



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Recibo de pago N° 788137

Visto el Informe N° 030-2025-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

**N° 027-2025**

## **CONSTANCIA**

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud del **Trabajo de Suficiencia Profesional** cuyo título es:

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS SKIT PARA CABLES DE ARRASTRE PARA LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y PERFORACIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A., REALIZADO POR LA EMPRESA FARMIN S.A.C”**

Presentado por:

**FLORES LOPEZ, JOSE MIGUEL**

**BACHILLER** de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de SIETE POR CIENTO (7%), por el cual se le otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 06 de Febrero del 2025

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
Facultad De Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



**Título:**

“Optimización de los skits para cables de arrastre para los equipos de carguío y perforación de la compañía minera Antamina S.A., realizado por la empresa Farmin S.A.C”.

**Línea de investigación:**

Ciencias Naturales, Ingeniería y tecnologías sostenibles

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.**

**Autor:**

JOSE MIGUEL FLORES LOPEZ

**Ica, Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A mi padre Carlos y a mi madre Viviana  
que con su dedicación y esfuerzo  
hicieron de mi un profesional exitoso.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Viviana y Carlos por el apoyo incondicional para que sea un profesional éxito.

A mis hermanos Yann y Nicole que gracias a ellos me apoyaron en los momentos difíciles de mi carrera.

A mi novia Karen que con su apoyo constante pude culminar mi carrera profesional.



## ÍNDICE

Portada.	i
Dedicatoria.	ii
Agradecimientos	iii
Índice.	iv
- Índice de contenidos.	v
- Índice de tablas.	vi
- Índice de figuras.	vii
Resumen	viii
Abstract.	ix

### **CUERPO DEL INFORME FINAL**

Introducción	11
I. Contexto en que se desarrollo la experiencia	12
II. Trayectoria Profesional.	18
III. Aplicación profesional	20
IV. Discusión critica de la experiencia	56
V. Conclusiones.	57
VI. Recomendaciones.	58
VII. Referencias bibliográficas.	59
VIII. Anexos.	60



## INDICE DE TABLAS

Tabla I: Información Farmin S.A.C (Registro SUNAT).....	13
Tabla II: Deficiencias identificadas en el skit modelo SFM 4.2-22. ....	24
Tabla III: Optimización identificada en el skit modelo SFM 5.0-23. ....	25
Tabla IV: Materiales para fabricación del skit modelo SFM 5.0-23. ....	26

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Logotipo de Farmin S.A.C .....	12
Figura 2: Ubicación de Farmin S.A.C.....	12
Figura 3: Carguío de mineral mediante pala eléctrica con cable de arrastre.....	13
Figura 4: Skit tipo trineo para cables de arrastre .....	14
Figura 5: Identificación laboral.....	14
Figura 6: Organigrama de Farmin S.A.C .....	15
Figura 7: Logo tipo Compañía Minera Antamina S. A .....	16
Figura 8: Skit modelo SFM 4.2-22. ....	20
Figura 9: Prototipo Skit modelo SFM 5.0-23.....	20
Figura 10: Cadena de rodillos zincada con nuevo sistema de conexión .....	51
Figura 11: Conector extendido.....	53
Figura 12: Cáncamos a 180° para estructura de skit .....	53
Figura 13: Nuevo método de ajuste para la cadena de casquillos.....	53
Figura 14: Flujograma de comunicación en caso de accidentes e incidentes .....	53
Figura 15: Cronograma para diseño y fabricación de skit modelo SFM 5.0-23 .....	53
Figura 16: Tubería base para estructura del skit.....	53
Figura 17: Habilitado de conector extendido para skit.....	53
Figura 18: Inspección de calidad en juntas soldadas de estructura de skit .....	53
Figura 19: Fabricación de piñones .....	53
Figura 20: Fabricación final de piñones.....	53
Figura 21: Proceso de pintado de estructura de skit .....	53
Figura 22: Fabricación de tornillo sin fin.....	53
Figura 23: Fabricación de caja porta mecanismo .....	53
Figura 24: Fabricación de timones para caja porta mecanismo .....	53
Figura 25: Hexagonales para timones de skit.....	53
Figura 26: Fabricación de timón con hexagonal soldado .....	53
Figura 27: Fabricación de cremallera para arrastre de conector .....	53
Figura 28: Armado de caja porta mecanismo y timón.....	53
Figura 29: Armado y prueba de funcionamiento de skit con conectores.....	53
Figura 30: Verificación de ajustes de conectores mediante cadenas de skit.....	53
Figura 31: Ensamblaje final de prototipo de skit modelo SFM 5.0-23.....	53
Figura 32: Fabricación en lote de timones para skit.....	53
Figura 33: Fabricación en lote de caja porta mecanismo de skit .....	53
Figura 34: Detalles finales de pintura en estructura de skit.....	53
Figura 35: Ensamblaje final de elementos mecánicos en lote de skit.....	53

Figura 36: Presentación final de skit modelo SFM 5.0-23 .....	53
Figura 37: Embalaje de lote de skit para envío a compañía minera .....	53

## RESUMEN

El desarrollo laboral que se tiene en la empresa Farmin S.A.C en suministrar los skit para la conexión de cables eléctricos de arrastre minero en media tensión, cables empleados para suministrar energía a las palas y perforadoras eléctricas de la compañía minera Antamina S.A; La empresa Farmin S.A.C durante el año 2022 realizo el suministro de los skit modelo SFM 4.2-22; Durante su aplicación en la operación se detectaron deficiencias operativas en su funcionamiento de asegurar la conexión del cableado de arrastre, así afectando la producción dado que al romperse, soltarse el seguro por esfuerzos mecánicos, los equipos quedaban desenergizados.

Para el año 2023 se realizó reuniones entre el fabricante Farmin S.A.C y la supervisión de la compañía minera Antamina S.A, en la cual se identificaron las deficiencias y se planteó mejoras y un rediseño de los skit es así que se bosqueja el prototipo del skit modelo SFM 5.0-23, se desarrolló el prototipo en mención el cual fue aprobado por la compañía minera Antamina S.A, se realizó un procedimiento para la fabricación, cronograma de fabricación y la respectiva fabricación de los skit modelo SFM 5.0-23, de los cuales se fabricaron 30 unidades en el primer semestre del año 2023. El usuario informo al cierre del año 2023 que los skit se encuentran operativos en su totalidad, se han superado las deficiencias de la versión anterior y el mantenimiento y remplazo de elementos mecánicos es más fácil y rápido.

**Palabras claves:** conexión, cables, modelo, fabricación.

## **ABSTRACT**

The workforce development that the company Farmin S.A.C has in supplying the skits for the connection of medium voltage mining towing electric cables, cables used to supply energy to the shovels and electric drills of the mining company Antamina S.A.; The company Farmin S.A.C during the year 2022 made the supply of skit model SFM 4. 2-22; During its application in the operation, operational deficiencies were detected in its operation to ensure the connection of the drag wiring, thus affecting the production since when the insurance was broken or loosened by mechanical stress, the equipment was de-energized.

For the year 2023, meetings were held between the manufacturer Farmin S.A.C. and the supervision of the mining company Antamina S.A., in which the deficiencies were identified and improvements and a redesign of the skit were proposed, thus the prototype of the skit model SFM 5 was sketched. 0-23, the prototype was developed and approved by the mining company Antamina S.A., a procedure for the manufacture, manufacturing schedule and the respective manufacture of the skit model SFM 5.0-23, of which 30 units were manufactured in the first half of the year 2023. The user reported at the end of 2023 that the skits are fully operational, the deficiencies of the previous version have been overcome and the maintenance and replacement of mechanical elements is easier and faster.

Key words: connection, cables, model, manufacture.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Farmin S.A.C. dedicada en su especialidad a los proyectos de ingeniería y mantenimientos, tiene como uno de sus principales clientes a la empresa Antamina S.A. donde se hace el uso de ciertos diseños de conexiones de arrastres mineros para su correcta operación siendo el SKIT MINERO uno de los principales, este tiene como función la conexión de cables de arrastres mineros que representa la primera línea de producción en la operación minera ya que de estas operaciones depende el fluido normal de energía hacia el campamento minero, los equipos adecuados ayudaran a reducir el nivel de desconexiones imprevistas por roturas de conectores. La falta de la correcta sujeción de conectores en los skit de conexión de cables de arrastre minero, no permiten optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina, siendo este el motivo para buscar mejorar la operatividad de los conectores de cables, ya que el cable quemado minero es uno de los principales accidentes que genera tiempos muertos de las palas y perforadoras en operaciones mineras de tajo abierto generando así costos y por ende baja productividad. El movimiento de cables no solo son los inconvenientes del quemado, también existen otros índices de accidentabilidad como el aplastamiento del cable, fase a tierra, corte del cable que también son fundamentales y que afectan a la operación. Lograr minimizar el nivel de skit rotos y cables de arrastre desconectados aumenta productividad de las palas y perforadoras eléctricas en su proceso operativo.

## CAPITULO I: CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA

### 1. Generalidades.

#### 1.1. Descripción de la empresa.

Farmin S.A.C; Es una Empresa Peruana dedicada al desarrollo de proyectos de ingeniería multidisciplinarios. Conformado por un grupo de ingenieros y técnicos que vienen desarrollando proyectos de mantenimiento y construcción de trabajos, electromecánicos, eléctricos e Instrumentación, con apoyo de técnicos altamente calificados, con alta experiencia en el rubro, con alto estándares de calidad, seguridad y medio ambiente en el área de sector minero, energético e industrial. Los cuales buscan ser uno de los protagonistas de la actividad empresarial, manteniendo siempre un serio compromiso con el desarrollo del país, la comunidad y con respeto al medio ambiente.



Fig. 1 Logotipo de Farmin S.A.C

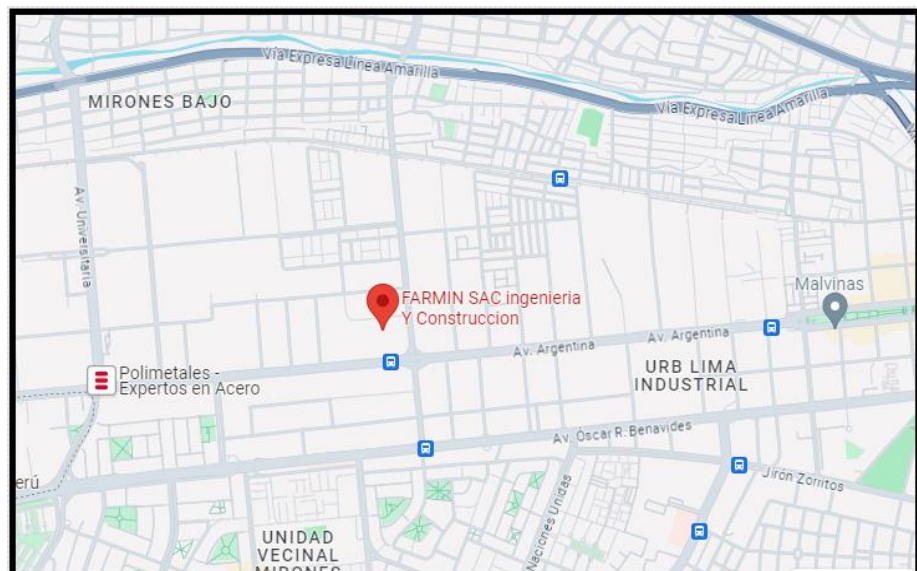


Fig. 2 Ubicación de Farmin S.A.C.

Las generalidades encontradas en el registro SUNAT detalla la siguiente información:

**TABLA I.**  
INFORMACIÓN FARMIN S.A.C (Registro SUNAT)

<b>Ruc</b>	20446323572
<b>Razón social</b>	FABRIC.Y REPAR.MULT.E INDUSTRIALES S.A.C
<b>Tipo empresa</b>	Sociedad Anónima Cerrada
<b>Condición</b>	Activo
<b>Fecha inicio actividades</b>	06/ Diciembre / 1999
<b>Actividad comercial</b>	Proyectos e ingeniería
<b>Dirección legal</b>	Jr. las Fabricas Nro. 163, Lima, Lima, Perú.
<b>Gerente</b>	Landa Gamero Jorge Luis
<b>Teléfono</b>	+51 943 687 873
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:contacto@farminsac.com">contacto@farminsac.com</a>

### **1.2. Actividades empresariales.**

Farmin S.A.C es una empresa que presta servicios electromecánicos mixtos para el sector minero, energético e industrial, en los últimos años destacando su participación en servicios mecánicos, eléctricos e instrumentación para la gran minería. Es así que viene realizando desarrollo de proyectos y misceláneos (electricidad, instrumentación, mecánica, civil) como:

- Montaje e instalación de tableros eléctricos industriales
- Pruebas Eléctricas y Mecánicas (HIPOT, Aislamiento, mediciones de pozos a tierra, pruebas de continuidad, entre otros)
- Flujo de cargas, Límites de caída de voltaje permitidas,
- Reparación de mecanismo de seccionador en celdas de subestaciones,
- Montajes de seccionadores, interruptores y motores eléctricos,
- servicio de fabricación de skit para cables de arrastre mineros de alimentación eléctrica de perforadoras y palas.

- Reparación y mantenimiento de cables de arrastre minero

### 1.3. Vínculo entre Farmin S.A.C y Compañía Minera Antamina S.A.

Antamina en sus operaciones a tajo abierto requiere la electrificación de sus equipos de carguío como palas eléctricas y de perforación como perforadoras eléctricas, las cuales requieren de suministro de energía eléctrica y este se realiza mediante cables de arrastre, que están expuestos al rápido deterioro debido al terreno y condiciones de operación; Es así que Farmin S.A.C se consolida como un aliado estratégico en fabricación y suministro de skit tipo trineo para cables de arrastre minero de 7.2 KV. Cuya función es facilitar alimentar eléctricamente las perforadoras y palas eléctricas cuya importancia es primordial en las operaciones de extracción del rubro minero, resaltando la importancia de un buen cierre perfecto en el mecanismo de los skit es de importancia para la funcionalidad del buen acople de cabezales y para temas ergonómicos del personal involucrado en la conexión de las mismas.



Fig. 3 Carguío de mineral mediante pala eléctrica con cable de arrastre



Fig.

4 Skit tipo trineo para cables de arrastre

#### **1.4. Estructura corporativa Farmin S.A.C**

Farmin S.A.C, es una empresa dedicada al rubro de ingeniería y construcciones metálicas, con operaciones en distintos puntos del país siendo su centro de operaciones la ciudad de Lima encargado de asignar y controlar todas las operaciones a lo largo del país. En concreto la estructura corporativa interna de Fermín S.A.C se resume en 06 grandes áreas: “Ingeniería”, “Operaciones”, “Control de calidad”, “Mantenimiento de grúas y equipos mineros”, “Mantenimiento de gas natural” y “Maestranza”. Cada área cuenta con un jefe directo encargado de las coordinaciones y gestión de recursos para el correcto funcionamiento y rendimiento de esta. Así mismo cada jefe de área debe estar en constante coordinación con todas las áreas para lograr la correcta ejecución de los proyectos asignados

Las áreas donde se obtuvo la experiencia laboral descrita y desarrollada en el presente trabajo de suficiencia profesional es la de “Mantenimiento de grúas y equipos mineros”, “Control de calidad” y “Maestranza”, teniendo como principal función la ingeniera, fabricación y mejora de conexiones de los skit mineros según requerimientos de uno de los clientes principales Antamina S.A



Fig. 5 Identificación

## ORGANIGRAMA FARMIN SAC- TALLER/OBRAS

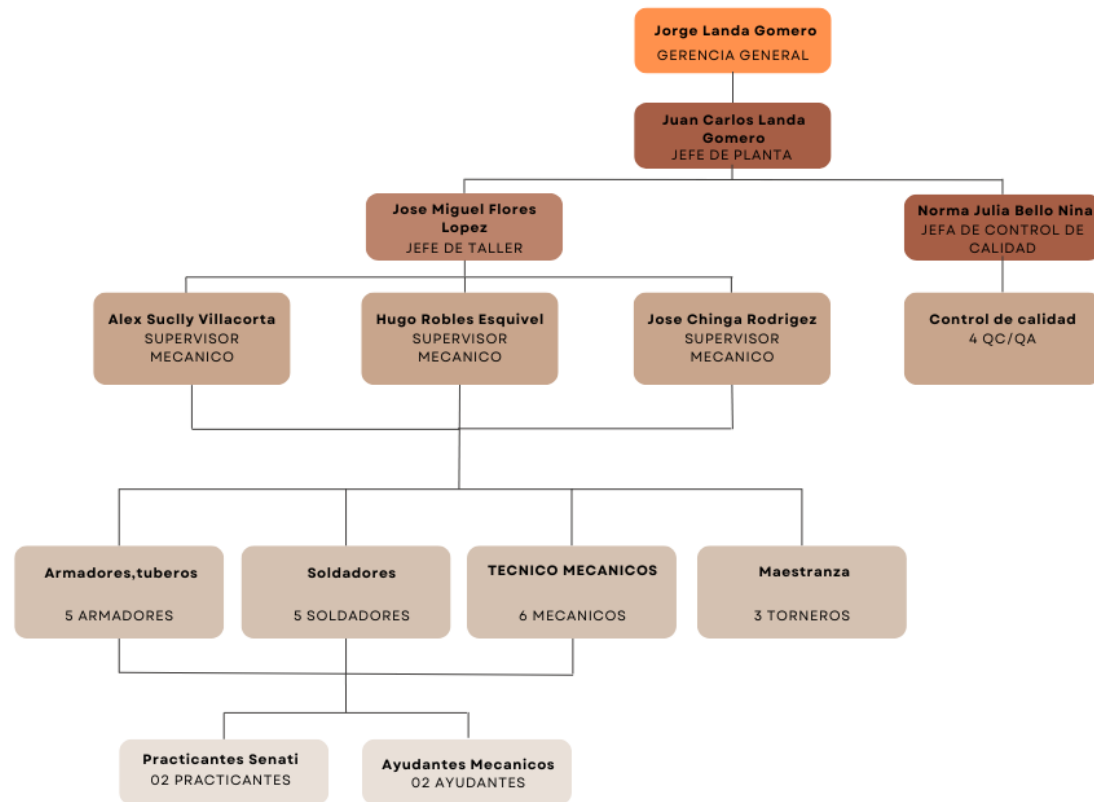


Fig. 6 Organigrama de Farmin S.A.C

## **1.5 Sistema organizacional.**

### **1.5.1 Política empresarial.**

Empresa peruana con alta experiencia y capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos dentro del campo minero e industrial, apoyando el desarrollo sostenible, diseñando y suministrando productos y servicios ecoeficientes, transfiriendo a nuestros clientes la más avanzada tecnología y junto a ello haciéndonos partícipes en proyectos comunes y mejorando continuamente nuestro propio desempeño.

Es de gran importancia para la empresa, su gente y la calidad de vida, invierten en la capacitación de todos los integrantes de la empresa, en post de la mejora continua, buscando así brindar un servicio de alta calidad y eficiencia

La política establecida es superar las expectativas de sus clientes, mejorando continuamente la calidad de sus productos, procesos y servicios. Cuentan con un sistema de gestión de calidad que está basada en el trabajo en equipo, donde cada uno de sus colaboradores es responsable de implementar el mejoramiento de los servicios, dentro de los estándares de calidad a todo nivel. Farmin S.A.C tiene un compromiso propio hacia sus clientes, brindar productos y servicios de alta calidad en términos de seguridad, confiabilidad y eficacia. Para el logro de ese compromiso cuentan con personal calificado, tecnología apropiada y una cultura organizada.

Establecen un programa de seguridad ocupacional, así como de salud ambiental e higiene minera, siendo revisado periódicamente, para resguardar la salud y el bienestar de nuestros colaboradores, conservando así nuestro medio ambiente. Donde el recurso humano es el fin de la prevención y control de pérdidas, manteniendo un ambiente sano y seguro en el desarrollo de nuestras actividades. Su política es formar líderes en seguridad por cultura y no por los reglamentos.

### **1.5.2 Misión y visión.**

**Misión:** Brindar servicios integrales de ingeniería y construcción, orientada a satisfacer las necesidades de nuestros clientes de los distintos rubros como mineras, petroleras, gasíferas, industriales, energía e infraestructura, resguardando siempre la seguridad de nuestros clientes y de nuestro personal, así como respetando el medio ambiente

**Visión:** Ser una empresa líder consolidándonos como la empresa mas confiables y rentables del mercado contribuyendo al desarrollo de nuestro país, diversificándonos en nuestros negocios tanto en el sector publico como privado, manteniendo como nuestra prioridad la calidad técnica de nuestros productos y servicios, altos estándares de seguridad y medio ambiente, la innovación tecnológica y constructiva, las relaciones de confianza con nuestros clientes y fomentar un clima laboral que estimule el desarrollo

personal y profesional de nuestros trabajadores.

### **1.5.3 Valores.**

Orientación al cliente, Trabajo en equipo, Transparencia, Excelencia, Integridad, Responsabilidad social, Seguridad, Calidad, Sustentabilidad e Innovación.

## **CAPITULO II: TRAYECTORIA PROFESIONAL**

### **2.1. Descripción general de la experiencia.**

Bachiller de la carrera profesional Ingeniera Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, con sentido analítico, proactivo, de gran empatía y con criterio para resolver problemas que se presenten en el día a día. A nivel profesional busca dirigir y formar parte de una empresa con un grupo humano eficaz, con calidad, que conlleven al logro de metas y objetivos, como también aportar y enriquecer los conocimientos propios.

La trayectoria profesional, de forma general se describe a continuación:

Practicante de ingeniería; En la empresa Emsercom S.R.L tda., desde agosto del 2018 a agosto del 2019.

- Inspecciones diarias en campo.
- Supervisión en las actividades de trabajos.
- Supervisión del cumplimiento de procedimientos de trabajo.
- Control dimensional de estructuras metálicas y piezas fabricadas acorde a planos.
- Modificación de planos acorde a lo solicitado por el cliente.
- Inspección visual de soldadura.
- Inspección de arenado y pintado de estructura.
- Llenado de registro de control dimensional, inspección visual de soldadura, protección superficial.
- Metrado de estructuras fabricadas, gestión documentos de los materiales, personal, registro que forman parte del proyecto.

Asistente del área de operaciones y mantenimiento.; En la empresa Nagasco S.A.C para Calidda gas natural del Perú, desde septiembre del 2019 a julio del 2020.

- Encargado de la elaboración de dossier acero
- Procura de materiales
- Verificación de certificados de calidad
- Revisión de protocolos de acuerdo al procedimiento de Calidda (Inspección visual de soldadura, mantenimiento de tuberías, pintado, manteado de tuberías, holiday detector, Pearson test).

- Revisión de registros civiles.
- Coordinación con QC de campos y empresas tercerizadas
- Revisión de planos constructivos. (as built, conforme a obra e isométricos)
- Revisión de protocolos de ensayos no destructivos UT,RT,PT
- Revisión de Welding Book
- Revisión de calificación de personal.
- Recepción y verificación de protocolos de acta de prueba neumática, hidráulica.
- Verificación de calibración de instrumentos y certificados de calibración.

Supervisor de calidad.; En la empresa Emsercom S.R.Ltda, desde Julio del 2020 hasta Octubre del 2020.

- Supervisión del cumplimiento de procedimientos de trabajo.
- Control dimensional de estructuras metálicas y piezas fabricadas acorde a planos.
- Modificación de planos acorde a lo solicitado por el cliente
- Inspección visual de soldadura con uso de galgas
- Supervisión de arenado y pintado de estructura.
- Llenado de registro de control dimensional, inspección visual de soldadura, protección superficial.
- Supervisión de los trabajos realizados bajo los parámetros de seguridad exigidos por la empresa.

Supervisor de calidad y taller.; En la empresa Grúas y Equipos Mineros S.A.C, desde noviembre del 2020 hasta agosto del 2023.

- Revisión de protocolos de acuerdo al procedimiento de Calidda (Inspección visual de soldadura, encintado de tuberías, arenado y pintado, Ensayos no Destructivos).
- Revisión de planos constructivos. ( as built, conforme a obra e isométricos)
- Revisión de protocolos de ensayos no destructivos UT,RT,PT.
- Revisión de Welding Book.
- Revisión de calificación de personal

- Recepción y verificación de protocolos de acta de prueba neumática, hidráulica.
- Verificación de calibración de instrumentos y certificados de calibración.
- Coordinaciones con el área de calidad del cliente sobre el avance del proyecto.
- Inspecciones diarias en campo.
- Supervisión de Fabricación y mantenimientos de EFM, ERP, AIE.
- Supervisión de Fabricación de techos Canopys
- Gestión documentos de los materiales, personal, registro que forman parte del proyecto
- Diseño y fabricación de estructuras de carpintería metálicas.
- Lecturas de planos P&D
- Control dimensional de estructuras metálicas y piezas fabricadas acorde a planos.

Jefe de taller.; En la empresa Farmin S.A.C, desde septiembre del 2023 hasta la actualidad.

- Coordinación en trabajos de mantenimiento industrial
- Supervisión del cumplimiento de procedimientos de trabajo.
- Supervisión en las actividades de trabajos
- Control dimensional de estructuras metálicas y piezas fabricadas acorde a planos.
- Coordinaciones con el área de calidad del cliente sobre el avance del proyecto.
- Verificación de calibración de instrumentos y certificados de calibración.
- Revisión de planos constructivos. ( as built, conforme a obra e isométricos).
- Presupuestos de trabajos en maestranza
- Diseño de planos estructurales y Piping
- Supervisión de Fabricación y mantenimientos de EFM, ERP, AIE,ERM Y REDES EXTERNAS(CLIENTE CALIDDA).
- Supervisión en controles de calidad VT,PT en fabricaciones estructurale

## CAPITULO III: APLICACIÓN PROFESIONAL

### 3.1. Marco Institucional.

Compañía Minera Antamina; La mina está ubicada en el distrito de San Marcos, provincia de Huarí en la Región Ancash, a 200 km. de la ciudad de Huaraz y a una altitud promedio de 4,300 msnm. Además, también contamos con el puerto de embarque Punta Lobitos, ubicado en la provincia costera de Huarney.

En la actualidad, es uno de los mayores productores peruanos de concentrados de cobre y zinc y una de las diez minas más grandes del mundo en términos de volumen de producción.



Fig. 7 Logotipo Compañía Minera Antamina S.A

### 3.2. Determinación y Análisis del Problema.

#### 3.2.1. Realidad problemática.

En el 2022, R. López en su trabajo de investigación respecto al “Servicio de Reconstrucción de Cables y Mantenimiento de Conectores de Media Tensión”, realizado con la empresa Geyer Kabel Perú S. A. C. Unidad de Producción-Uchumayo Arequipa, respecto a los cables de arrastre minero plantea “por objetivo la operatividad de los cables especiales de uso minero y conectores de media tensión, los cuales son utilizados como alimentadores para las palas eléctricas dentro de operaciones de mina en tajo abierto. La ejecución del trabajo se realiza con el personal de servicios de forma conjunta, pudiendo así recopilar información necesaria no solo reflejada en valorizaciones mensuales, sino también en entregables como reportes diarios, top ten de fallas, reportes anuales, entre otros” [1].

Las palas eléctricas y perforadoras son los equipos más utilizados en las faenas mineras a cielo abierto debido a la productividad que pueden alcanzar en las operaciones de carga, respondiendo a la tendencia de las empresas mineras de mover una mayor cantidad de mineral (mineral y estéril). En general las palas eléctricas son equipos de gran envergadura, que alcanzan elevadas producciones, con costos

unitarios muy bajos.

La alimentación eléctrica a las palas es en media tensión y se realiza desde una red eléctrica de distribución, la tensión de dicha red puede ser 4.16, 7.2 o 13.8kV. Esta red proviene de una sub estación que por lo general es móvil.

Las exigentes condiciones en las operaciones mineras requieren que los cables eléctricos de arrastre para alimentar a las palas sean diseñados con los más altos estándares de fabricación. El Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N°024-2016-EM, en el Artículo 363 establece algunos parámetros mínimos que deben ponerse en práctica en las instalaciones eléctricas de las operaciones en cielo abierto:

“Las perforadoras, palas eléctricas y compresoras superiores a los 40 HP que estén conectadas a una fuente de tensión con un cable portátil de potencia deberán tener una protección de falla a tierra y un monitoreo del conductor de tierra en el lado de la fuente” [2].

“Todos los mineros que manejan cables o que trabajan muy cerca de aparatos con cables están expuestos también a otros peligros; por ejemplo, el manejo manual de cables pesados, el contacto directo e indirecto con liberación incontrolable de energía por cortocircuito como resultado de trabajar con cables de arrastre dañados” [3]. Sobre la distribución de energía en las unidades mineras “en su forma radial más simple, ya se ha demostrado que consiste en una subestación, distribución y un centro de alimentación que alimenta el equipo de minería. La disposición es muy común en pequeñas operaciones de superficie donde la tensión de distribución es comúnmente de 4 160 V, pero puede ser de 2 300 V en equipos antiguos. En las minas más pequeñas, la energía se compra a baja tensión (a menudo 480 V) y se alimenta a una caja de distribución a la que se conectan motores y equipos. A veces, la distribución radial simple se emplea en grandes minas de superficie donde sólo se debe servir una máquina o no se puede establecer una red de distribución primaria extensiva, como en algunas operaciones de contorno” [3].

Considerar que la reparación de cables es un proceso importante para la operación de extracción, el mismo que tiene que seguir un proceso arduo y de precisión, con personal calificado para la misma, llegar a la falla de estos cables en el proceso de operación de los equipos de carguío y perforación, significaría cortar el suministro eléctrico lo cual se traduce en dejar inoperativo el equipo hasta el cambio de cables o reparación en el lugar, generando un corte en el proceso productivo generando pérdidas económicas por indisponibilidad operativa de estos equipos mineros.

### **3.2.2. Planteamiento del problema.**

El asegurar un suministro y adecuadas herramientas eléctricas confiables es esencial para cualquier proyecto de exploración y explotación minera, con requisitos que varían enormemente dependiendo de la etapa que el proyecto ha alcanzado; Considerar que la reparación de cables es un proceso importante para la operación de extracción, el mismo que tiene que seguir un proceso arduo y de precisión, con personal calificado para la misma, llegar a la falla de estos cables en el proceso de operación de los equipos de carguío y perforación, significaría cortar el suministro eléctrico lo cual se traduce en dejar inoperativo el equipo hasta el cambio de cables o reparación en el lugar, generando un corte en el proceso productivo generando pérdidas económicas por indisponibilidad operativa de estos equipos mineros.

Para ello existen múltiples soluciones en el mercado, siendo una de las más resaltantes el uso de los skit tipo caballete permite montar los acopladores y cajas de conexión para evitar daños por condiciones lodo y polvo además de mantenerlos elevados del agua. Conexiones elevadas son más visibles y más fáciles de reposicionar con ganchos anclados al skit en lugar del cable, eliminando así esfuerzos mecánicos en cables y acopladores, ofrece una característica especial que es una abrazadera de alivio de tensión mecánica en cada extremo del patín de acuerdo al diámetro del cable.

Optimización en la fabricación de skit para la conexión de cables de arrastre, con la empresa Farmin S.A.C, para los equipos de carguío y perforación de la compañía minera Antamina S.A

### **3.2.3. Formulación del problema.**

#### **Problema principal.**

**PP:** ¿Cómo se optimiza los skit para cables de arrastre, con la empresa Farmin S.A.C para los equipos de carguío y perforación de la compañía minera Antamina S.A ?

#### **Problemas específicos.**

**PE-001:** ¿Cómo realizar la evaluación de la mejora del diseño de los skit para la conexión de cables de arrastre, por la empresa Farmin S.A.C?

**PE-002:** ¿Como diseñar los planos de los skit, gestión de materiales y documentación para la fabricación y posterior suministro a la compañía minera Antamina S.A?

### **3.2.4. Alcance.**

El alcance del presente trabajo de suficiencia profesional, se concreta desde el diseño hasta la fabricación y suministro de los nuevos skit optimizados para los cables de arrastre mineros.

### **3.2.5. Limitaciones.**

Las limitaciones son de carácter operativo, dado que la manipulación, instalación, traslado y utilización de estos skit dentro de la operación minera son responsabilidad de la empresa minera.

En el 2021 A. Ancasi; plantea “Toma en cuenta condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico del área de operaciones mina, tomando en cuenta los escenarios de la demanda de energía y las limitaciones en distancias de los cables de arrastre para evitar caídas de tensión y lograr alimentar eficientemente a los equipos eléctricos” [4].

### **3.2.6. Justificación.**

La justificación radica en la mejora del diseño de los skit de empalme en cables mineros de arrastre para reducir el nivel de cables quemados y optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en sus ciclos y horas de operación.

En el año 2023 C. Oncoy; En su investigación sobre los winches de arrastre determino “Se mejoro de la producción, de 35 TMH a 50 TMH, con la implementación del Winche de Arrastre y con la implementación del Winche de Arrastre en el Tajo N°1 Pierina Norte, se permite una reducción en los costos de 2.30 US\$/TON, a 2.15 US\$/TON, optimizándose en un 6.52% que se traduce en ahorro, también se permitió el incrementa el volumen de extracción” [5].

Respecto a la seguridad eléctrica, en el 2023 J. Espinoza “observó que los sistemas de protección responden de forma eficaz de detección y monitoreo temprana ante los fenómenos eléctricos de potencial riesgo, concluyéndose que la implementación de monitores de fallas a tierra que mejora la protección en los circuitos baja tensión de las cargas móviles y movibles en la unidad minera Chungar – Volcan”[6].

## **3.3. Objetivos.**

### **Objetivo general.**

**OG:** Optimizar los skit para cables de arrastre, con la empresa Farmin S.A.C para los equipos de carguío y perforación de la compañía minera Antamina S.A

### **Objetivos específicos.**

**OE-001:** Realizar la mejora del diseño de los skit para la conexión de cables de arrastre, por la empresa Farmin S.A.C

**OE-002:** Diseñar los planos de los skit, gestión de materiales y documentación para la

fabricación y posterior suministro a la compañía minera Antamina S.A

### 3.4. Proyecto de solución.

Se plantea la solución, buscando una mejora en la manipulación de los skit para cables de arrastre minero que se estuvieron suministrando hasta el 2022 a la compañía minera Antamina S.A, estos modelos los denominaremos SKIT SFM 4.2-22, cuyo plano isométrico se encuentra el anexo 01.

En el año 2023 J. Cortes & H Díaz; respecto a los cables y conectores móviles “Las exigentes condiciones en las operaciones mineras requieren que los cables eléctricos de arrastre para alimentar a las palas sean diseñados con los más altos estándares de fabricación” [7].

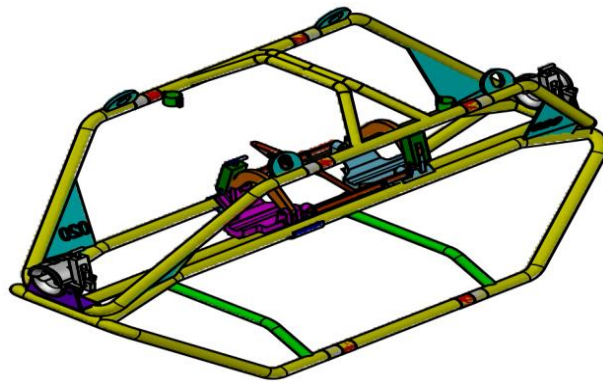


Fig. 8 Skit modelo SFM 4.2-22.

Farmin S.A.C realizo la fabricación, suministro y uso hasta el año 2022, debido a la experiencia y el uso en la operación de la compañía minera Antamina S.A, se identificaron las siguientes deficiencias:

TABLA II.

DEFICIENCIAS IDENTIFICADAS EN EL SKIT MODELO SFM 4.2-22.

<b>Deficiencias Identificadas en Skit modelo SFM 4.2-22.</b>
Dificultad para el traslado manual dado que tenia un peso de 110 Kg.
Dificultad para el traslado en camionetas por sus dimensiones de 1,93 mts de ancho y 1,05 mts de alto.
Rotura por esfuerzos mecánicos en la conexión de arrastre, durante la operación

Por los motivos expuestos en la Tabla II; se plantea un prototipo de Skit modelo 5.0-23. El cual cumplirá con las mejoras que se exponen en la Tabla III.

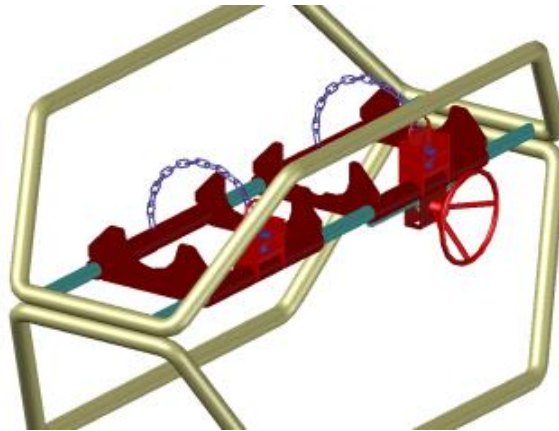


Fig. 9 Prototipo Skit modelo SFM 5.0-23.

TABLA III.

OPTIMIZACION IDENTIFICADA EN ELSKIT MODELO SFM 5.0-23.

<b>Optimización Identificadas en Skit modelo SFM 5.0-23.</b>
Facilidad para el traslado manual dado que se estima un peso de 50 Kg.
Reducción de dimensiones para traslado en camionetas, 1,5 mts de ancho y 0.65 mts de alto.
Modelo totalmente de acero, con proceso de torneado y soldadura en la conexión de arrastre, evitando roturas por esfuerzos mecánicos.
Ensamblado con piezas fabricadas en taller de maestranza, como piñones, tornillo sin fin, cadenas y otros elementos mecánicos de fácil reposición.
Aplicación de pintura reflectiva industrial, a fin de evitar el uso de sticker o pegatinas reflectivas que usualmente se desprendían de la estructura del Skit.

### 3.4.1. Observaciones y levantamientos para la fabricación de prototipo Skit SFM 5.0-23.

Con las mejoras expuestas se analiza al detalle las mejoras de los elementos para el prototipo Skit modelo SFM 5.0-23, se plantea los levantamientos de las observaciones realizadas por el cliente.

Respecto al ajuste de la cadena.

Observación: Al realizar el ajuste de la cadena llega a tener un tope en el cual se aplica mas fuerza para que llegue a engrochar.

Levantamiento: Se procederá a hacer un diseño con cadena de rodillos zincada y

nueva conexión para la abrazadera y se procederá a hacer un ajuste tipo mariposa para que sea de forma manual.

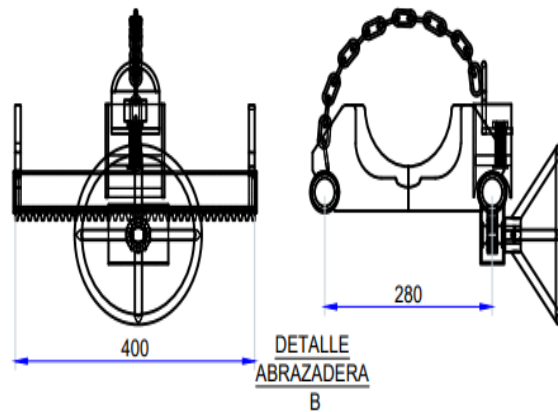


Fig. 10 Cadena de rodillos zincada con nuevo sistema de conexión

Respecto al ajuste del conector

Observación: Para realizar el ajuste a los conectores en la parte inferior llega a chocar con el tubo de soporte de abrazaderas.

Levantamiento: Lo coordinado en el punto de reunión, se detalló que crecerá algunos centímetros más para que pueda tener la maniobra para el ajuste de los conectores con llave ratchet. Crecerá la abrazadera para que el ratchet o llave pueda ajustarse sin poner la mano debajo de la abrazadera, así se evita atrapamientos en las manos de los trabajadores que realizan los ajustes.

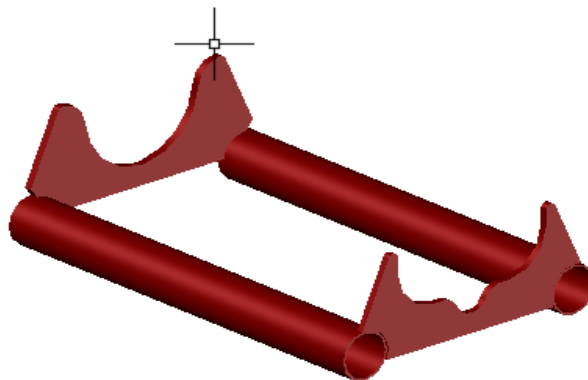


Fig. 11 Conector extendido.

Respecto al izaje de los Skit

Observación: Se observó que el skit no cuenta con cáncamos para izaje, teniendo que realizar los esfuerzos al levantarlo de la propia estructura del skit.

Levantamiento: se realizará la fabricación de 2 cáncamos al medio del skit en 180 grados, unidos a la estructura mediante soldadura.

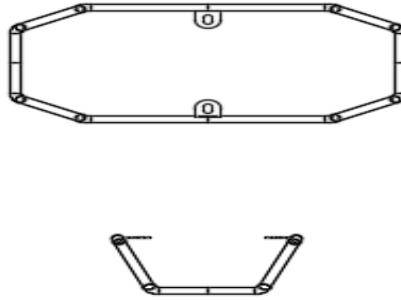


Fig. 12 Cáncamos a 180° para estructura de skit.

Respecto al mecanismo de la cadena con respecto al ajuste.

Observación: Se observó el mecanismo de la cadena con respecto al ajuste.

Levantamiento: Lo coordinado entre Farmin S.A.C y el cliente en el punto de reunión se procederá a fabricar un ajuste de cadena de casquillos tenga un mecanismo de ajuste más rápido por lo que se agrandará los hilos para que recorrido sea más rápido en ajustar y se zincara o se realizara un empavonado el lado donde ajuste los hilos.

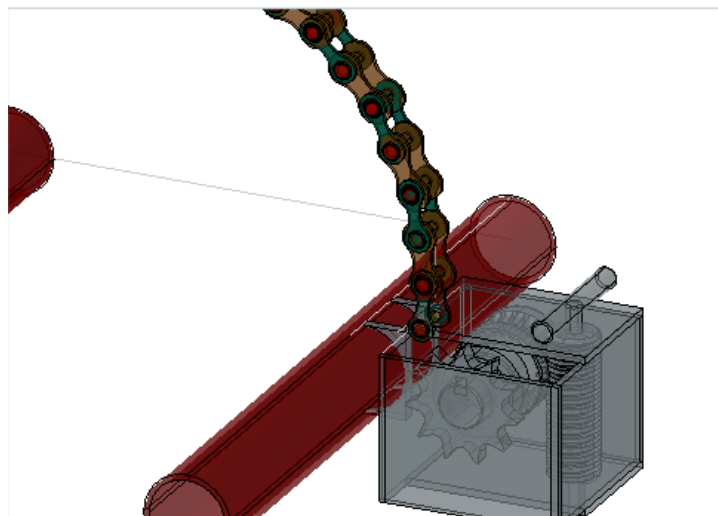


Fig. 13 Nuevo método de ajuste para la cadena de casquillos

Respecto al pintado estructural del Skit.

Observación: Debido a que las cintas reflectivas tienen poca duración y son de fácil desprendimiento, se requiere que se realice la aplicación con pintura reflexiva en ciertos puntos de la estructura del skit.

Levantamiento: Durante el proceso de fabricación, en los lados más visibles del skit se aplicará pintura reflectiva.

Finalmente este prototipo busca cumplir con:

- Las condiciones para realizar el trabajo de conexión y desconexión de cables.
- Mejoramiento de la abrazadera para que tenga un mejor ajuste.
- Instalación cáncamos de izaje.
- Pintado reflectivo para los skit.

Con los objetivos establecidos, se requiere de la elaboración de la lista de materiales, los cuales se encuentran en la Tabla IV; El plano de fabricación del skit se encuentra en el anexo 01 del presente trabajo de suficiencia profesional.

TABLA IV.

MATERIALES PARA FABRICACION DEL SKIT MODELO SFM 5.0-23.

<b>Lista de Materiales de Skit</b>			
<b>Armado de Esqueleto de Skit</b>			
n	Descripción	cant	dim
1	Tubo lac $\phi$ 1 1/4" x 2.5 mm x 6000mm	32	und
2	Tubo galv. $\phi$ 1" x 2mm x 6000	9	und
3	Plancha de $\phi$ 3/16" de 1200 x 2400	1	und
4	Platina de 3/8 x 3" x 6000	1	und
<b>Armado de Abrazaderas Conectores</b>			
1	Plancha de 5/16 de 1200 x 2400	3	und
2	Platina de 3/8 x 1 1/2"	1	und
3	Platina de 4 x 4 x 1/4"	1	und
4	Tubo de 2" sch-40 x 6000	4	und
5	Fierro liso de $\phi$ 1/2" x 6000	6	und
6	Tubo de 4" x 4" x 2mm	1	und
7	Tubo rectangular de 3" x 1 1/2" x 2mm x 6000	1	und
8	Varilla cuadrada de 16 mm x 6000	1	und
<b>Armado de Piezas de Skit</b>			
1	Barra 1020 $\phi$ 40 x 140	30	und
2	Barra 1020 $\phi$ 55 x 40	30	und
3	Barra lisa de $\phi$ 1/2" x 6000	1	und
4	Eje 1045 x 500mm	1	und
5	Cadena inoxidable de rodillos	18	ml

**3.4.2. Procedimiento para la fabricación del skit modelo SFM 5.0-23.**

**Objetivo**

El presente procedimiento tiene por objetivo describir los pasos para la fabricación del Skit modelo SFM 5.0-23, de forma segura, eficiente y comprometida en la conservación del medio ambiente.

**Documentos de referencia**

- ASME IX: Calificación de procedimiento de soldadura.
- Reglamento de la Ley 29783- Decreto Supremo 005- 2012-TR.
- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo 29783.
- DS-011-2019-TR Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo para el Sector Construcción.
- Formatos Referenciales, R.M. N° 050-2013-TR.

- NTP 900.058-2019 Gestión de Residuos.
- R.M. 375-2008-TR, Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico.

### **Responsabilidades**

Los responsables para la implementación y cumplimiento del presente procedimiento serán en su orden:

Gerente general:

- Proporcionar los recursos necesarios para que se cumpla lo establecido en el presente procedimiento.
- Responsable legal de la Seguridad Salud y Medio Ambiente.
- Autorizar los recursos materiales, humanos y económicos para hacer cumplir el presente procedimiento.

Supervisor de obra:

- Liderar, organizar, coordinar y supervisar la adecuada implementación del presente procedimiento, dentro del marco de aplicación de las políticas y estándares esperados por el cliente.
- Responsable de considerar todos los aspectos de trabajo seguro y equipos de seguridad.
- Verificar que el Procedimiento se cumpla cabalmente para esta instrucción.
- Verificar el buen estado de los equipos y herramientas a requerir y que éstos cuenten con la certificación debida.
- Verificar el buen estado y cantidad requerida de los materiales y consumibles.
- Encargado de la inspeccionar y controlar las actividades detectando y corrigiendo los riesgos que se puedan generar.
- En caso de que se presente un accidente de trabajo, deberá reportar inmediatamente al PDR, informando las causas y también tomará las medidas para que no se repita.
- Asegurar la difusión, registro y entendimiento del presente procedimiento a los trabajadores, previo al inicio de los trabajos.
- Revisar los aspectos técnicos incluidos en los planos y especificaciones del proyecto.

- Coordinar las actividades diarias de producción en función al planeamiento, aspectos técnicos y recursos.
- Emitir y obtener la aprobación correspondiente de manera oportuna de los permisos y procedimientos de trabajo.
- Realizar la revisión de los documentos de gestión (ATS, check list, PDT, etc.) y firmarlos en señal de conformidad.

**Supervisor de Seguridad/PDR/SSOMA:**

- Asesorar a la supervisión y al personal en identificar los peligros y evaluación de riesgos asociados para delimitar las medidas de control.
- Tener la capacidad y autoridad de tomar las medidas correctivas inmediatamente ocurra algún hecho fortuito o condición insegura.
- Verificar que el personal conozca los peligros existentes.
- Verificar que se cumplan todos los estándares de seguridad y cuidado del medio ambiente para la ejecución de las actividades.
- Verificar que el personal cuente con equipos de protección personal adecuada y en buenas condiciones.
- Mantener comunicación directa con el encargado del servicio.
- Coordinar con los supervisores las actividades operativas antes del inicio de estas a fin de aplicar a cabalidad el procedimiento.
- Verificar el correcto llenado de los ATS y demás requerimientos, siendo el último en revisar estos formatos.
- Verificar el buen estado de las maquinarias y herramientas, así como de la señalización y los equipos de protección individual (EPI).
- De existir una eventualidad o desviación de seguridad que haga peligrar la integridad física de los trabajadores, PARALIZARÁ EL TRABAJO, para luego replantear las mejoras y continuar.
- Hacer cumplir todas las disposiciones de seguridad y medio ambiente durante el desarrollo de las actividades expresas en el presente procedimiento, siendo responsables de reportar las desviaciones de este que se generen en el trabajo diario.

### **Actividades previas**

- El personal involucrado con la tarea, deberá contar con la documentación requerida en el área de trabajo: Difusión del presente Procedimiento, charla de 5 minutos, permisos necesarios para la actividad (ATS, IPERC, PETAR) según sea el caso.
- Ante cualquier incidente (a la persona, al medio ambiente, al equipo y/o producción) se deberá detener los trabajos y reportar al área de seguridad y al supervisor, para evaluar las condiciones de incidente y autorizar que se reinicien las labores.
- En caso que se programe horarios extendidos el Supervisor de campo deberá informar a la jefatura para obtener los permisos correspondientes y asegurar la existencia de todos los recursos necesarios.

### **Actividades preliminares**

- Delimitación y señalización del área de trabajo, el acceso al área será restringido a todo personal ajeno a las actividades de trabajo.
- Designación de un vigía de trabajo, quien verificará que ningún trabajador transite dentro del área de influencia, sólo transitarán por las rutas establecidas y manteniendo la distancia de acuerdo a lo establecido por el MINSA.
- Antes, durante y después de la jornada de trabajo se deberá hacer orden y limpieza para evitar tropezones, caídas y contaminación del medio ambiente.
- El personal deberá realizar la manipulación de los equipos y herramientas de poder empleado en todo momento su equipo de protección personal y verificando las posibles interferencias que pudieran existir en el área de trabajo.
- Verificar el buen estado de los equipos y herramientas a utilizar llenando los check list y colocando la cinta del mes.
- Recepción de materiales estructurales llegados a obra (ángulos, canales, vigas, planchas, etc.) a zona de fabricación en el taller Farmin S.A.C
- Identificación de las Estructuras Metálicas a fabricar de acuerdo a planos y ubicar en zona de trabajo con el apoyo del camión grúa.

### **Recepción y acopio de materiales**

- Se descargarán y almacenarán los elementos para fabricación de estructuras metálicas relacionadas a la fabricación y montaje y otros materiales en un sitio adecuado determinado para tal fin denominado taller de fabricación de Farmin S.A.C, velando por el cumplimiento de los requerimientos de seguridad. Se verificará la identificación de los materiales y los mismos serán almacenados preferentemente por línea o isométricos y los controles que correspondan.
- Todos los materiales de fabricación y montaje, serán recibidos, y se procederá a efectuar la identificación y evitar que estos elementos estén acopiados de manera inadecuada y evitando contacto con contaminantes que generen la degradación química o mecánica de estos.
- Solamente los materiales identificados, aprobados y liberados, pueden ser entregados para la fabricación.
- Los certificados de calidad y/o actas de liberación, serán mantenidos en las oficinas de calidad, junto con sus respectivas actas de recepción.
- Las piezas especiales provistas por terceros, recibirán el mismo tratamiento y se verificará el fiel cumplimiento.

### **Fabricación de estructura y elementos para skit**

- Se procederá a la fabricación una vez que los planos de detalle sean aprobados para construcción por SHP
- Trazo de las estructuras metálicas (ángulos, canales, vigas, planchas, etc.) de acuerdo a planos aprobados por SHP y comprobado en campo.
- Las operaciones de corte, preparación, soldadura, etc. del material en el taller, serán ejecutadas por personal calificado.
- Los bordes cortados con oxígeno que estarán sujetos a esfuerzos o que recibirán soldadura deberán quedar libres de imperfecciones.
- En el proceso del corte, no se permitirá imperfecciones mayores de 1/8" (3.2 mm). Las imperfecciones mayores de 1/8" debidas al proceso de corte, deberán eliminarse por esmerilado.
- El corte a soplete (oxi-acetileno) se hará preferentemente a máquina o con

una guía que resulte en cortes bien alineados. Los bordes deben quedar libres de rebabas y los bordes deberán aparecer perfectamente rectos.

- Las tolerancias dimensionales de los elementos ya fabricados se ajustarán a lo indicado en la Norma AISC, excepto que aquellos miembros que trabajan en compresión no tendrán una desviación de su rectitud mayor a 1/1000 de su longitud axial entre puntos de soporte lateral.
- Las tolerancias dimensionales de los elementos ya fabricados se ajustarán a lo indicado en la Norma AISC, excepto que aquellos miembros que trabajan en compresión no tendrán una desviación de su rectitud mayor a 1/1000 de su longitud axial entre puntos de soporte lateral.
- La variación de la longitud real respecto a su longitud detallada no podrá ser mayor de 1/32" (0.8mm.) para aquellos elementos con ambos extremos preparados para uniones tipo "contacto"
- Todas las perforaciones serán efectuadas por taladrado, pero también pueden ser punzonadas a un diámetro 1/8" (3.2mm.) menor que el diámetro final y luego terminadas por taladrado.
- El diámetro final de los huecos estándares será de 1/16" (1.6mm.) mayor que el diámetro del perno que van a alojar y su aspecto será perfectamente circular, libre de rebabas y grietas.
- Todo trabajo de soldadura se realizará previa presentación de los procedimientos de soldadura correspondientes (WPS) y calificaciones de soldadores debidamente aprobadas (WPQ).

### **Parámetros para la ejecución**

La Inspección de las Juntas Soldadas se debe efectuar teniendo en consideración el uso de los siguientes documentos, procesos y técnicas Estándar.

- Criterio de Aceptación de las discontinuidades en la Soldadura Según Norma AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel
- ASME Boiler And Pressure Vessel Code, Sección IX
- Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (WPS)
- Calificación del Procedimiento de Soldadura (PQR)
- Registro de Calificación de Soldadores (WPQ)
- Preparación de superficie a soldar: Mecánica.

- Requerimientos de Iluminación y Visualización
- Equipo de medición y control de medidas a ser empleado.
- Secuencia del ensayo NDT (VT Y PT)
- La soldadura se efectuará por el proceso de arco eléctrico. Los electrodos serán del tipo E6010 y/o E7018. El tipo de electrodo usado será el indicado en los planos del proyecto y en todos los casos deberá ser metalúrgicamente compatible con el acero que se va a soldar.
- Para el caso de soldaduras de filete, la separación entre las partes a soldarse será la mínima posible y en ningún caso excederá de 3/16" (4.8mm.). Para aberturas de 1/16" (1.6mm.) ó mayores, el tamaño del cordón será incrementado en el mismo monto.
- Las juntas que van a soldarse a tope deberán de tener sus bordes mutuamente escuadrados. No se permiten descuadres mayores de 1/32" (0.8mm.) por cada pie (304.8mm.) de junta.
- Para prevenir la agilización de los cordones de soldadura por efecto del enfriamiento rápido, las soldaduras de filete se realizarán, con la dimensión indicada en los planos, en una sola pasada, por lo que se seleccionará el electrodo de diámetro adecuado a tal fin.
- La secuencia de soldadura será tal que no introduzca deformaciones o esfuerzos residuales excesivos en las piezas.
- Traslado de estructuras metálicas (ángulos, planchas, vigas, canales, etc.), fabricadas a zona de arenado, con el apoyo del camión grúa Hiab. Y las tuberías serán soldadas In situ.

#### **Antes y durante del proceso de soldadura**

- La inspección de la correcta preparación del diseño de junta es muy importante ya que de esto depende que se obtenga una junta soldada de calidad.
- Verificar la aprobación y el cumplimiento del WPS a utilizar en el proyecto.
- Verificar la calificación del soldador a intervenir.
- Verificar las condiciones del proceso de soldadura (carpas, equipos, consumibles, etc).
- Verificar que los Ensayos No Destructivos (END), se realicen según los

procedimientos y especificaciones correspondientes siempre que se solicite, así como también verificar que se registren los resultados.

- No se deberá aplicar soldadura, en ambientes de extrema humedad o durante periodos de vientos fuertes (si se trabaja a la intemperie), a menos que el ambiente de trabajo se adecue, esté protegido y climatizado adecuadamente.
- Verificación de los certificados de calidad de los equipos a utilizar.
- Verificar si el material de aporte corresponde al material base.
- Revisar el pre calentamiento, si corresponde.
- Como insumo se debe tener disco de corte, disco de desbaste, escobillas metálicas, etc.
- Las superficies y bordes a ser soldadas deberán estar lisos, uniformes y libres de rebabas, roturas, fisuras u otros defectos que afecten desfavorablemente la calidad o resistencia de la soldadura. Además deberán estar secas y protegidas de la lluvia y vientos fuertes.
- En caso que los biseles presenten fisuras, abolladuras, desgarros, laminaciones, quemaduras por arco y otros defectos que puedan afectar la calidad y resistencia del metal de soldadura depositado; éstos deberán ser reparados mediante preparación mecánica de esmerilado.
- No está permitido el martilleo de los cordones soldados para contrarrestar las fuerzas de contracción de una soldadura (cuando se produce el enfriamiento).
- Los cordones de soldaduras, de elementos con PJP deberán examinarse por medio de inspección Visual. Los defectos inaceptables deberán ser retirados y reparados.
- La soldadura se aplicará sobre juntas en estructuras metálicas.
- Los cordones de soldaduras, de elementos con PJC (Juntas de penetración Completa) deberán examinarse por medio de tintes penetrantes de tuberías de acero (100% del total de pegos). Los defectos inaceptables deberán ser retirados y reparados.
- Antes de proceder a soldar, se protegerá la zona de soldeo mediante una carpa para proteger el cordón de soldadura de lluvia, nieve y vientos.
- La soldadura no se efectuará cuando las condiciones climatológicas no lo permitan y cuando la temperatura ambiente es menor a 0°F (-18°C).

- Se procederá a acondicionar un microclima con las condiciones aceptables de temperatura y humedad relativa, con la finalidad de realizar la soldadura cuando las condiciones se establezcan según el párrafo anterior.
- Verificar la alineación de la junta, Se aplicará mediante la aplicación de un nivel de mano o galga de soldadura para la verificación del alineamiento de las estructuras metálicas.
- Verificación del ángulo de biselado y el ángulo incluido.
- Las estructuras serán fijados mediante apuntalamiento por soldadura, con el mismo proceso a ejecutarla y será realizado solamente por un soldador calificado.
- El retiro de los insertos temporales, luego del inicio de los cordones de soldadura, se hará mediante esmerilado; considerando el esmerilado de la superficie donde se alojó el apuntalamiento para eliminar todo vestigio de metal de soldadura, evitando en todo momento la reducción de la superficie. Esto se verifica mediante END- inspección visual.
- Se aplicará soldadura de acuerdo a WPS.

#### **Después del proceso de soldadura**

- Toda discontinuidad hallada durante la ejecución de la soldadura, atribuible a defectos de material, al soldador, a la preparación del material o al armado o ensamble del conjunto, es corregida de inmediato para evitar reparaciones posteriores.
- Esta corrección consiste en restablecer las condiciones originales del material afectado o de la junta, para seguir con la soldadura. Para ello puede ser necesario explorar zonas afectadas y/o remover parte de la soldadura ya depositada.
- Estas exploraciones o correcciones, no tienen la connotación de “Reparación”, puesto que son partes inherentes al proceso.
- Toda indicación de discontinuidad considerada dañina para la calidad de la soldadura, es considerada como “Defecto”, lo cual significa su rechazo.
- Todos los rechazos se hacen sólo en relación con soldaduras terminadas y no sobre las que están en proceso.

- El soldador presenta al QA/QC para su aprobación, las soldaduras terminadas en perfecto estado de acabado y limpieza. El Ing. De calidad puede ordenar retoques de cualquier tipo antes de aceptar como “Terminada” la soldadura.
- Para los propósitos de este procedimiento, son soldaduras terminadas sólo aquellas que QA/QC acepte y reciba como tales y sobre las cuales no sea necesario realizar ninguna operación que modifique su estado.
- Sólo QA/QC decide si la soldadura está terminada y toda evaluación que de ella se haga, estará relacionada con las especificaciones técnicas, normas o códigos aplicables según corresponda.
- El QA/QC libera las soldaduras terminadas y protocoliza la unión soldada para continuar con la etapa de arenado y Aplicación de pintura o de inspección que corresponda (Ejemplo: inspección visual y Tintes penetrantes).
- Para las inspecciones de PT= tintes penetrantes, VT= galga de soldadura (Bridge Cam) calibrado
- Se realiza 100% de Inspección Visual tanto en PJC (junta de penetración completa) como PJP (Junta de Penetración Parcial), y Tintes Penetrantes en PJC (junta de penetración completa) el 100% del total.

### **Equipos**

- Máquinas de soldar
- Equipos de oxicorte.
- Tablero eléctrico.
- Taladros magnéticos
- Dobladora de tubos
- Torno
- Esmeril
- Equipo de pintura

### **Herramientas**

- Eslingas Capacidad: 02Ton
- Tecles de 2 Ton.

- Señoritas de 1.5 Ton.
- Esmeriles angulares de 7" y de 4 ½"
- Turbinetas
- Grilletes de 1"
- Juego de Llaves Mixtas
- Cajón de herramientas.
- Wincha metálica de 30 mts.

### **Materiales**

**Adicionales a los estipulados en la Tabla IV, son los siguientes:**

- Soldadura.
- Oxígeno.
- Acetileno.
- Discos abrasivos (desbaste y corte)
- Pinturas epoxicas e industriales.
- Lijas, trapo industrial, etc.

### **Equipos de Emergencia**

- Camilla Rígida
- Botiquín de primeros auxilios.
- Extintor de PQS de 9 Kg.
- Camilla de polipropileno.
- Celulares
- Kit Antiderrame.

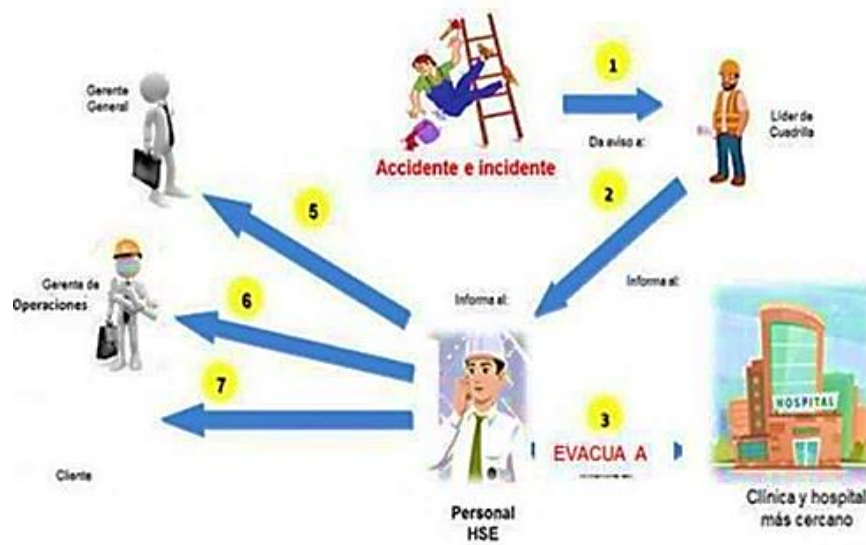


Fig. 14 Flujograma de comunicación en caso de accidentes e incidentes

### 3.4.3. Construcción y ensamblado de Skit modelo SFM 5.0-23.

Realizada la propuesta de solución, el mejoramiento en el prototipo del skit, definido las mejoras, realizado el metrado de materiales y establecido el procedimiento de fabricación, Farmin S.A.C firma el contrato con la compañía minera Antamina S.A S61925: “INGENIERIA Y FABRICACION DE SKITS COMPACTOS PARA CONECTORES DE CABLE DE ARRASTRE MINERO”.

Respondiendo a las clausulas del contrato mencionado, se realiza la programación respectiva para el diseño y construcción mecánica de los skit el cual se plasma en siguiente cronograma de proyecto, el cual inicio el 22 de mayo del 2023 y culmino el 22 de julio del 2023, como se expone en la Figura 14 del presente trabajo de suficiencia profesional.

CRONOGRAMA			CRONOGRAMA ACTUALIZADO DE FABRICACION DE SKIDS PARA CONEXIÓN DE CABLES DE ARRASTRE MINERO													
ITEM	DESCRIPCION	Duración (Días)	May-22					Jun-22					Jul-22			
			SEM-01					SEM-02	SEM-03	SEM-04	SEM-05	SEM-06	SEM-07	SEM-08		
			Mier. 18/05/2022	Juev. 19/05/2022	Vier. 20/05/2022	Sab. 21/05/2022	Dom. 22/05/2022	23/05/2022 AL 29/06/22	30/05/2022 AL 05/06/22	06/06/22 AL 12/06/22	13/06/2022 AL 19/06/22	20/06/2022 al 26/06/22	27/06/2022 al 03/07/22	04/07/2022 al 10/07/23		
	<b>FABRICACION DE SKID (APROBACION MODELO, PROCURA, ENSAMBLE. PRUEBAS)</b>	<b>55</b>														
<b>1.0</b>	<b>PROCESO DE APROBACION DE PROTOTIPO</b>	<b>3</b>														
<b>1.1</b>	<b>ACTIVIDADES PREVIAS A LA APROBACION DE LOS SKID</b>	<b>3</b>														
1.1.1	Preparacion de los planos de fabricacion Modelo FARMIN	1														
1.1.2	Remision de Contraste con planos de fabricacion Antamina	1														
1.1.3	Ensamblaje de SKID de muestra modelo FARMIN SFM4.3-22	3														
1.1.4	Visita a taller FARMIN, para revision de Skid de muestra	1														
<b>1.2</b>	<b>APROBACION DEL PROTOTIPO</b>	<b>1</b>														
1.2.1	Revision , evaluacion , sugerencias del prototipo	1														
1.2.2	Aprobacion del prototipo para fabricacion	1														
<b>2.0</b>	<b>PROCESO DE PROCURA Y ENSAMBLE</b>	<b>52</b>														
<b>2.1</b>	<b>PROCURA DE MATERIAL ESPECIAL (Dura Aluminio)</b>	<b>40</b>														
2.1.1	Proceso fundicion de abrazaderas	40														
2.1.2	Proceso de habilitacion de tuberias para la jaula de los SKIDS (Incluye corte, limpieza, cepillado y lijado)	21														
<b>2.2</b>	<b>ENSAMBLAJE DE LOS SKID</b>	<b>42</b>														
2.2.1	Proceso de ensamblaje de la jaula (incluye, dobles y soldadura)	30														
2.2.2	Proceso de maquinado de abrazaderas	21														
2.2.3	Proceso de pintura y acabados jaula y abrazaderas	25														
2.2.4	Proceso de ensamble de las abrazaderas a la jaula del SKID.	19														
<b>2.3</b>	<b>PRUEBAS DE APERTURA Y CIERRE DE LOS SKID(CON CONECTORES REALES)</b>	<b>9</b>														
2.3.1	Pruebas de accionamiento del mecanismo de apertura y cierre de los SKID (utilizando conectores reales konnx)	9														
<b>2.4</b>	<b>ENTREGAS PARCIALES</b>															
2.4.1	Primer lote de 15 Und															
2.4.2	Segundo lote de 15 Und															
2.4.3	Tercer lote de 15 Und															

**NOTAS:** La actividad mas critica es la fundicion de las abrazaderas, nuestro proveedor ha actualizado las fechas de entregas parciales según se indica en el grafico; la 1ra para el 15.06.22/ la 2da para el 23.06.22 y la tercera para el 30.06.22

Fig. 15 Cronograma para diseño y fabricación de skit modelo SFM 5.0-23

A continuación se presenta la etapa constructiva de los skit modelo SFM 5.0-23, mediante documentación fotográfica del proceso.



Fig. 16 Tubería base para estructura del skit



Fig. 17 Habilitado de conector extendido para skit



Fig. 18 Inspección de calidad en juntas soldadas de estructura de skit



Fig. 19 Fabricación de piñones



Fig. 20 Fabricación final de piñones



Fig. 21 Proceso de pintado de estructura de skit



Fig. 22 Fabricación de tornillo sin fin



Fig. 23 Fabricación de caja porta mecanismo



Fig. 24 Fabricación de timones para caja porta mecanismo



Fig. 25 Hexagonales para timones de skit



Fig. 26 Fabricación de timón con hexagonal soldado

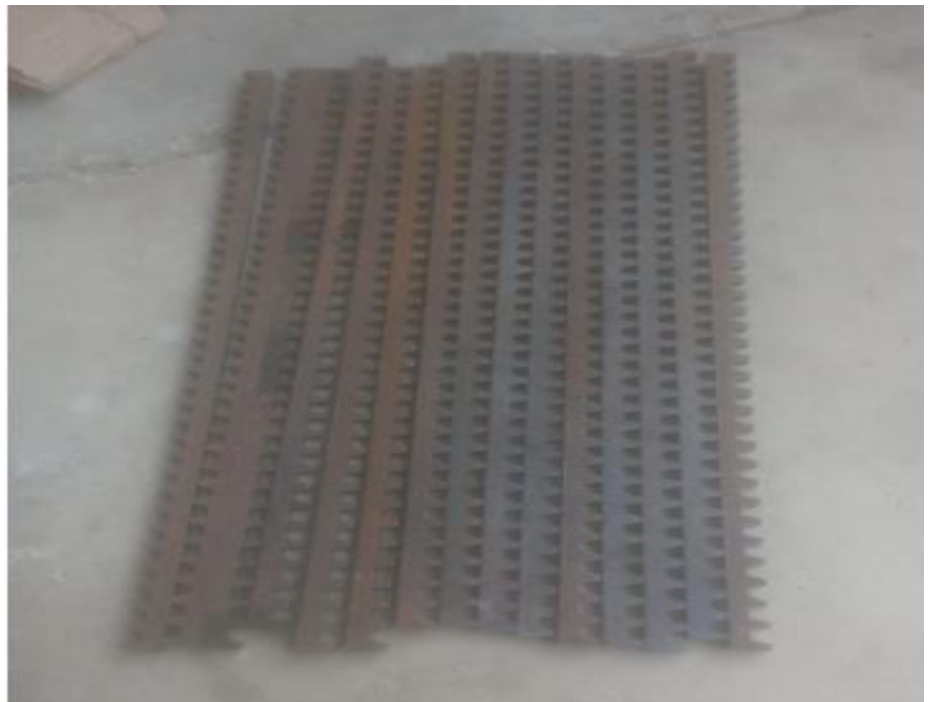


Fig. 27 Fabricación de cremallera para arrastre de conector



Fig. 28 Armado de caja porta mecanismo y timón



Fig. 29 Armado y prueba de funcionamiento de skit con conectores



Fig. 30 Verificación de ajustes de conectores mediante cadenas de skit



Fig. 31 Ensamblaje final de prototipo de skit modelo SFM 5.0-23



Fig. 32 Fabricación en lote de timones para skit



Fig. 33 Fabricación en lote de caja porta mecanismo de skit



Fig. 34 Detalles finales de pintura en estructura de skit

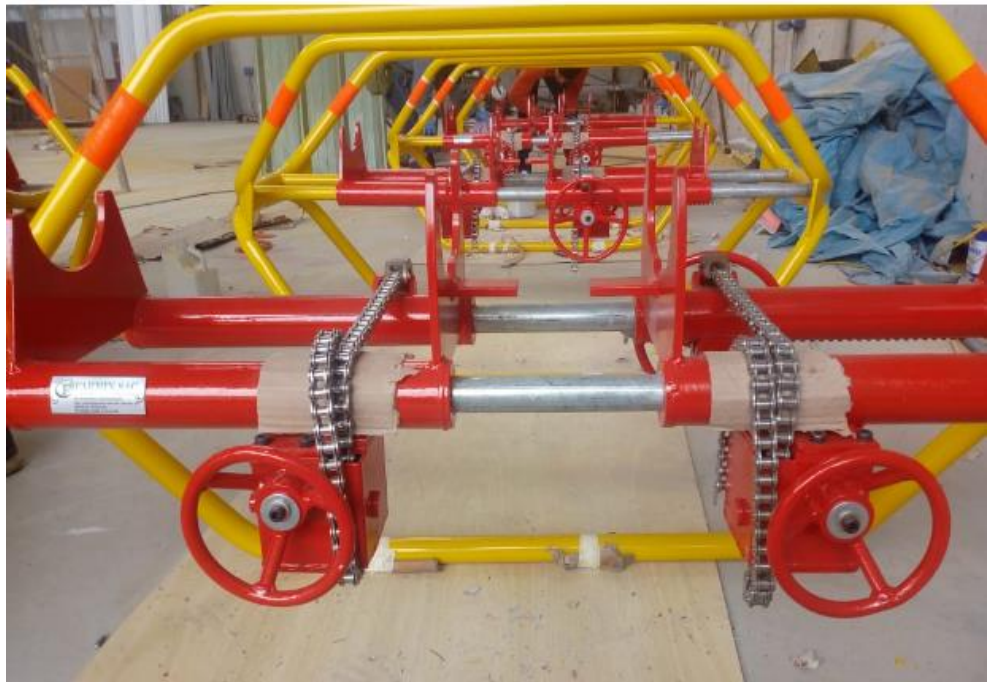


Fig. 35 Ensamblaje final de elementos mecánicos en lote de skit



Fig. 36 Presentación final de skit modelo SFM 5.0-23



Fig. 37 Embalaje de lote de skit para envío a compañía minera

## **CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA**

### **4.1. Análisis crítico de resultados.**

La productividad de una maquina o equipo ira en aumento o mejor en la medida que las fallas se mitiguen o disminuyan de una forma sostenible en el tiempo, para lograr lo mencionado, resulta indispensable estudiar las deficiencias que estas presenten o que generan la inoperatividad, en merito a ello se estudio todas las variables y eventos que se suscitaron con el skit SFM 4.2-22 durante el año 2022, por constante fallas y roturas se suministraron 60 unidades durante el año en mención.

Al realizarse el up grade de este equipo auxiliar para conectar cables de arrastre minero, como producto se obtuvo el skit modelo SFM 5.0-23, el cual a comparación de su antecesor, a demostrado eficiencia operativa y mediante conformidad del cliente durante el año 2023 solo se suministraron 30 unidades, si bien es cierto la mejora tuvo un incremento económico, esto compensa con las horas de operatividad que ya no se ven afectadas en el proceso productivo de las palas y perforadoras, lo cual es una prioridad para la compañía minera Antamina S.A.

Se culmina indicando que ha sido una exitosa experiencia profesional de gran valor y crecimiento profesional; en donde se destaco la supervisión y planificación del proceso de optimización y fabricación de los skit modelo SFM 5.0-23. Así mismo también se dio el reconocimiento por parte de los jefes y pares similares en la organización, destacando siempre el espíritu participativo y de líder nato inculcado en las aulas universitarias.

## CONCLUSIONES

Se identificaron las deficiencias del skit modelo SFM 4.2-22, peso y dimensiones dificultaban su maniobrabilidad, la falta de ajuste en cadenas pasivo a rotura por esfuerzos mecánicos y la constante desenergización al soltarse los conectores eléctricos, durante el año 2022 se suministraron 60 unidades de skit SFM 4.2-22.

Se rediseño el skit SFM 4.2-22 y se creó el prototipo skit modelo SFM 5.0-23, el cual se analizaron todas las variables de operación y deficiencias de su versión anterior, se realizó la aprobación del usuario y se firmó un nuevo contrato, 30 unidades fueron suministradas que al cierre del año 2023, se encuentran operativas en su totalidad.

El Diseño skit SFM 5.0-23, obtuvo mejoras tanto en la seguridad como en la productividad del personal a cargo de su ejecución, las mejoras en el diseño respecto al material de fabricación redujo los accidentes ocasionados con respecto a cortes y lesiones debido a la fragilidad del antiguo material, adicional a eso se obtuvo una mejora ergonómica para el personal a cargo debido al menor peso del nuevo material de fabricación teniendo como resultado mejoras en la productividad del personal.

El Diseño skit SFM 5.0-23 permite el cambio de repuestos de las conexiones con mayor facilidad, reduciendo así los costos operativos al momento de su reparación con respecto al modelo anterior, ya que este debía ser cambiado en su totalidad cuando presentaban fallos o deterioro.

## **RECOMENDACIONES**

Reducir el nivel de inoperatividad en operaciones mina y continuar con el uso de los skit SFM 5.0-23 y dar de baja a los skit SFM 4.2-22 que aun queden en stock, dado las mejoras ya expuestas en la versión SFM 5.0-23

Controlar las horas de operación y recopilar datos actualizados sobre la vida útil del diseño y sus respectivas conexiones, buscando brindar una información a detalle al cliente y anticiparlo a posibles daños al equipo por falta de mantenimiento.

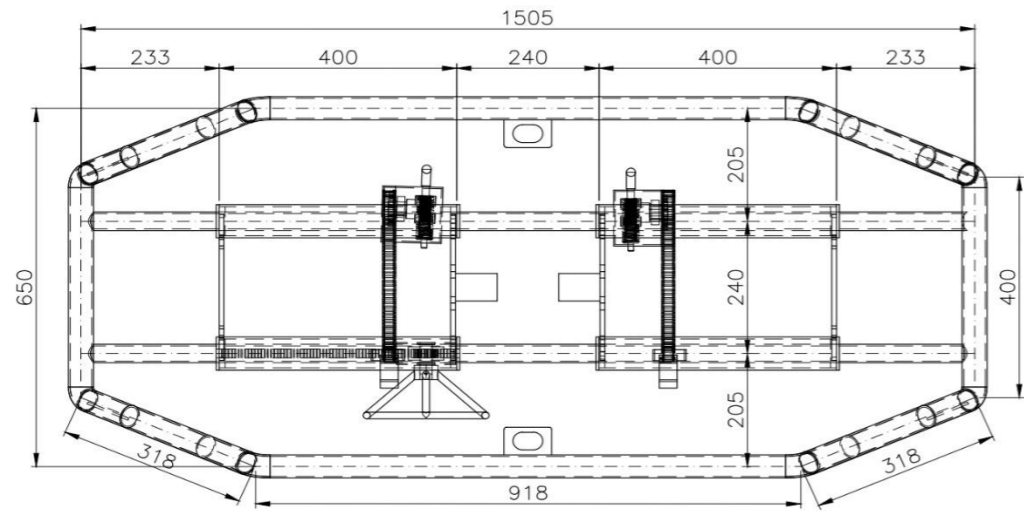
Revisión constante de los equipos y elaborar un reporte de eficiencia de manera trimestral con el fin de identificar oportunidades de mejora del diseño, buscando cubrir las necesidades requeridas por los clientes y adaptarlos a los requerimientos solicitados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

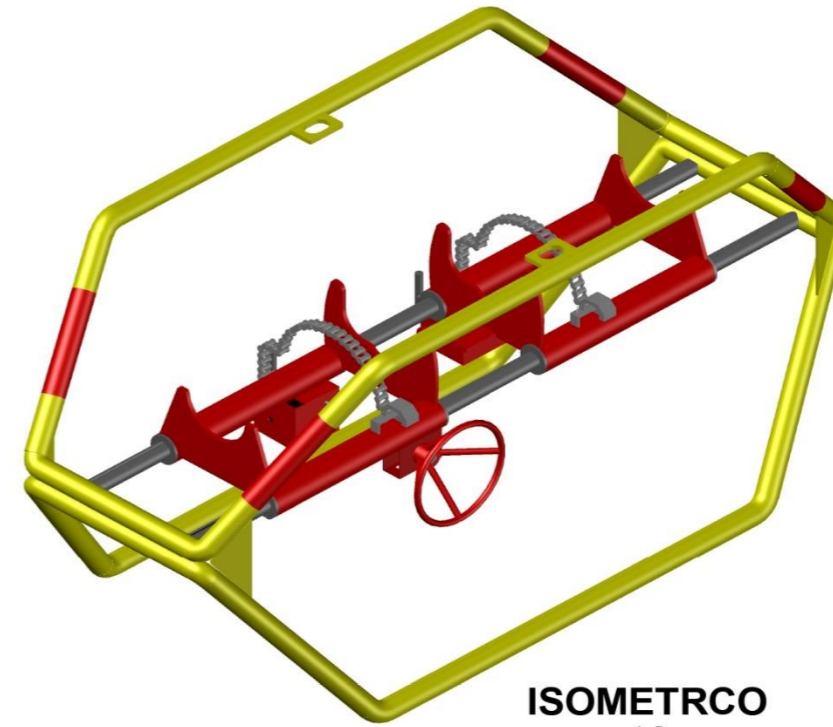
- [1]. López Vega, R. (2022). “Trabajos realizados en Geyer Kabel Perú S. A. C. Unidad de Producción- Uchumayo Arequipa”.
- [2]. Ministerio de Energía y Minas (2016). “Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería”.
- [3]. Colana Nina, E. (2018). “Aplicación de conectores solidos en cables para reducir el nivel de cables quemados y optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones Mina Cuajone – Contrata Selin S.R.L 2016”.
- [4]. Ancasi Huisa, A. E. (2021). “Diseño de la ampliación de la línea aérea en 22.9 Kv en minera Las Bambas”.
- [5]. Oncoy Cabana, C. M. (2023). “Mejora de la producción, con la implementación del winche de arrastre en el tajo N° 1 pierina norte de la unidad minera Huínac–2022”.
- [6]. Espinoza Quispe, J. A. (2023). “Implementación de monitores de falla para mejorar la protección en los circuitos de baja tensión de las cargas móviles y movibles en la unidad minera Chungar–Volcan”.
- [7]. Cortes Corso, J. A., & Díaz Chávez, H. R. (2023). “Descripción del sistema de respaldo de energía para áreas críticas en Minera Candelaria”.

## **ANEXOS**

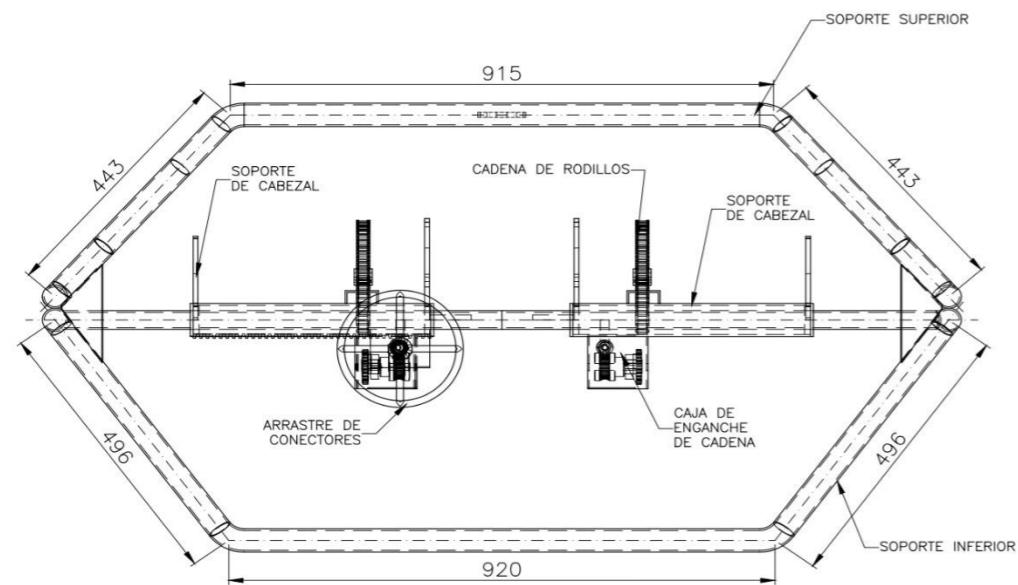
### **Anexo 01: Plano de fabricación de skit modelo SFM 5.0-23**



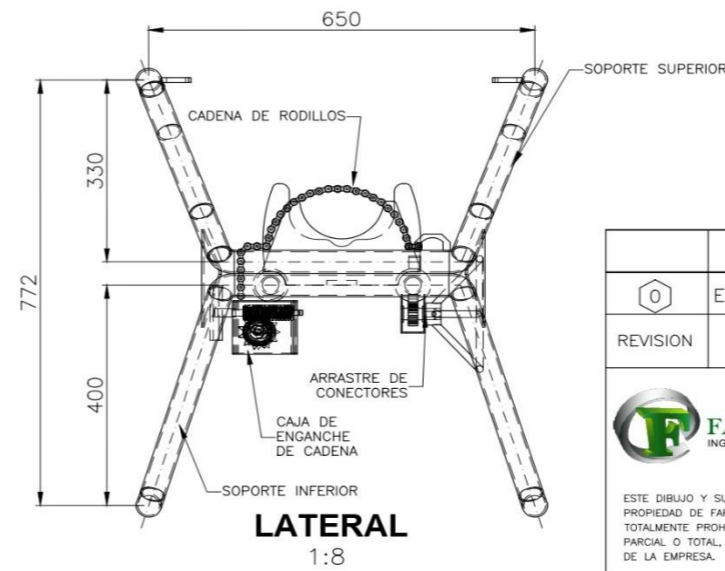
**PLANTA**  
1:8



**ISOMETRICO**  
1:8



**ELEVACIÓN**  
1:8



**LATERAL**  
1:8

REVISION	DESCRIPCION	FECHA	EJECUTO	CONTROLO	APROBO
0	EMISION PARA REVISIÓN	03/06/23	Y.R.G.	J.F.L.	R.G.V.
		PROYECTO: SKID MODELO SFM 5.0 - 23			
ESTE DIBUJO Y SU INFORMACION SON PROPIEDAD DE FARMIN S. A. C. QUEDA TOTALMENTE PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL, SIN PREVIA AUTORIZACION DE LA EMPRESA.		TITULO: PLANO GENERAL SKID SFM 5.0 - 23			
DIBUJO:	Y.R.G.	FECHA:	03/06/23	PLANO N°:	SFM-PL-G-001
REVISO:	J.F.L.	ESCALA:	INDICADA	REV.:	0
APROBO:	R.G.V.	FILE:	A2	HOJA:	01 DE 01