera de gato plataforma.....	79
Tabla 17. Comparativa de costo beneficio.....	79
Tabla 18. Comparativa de los requisitos de la norma UNE EN ISO 14122-4:2017 con el diseño final	80
Tabla 19. Resultados del cálculo estructural.	81
Tabla 20. Discusión – resultados obtenidos con valores establecidos por la norma ASTM A36	82
Tabla 21. Resultado de la elaboración de planos	82
Tabla 22. Cumplimiento de material seleccionado	82
Tabla 23. Cumplimiento del tiempo de montaje según diagrama Gantt	84
Tabla 24. Descripción de exigencia de U. M. Santander.....	85
Tabla 25. Resumen diagrama Gantt.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de TSPW S.A.C.....	1
Figura 2. Ubicación Unidad Minera Santander..	2
Figura 3. Organigrama de la empresa.....	4
Figura 4. Sala de Bombeo - Nivel 4370.....	8
Figura 5. Dimensiones de Escaleras..	17
Figura 6. Proceso de Diseño..	20
Figura 7. Método de Diseño y sus Fases.....	21
Figura 8. Proceso del Diseño..	22
Figura 9. Elaboración del Concepto de Solución.....	23
Figura 10. Elaboración del Proyecto Preliminar.....	24
Figura 11. Reglas Básicas para Proyectar.....	25
Figura 12. Elaboración del Proyecto Definitivo..	26
Figura 13. Ficha Técnica del Electrodo E6011.....	29
Figura 14. Ficha Técnica del Electrodo E7018.....	29
Figura 15. Discontinuidades en Uniones de Soldadura..	31
Figura 16. Flujograma de Diseño.....	42
Figura 17. Lugar Donde se Desarrolló el Proyecto.....	47
Figura 18. Diagrama Gantt.	49
Figura 19. Secuencia de Procesos.....	51
Figura 20. Estructura de Funciones – Caja Blanca.	51
Figura 21. Matriz Morfológica.	52
Figura 22. Escalera de Concreto.	53
Figura 23. Escalera de Fibra de Vidrio.	53
Figura 24. Escalera de Acero.	54
Figura 25. Evaluación de soluciones.	57
Figura 26. Propiedades de acero ASTM A36.	58
Figura 27. Aplicación de material acero en SolidWorks.	60
Figura 28. Análisis estático - Tensión de Von Mises escalera de gato.....	61
Figura 29. Resultados del estudio de desplazamiento estático.	62
Figura 30. Análisis de factor de seguridad de la escalera de gato.	62
Figura 31. Análisis estático - Tensión de Von Mises barandas.	63
Figura 32. Análisis estático-Tensión de Von Mises de los soportes.....	64

Figura 33. Análisis del factor de seguridad de los soportes.....	65
Figura 34. Análisis de tensión Von Mises de la plataforma.	66
Figura 35. Desplazamiento estático de plataforma.	67
Figura 36. Factor de seguridad de la plataforma metálica.	67
Figura 37. Plano de piezas soldadas-escalera según simbología de norma AWS A2.4	68
Figura 38. Plano de piezas soldadas de plataforma y barandas.	69
Figura 39. Corte de Materiales.....	70
Figura 40. Fabricación de Escalera de Gato.	70
Figura 41. Fabricación de Plataforma.	71
Figura 42. Fabricación de Barandas.....	71
Figura 43. Acabados y Tratamientos Anticorrosivo.	72
Figura 44. Líquidos Penetrantes.	73
Figura 45. Preparación de Área.	74
Figura 46. Instalación de los Soportes de Fijación.	75
Figura 47. Plano de Montaje.	75
Figura 48. Montaje de Escalera Plataforma y barandas.....	76

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Diagrama Gantt
- ANEXO B. Procedimiento de soldadura
- ANEXO C. Registro de calificación de soldador
- ANEXO D. Informe de inspección con líquidos penetrantes
- ANEXO E. Términos de referencia (TDR)
- ANEXO F. Orden de compra
- ANEXO G. Fichas técnicas de perfiles ASTM A36
- ANEXO H. Documento Acta de conformidad
- ANEXO I. Plan de calidad Inspección de pintura
- ANEXO J. Holas de cálculo estructural
- ANEXO K. Planos de diseño fabricación y montaje del proyecto
- ANEXO L. Cotización de andamios
- ANEXO M. Fotos del proyecto

RESUMEN

Esta investigación profesional, denominada **“Diseño, Fabricación y Montaje de una Escalera de Gato con Plataforma y Barandas según Norma UNE-EN ISO 14122-4:2017 para la Unidad Minera Santander - Huaral 2022”**, fue desarrollado por la empresa Trouble Shooting Perú World S.A.C. en el año 2022 para mina Santander.

El objetivo principal del proyecto fue diseñar, fabricar y montar una estructura segura que permita el acceso a una altura de 4.5 metros para la manipulación de una válvula mariposa de 20 pulgadas.

La investigación, de tipo aplicada y tecnológica con enfoque cuantitativo, se orientó a resolver el problema específico de Minera Santander, la falta de un acceso seguro a dicha altura. La metodología de diseño se basó en las directrices de la norma VDI 2221, abordando cuatro fases: I) comprensión de la solicitud, II) concepción de la solución, III) elaboración del proyecto y IV) elaboración de detalles del proyecto.

En cuanto a los resultados obtenidos, la estructura cumple con las dimensiones, tamaños y medidas establecidas por la norma UNE-EN ISO 14122-4:2017 para la escalera de gato, plataformas y barandas. Las hojas de cálculo y los análisis estáticos realizados mediante el software SolidWorks mostraron que las tensiones obtenidas no superan el límite de fluencia de 250 MPa del material estructural, según la norma ASTM A36. La estructura ha sido diseñada con un factor de seguridad de 2.5, asegurando que las tensiones ocasionadas por las cargas aplicadas operen dentro del rango elástico del material.

En la fabricación se implementó un control de calidad acorde a la norma AWS D1.1 para los procesos de soldadura. El tratamiento superficial incluyó el arenado y la aplicación de pintura epóxica, siguiendo las especificaciones de la norma ISO 12944.

El montaje se llevó a cabo en la Unidad Minera Santander en un plazo de 7 días, según lo estipulado en el diagrama de Gantt. Todas las actividades planificadas fueron ejecutadas de manera satisfactoria.

Se concluye que el proyecto brindó significativas mejoras a la seguridad, incorporando una protección dorsal en la escalera de gato y barandas instaladas en la plataforma. Estas medidas de protección colectiva influyen en la reducción del riesgo de caídas. Además, se eliminó el uso de andamios temporales, facilitando un acceso inmediato y aumentando la eficiencia operativa en un 98%. Asimismo, se proyectó un ahorro económico de S/. 8,598.00 en un plazo de dos años para Minera Santander.

Palabras clave: Escaleras verticales, plataforma metálica, barandas de seguridad.