



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Mejoramiento de la eficiencia del proceso de cambio de paquetes de
freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Rojas Benites, Walter David (ORCID: 0000-0003-0639-7400)

ASESOR:

Mg. Julca Verástegui, Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo incondicional durante todo este periodo académico, para que su hijo se vea realizado académicamente.

El Autor.

Agradecimiento

A Dios por permitirme tener una familia maravillosa.

A mi familia por apoyarme en cada proyecto a ejecutar en el proceso de mi formación académica. Gracias por creer en mí.

A mis docentes, por haberme brindado consejos para seguir adelante.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Señores miembros del jurado

Yo Walter David Rojas Benites, identificado con el DNI: 73268547, al dar por cumplido con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César vallejo para la elaboración del proyecto de investigación en la carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica denominado: Mejoramiento de la eficiencia del proceso de cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E. De esta manera declaro bajo juramento que el presente trabajo de investigación es verdadero y auténtico, por lo tanto, todos los datos mostrados en la investigación son auténticos y veraces, de esta manera asumo responsabilidad si existiese cualquier información de falsedad, por ende, me sometería bajo la disposición de las normas establecidas por su institución.

Trujillo ; 20 de diciembre del 2019



Walter D. Rojas Benites
DNI = 73268547

Índice

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Tablas.....	viii
Índice de figuras	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	11
2.1. Tipo y diseño de investigación	12
2.2. Operacionalización de variables	13
2.3. Población, muestra y muestreo	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento	15
2.6. Método de análisis de datos	17
2.7. Aspectos éticos	17
III. RESULTADOS.....	19
IV. DISCUSIÓN.....	26
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS	33
ANEXOS.....	37
Anexo 1: Cálculo de la disponibilidad.....	40
Anexo 2: Cálculo de columna soporte	50
Anexo 3: Cálculo de razón de esbeltez límite.....	50
Anexo 4: Cálculo de carga crítica.....	51
Anexo 5: Cálculo del factor de seguridad contra pandeo	51
Anexo 6: Cálculo del factor de seguridad por tracción	52
Anexo 7: Cálculo de factor de seguridad por energía de distorsión (Von Mises)	52

Anexo 8: Análisis de factor de seguridad	54
Anexo 9: Costos de fabricación	56
Anexo 10: Diagrama de procesos	62
Anexo 11: Análisis gráfico del mantenimiento	65
Anexo 12: Instrucciones de operación	67
Anexo 13: Análisis de riesgos del trabajo	70
Anexo 14: Formato de capacitación	72
Anexo 15: Diagramas	73
Anexo 16: Plan de mantenimiento	75
Anexo 17: Formato de entrevista	76
Anexo 17: Acta de aprobación de originalidad de tesis	78
Anexo 18: Originalidad de tesis	79
Anexo 19: Autorización de publicación de tesis	80

Índice de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de Variables	13
Tabla 2: Matriz Morfológica	20
Tabla 3: Matriz de ponderación por criterio.....	23
Tabla 4: Costo de materiales metal-mecánicos	56
Tabla 5: Costo de materiales hidráulicos.....	57
Tabla 6: Costos de componentes eléctricos.....	59
Tabla 7: Costos por maquinaria empleada	60
Tabla 8: Costos Generales	61
Tabla 9: Resumen cuantitativo de la entrevista.....	61
Tabla 10: Cantidad de trabajadores	61
Tabla 11: Datos de la parada de mantenimiento haciendo uso del brazo hidráulico.....	62
Tabla 12: Cantidad de trabajadores en la nueva parada de mantenimiento.....	62
Tabla 13: Plan de mantenimiento	75

Índice de figuras

Figura 1: Cilindro de simple efecto	5
Figura 2: Cilindro de Doble efecto	6
Figura 3: Pluma hidráulica	21
Figura 4: Teclé Ratchet.....	22
Figura 5: Brazo Hidráulico	22
Figura 6: Análisis del factor de seguridad	24
Figura 7: Compuerta Manhole	38
Figura 8: Paquete de freno de estacionamiento o parqueo	38
Figura 9: Componentes del paquete de freno de estacionamiento	39
Figura 10: Análisis estático extensión del brazo	54
Figura 11: Análisis estático soporte principal	54
Figura 12: Análisis estático brazo de levante	55
Figura 13: Análisis estático sistema electromecánico brazo hidráulico	55

Resumen

En el presente trabajo de tesis titulado “Mejoramiento de la eficiencia del proceso de cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E”, se tuvo por objetivo principal mejorar la eficiencia del proceso tradicional de la actividad de mantenimiento o parada de mantenimiento programada por el staff profesional de una empresa que desee efectuar el cambio de paquetes de freno de estacionamiento de sus camiones mineros en la marca Komatsu con serie 930 E.

Dentro de las actividades de mejoramiento de la eficiencia en esta actividad, se consideran 3 alternativas como propuestas para la mejora de este proceso de mantenimiento de los camiones mineros Komatsu 930 E, entre las cuales fue una pluma hidráulica como primera alternativa, la siguiente alternativa presentada fue un tecele ratchet y finalmente el diseño de un sistema electromecánico tipo brazo hidráulico de diseño propio, siendo este el seleccionado a través de una matriz de ponderación por criterio.

En el método analítico se planteó modelamientos matemáticos para demostrar que el diseño cumple con un factor de seguridad de 2,544 y así determinar que el equipo funcionará en óptimas condiciones siempre y cuando se mantenga dentro de sus parámetros de trabajo, además que las vigas y soportes no fallaran, garantizando así la seguridad del operario y la propia integridad del paquete de freno de estacionamiento de los camiones mineros Komatsu 930 E.

Además, se determinó que al implementar el nuevo sistema electromecánico tipo brazo hidráulico podemos reducir el tiempo de ejecución a un promedio de 2 horas, siendo el actual un mínimo de 4 horas, además, se puede reducir la cantidad de operarios involucrados en la actividad, de tal manera que logramos aumentar la disponibilidad del equipo en 1,2% al proceso actual.

Finalmente se concluye con una evaluación en el software de diseño en 3D SolidWorks para verificar el factor de seguridad en todo el sistema y corroborar que la viga y soporte no fallen, obteniendo así un factor de seguridad de 3,5 en la pluma de izaje.

Palabras clave: Parada de mantenimiento, paquete de freno de estacionamiento, sistema electromecánico brazo hidráulico.

Abstrac

In the present thesis work entitled “Improving the efficiency of the process of changing the parking brake packages of Komatsu 930 E trucks”, the main objective was to improve the efficiency of the traditional process of maintenance activity or maintenance stop programmed by the professional staff of a company that wishes to change the parking brake packages of its mining trucks in the Komatsu brand with 930 E series.

Within the efficiency improvement activities in this activity, 3 alternatives are considered as proposals for the improvement of this maintenance process of Komatsu 930 E mining trucks, among which was a hydraulic boom as the first alternative, the next alternative presented It was a tecele ratchet and finally the design of an electromechanical system type hydraulic arm of its own design, this being the one selected through a weighting matrix by criteria.

In the analytical method, mathematical modeling was proposed to demonstrate that the design complies with a safety factor of 2,544 and thus determine that the equipment will work in optimal conditions as long as it is kept within its working parameters, in addition that the beams and supports do not will fail, thus ensuring operator safety and the integrity of the parking brake package of Komatsu 930 E mining trucks.

In addition, it was determined that by implementing the new electromechanical hydraulic arm type system we can reduce the execution time to an average of 2 hours, the current one being a minimum of 4 hours, in addition, the amount of operators involved in the activity can be reduced, in such a way that we managed to increase the availability of the equipment by 1.2% to the current process.

Finally, it concludes with an evaluation in the 3D design software SolidWorks to verify the safety factor in the whole system and confirm that the beam and support do not fail, thus obtaining a safety factor of 3.5 in the lifting boom.

Keywords: Maintenance stop, parking brake package, hydraulic arm electromechanical system.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

En el Perú, la minería, es una de las actividades empleadas para el crecimiento y desarrollo propio de nuestro país, su actividad de extracción de minerales permite el abastecimiento de la industria manufacturera a nivel nacional, así como, a nivel internacional; según las estimaciones del Ministerio de Economía y finanzas (MEF) se precisa un incremento de inversión que se aproxima al 23 % en el año 2019 a un ritmo creciente desde el año 2011 (Universidad ESAN, 2018).

La actividad minera está conformada por etapas según el tipo de mineral que se intente obtener; para el cobre y oro principalmente se sigue el siguiente proceso: explotación, concentración, fundición y refinación. Hasta la actualidad, existen 2 tipos de explotación de minerales, subterráneas (socavones) y a cielo abierto (tajo abierto), siendo esta última la más empleada por mineras. El tipo de explotación de minerales a cielo abierto (tajo abierto), es característico por el hecho de dinamitar las rocas, cúmulos o superficies de gran altura o tamaño significativo, hasta convertirlas a dimensiones pequeñas o en el mejor de los casos pulverizarlas. Por ello suelen usar maquinarias mineras de gran tamaño para retirar todos estos cúmulos de tierra generados tras la explosión (Larrain Vial SAB, 2012).

En la actualidad, las principales empresas mineras dedicadas a la extracción y explotación de minerales en el Perú, cuentan con una flota vehicular de camiones mineros que pueden transportar grandes cantidades de masas. Estos camiones, son utilizados para transportar minerales, desmontes y ciertos materiales que se generan durante el proceso de extracción (Larrain Vial SAB, 2012).

Los camiones Komatsu 930 E por lo regular pueden transportar una carga aproximada a las 400 toneladas de material, la cual es abastecida por una excavadora frontal u otro mecanismo que contribuya a su carguío (KOMATSU, 2009).

Por ello, estos activos, son de gran importancia para la productividad de las empresas mineras, de esta manera, es necesario mantenerlos operativos en todo momento o evitar que las actividades de mantenimiento a las que se encuentran sometidas ocupen el menor tiempo posible, restringiendo su productividad o actividades a realizar dentro

de las instalaciones del plantel.

Las paradas de mantenimiento programadas (PM), son generadas por un el staff propio de una empresa, además estas actividades tienen un tiempo de duración que depende del tipo o gravedad en la cual ingresa el activo.

Los camiones mineros, Komatsu 930 E, ingresan periódicamente a la parada de mantenimiento (PM), para pasar por revisión técnica o ser sometidos a una intervención mecánica, estas actividades son ejecutas por el personal propio de la empresa o terceros que se encuentren involucrados al área de mantenimiento (Anglo American, 2007).

El cambio del paquete de frenado de estacionamiento de los camiones mineros Komatsu 930 E, forma parte de la parada de mantenimiento, cada paquete pesa aproximadamente 159 kg, los cuales se encuentran conformados por discos separador, de fricción, tapa y conjuntos de sellos con su respectiva pernería, este paquete es cambiado periódicamente tras generarse la inspección de rutina al cabo de las 500 horas (KOMATSU, 2009).

Para efectuar el cambio del paquete de frenado de estacionamiento, el o los operarios, ingresan por una compuerta ubicada en la parte posterior del camión minero denominada Manhole, para así ubicarse dentro de la cámara de aire y esto les permita realizar el montaje del nuevo paquete de frenado de estacionamiento.

Los operarios al realizar el montaje del paquete de frenado para el camión Komatsu 930 E, proceden a generar maniobras de elevación y penetración, haciendo uso de teclas ratchet y eslingas para desplazar el paquete tanto como ellos lo consideren necesario. Al ejecutar estas actividades, los operarios se ven expuestos a riesgos laborales, como por ejemplo el estrés muscular generado al encontrarse en una posición incómoda por un tiempo prolongado y a la vez realizar el traslado de cargas, en este caso, el paquete de frenado.

1.2.Trabajos previos

Las investigaciones generadas en función a los sistemas hidráulicos (Carvajal y Soria , 2008; Rucoba, 2014; Paredes Ayala, 2016) permitieron ejecutar diseños y componentes de un sistema que permite a los operarios realizar movimientos como elevación y traslación de cargas suspendidas, así mismo, la selección de los componentes idóneos para la elaboración del activo a implementar, finalmente el autor (Rucoba, 2014) sugiere que un sistema hidráulico debe constar de cuatro grados de libertad para una correcta y optima funcionalidad del activo.

Los autores de las investigaciones de los brazos mecánicos – hidráulicos de elevación de carga (Uceda Medina, 2017; Novoa Portal, 2019; Rupay Huamán, 2019) sostienen que para mover componentes de gran tamaño o masas con un peso relativamente mayores a los 100 kg, es necesario hacer uso de cilindros hidráulicos, el autor (Uceda Medina, 2017) menciona que para el sistema tipo brazo hidráulico a implementar, es necesario hacer uso de un cilindro hidráulico en vertical si se pretende ejercer la elevacion de la carga y otro de manera horizontal para extender la carga que se esta transportando.

1.3.Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Sistema hidráulico

Un sistema hidráulico es un mecanismo que permite la aplicación de fuerzas a través de una presión constante o variable sobre determinado fluido (gas o líquido), de tal forma que este pueda ser regulada o distribuida en diversos componentes o elementos (McKinley, 2010).

1.3.2. Brazo hidráulico

Un brazo hidráulico es un sistema capaz de realizar actividades involucradas al movimiento de cargas de manera segura y rápida, con la finalidad de aumentar u optimizar un proceso de producción. Todo brazo hidráulico debe constar de cierta cantidad de articulaciones y grados de libertad que le permitan realizar actividades que el operario designe convenientes para el trabajo a desarrollarse (McKinley, 2010).

Por lo tanto, la presencia de un cilindro hidráulico es primordial para este sistema, además el cilindro es ubicado convenientemente según el tipo de movimiento o movimientos que realizará el activo ya sea elevación, penetración o rotación.

Lorente (2010) sugiere que los principales componentes de un sistema hidráulico son: cilindro, motores, válvulas hidráulicas.

1.3.3. Cilindro hidráulico

Un cilindro hidráulico es un recipiente compuesto por un pistón deslizante dentro del mismo, de esta manera transforma la energía hidráulica en energía mecánica, por lo tanto, ejerce un movimiento rectilíneo, además existen dos tipos de cilindros usados con mayor frecuencia, como, cilindro de simple efecto y cilindro de doble efecto (Czekaj, 1988).

1.3.3.1. Cilindro de simple efecto

El cilindro de simple efecto o émbolo buzo, es característico porque el vástago realiza actividades como pistón, además mantiene de forma uniforme su diámetro, por ello, tiene una sola vía de ingreso del fluido, de esta manera el regreso del vástago se debe al peso del mismo o usando otro mecanismo como resorte (Czekaj, 1988).

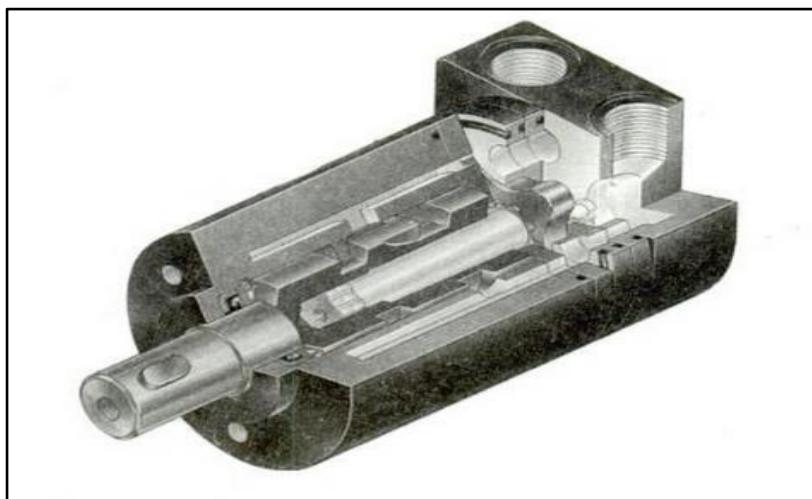


Figura 1: Cilindro de simple efecto. Obtenido de Czekaj (1988).

1.3.3.2. Cilindro de doble efecto

Los cilindros de doble efecto son característicos por poseer dos vías de ingreso del fluido, de esta manera el retorno del vástago se realiza cuando el fluido ingresa por la vía de retorno del vástago u orificio de alimentación, entre los cilindros de doble efecto, el autor señala dos tipos de cilindros usados en procesos regulares, los cuales son los siguientes: cilindros de una etapa y cilindros de telescópicos (Czekaj, 1988).

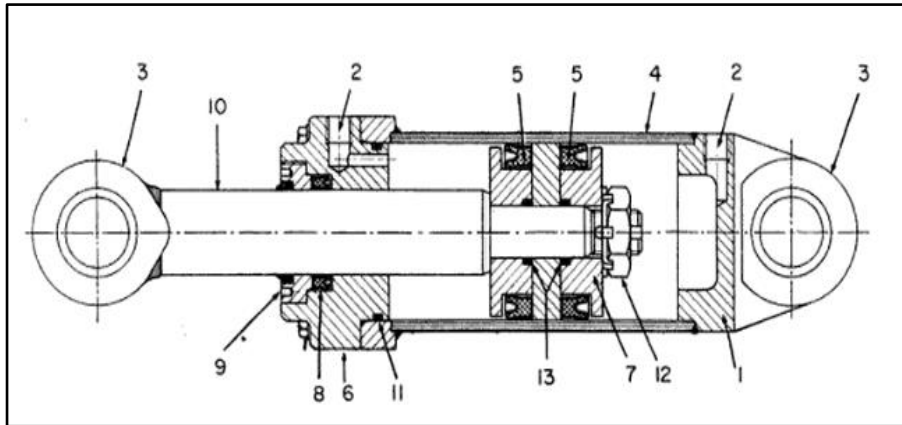


Figura 2: Cilindro de Doble efecto. Obtenido de Czekaj (1988).

1.3.4. Bomba hidráulica

Se define a las bombas hidráulicas como unas máquinas que transforman la energía mecánica en energía cinética, estas máquinas suelen restituir al líquido que la atraviesa, transformándola así en energía hidráulica, por ello, el autor considera que este tipo de máquinas son usadas para impulsar toda clase de fluidos (agua, aceites, combustibles, entre otros), no obstante, las bombas hidráulicas, también son empleadas para bombear líquidos espesos o con mayor viscosidad como el aceite (Czekaj, 1988).

1.3.5. Frenos antibloqueo

Los sistemas de frenos antibloqueo de ruedas (SFA) pueden clasificarse en función al sistema de mando y a la cantidad de ruedas controladas de forma independiente en función a su sistema acoplado, por ende, los sistemas de mando son clasificados en función al tipo de sistema de freno antibloqueo, el cual es controlado por un mando electrónico, así mismo la cantidad de ruedas controladas de forma independiente dependerá de la cantidad de vías utilizadas en el sistema de freno antibloqueo (Marti, 1993).

El camión Komatsu 930 E, está equipado con tres tipos de frenos, los cuales son: Freno de servicio, freno de carga/descarga y freno de estacionamiento o parqueo (KOMATSU, 2009).

1.3.6. Freno de estacionamiento

El freno de estacionamiento es un sistema que permite mantener al vehículo totalmente inmóvil o en una posición de paqueo, este sistema está compuesto principalmente por un conjunto de discos montados que conforman un paquete de freno de estacionamiento, los cuales son introducidos por un compartimiento (Manhole) para luego ser montados en cada eje del motor de la rueda (Anglo American, 2007).

1.3.7. Caudal

El caudal es la cantidad de fluido que pasa o circula a través de una sección o conducto por una unidad de tiempo, para medir el caudal se debe tener dos variables, las cuales son el área del conducto o sección transversal con la una unidad de metros al cuadrado y la velocidad con la que circula el fluido por su interior medida en metros por segundo, obteniendo así un flujo volumétrico en una unidad de metros cúbicos por segundo (Mott R. , 2015).

1.3.8. Presión

La presión de operación es la fuerza ejercida de forma perpendicular a todas a las paredes del recipiente o conducto que mantenga al fluido dentro del mismo, la presión es medida en función a las variables de Fuerza en unidad de Newton y área en unidades de metros cuadrados (Mott R. , 2015).

1.3.9. Momento flector

El momento flector es la flexión o momentos resultantes de una distribución de tensiones sobre una superficie como vigas, lozas o piezas constructivas; a través de las cuales se analiza la deformación máxima que esta pueda tener cuando es aplicada un carga o fuerza perpendicular sobre el mismo (Rodón, 1979).

1.3.10. Potencia

Se considera como potencia de la bomba a la energía que usa la bomba para obtener una masa líquida por segundo, donde las variables a determinar es la variación de la presión y el caudal de operación, así mismo, la bomba suele absorber más potencia de la que logra desarrollar (Martínez Cañadas, 1993)

$$\dot{W}_B = \Delta P \cdot Q_B$$

1.3.11. Teoría de fallas de Von Mises

La teoría de fallas de Von Mises es el estudio de cuerpos o materiales dúctiles, donde se lograba determinar el fallo elástico cuando su distorsión elástica excede su valor máximo, de esta manera se determina el factor de seguridad del material o cuerpo a evaluar (Mott R. L., 2006)

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$

1.3.12. Razón de Esbeltez

Para cálculo de la razón de Esbeltez, se considera necesario primero determinar el coeficiente principal de la carga crítica de pandeo, este método nos permite obtener la matriz de rigidez, el cual puede ser calculado con el método de elementos finitos (Oliva & Navarro, 2018).

$$r_{e_l} = \left(\frac{L}{k} \right)_l$$

1.3.13. Carga crítica

La carga crítica en un sistema se presenta cuando una estructura es cargada axialmente, de este modo en primera instancia esta estructura se acorta, se pandea, la deformación que se presenta en la estructura va de acuerdo a la misma dirección de la carga, por ende, si una estructura sobrepasa sus parámetros establecidos presentará deformación torsional o por sus laterales (Valencia Clement, 2006).

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{C \cdot E}$$

Durante el proceso regular del cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E, se efectúan diferentes métodos que evitan la disponibilidad pronta del activo, del mismo modo los operarios se ven expuestos a riesgos laborales. Por ello, se presenta la siguiente formulación del problema, el cual se determinó a través de la siguiente pregunta:

1.4. Formulación del problema

¿Es posible mejorar la eficiencia del proceso de cambio de paquete de freno de estacionamiento para los camiones Komatsu 930 E, mediante el diseño de un sistema electromecánico de desplazamiento?

1.5. Justificación del estudio

Justificación tecnológica

Este estudio se justifica en el aspecto tecnológico pues contribuye al desarrollo de nuevos métodos para la elaboración de posibles alternativas de diseño usados para el movimiento o traslado de cargas, haciendo uso de sistemas hidráulicos.

Justificación económica

Este estudio se justifica en el aspecto económico ya que el mejoramiento de la eficiencia en el cambio del paquete de frenado de estacionamiento significará un ahorro en los procedimientos de mantenimiento del camión, pues se requerirá menor cantidad de operarios, por ello el gasto de nómina disminuirá, así mismo el activo (camión Komatsu 930 E) disminuirá su tiempo dentro de la parada de mantenimiento, de esta manera se aumentará la disponibilidad del camión.

Justificación social o seguridad laboral

En el aspecto de seguridad, la mejora de la eficiencia en el proceso regular de cambio de paquetes de freno, contribuye a la disminución de la tasa de accidentalidad dentro de las compañías mineras, así mismo, evita el estrés muscular el cual es generado al encontrarse en espacios incómodos, confinados o de poca libertad para la ejecución de maniobras mecánicas.

1.6.Objetivo

1.6.1. Objetivo general

El objetivo general de esta investigación es mejorar la eficiencia del proceso de cambio de paquete de freno de estacionamiento para los camiones Komatsu 930 E, mediante un sistema de desplazamiento electromecánico.

1.6.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Evaluar las características del actual proceso de cambio de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E.
- Proponer alternativas para el montaje de los paquetes de freno de camiones Komatsu 930 E.
- Diseñar y simular los componentes del sistema seleccionado.
- Evaluar la eficiencia del proceso con el sistema electromecánico implementado.

1.7.Hipótesis

La hipótesis para este estudio sostiene que, el diseño de un sistema de desplazamiento electromecánico si mejora la eficiencia de un proceso regular de la actividad de mantenimiento en el cual se efectúa el cambio de paquete de freno de estacionamiento para los camiones Komatsu en la serie 930 E.

II. Método

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación aplicada corresponde al tipo de investigación práctica, pues relaciona todos los conocimientos adquiridos para luego ser utilizados dentro de un marco teórico, de esta manera el problema es planteado por el autor (Bernal y Ortiz, 2007).

Esta investigación se considera que es aplicada porque busca proponer una alternativa de solución a una problemática que corresponde al método empleado para el cambio de paquetes de freno de estacionamiento o parqueo de los camiones Komatsu 930 E, actividad que es ejecutada dentro de una parada de mantenimiento.

Diseño de investigación

Una investigación es de nivel descriptivo por el hecho que contiene técnicas para la recolección y estudio de datos como fuente principal del análisis documental, además las preguntas o cuestionarios son planteadas por el investigador en relación a los datos que desee obtener dentro de su investigación, para así más adelante se convierta en la base de otras investigaciones (Bernal, 2006).

Por lo tanto, el nivel al que corresponde esta investigación es descriptivo, porque especifica características relacionadas a los paquetes de freno de estacionamiento del camión Komatsu 930 E.

No obstante, el diseño de esta investigación es no experimental.

2.2. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
carga	independiente	La carga es un volumen o la extensión de fuerzas que actúan sobre otro objeto, siendo asignado como peso (Soria & Carvajal, 2008).	La carga aplicada en esta investigación equivale al peso propio del paquete de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E.	Peso del paquete de freno de estacionamiento	Nominal
Característica de desplazamiento		Es un vector de cantidad física que requiere especificaciones como dirección y magnitud (Serway & Faughn, 2001).	Se considerada como parte del diseño el tipo de movimientos que efectuará el brazo para ejecutar la actividad de montaje.	Elevación Penetración	Ordinal

Eficiencia del proceso	dependiente	Para garantizar la eficiencia de un proceso, es necesario evaluar La resistencia mecánica de un material, es la resistencia a la deformación lo que nos permite determinar cuándo un material se rompe al estar sometido a fuerzas externas (Falk, 1986).	La eficiencia de un proceso se garantiza a través de la evaluación de la resistencia mecánica de cada uno de los componentes que presente una máquina o diseño a implementar.	Resistencia Mecánica	intervalo
costos		Es un valor monetario asignado a una actividad, materia o proyecto a desarrollar (Arredondo Gonzáles, 2015)	Dinero invertido para la ejecución o construcción de un proyecto.	Costo / Beneficio	Intervalo
Tiempos		Corresponde a la unidad física que permite cuantificar un conjunto de datos (Sedgewick, 1995).	Denominado también como periodo en el cual se desarrolla una actividad.	Tiempo del proceso	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población evaluada en esta investigación son todos los camiones Komatsu 930E utilizados o empleados dentro del proceso de extracción de minerales.

Muestra

La muestra tomada para el desarrollo de esta investigación corresponde a un camión Komatsu 930 E.

Muestreo

Finalmente, el muestreo de esta investigación es no probabilístico por conveniencia, pues las unidades muestrales son seleccionadas por el autor basado a su criterio de investigación, de esta manera no son elegidas al azar.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La entrevista es un método utilizado en la investigación científica, que permite obtener datos cualitativos o cuantitativos en relación a un tema determinado, el formato que se utiliza es estructurado por el entrevistador, además su característica principal es la existencia de la interacción profesional que permite generar un vínculo de confianza entre el entrevistado y entrevistador, de esta manera el intercambio de ideas termina siendo de forma espontánea (Kvale, 2011).

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos de esta investigación, están basadas en función a las entrevistas generadas a las personas involucradas en la actividad del cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E, obteniendo así un tiempo promedio de la ejecución de esta actividad de mantenimiento, además por percepción los riesgos en los que se puede encontrar el personal.

En conclusión, esta investigación presenta un análisis obtenido a través de la entrevista y análisis documental en relación a los paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E.

Finalmente, los instrumentos de investigación utilizados fueron: el cuestionario aplicado dentro de la entrevista y la hoja de registro o ficha de registro.

2.5. Procedimiento

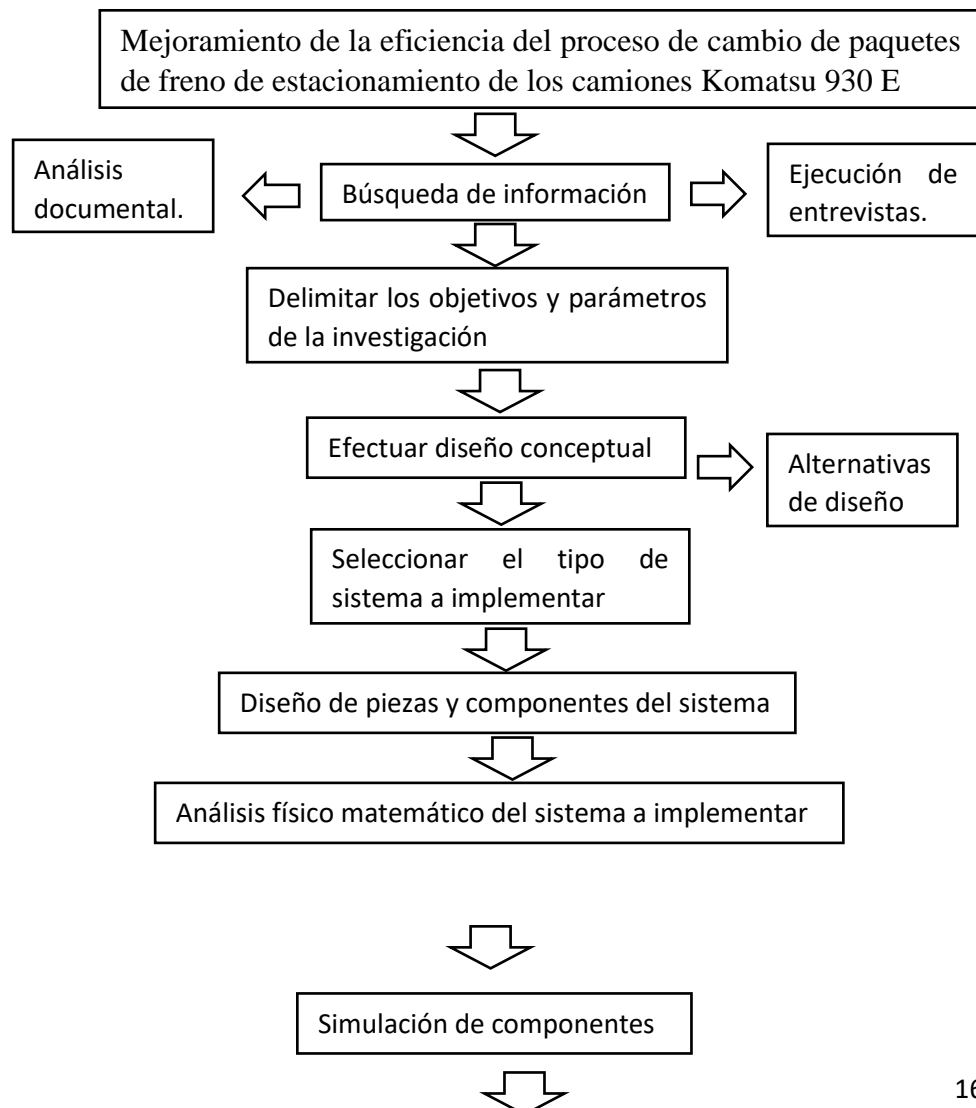
El procedimiento aplicado para la obtención de datos es el uso de libros,

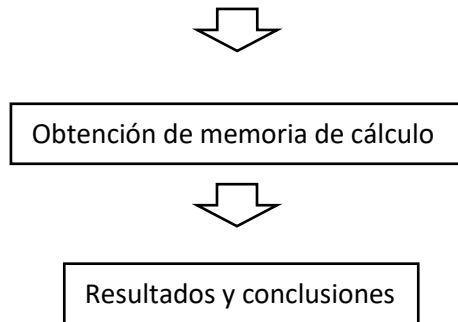
manuales y entrevistas a personas que desarrollen o hayan desarrollado la actividad del cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E.

Para el desarrollo de esta investigación se considera necesario recurrir a la información brindada por el fabricante de los paquetes de freno de estacionamiento o parqueo de los camiones mineros Komatsu Mitsui 930 E, en los cuales se obtuvo medidas superficiales del componente, así como, su masa específica del componente.

Finalmente, para lograr determinar el tiempo, la cantidad de operarios involucrados en la actividad del cambio de paquete de freno de estacionamiento y la presencia de riesgos al ejecutar este mantenimiento es necesario generar una entrevista, en la cual se plantearon seis preguntas para así obtener datos concisos para el desarrollo de esta investigación.

No obstante, se procederá a generar un estudio físico matemático sobre el sistema a implementar, para así poder validar y obtener la confiabilidad del activo al momento de desarrollar su actividad dentro del proceso del cambio de los paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E.





2.6. Método de análisis de datos

Se considera necesario el uso del diseño conceptual, para poder generar diferentes alternativas de mejora en el proceso del cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E. El diseño conceptual tiene por finalidad conocer y obtener los principios de coexistencia funcional, de esta manera se busca la solución a un determinado problema, puede ser utilizado como método para determinar materiales, diseños, con la finalidad que estos cumplan con ciertos requerimientos, haciendo uso de criterios de selección (Boccardo, 2006).

Es necesario proceder a realizar los cálculos correspondientes a los esfuerzos, momento flector, pues el sistema a diseñar se encontrará sometido a esfuerzos dinámicos, se conoce que el paquete de freno de estacionamiento posee una masa de 159 kg, la cual será trasladada de un punto a otro, ejecutando así tres movimientos, los cuales son los siguientes: elevación, penetración y rotación.

Para ejecutar el diseño del sistema a implementar en la actividad de mantenimiento, es necesario hacer uso de un software como el Solid Works, el cual permite generar una memoria de cálculo o análisis de elementos finitos, de esta manera se podrá garantizar la calidad y confiabilidad del equipo (sistema) a desarrollar.

2.7. Aspectos éticos

Esta investigación tiene el criterio de objetividad, pues realiza un análisis de datos encontrados a través de manuales, libros y entrevistas ejecutadas a personas involucradas en la parada de mantenimiento.





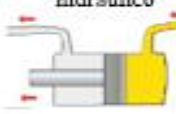







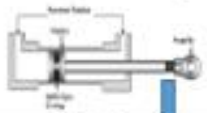



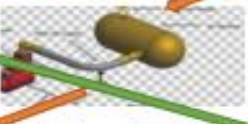




Se considera con originalidad esta investigación porque se menciona y cita a los autores que permitieron definir y conceptualizar la información mostrada en la investigación, además se procedió a agregar todas las referencias bibliográficas relevantes.

Se le atribuye el criterio de veracidad en esta investigación, por el hecho de que toda la información mostrada y desarrollada es verdadera.

III. Resultados

En la siguiente tabla se muestra la matriz morfológica, presentando tres alternativas de componentes a implementar en el diseño a ejecutar, cada alternativa se encuentra ubicada secuencialmente, así mismo están distribuidas en relación al tipo de función que pueda ejecutar la máquina a implementar.

Tabla 2: Matriz Morfológica

N	Función	Alternativa1	Alternativa2	Alternativa3
1	Elevación de carga	Manual 	Uso de tecla ratchet 	Pluma / brazo 
2	Desplazamiento horizontal	Mecánico 	hidráulico 	neumático 
3	Fuente de alimentación	Mecánico 	Eléctrica 	Combustión 
4	Tipo de sujeción del paquete de freno	Pinzas garras paralelas 	Pinzas garras angulares 	Base con garras fijas 
5	Actuador	Cilindro con vástago 	Servomotor 	Engranajes 
6	sistema de accionamiento	Hidráulico 	Neumático 	Robótico 
7	Control de posición	Joystick 	Pulsadores/contactores 	Manual 
		Alternativa1	Alternativa 2	Alternativa3

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la alternativa correcta de diseño, se procedió a evaluar métodos existentes, usados para la traslación y manejo de cargas, de esta manera se describe el funcionamiento y componentes usados que pueden ser aplicados para el cambio del paquete de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E, presentando una masa de 159 kg.

Como primer concepto de diseño se presenta una pluma de izaje o elevación de carga, esta máquina presenta una estructura liviana y resistente para trabajos que presenten cargas de 1 a 2 toneladas, facilitando así el trabajo a ejecutar por el operador dentro de su programación o parada de mantenimiento, esta máquina está compuesta cuerpos o estructuras de material ASTM A-36 y un actuador mecánico (gata hidráulica) usado solo para elevar la carga (Truper, 2013).

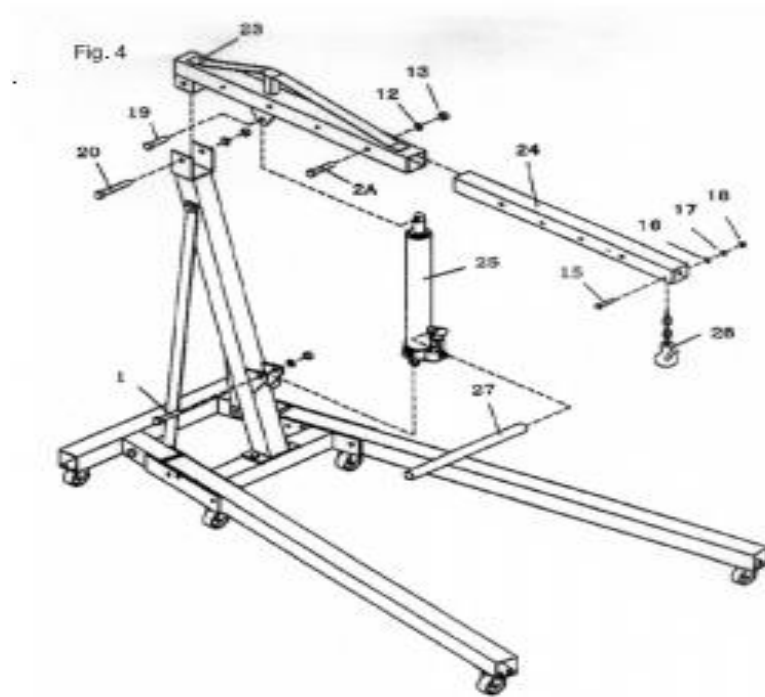


Figura 3: Pluma hidráulica. Obtenido de (Truper, 2013).

Como segundo concepto de diseño se presenta un tecele ratchet de ½ tonelada, usado para trabajos solo de elevación de carga de forma mecánica, el cual está diseñado con un mecanismo de dos paros de transmisión de engranajes de ruedas dentadas instaladas simétricamente, este activo es utilizado por lo regular en fábricas, minas o sitios de construcción (Truper, 2013).

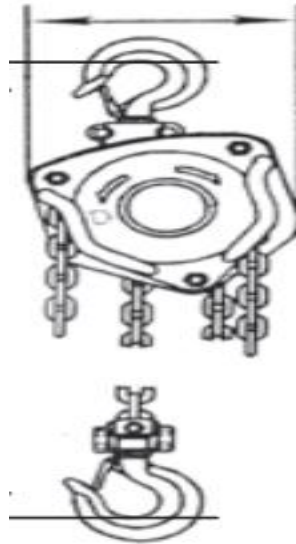


Figura 4: Tecele Ratchet. Obtenido de (Truper, 2013).

Finalmente, como tercer concepto de diseño se presenta un brazo hidráulico con características similares al funcionamiento de la pluma hidráulica, pero este dispositivo presenta un mecanismo que permite el desplazamiento horizontal y axial de la carga, así mismo es idóneo para trabajos que requieran precisión y transporte de cargas.

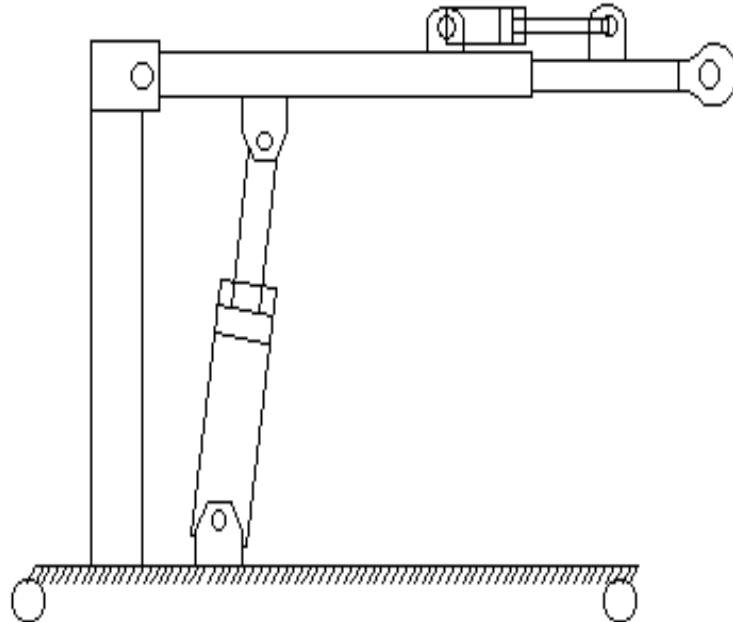


Figura 5: Brazo Hidráulico. Elaboración propia.

A continuación, se procedió a efectuar una evaluación técnica por el método de evaluación de proyectos mecánicos según VDI 2225, donde el valor técnico idóneo requerido pertenece a la solución o alternativa de solución

número tres, el cual presenta un valor de 0.846, siendo este el valor más cercano al valor técnico ideal.

Tabla 3: Matriz de ponderación por criterio.

Proyecto: MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DEL CAMBIO DE PAQUETES DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO DE LOS CAMIONES KOMATSU 930 E

p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0= No satisface 1= Aceptable a las justas 2= Suficiente 3=Bien 4= Muy Bien (ideal) g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.

Criterios de Evaluación técnica para diseños en fase de conceptos o proyectos.

Variantes de concepto		“g”		S1		S2		S3		Solución Ideal	
Nº	Criterio de evaluación	%	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	
1	Eficiencia	4	2	8	2	8	4	16	4	16	
2	Fabricación	3	3	9	0	0	3	9	4	12	
3	Transporte	2	2	4	1	2	4	8	4	8	
4	Operación	3	3	9	2	6	3	9	4	12	
5	Tamaño	1	3	3	4	4	2	2	4	4	
Puntaje Total (PT):		13		33		20		44		52	
Puntaje Total (PT/100%):				0.33		0.2		0.44		4	
Valor técnico (Vi):				0.634615		0.384615		0.846153		1	

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las actividades de diseño de máquinas, se consideran criterios de evaluación y selección de materiales a utilizar, principalmente se hace referencia a que estos deben estar en el mercado o sean comerciales para lograr la efectividad al momento de construir el sistema o máquina a implementar, por ello, el material seleccionado para

este diseño del brazo hidráulico para el cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E es ASTM A-36.

Una vez definido el material procedemos a determinar las reacciones producidas en cada componente del brazo hidráulico y todo el sistema, obteniendo así el valor de todas las variables para determinar el factor de seguridad.

Entonces el factor de seguridad, bajo carga estática, según la teoría de falla de Von Mises obtenemos un valor de 2,5.

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$
$$F_s = \frac{250}{\sqrt{(97,13)^2 + 3(8,648)^2}}$$
$$F_s = \frac{250}{98,278}$$
$$F_s = 2,544$$

Cuando procedemos a evaluar el brazo hidráulico en el software de diseño en 3D SolidWorks obtenemos un factor de seguridad de 3.5.

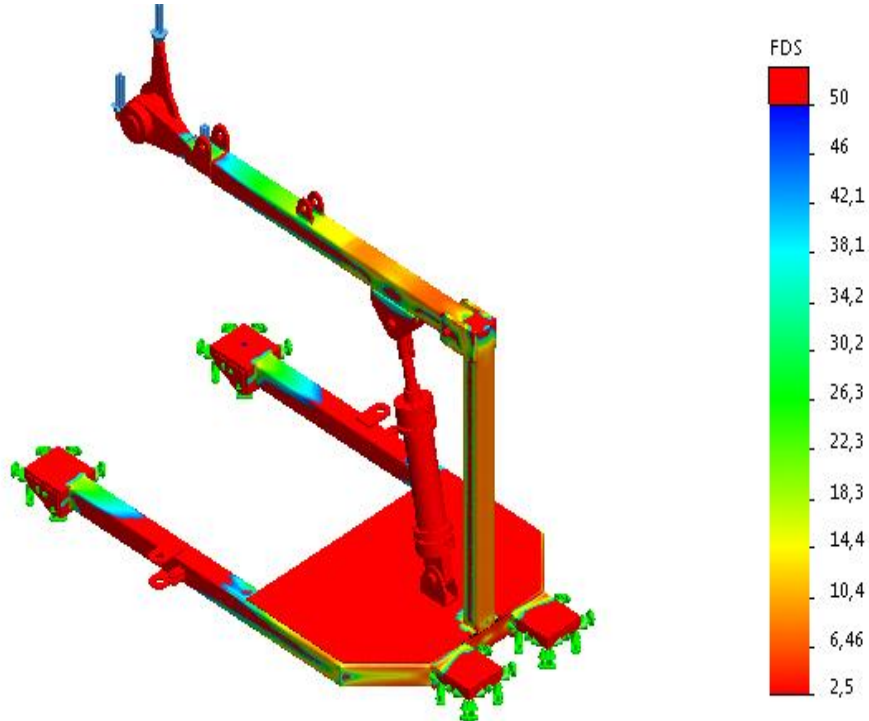
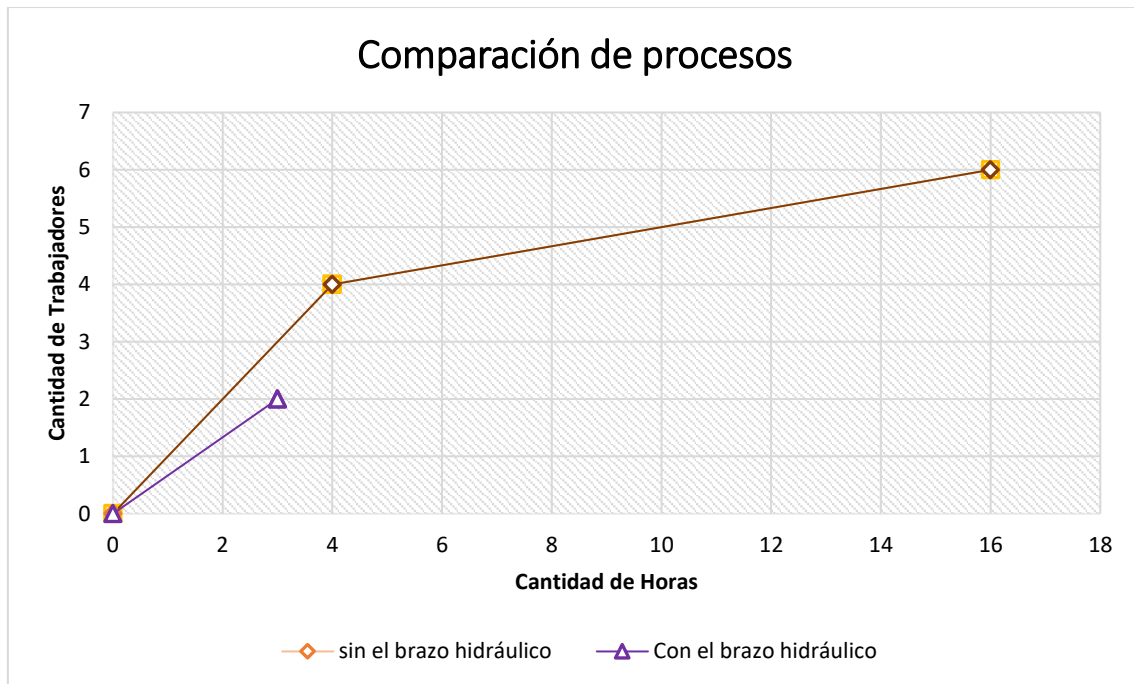


Figura 6: Análisis del factor de seguridad. Elaboración propia.

Gráfico 1: Proceso de rutina vs Nuevo proceso



Fuente: Elaboración propia.

Al evaluar el proceso tradicional de cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones mineros Komatsu 930 E, con el nuevo sistema a implementar, brazo hidráulico, se determinó que existe una reducción del tiempo de operación y la cantidad de personas involucradas en esta parada de mantenimiento, además se logra determinar que la disponibilidad aumenta en 1,2 % al proceso actual.

Finalmente, al generar una evaluación económica de los materiales que se necesitan para la construcción del brazo hidráulico para el cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E, determinamos que asciende a un monto relativo de S/. 17 722,70.

IV. Discusión

Dentro del análisis para el diseño del brazo hidráulico, se hace referencia que se debe constar de 3 grados de libertad para un óptimo desempeño y funcionalidad del equipo, pero la cantidad de grados de libertad es directamente proporcional a los tipos de movimientos que realice el brazo hidráulico. Para efectuar las labores de las actividades programadas dentro de la parada de mantenimiento de los camiones mineros Komatsu 930 E, es necesario efectuar por lo menos 3 desplazamientos, los cuales son: elevación, traslación o penetración axial y rotación o posicionamiento de la carga, por ende, es justificable hacer uso de 3 grados de libertad en este brazo hidráulico.

El brazo hidráulico a implementar presenta una similitud de funcionamiento con la pluma hidráulica en relación a la elevación de las cargas, pese a esto la pluma hidráulica no puede ejecutar actividades de traslación axial de la carga pues su brazo de extensión es fijo o regulable manualmente, pero para ello se requiere que el sistema no esté en plena actividad, por el contrario el brazo hidráulico a implementar presenta un cilindro que al ser activado desplaza su vástago al exterior y por ende la extensión del brazo también se desplaza, de esta manera se le facilita al operario ejecutar el posicionamiento de su carga (paquete de freno de estacionamiento).

Dentro de la evaluación de los análisis de cargas en el mecanismo del brazo hidráulico a implementar, fueron evaluados como cargas estáticas para determinar el momento flector sin desestabilizar la carga.

Se consideró usar la propuesta del autor Uceda medina, en relación al posicionamiento del cilindro hidráulico casi en forma vertical como mejora para la elevación de la carga y obtención de una altura mayor.

Al efectuar las entrevistas, se obtuvo que existe un tiempo promedio de ejecución del cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E, este valor se encuentra relacionado entre las 4 horas a 8 horas, pero si implementamos el brazo hidráulico como mejora de la eficiencia en el proceso de mantenimiento, el tiempo promedio a efectuar la actividad es 2 horas. Con este dato determinamos que al reducir el tiempo de ejecución de la parada de mantenimiento y reducimos también la cantidad de operarios involucrados en esta actividad.

Se realizó un cálculo matemático, en el cual se demostró el porcentaje de la disponibilidad actual del camión minero Komatsu 930 E y la disponibilidad que podría tener si implementamos un sistema electromecánico, brazo hidráulico, demostrando así

que este valor (disponibilidad) puede ascender en 1,2 % al valor actual del proceso regular de cambio de paquete de freno de estacionamiento.

En el aspecto de seguridad en función al riesgo por accidentes para los operarios que efectúen la labor de mantenimiento y la propia integridad del paquete de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E, ambos se encuentran seguros, por la evaluación de la resistencia mecánica, de forma analítica y al contrastar estos valores con el análisis de los elementos finitos en el software de diseño SolidWorks, se determinar que el equipo no fallará.

V. Conclusiones

Se evaluó las características de la eficiencia actual en el proceso tradicional de la parada de mantenimiento de los camiones Komatsu perteneciente a la serie 930 E, determinando así que el tiempo promedio a ejecutar esta actividad se encuentra entre el rango de las 4 a 8 horas, así mismo la cantidad de personas involucradas en esta actividad son 5 trabajadores, entre ellos 4 operarios y 1 supervisor.

Se logró determinar la alternativa correcta de solución, el cual es un sistema electromecánico en forma de un brazo hidráulico para el izaje y desplazamiento de cargas de un punto a otro, además se efectuó un análisis técnico a las propuestas señaladas, asignándoles un ponderado, donde la alternativa 3 o tercer concepto resultó el más idóneo para este tipo de trabajo a ejecutarse dentro de las paradas de mantenimiento que puedan existir.

Se efectuó un modelamiento matemático indicando todas las reacciones encontradas en los componentes del brazo hidráulico, para ello se hizo uso de los diagramas de cuerpo libre para determinar la fuerza resultante en cada componente del sistema a implementar, además el momento flector en el despiece y obtener así la respuesta a las variables matemáticas para determinar el factor de seguridad.

Se diseñaron los componentes del sistema electromecánico, brazo hidráulico, evaluando así, su resistencia mecánica mediante el cálculo correspondiente a la teoría de fallas de Von Mises determinamos que el factor de seguridad de la viga principal corresponde a un valor de 2,544, por ende, se entiende que la viga no fallará, así mismo si evaluamos el factor de seguridad en la columna tipo soporte determinamos que obtenemos un valor de 2,245, por ende, este soporte tipo columna no fallará.

Se hizo uso del software de diseño en 3D SolidWorks y así determinar los esfuerzos producidos por las cargas externas en el mecanismo obteniendo los factores de seguridad de 3,5 para la pluma del brazo hidráulico.

Se determinó que al implementar el nuevo sistema electromecánico para el cambio del paquete de freno de estacionamiento de los camiones mineros Komatsu 930 E, podemos reducir el tiempo de ejecución a un promedio de 2 horas, además, se puede reducir la cantidad de operarios involucrados en la actividad, de tal manera que logramos aumentar la disponibilidad del equipo en 1,2% al proceso actual.

VI. Recomendaciones

Se recomienda que, en la construcción e instalación del brazo hidráulico, este sea efectuado en función a las medidas brindadas en los planos, pues la modificación o alteración de los mismos puede variar parcialmente los parámetros de resistencia o deformación.

Se recomienda actualizar la lista de precios de los materiales a utilizar, pues estos pueden variar en el presupuesto final cuando se desee ejecutar.

Se recomienda ejecutar una actividad de mantenimiento después de hacer uso del brazo hidráulico como medida preventiva, pues dentro de la parada de mantenimiento este activo puede ser golpeado o descalibrado, así mismo es necesario verificar que no exista fugas de aceite.

Se recomienda verificar el nivel del fluido dentro del depósito hidráulico antes de dar funcionamiento al activo, para evitar posibles fallas o disminuir ligeramente su funcionalidad.

Se recomienda como actividad de mejora acoplar un dispositivo de visión artificial y linterna en el extremo de la pluma, de esta manera el operario del brazo hidráulico puede hacer un reconocimiento del espacio de trabajo (cámara de aire) antes de desarrollar la actividad de mantenimiento en los camiones Komatsu 930 E.

Referencias

Alonzo, F., y Bravo, M. (2014). *Diseño, construcción y control de un brazo robótico*. Quito, Ecuador.

Anglo American. (2007). Curso de mantenimiento de camiones Komatsu 930 E - 830 E. *Frenos*, p. 4.

Arredondo Gonzáles, M. M. (2015). *Contabilidad y Análisis de Costos*. Azcapotzalco, México: Patria.

Batz, C. (2005). *Diseño y construcción de un brazo robótico*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Bernal, M., y Ortiz, E. (2007). *Importancia de la incorporación temprana a la investigación científica en la Universidad de Guadalajara*. Guadalajara, Mexico.

Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación*. Naucalpan de Juárez, México: PEARSON Educación.

Boccardo, R. (2006). *Creatividad en la Ingeniería de diseño*. Estado de Miranda, Venezuela: Equinoccio.

Cromer , A. (2006). *Física en la ciencia y en la industria*. Barcelona, España: Reverté S.A.

Czekaj, D. (1988). *Aplicaciones de la Ingeniería: Maquinaria hidráulica en embarcaciones pesqueras pequeñas*. Roma: Departamento de pesca de la FAO.

Duarte, C., y Niño, J. (2004). *Introducción a la mecánica de fluidos*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Falk, D. (1986). *Metalotecnia fundamental*. Barcelona, España: Reverté.

García, E. (2015). *Gestión de la prevención de riesgos laborales en pequeños negocios*. Madrid, España: Paraninfo.

Henao, F. (2014). *Lesiones profesionales e inspecciones de control*. Bogotá, Colombia: Ecoe.

Hernández, M., y Méndez, S. (2010). *Diseño y construcción de un manipulador neumático de configuración cilíndrica*. San Salvador, El Salvador.

Hidrostal S.A.C. (2013). Curso de bombas centrífugas. Lima. Obtenido de <http://www.hidrostal.com.pe/index.html>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1996). *El ABC de la productividad*. Aguascalientes, Mexico: INEGUI.

KOMATSU. (2009). Sistema hidráulico frenos. *Estructura y función*, p. 30-35.

Kvale, S. (2011). *Las entrevistas en Investigación Cualitativa*. Madrid, España: Morata.

Larrain Vial SAB. (2012). Minería en el Perú. *Realidad y perspectiva*, p. 31-33.

Lorente, J. (2010). *Programación de Tecnología para 4o ESO*. Sevilla, España.

Marti, A. (1993). *Frenos ABS*. Barcelona, España: Marcombo.

Martínez Cañadas, M. A. (1993). *Hidráulica aplicada a proyectos de riego*. Murcia, España: El taller.

McKinley, J. L. (2010). *Entrenamiento Y Reparacion de Aviones*. Barcelona: Reverté.

Ministerio de Educación y Cultura. (1994). *Mantenimiento y servicios a la producción*. España: Delibros.

Mott, R. (2015). *Mecánica de Fluidos (7 ed. ed.)*. México: Addison-Wesley.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*. Naucalpan de Juárez, Mexico: PEARSON.

Novoa Portal, R. R. (2019). *Diseño de brazo para cambio de linner de molino de bolas de 16.5'x24'*. Tesis, Universidad Continental, Arequipa.

Oliva, M., y Navarro, A. (2018). *Diseño de máquinas*. Universitas.

Paredes Ayala, J. A. (2016). *Diseño de una plataforma hidráulica de 6 niveles para elevar 24 sacos de azúcar en la empresa Lindley S.A. - Trujillo*. Tesis, Universidad César Vallejo, Trujillo.

Reyes, A. (2011). *Estudio de automatización de un brazo neumático para facilitar procesos de aprendizaje en el laboratorio de neumática de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato*. Ambato, Ecuador.

Rodón, E. (1979). *Tratado de Construcción*. Barcelona, España: Reverté.

Rucoba, A. (2014). *Diseño de un brazo robot hidráulico de desplazamiento automático asistido por computadora*. Tarapoto, Perú.

Serway, R., y Faughn, J. (2001). *Física*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson.

Soria, R., y Carvajal, P. (2008). *Diseño de un brazo hidráulico para movilizar carne*. Quito.

Uceda Medina, C. E. (2017). *Diseño de un brazo mecánico de una tonelada de carga y tres metros de elevación para la empresa Metarqel S.A.C.* tesis, Universidad César Vallejo, Trujillo.

Valencia Clement, G. (2006). *Estructuras de acero. Introducción al diseño*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Anexos

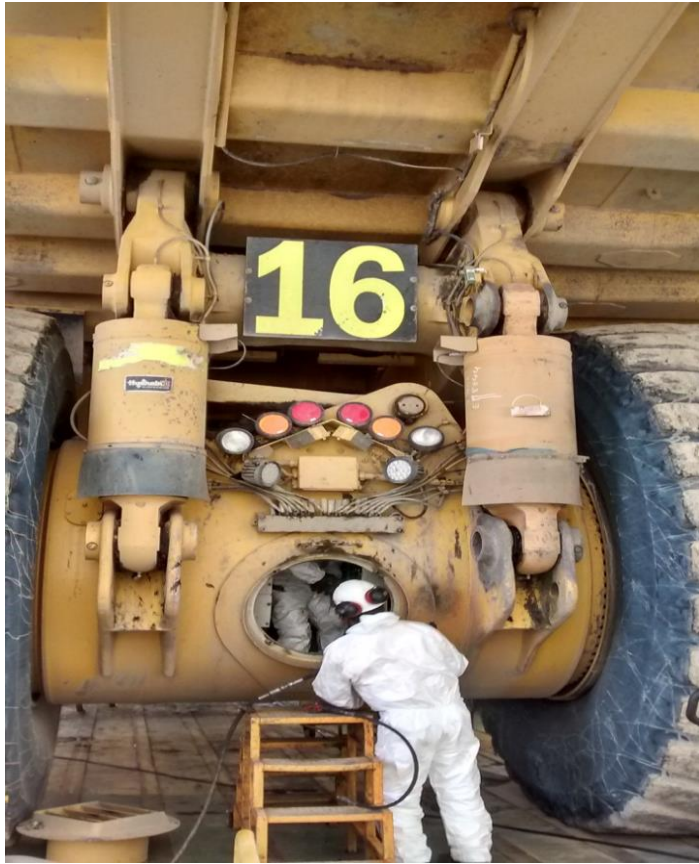


Figura 7: Compuerta Manhole. Elaboración propia.

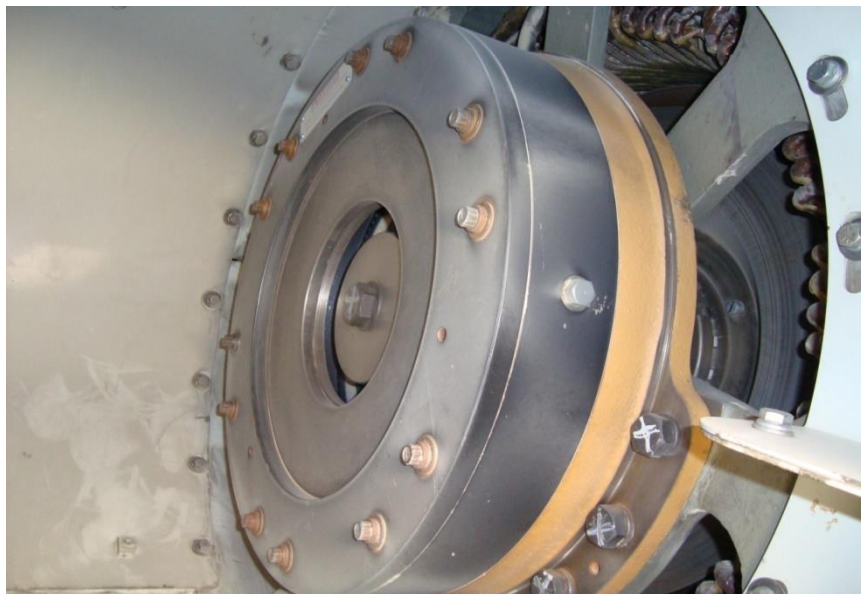


Figura 8: Paquete de freno de estacionamiento o parqueo. Obtenido de Anglo American (2007).

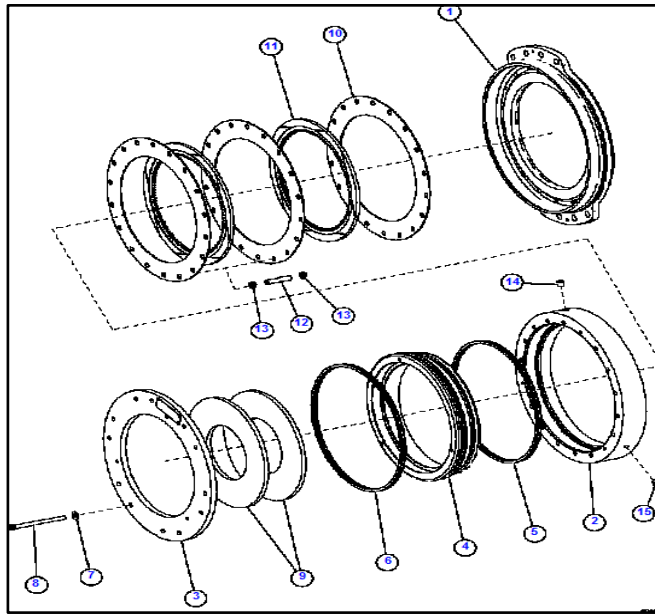


Figura 9: Componentes del paquete de freno de estacionamiento. Obtenido de Komatsu (2007).

Anexo 1: Cálculo de la disponibilidad

$$DISP = \frac{\Sigma(HCAL - HTMN)}{\Sigma HCAL} \times 100$$

DISP = disponibilidad

HCAL = horas calendario

HTMN = horas detenido por mantenimiento

Evaluando el proceso regular

$$DISP = \frac{\Sigma(500 - 8)}{500} \times 100$$

$$DISP = 98,4\%$$

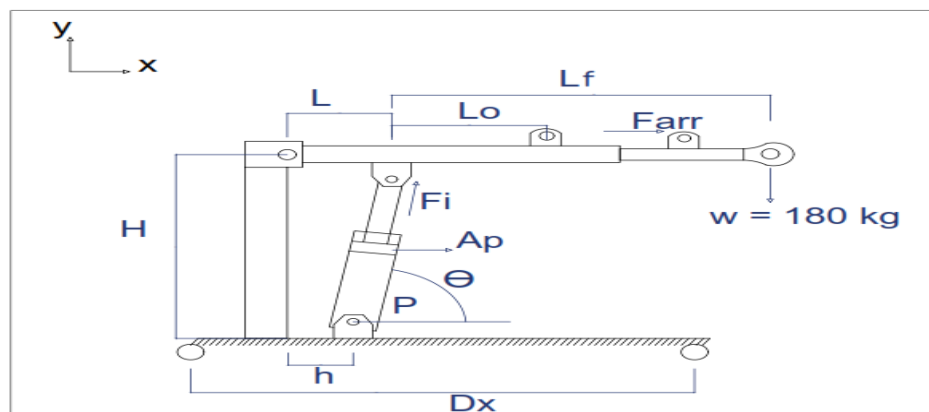
Evaluando con el nuevo sistema a implementar

$$DISP = \frac{\Sigma(500 - 2)}{500} \times 100$$

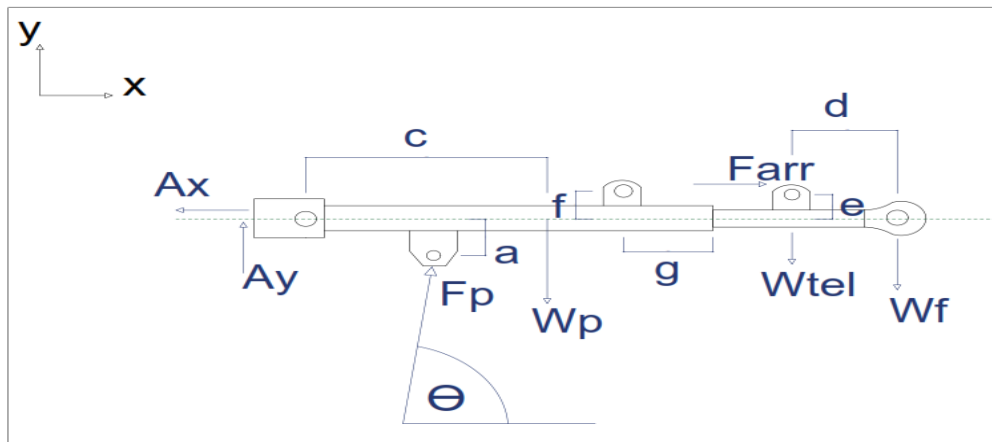
$$DISP = 99,6\%$$

Entonces, con el nuevo sistema a implementar se puede mejorar la disponibilidad del camión minero Komatsu 930 E en un 1,2%.

DCL de Sistema de Izaje



DCL de tavesaño



$$A_x = F_{ar} + F_p \cdot \cos \theta \dots\dots\dots 1$$

$$A_y + F_p \cdot \sin \theta - W_p - W_f = 0 \dots\dots\dots 2$$

Cuando no actúa el telescópico $F_{ar} = 0$

$$A_x = F_p \cdot \cos \theta$$

$$A_y = W_p + W_f - F_p \cdot \sin \theta$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_p \cdot \cos \theta (a) + F_p \cdot \sin \theta (L) - W_p (c) - W_f (L + L_f) = 0 \dots\dots\dots 3$$

Los datos conocidos son:

$$C = 576,93 \text{ mm}$$

$$L = 241,92 \text{ mm}$$

$$A = 113,75 \text{ mm}$$

$$W_f = 180 \text{ kg} - f \text{ (peso del freno)}$$

$$W_p = 18,32 \text{ kg} + f \text{ (peso del brazo pluma)}$$

$$W_{tel} = 13,11 \text{ kgf}$$

$$A_{t,viga} = 1302,47 \text{ mm}^2 \text{ (TS3x3x0,1875")}$$

$$L_0 = 599,83 \text{ mm}$$

$L_0 = 599,83 \text{ mm}$, (longitud normal de traslado)

$$d = 298 \text{ mm}$$

$$e = 49,56 \text{ mm}$$

$$f = 81,2177 \text{ mm}$$

$$g = 391,85 \text{ mm}$$

$$H = 981,74 \text{ mm}$$

$$h = 75,39 \text{ mm}$$

$$D_x = 1715,4 \text{ mm}$$

$D_z = 338,8 \text{ mm}$ (delanteros)

$D_z = 811,27 \text{ mm}$ (posteriores)

Apoyo mecánico:

$$d = 214,6 \text{ mm}$$

En $Z = 75,27 \text{ mm}$ (a su eje de giro)

Caso de extremo en salida máxima: (longitud de recojo de freno)

$$L_f - L_0 = 985,185 \text{ mm}$$

$$L_f = 1585,015 \text{ mm}$$

$$L + L_f = 1826,935 \text{ mm}$$

En posición de izaje máximo: $\theta = 77,59^\circ$ (elevación de 1170 mm de la base)

En posición horizontal de trabajo: $\theta = 77,853^\circ$

Reemplazando en las ecuaciones (1), (2) y (3), considerando el caso crítico de salida máxima del extremo sujetador del perno, para una posición horizontal:

1. Cálculo de reacciones de apoyos A y P de la viga pluma:

a. $A_x = F_p \cos \theta \dots\dots\dots (1)$

$$A_y = W_p + W_f - F_p \cdot \text{sen } \theta$$

$$A_y = 18,32(9,81) + 180(9,81) - F_p \cdot \text{sen } \theta$$

$$A_y = 179,92 + 1765,8 - F_p \cdot \text{sen } \theta$$

b. $A_y = 1945,72 - F_p \cdot \text{sen } \theta \dots\dots\dots (2)$

c. $F_p \cdot \cos \theta (a) + F_p \cdot \text{sen } \theta (L) - W_p (c) - W_f (L + L_f) = 0$

$$F_p \cdot \cos \theta (0,11375) + F_p \cdot \sin \theta (0,24192) - W_p (0,57693) - W_f (0,24192 + 1,05808) = 0$$

$$F_p \cdot \cos \theta (0,11375) + F_p \cdot \sin \theta (0,24192) - 179,92 (0,57693) - 1765,8 (1,3) = 0$$

$$0,114 F_p \cdot \cos \theta + 0,242 F_p \cdot \sin \theta - 103,8 - 2295,54 = 0$$

$$0,114 F_p \cdot \cos \theta + 0,242 F_p \cdot \sin \theta - 2399,34 = 0 \dots\dots\dots (3) \text{ nominal traslado}$$

Para traslado de recojo:

$$0,114 F_p \cdot \cos \theta + 0,242 F_p \cdot \sin \theta - 103,8 - 3226,002 = 0$$

$$0,114 F_p \cdot \cos \theta + 0,242 F_p \cdot \sin \theta - 3329,8 = 0 \text{ (recojo de freno)}$$

Del análisis del desplazamiento de la extensión en salida máxima y en posición de una elevación máxima de 1,17 m de la plataforma de la pluma, se establece que el ángulo θ que forma el cilindro con la base, opera alrededor de $\theta = 77,853^\circ$ con lo cual, los desplazamientos angulares son despreciables.

Reemplazando, en las ecuaciones (1), (2) y (3), el ángulo $\theta = 77,853^\circ$, tenemos las ecuaciones de operación de la pluma:

CASO I: traslado nominal (extensión recogida)

a. $A_x = F_p \cos(77,853^\circ)$

$$A_x = 0,2104 F_p$$

b. $A_y = 1945,72 - F_p \cdot \sin(77,853^\circ)$

$$A_y = 1945,72 - 0,9776 F_p$$

c. $0,114 F_p \cdot \cos(77,853^\circ) + 0,242 F_p \cdot \sin(77,853^\circ) - 2399,34 = 0$

$$0,02399 F_p + 0,2366 F_p - 2399,34 = 0$$

$$0,2606 F_p = 2399,34$$

$$F_p = 9206,984 N$$

(fuerza a ejercer en el vástago del pistón para operar en posición nominal)

CASO II: Extensión en posición de recojo del freno:

Solo cambia la ecuación (3) del equilibrio de momentos.

$$0,114 F_p \cdot \cos \theta + 0,242 F_p \cdot \sin \theta - 3329,8 = 0$$

$$0,114 F_p \cdot \cos(77,853^\circ) + 0,242 F_p \cdot \sin(77,853^\circ) - 3329,8 = 0$$

$$0,02399 F_p + 0,242 F_p - 3329,8 = 0$$

$$0,2606 F_p = 3329,8$$

$$F_p = 12777,44 N$$

(fuerza máxima a ejercer, en el caso de extensión máxima)

Las reacciones, están en función de la fuerza del pistón F_p con lo cual alcanzarán su valor máximo de:

$$A_x = 0,2104 F_p$$

$$A_x = 0,2104 (12777,44)$$

$$A_x = 2688,37 \text{ N}$$

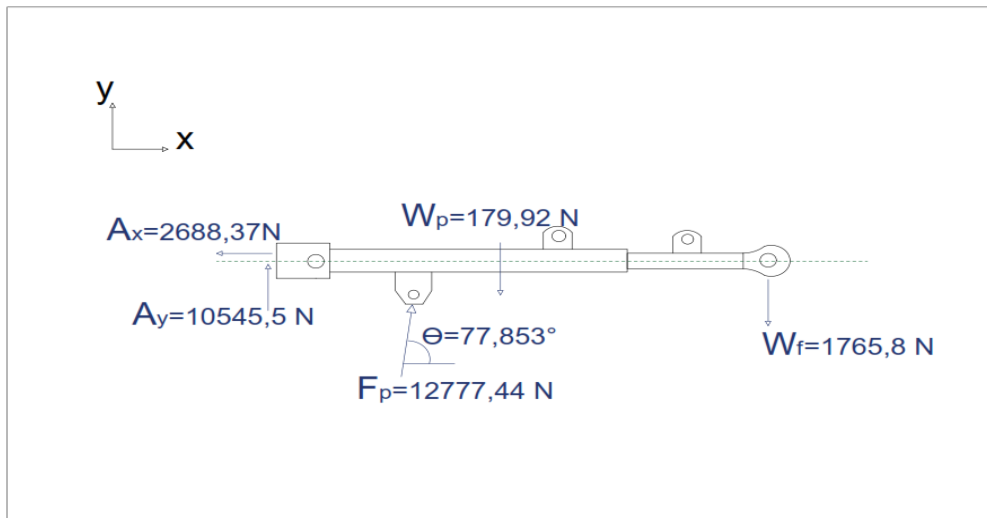
$$A_y = 1945,72 - 0,9776 F_p$$

$$A_y = 1945,72 - 0,9776 (12777,44)$$

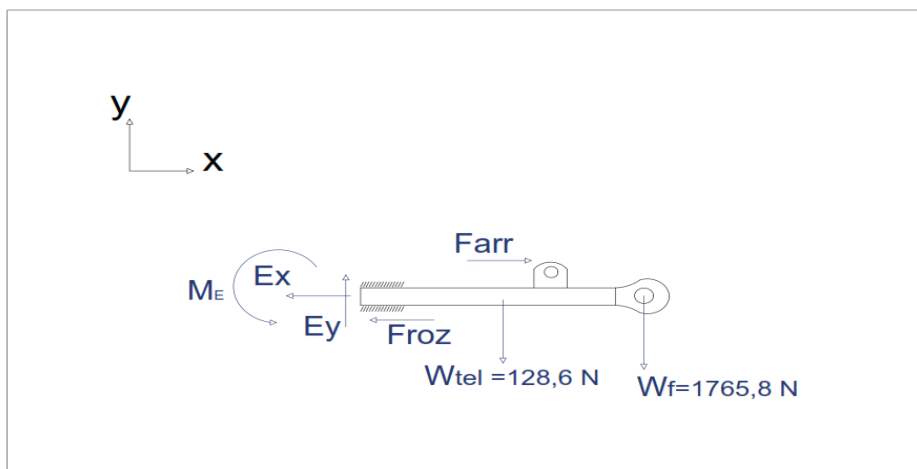
$$A_y = -10545,5 \text{ N}$$

(su dirección es hacia abajo)

DCL con reacciones:



Análisis del momento de empotramiento de la extensión:



Considerando que la F_{arr} , fuerza de arrastre de la extensión, se utiliza para vencer el rozamiento entre las paredes de la extensión y la viga principal, la supondremos igual a $F_{arr} = (W_{tel} + W_f)\mu = F_{roz}$, donde $\mu \cong 0.20$

$$F_{arr} = F_{roz} = (128,6 + 1765,8)(0.2)$$

$$F_{arr} = 378,88 \text{ N}$$

$\Sigma F_x = 0$ (No se ofrece resistencia al desplazamiento de la extensión).

$$\Sigma F_y = 0$$

$$E_y - W_{tel} - W_f = 0$$

$$E_y = 128,6 + 1765,8$$

$$E_y = 1894,4 \text{ N}$$

$$\Sigma M_E = 0$$

$$M_E - F_{arr}(0,04956) - W_{tel}(L_f - L_0 - d - g) - W_f(d + 0,28142) = 0$$

$$M_E - 378,88(0,04956) - 128,6(1,585 - 0,59983 - 0,298 - 0,39185) - 1765,8(0,298 + 0,28142) = 0$$

$$M_E = 18,78 + 0,2953 + 1023,14$$

$$M_E = 1042,22 \text{ N.m}$$

Selección del cilindro Hidráulico de la pluma soporte:

Del cálculo anterior, para el caso crítico se obtuvo:

$$F_p = 12777,44 \text{ N}$$

$$F_p = 2872,483 \text{ lbf}$$

Además, la carrera del vástago, se define en función de los desplazamientos hacia arriba y hacia debajo de la carga del freno.

Del catálogo de productos y actuadores PARKER (catálogo 0106-4), seleccionamos los cilindros Spherical Bearing Mounting, Style SB, de la serie 3L, cilindros hidráulicos Medium Duty.

a. Cálculo de la presión de operación:

Unidad Hidráulica: Serie Oildyne 165

Bomba de engranajes y bloque de válvulas: $Q = 0,05 \text{ a } 0,5 \text{ GPM}$

Tanque: De 1/8 a 1,5 galones

Presión de operación: 3000 psi

La fuerza en el pistón será:

$$F_p = 2872,483 \text{ lbf}$$

Seleccionamos al cilindro:

$$D_p = 3 \frac{1}{4}'' = 3,25 \text{ pulg.}$$

$$D_v = 1 \frac{3}{8}'' = 1,375 \text{ pulg.}$$

Área del pistón:

$$A_p = 8,30 \text{ pulg}^2.$$

$$P = \frac{F_p}{A_p}$$

$$P = \frac{2872,483}{8,3}$$

$$P = 346,082 \text{ psi}$$

(presión de operación de la bomba)

Desplazamiento por pulgada de carrera = 0,0359 galones

b. Cálculo del caudal de la bomba

- Si consideramos una carrera mínima de 3 pulgadas (76,2 mm)

$$Q_c = 3 \times 0,0359$$

$$Q_c = 0,1077 \text{ galones}$$

(Es mucho menor que la carrera básica mínima de 55 pulgadas)

Asumiendo un movimiento lento del pistón y su vástago, con una velocidad lineal que eleva o desciende la carga en $\Delta t = 30 \text{ segundos}$

$$Q_B = \frac{Q_c}{\Delta t}$$

$$Q_B = \frac{0,1077}{\left(\frac{30}{60}\right)}$$

$$Q_B = 0,2154 \text{ GPM}$$

(Caudal de operación – dentro del rango de la bomba)

c. Cálculo de la potencia de la bomba

$$\dot{W}_B = \Delta P \cdot Q_B$$

$$\dot{W}_B = 2386151,393 (7,5768 \times 10^{-5}) 0,2154$$

$$\dot{W}_B = 2386151,393 [Pa] \times (1,63205 \times 10^{-5}) \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

$$\dot{W}_B = 38,9432 W$$

(Potencia consumida)

En condiciones máximos de operación:

$$\dot{W}_B = (3000 [psi]) \cdot (0,5 [GPM])$$

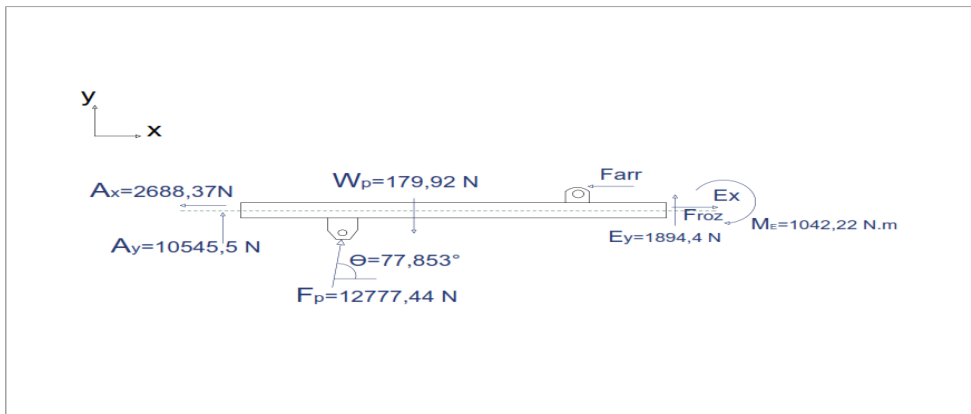
$$\dot{W}_B = (2,0684 \times 10^7) \cdot (3,7884 \times 10^{-5})$$

$$\dot{W}_B = 783,59 W = 2,271 HP$$

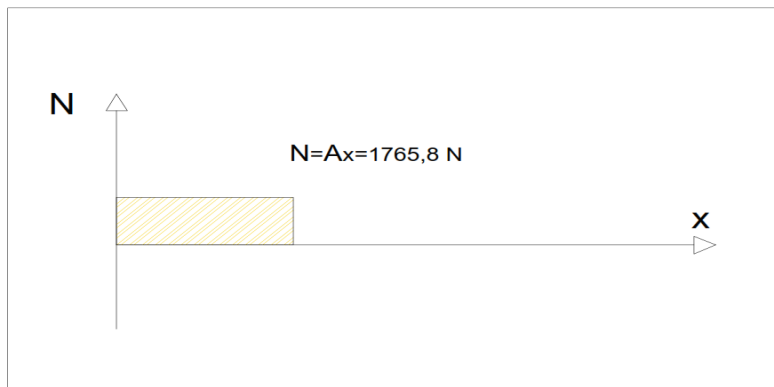
Entonces el sistema o unidad hidráulica será de 2,0 HP

4. Análisis estructural de la viga principal:

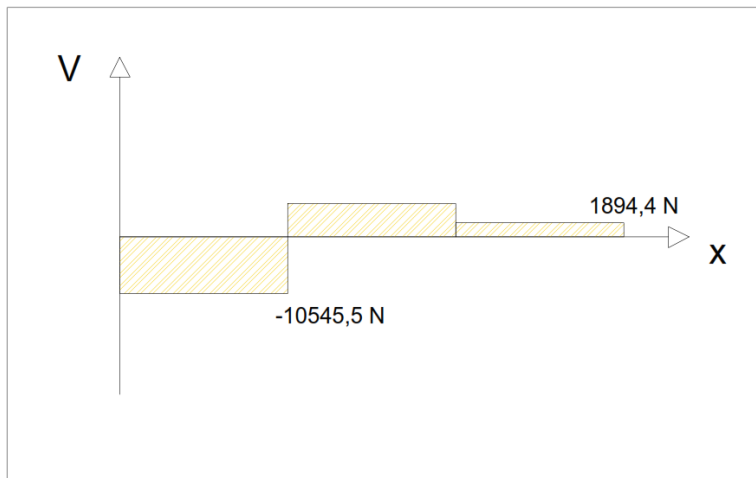
DCL:



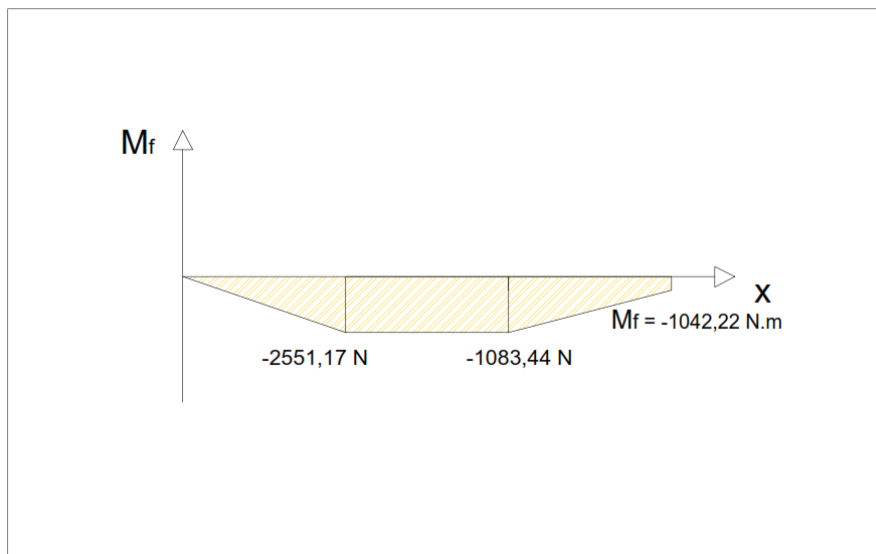
- Diagrama de fuerzas normales



- Diagrama de fuerzas cortantes



- Diagrama de momentos flectores



$$+ 10545,5 X - 12777,44 (X - 0,24192) + M_f = 0$$

Para $X = 0,57693 \text{ m}$

$$M_f = -6084,015 + 4280,57$$

$$M_f = -1803,44 \text{ N.m}$$

Seleccionando el perfil TS 3x3x0,1875" [3x3x3/16]

$$A_t = 1,89 \text{ pulg}^2 = 1,21935 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{xx} = 2,46 \text{ pulg}^4 = 1,02393 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W = 6,87 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}}$$

Material ASTM A 36

$$S_y = 250 \text{ MPa} = 36300 \text{ psi}$$

$$S_{ut} = 550 \text{ MPa} = 79,8 \text{ Kpsi}$$

$$G = 79,3 \text{ GPa}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

$$G = 20 \% \text{ dúctil}$$

De los diagramas, la sección crítica es la sección P donde actúa el vástago del pistón:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_f \cdot C}{I}$$

$$\sigma = \frac{2688,37}{1,219 \times 10^{-3}} + \frac{2551,17 (1,5 \times 0,0254)}{1,02393 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma = 2,2048 + 94,928$$

$$\sigma = 97,1328 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = 8,6485 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad bajo, bajo carga estática, según la teoría de falla de Von Mises:

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$

$$F_s = \frac{250}{\sqrt{(97,13)^2 + 3 (8,648)^2}}$$

$$F_s = \frac{250}{98,278}$$

$$F_s = 2,544$$

(Entonces no fallará la viga pluma principal)

Anexo 2: Cálculo de columna soporte

Material: ASTM A-36

$$S_y = 250 \text{ MPa} = 36300 \text{ psi}$$

$$S_{ut} = 550 \text{ MPa} = 79,8 \text{ Kpsi}$$

Sección transversal: TS 3 x 3 x 3/16

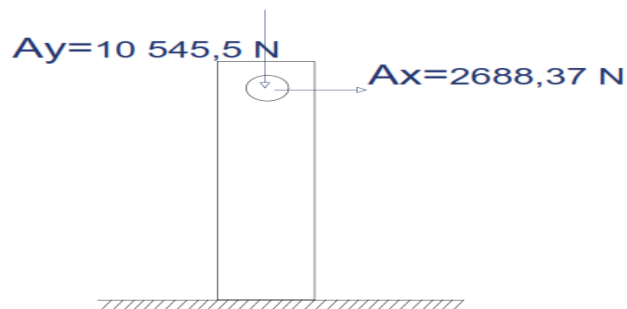
$$A_t = 1,89 \text{ pulg}^2 = 1,21935 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{xx} = 2,46 \text{ pulg}^4 = 1,02393 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W = 6,87 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

$$L = H = 981,47 \text{ mm}$$



Anexo 3: Cálculo de razón de esbeltez límite

$$(r_e)_l = \left(\frac{l}{k}\right)_l$$

$$(r_e)_l = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot C \cdot E}{S_y}}$$

Por la condición de extremos de columna fija – libre, tomamos un coeficiente $c = 1/7 = 0,25$

$$(r_e)_l = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot (0,25) \cdot (200 \times 10^3)}{250}}$$

$$(r_e)_l = 62,832$$

Para la columna, tenemos:

$$L = H = 981,47 \text{ mm}$$

$$K^2 = \frac{I}{A}$$

$$K = \left(\frac{1,024 \times 10^{-6}}{1,219 \times 10^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$K = 0,02898 \text{ m}$$

$$\left(\frac{L}{K} \right)_{real} = \frac{0,98147}{0,02898} = 33,86$$

Como $\left(\frac{L}{K} \right)_{real} < (r_e)_{lim}$, Se trata de una columna intermedia por lo cual usaremos la teoría de J.B. Johnson.

Anexo 4: Cálculo de carga crítica

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{C \cdot E}$$

Reemplazando datos:

$$\frac{P_{cr}}{A} = 240 - \left(\frac{240}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{1}{0,25 \cdot (200 \times 10^3)}$$

$$\frac{P_{cr}}{A} = 240 - 0,02918$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = 239,971 \text{ MPa}$$

$$\text{Si } A = 1,21935 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$P_{critica} = 292,61 \text{ KN}$$

Anexo 5: Cálculo del factor de seguridad contra pandeo

$$f_s = \frac{P_{critica}}{P_{aplicada}}$$

$$f_s = \frac{292,61 \times 10^3}{10545,5}$$

$$f_s = 27,75$$

La columna soporte no fallará por compresión ni pandeo.

Anexo 6: Cálculo del factor de seguridad por tracción

$$f_s = \frac{S_y}{\theta_N}$$
$$f_s = \frac{240 \times 10^6}{\left(\frac{10545,5}{1,21935 \times 10^{-3}}\right)}$$
$$f_s = 27,75$$

La columna soporte no fallará por tracción.

Anexo 7: Cálculo de factor de seguridad por energía de distorsión (Von Mises)

En la base de la columna:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{A_y}{A} + \frac{A_x \cdot H \cdot c}{I_{xx}}$$
$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{10545,5}{1,219 \times 10^{-3}} + \frac{(2688,37 \times 0,9815)(0,0381)}{1,024 \times 10^{-6}}$$
$$\sigma_{m\acute{a}x} = 8,651 \times 10^6 + 98,176 \times 10^6$$
$$\sigma_{m\acute{a}x} = 106,83 \text{ MPa}$$

Considerando:

$$\tau = \frac{V}{A}$$
$$\tau = \frac{2688,37}{1,219 \times 10^{-3}}$$
$$\tau = 2,2054 \text{ MPa}$$

El Esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma_{V.M} = \sqrt{(106,83)^2 + 3(2,2054)^2}$$
$$\sigma_{V.M} = 106,9 \text{ MPa}$$

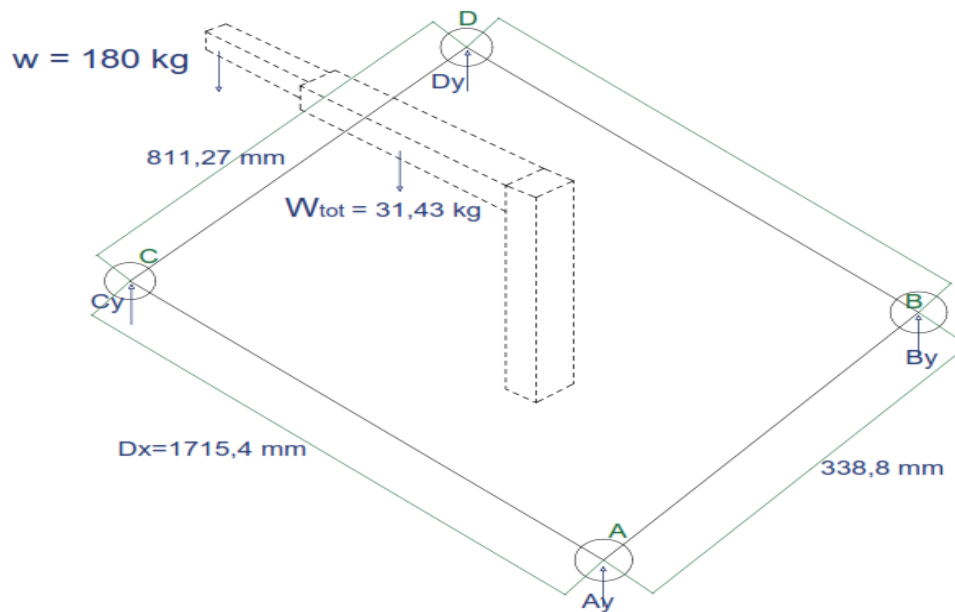
El factor de seguridad por energía de distorsión

$$f_s = \frac{S_y}{\sigma_{V.M}}$$
$$f_s = \frac{240}{106,9}$$

$$f_s = 2,245$$

La columna soporte no fallará bajo carga estática.

- Debido a las cargas constantes y frecuentes, no fluctuantes de manera significativa, el análisis por fatiga no es necesario aplicarlo analíticamente, sin embargo, se procederá a realizarlo mediante simulación en SolidWorks Simulation.



$$\Sigma F_y = 0$$

$$W + W_{tot} = A_y + B_y + C_y + D_y = 1945,32 \text{ N}$$

$$\Sigma F_{AB} = 0$$

$$0 = W(L_f + L + 0,175) + w_p(c + 0,175) - (C_y + D_y)(1,7154)$$

$$0 = (180 \times 981)(1,585 + 0,24192 + 0,175) + (18,3 \times 9,81)(0,5769 + 0,175) - (C_y + D_y)(1,7154)$$

$$C_y + D_y = 3534,99 + 134,98$$

$$C_y + D_y = 3669,97 \text{ N}$$

Considerando iguales a ambos apoyos (entre las ruedas)

$$C_y = D_y = 1834,985 \text{ N}$$

Anexo 8: Análisis de factor de seguridad

En el análisis estático del sistema de extensión del brazo hidráulico determinamos que obtenemos un valor de 6.2 como factor de seguridad a través de la evaluación en el software SolidWorks.

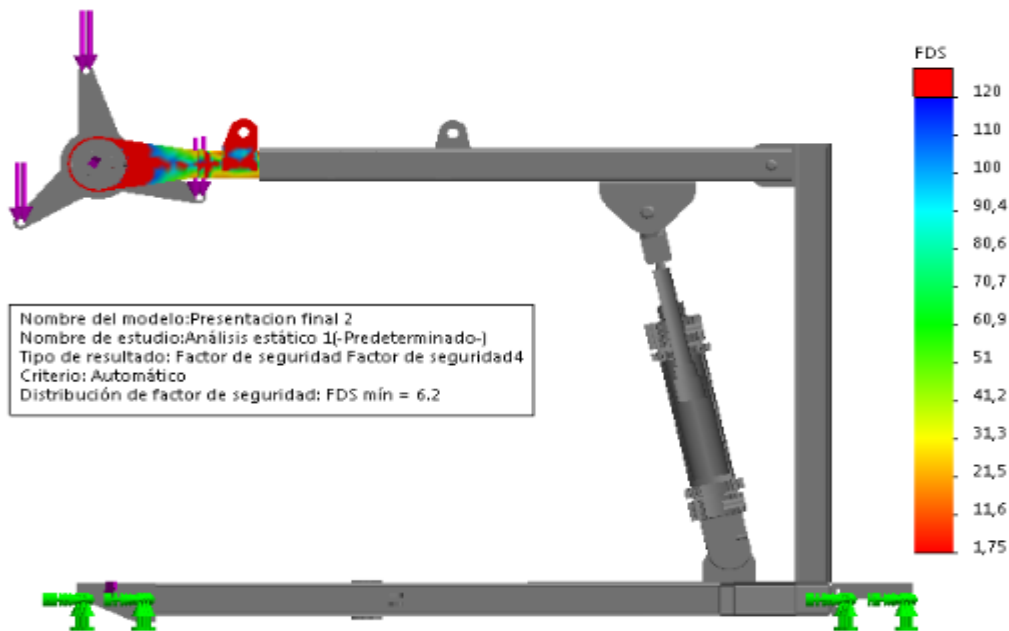


Figura 10: Análisis estático extensión del brazo. Elaboración propia.

En el análisis estático de la estructura principal del brazo hidráulico determinamos que obtenemos un valor de 4 como factor de seguridad a través de la evaluación en el software SolidWorks.

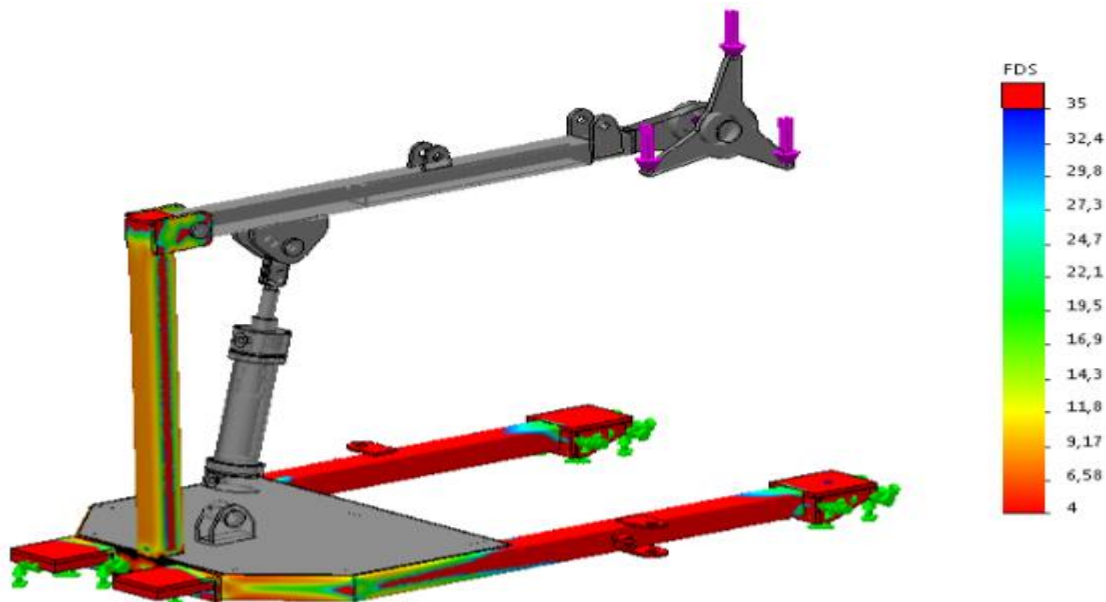


Figura 11: Análisis estático soporte principal. Elaboración propia.

En el análisis estático de la estructura o brazo de levante del brazo hidráulico determinamos que obtenemos un valor de 2.75 como factor de seguridad a través de la evaluación en el software SolidWorks.

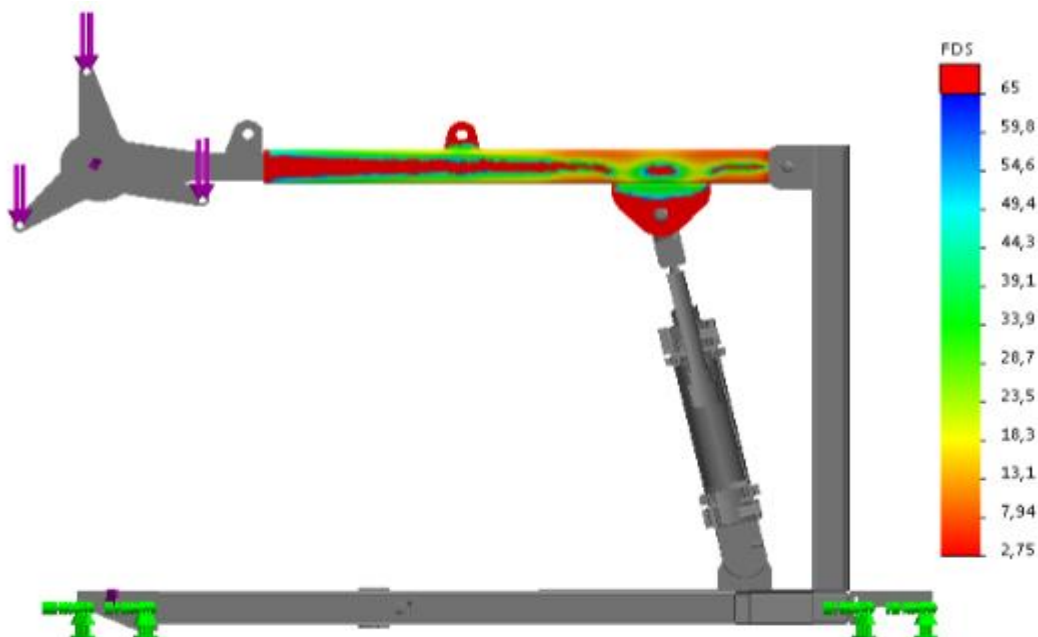


Figura 12: Análisis estático brazo de levante. Elaboración propia.

En el análisis estático de toda la estructura del brazo hidráulico determinamos que obtenemos un valor de 3.5 como factor de seguridad a través de la evaluación en el software SolidWorks.

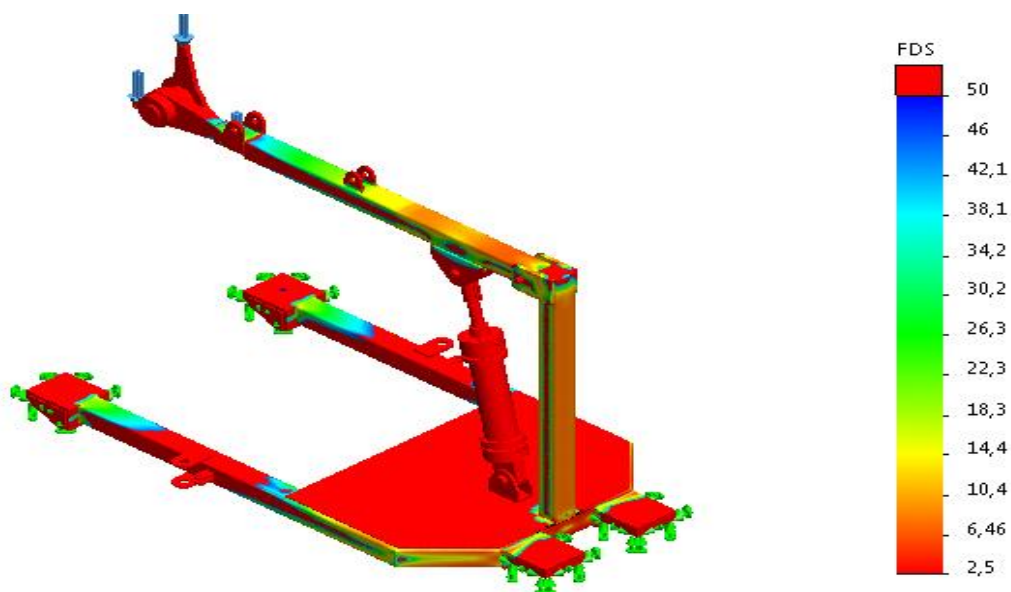


Figura 13: Análisis estático sistema electromecánico brazo hidráulico. Elaboración propia.

Anexo 9: Costos de fabricación

A continuación, se muestra la cotización de los materiales para la fabricación del brazo hidráulico para el cambio de paquetes de freno de estacionamiento de los camiones Komatsu 930 E diseñado con acero ASTM A36.

Tabla 4: Costo de materiales metal-mecánicos

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tubo cuadrado 3X3X3/16 A-36	unidad	3	S/ 220.00	S/ 660.00
Tubo cuadrado 2 1/2 X 2 1/2 X 3/16 A-36	unidad	1	S/ 180.00	S/ 180.00
Tubo rectangular 3x2x3/16 A-36	unidad	1	S/ 160.00	S/ 160.00
Plancha 1/2 pulg	unidad	2	S/ 210.00	S/ 420.00
Plancha 1 1/2 pulg	unidad	1	S/ 280.00	S/ 280.00
Plancha 5/8 pulg	unidad	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Plancha 3/16 pulg	unidad	1	S/ 160.00	S/ 160.00
Plancha estrellada 1.8 mm	unidad	1	S/ 170.00	S/ 170.00
Soldadura 6011	kg	25	S/ 15.00	S/ 375.00
Soldadura 7018	kg	10	S/ 20.00	S/ 200.00
Tubo circular 1 pulg	unidad	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Barra circular lisa 1 pulg	unidad	1	S/ 72.00	S/ 72.00
Barra circular lisa 1 1/4 pulg	unidad	1	S/ 76.00	S/ 76.00
Barra circular lisa 3/4 pulg	unidad	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Perno c/tuerca c/arandela de 1/2x1 pulg	unidad	36	S/ 1.60	S/ 57.60

Perno c/tuerca c/ arandela de 3/8x1 pulg	unidad	24	S/ 1.40	S/ 33.60
Perno c/tuerca c/ arandela de 1/4x1/2 pulg	unidad	36	S/ 1.00	S/ 36.00
Broca para fierro 1/8 pulg	unidad	2	S/ 7.00	S/ 14.00
Broca para fierro 5/16 pulg	unidad	2	S/ 10.00	S/ 20.00
Broca para fierro 3/8 pulg	unidad	2	S/ 12.00	S/ 24.00
Broca para fierro 1/2 pulg	unidad	2	S/ 8.00	S/ 16.00
Discos de corte 4 1/2 pulg	unidad	30	S/ 4.00	S/ 120.00
Discos de corte 7 pulg	unidad	20	S/ 12.00	S/ 240.00
Disco de desbaste 4 1/2 pulg	unidad	10	S/ 6.00	S/ 60.00
Rueda giratoria con freno	unidad	4	S/ 25.00	S/ 100.00
Estabilizadores	unidad	2	S/ 40.00	S/ 80.00
Lija para fierro #80	unidad	6	S/ 3.00	S/ 18.00
Pintura base Gloss	galon	1	S/ 55.00	S/ 55.00
Pintura acabado ral 1004	galon	1	S/ 65.00	S/ 65.00
Thinner Acrílico	galon	6	S/ 15.00	S/ 90.00
Pintura acabado color Negro	galon	1	S/ 60.00	S/ 60.00
				S/ 4,192.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Costo de materiales hidráulicos

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tanque de aceite	unidad	1	S/ 600.00	S/ 600.00
Tapa superior del tanque	unidad	1	S/ 200.00	S/ 200.00
Perno soquet de 3/8" x 1" hilo corriente	unidad	26	S/ 2.00	S/ 52.00
Visor de nivel de aceite	unidad	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Bomba hidráulica (200 BAR)	unidad	1	S/ 1,060.00	S/ 1,060.00
Tapa de llenado del aceite	unidad	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Empaquetadura para tapa	unidad	2	S/ 7.00	S/ 14.00
Válvula doble check pilotada	unidad	3	S/ 200.00	S/ 600.00
Motor Trifásico 2.5 hp 2850 Rpm 380v	unidad	1	S/ 400.00	S/ 400.00
Adaptador tipo campana	unidad	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Acople	unidad	1	S/ 120.00	S/ 120.00
Cilindro de desplazamiento Axial 30 Ø x 350 mm	unidad	1	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
Cilindro de levantamiento 40 Ø x 450 mm	unidad	1	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00
Perno de 1/2" x 1" hilo corriente	unidad	4	S/ 1.00	S/ 4.00

Válvula de compuerta de descarga de aceite	unidad	1	S/ 350.00	S/ 350.00
Tubería de succión	unidad	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Desfogue	unidad	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Válvula check	unidad	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Manguera de salida de bomba 3/8"	metros	5	S/ 25.00	S/ 125.00
Electroválvula direccional	unidad	3	S/ 350.00	S/ 1,050.00
Base para electroválvula	unidad	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Filtro de retorno de aceite hidráulico	unidad	1	S/ 60.00	S/ 60.00
Adaptador 1/4" NPT 90°	unidad	4	S/ 25.00	S/ 100.00
Manómetro	unidad	1	S/ 30.00	S/ 30.00
tubería de retorno	unidad	1	S/ 70.00	S/ 70.00
Aceite SAE 68	galón	4	S/ 30.00	S/ 120.00
Manguera 3/8"	metros	8	S/ 25.00	S/ 200.00
Manguera 1/4"	metros	8	S/ 16.00	S/ 128.00
				S/ 8,333.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Costos de componentes eléctricos

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Llave termomagnética Schneider trifásica 40 A	unidad	1	S/ 170.00	S/ 170.00

Guardamotor Telemecanique De 25 A 40 Amp	unidad	1	S/ 250.00	S/ 250.00
Interruptor diferencial 30A	unidad	1	S/ 150.00	S/ 150.00
Pulsadores (rojo y verde)	unidad	3	S/ 5.00	S/ 15.00
Paro de emergencia	unidad	1	S/ 160.00	S/ 160.00
Meneke tipo macho trifásico 32A	unidad	1	S/ 60.00	S/ 60.00
Cable electrico trifásico 29 mm	metro	6	S/ 30.00	S/ 180.00
Cable electrico 2.5 mm	metro	5	S/ 2.50	S/ 12.50
Caja Metalica 600x400x200 mm	unidad	1	S/ 100.00	S/ 100.00
				S/ 1,097.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Costos por maquinaria empleada

MATERIAL	COSTO
Soldeo y habilitación de perfiles metálicos	S/ 1,500.00
Torno	S/ 350.00
Taladro de banco	S/ 250.00
Pintado de estructuras	S/ 600.00
Instalación de componentes hidráulicos	S/ 500.00
Instalación de componentes eléctricos	S/ 500.00
Equipo Oxicorte	S/ 400.00
	S/ 4,100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Costos Generales

MATERIAL	COSTO TOTAL
Costos de materiales metal mecánicos	S/ 4,192.20
Costos de materiales hidráulicos	S/ 8,333.00
Costos de componentes eléctricos	S/ 1,097.50
Costo de maquinaria empleada	S/ 4,100.00
	S/ 17,722.70

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes tablas se muestran los datos recopilados a través de las entrevistas generadas a las personas involucradas en la parada de mantenimientos de los camiones Komatsu 930 E.

Tabla 9: Resumen cuantitativo de la entrevista

Datos de investigación	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Promedio
Tiempo de ejecución (horas)	4	4	16	8
Cantidad de operarios	3	3	5	4
Cantidad de supervisores	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Cantidad de trabajadores

Empleados	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Supervisor	1	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
Operarios	4	S/ 2,500.00	S/ 9,166.67
TOTAL	5		S/ 12,666.67

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes tablas se muestran los datos generados a través de la aplicación del brazo hidráulico en la parada de mantenimientos de los camiones Komatsu 930 E.

Tabla 11: Datos de la parada de mantenimiento haciendo uso del brazo hidráulico

Datos de investigación	Máquina
Tiempo de ejecución (horas)	2
Cantidad de operarios	2
Cantidad de supervisores	1

Fuente: Elaboración propia.







Tabla 12: Cantidad de trabajadores en la nueva parada de mantenimiento

Empleados	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Supervisor	1	S/ 3,500.00	S/ 3,500.00
Operarios	2	S/ 2,500.00	S/ 5,000.00
TOTAL	3		S/ 8,500.00

Fuente: Elaboración propia.





















Anexo 10: Diagrama de procesos

Tabla 13: Simbología del diagrama de procesos.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	OPERACIÓN
	TRANSPORTE
	INSPECCIÓN DE CALIDAD
	ALMACENAJE
	DEMORA
	ACTIVIDAD COMBINADA










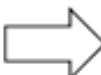



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Actividad antes de implementar el sistema electromecánico.

TIEMPO (minutos)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
5		INSTALAR ESCALERA
5		ABRIR COMPUERTA MANHOLE
5		INGRESO DEL OPERARIO A LA CAMARA DE AIRE
15		POSICIONAR LA PLUMA MECÁNICA
20		RETIRO DE PERNERÍA DEL PAQUETE DE FRENO
20		INSTALACIÓN DE BARRA ROSCADA (ESPÁRRAGO)
10		RETIRO DE PAQUETE DE FRENO
20		SUJETAR CON EL GANCHO EN EL EXTREMO DE LA PLUMA MECÁNICA
15		RETIRAR TODA LA ESTRUCTURA DE LA PLUMA MECÁNICA
10		DESCENDER EL PAQUETE DE FRENO
10		RETIRAR EL GANCHO DEL PAQUETE DE FRENO
20		SUJETAR Y ELEVAR CON EL GANCHO EL NUEVO PAQUETE DE FRENO
10		MOVER TODA LA ESTRUCTURA DE LA PLUMA MECÁNICA A LA COMPUERTA MANHOLE
5		INGRESAR EL NUEVO PAQUETE DE FRENO
15		POSICIONAR EL PAQUETE EN LAS BARRAS ROSCADAS
15		SOLTAR GANCHO DEL PAQUETE DE FRENO
10		INSTALACIÓN Y AJUSTE DE PERNERÍA
20		RETIRO DE PLUMA MECÁNICA
5		SALIDA DEL OPERARIO DE LA CAMARA DE AIRE
5		CERRAR COMPUERTA MANHOLE
240		TIEMPO DE EJECUCIÓN (4 HORAS)

Fuente: Elaboración propia.

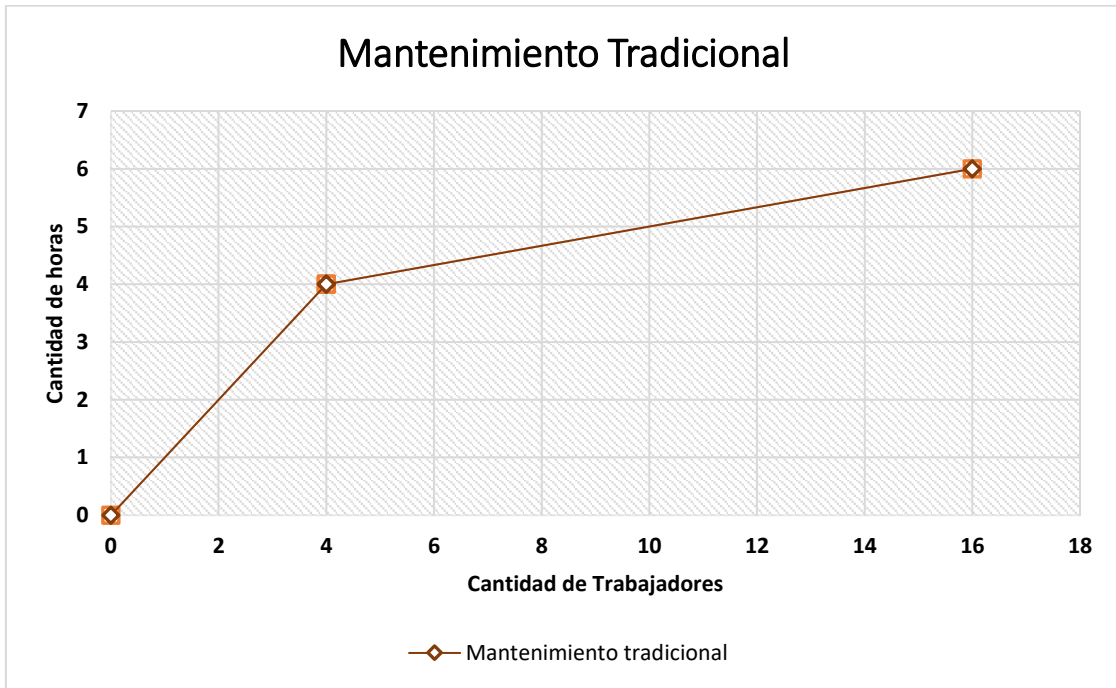
Tabla 15: Actividad con la implementación del sistema electromecánico.

TIEMPO (minutos)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
5		INSTALAR ESCALERA
5		ABRIR COMPUERTA MANHOLE
5		INGRESO DEL OPERARIO A LA CAMARA DE AIRE
10		POSICIONAR EL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO
20		RETIRO DE PERNERÍA DEL PAQUETE DE FRENO
5		RETIRO DE PAQUETE DE FRENO Y BRAZO EXTENSOR DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO
10		DESCENDER EL PAQUETE DE FRENO
15		MONTAJE DEL NUEVO PAQUETE DE FRENO A LA ESTRUCTURA TRIAL DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO
8		ELEVACIÓN, PENETRACIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LA CARGA
2		DESPLAZAMIENTO AXIAL DEL PAQUETE DE FRENO
10		INSTALACIÓN Y AJUSTE DE PERNERÍA
10		RETIRO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO
5		SALIDA DEL OPERARIO DE LA CAMARA DE AIRE
5		CERRAR COMPUERTA MANHOLE
115		TIEMPO DE EJECUCIÓN (2 HORAS)

Fuente: Elaboración propia.

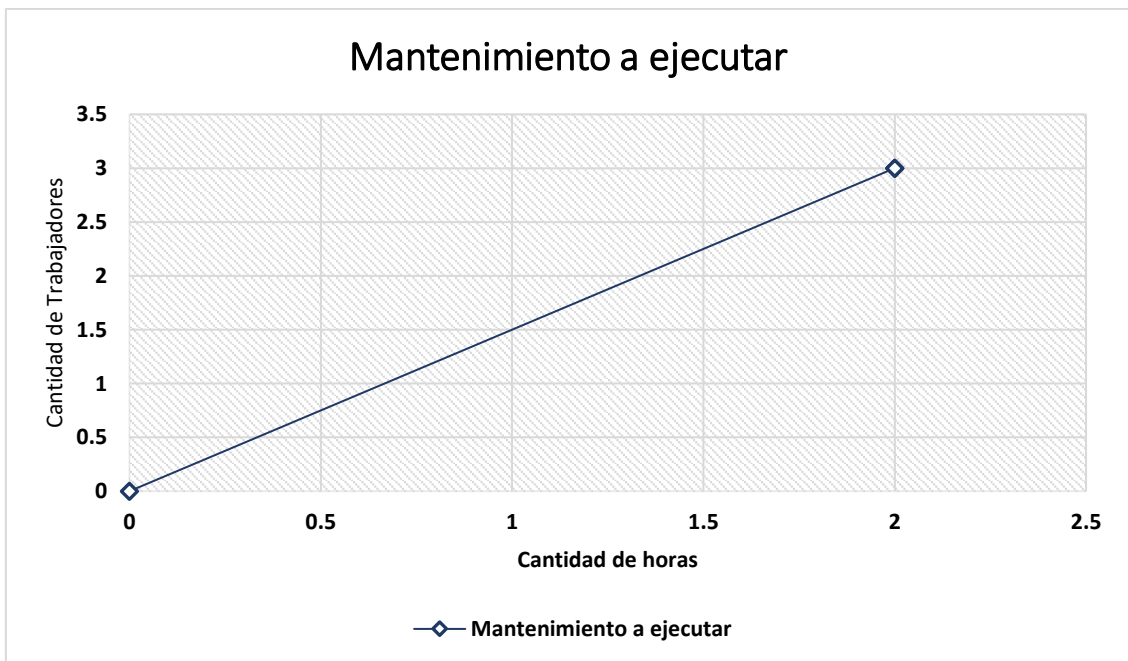
Anexo 11: Análisis gráfico del mantenimiento

Gráfico 2: Mantenimiento tradicional.



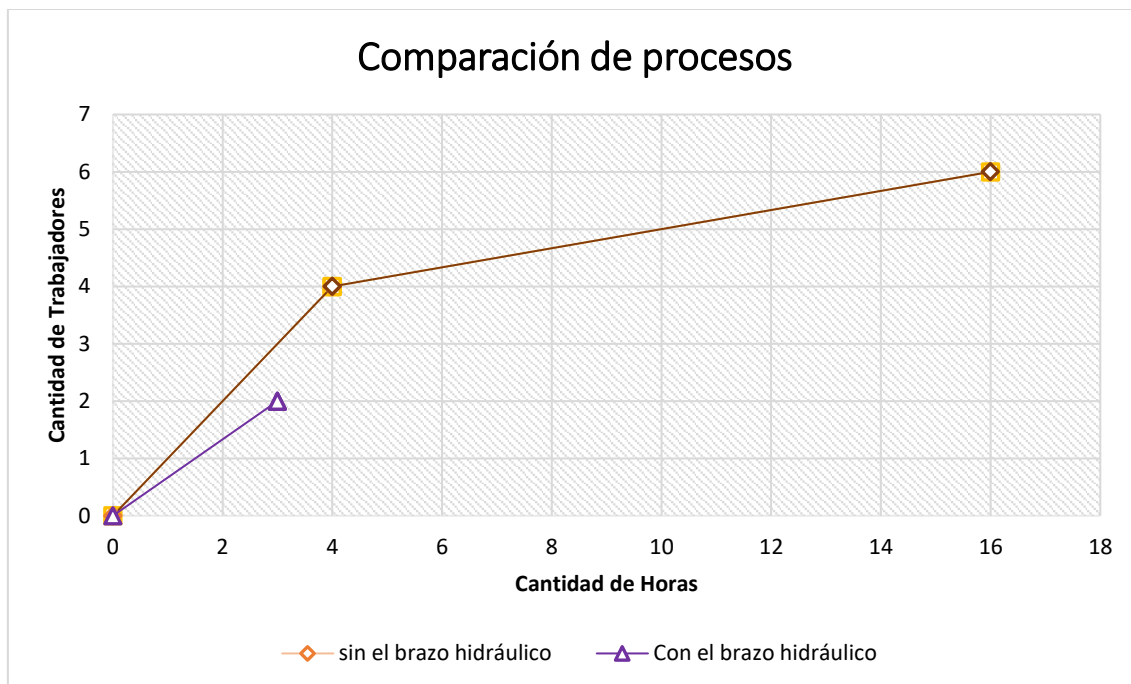
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Mantenimiento a ejecutar



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4: Proceso de rutina vs Nuevo proceso



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Instrucciones de operación

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL USO DEL BRAZO HIDRÁULICO:

El mal uso del brazo hidráulico y sus componentes puede causar accidentes a los operarios y un desgaste prematuro o daño de los componentes mismos de la máquina, por lo que se recomienda tener presente todos los puntos que se detallan a continuación:

1. No utilice el brazo hidráulico con líquidos o fluidos que no sea aceite SAE 68 o Telus 68.
2. Verifique el nivel de aceite de la unidad hidráulica antes de iniciar o dar marcha al equipo.
3. No permita que personas sin preparación operen el equipo.
4. No opere o ponga en funcionamiento el brazo hidráulico, si este se encuentra en un ambiente con presencia de lluvias.
5. No use ropa suelta, joyas o accesorios que puedan quedar atrapados, durante el arranque u operación del brazo hidráulico.
6. No toque el enchufe de corriente con las manos húmedas.
7. No utilice el equipo si su cable eléctrico está dañado o presenta laceraciones en su recubrimiento.
8. Verifique la carga o masa del componente a transportar, no sobrepasar los parámetros establecidos.
9. Posicionar el brazo hidráulico sobre una superficie idealmente plana y firme(horizontal).
10. Siempre use protección para los ojos cuando utilice este equipo o cuando se aproxime a un lugar donde se esté operando el equipo.
11. Evite el balanceo de la carga o el descenso violento de la misma.
12. Nunca opere el equipo con valores de presión superior a su ajuste y rango.
13. No efectúe modificaciones en el brazo hidráulico que no se encuentren en el plano de diseño inicial.

14. Verifique el voltaje antes de conectar y poner en marcha el equipo.
15. Siempre revise la manguera de alta presión en busca de daños y roturas, nunca la repare. Si existen, reemplace la manguera inmediatamente por una idéntica.
16. Se recomienda que los componentes del brazo hidráulico se encuentren en su posición inicial antes y después de efectuar el trabajo.
17. Jamás desconectar los dispositivos de seguridad para ir más allá de los límites.
18. Por ningún motivo realizar izaje con una persona sobre el sistema electromecánico.
19. Nunca permitir que haya alguien debajo la carga suspendida y tampoco que pase alguien por bajo esta.
20. Antes de realizar movimientos coloque conos para delimitar el área de trabajo.
21. Nunca permitir que haya alguien debajo la carga suspendida y tampoco que pase alguien por bajo esta.
22. El operador nunca hará abandono de su puesto de trabajo y menos cuando realice maniobras de izaje.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL O LOS OPERARIOS DEL BRAZO HIDRÁULICO:

ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

- Casco de Seguridad con barbiquejo
- chaleco reflectante
- Lentes de seguridad o Antiparras
- Calzado de Seguridad
- Guantes de Seguridad
- Buzo con reflectantes
- Protector auditivo
- Lámpara minera (Si aplica)

OPERACIÓN DEL BRAZO HIDRÁULICO.

1. Toda operación tiene que ser planificada por el supervisor o líder a cargo conjuntamente con el operador, Rigger y personal que se hará cargo de los vientos si es que corresponda.
2. Verificar que ningún componente del equipo que se encuentre en mal estado.
3. Señalizar el perímetro de trabajo antes de poner en marcha el equipo.
4. Posicionar el brazo hidráulico sobre una superficie plana o uniformemente horizontal.
5. Deslizar sus puntos de apoyo o puntos de estabilidad del equipo.
6. Retirar a las personas que no formen parte de la actividad de montaje del paquete de freno de estacionamiento antes y durante el proceso.
7. Poner en marcha el equipo.
8. Efectuar una prueba sin carga (paquete de freno de estacionamiento) para verificar la funcionalidad del brazo hidráulico.
9. Levante la carga gradualmente para prevenir un posible deslizamiento o desprendimiento.
10. Efectúe los movimientos sugeridos por el operador a cargo (elevación, traslación axial y rotación).
11. Mantenga encendido el equipo durante el proceso de montaje.
12. Retire gradualmente el equipo.
13. Ubíquelo en la posición inicial de trabajo.
14. Apague y desconecte el equipo.
15. Retire los estabilizadores o puntos de apoyo.

Anexo 13: Análisis de riesgos del trabajo

DESCRIPCIÓN DE LA TAREA		RIESGOS ASOCIADOS		MEDIDAS DE CONTROL	
1.	Revisión del brazo hidráulico	1.1	-Equipo de trabajo	1.1.1	Realizar un Check list antes de realizar cualquier maniobra o arranque del equipo. Revisar en forma diaria el extintor que se encuentre operativo.
2.	Traslado al punto de trabajo	2.1.	-Afectado por choque -Afectado por colisión -Afectado por volcamiento	2.1.1	Al momento de trasladar cualquier tipo de materiales estos deben ir debidamente sujetos, el operador debe cerciorarse de que esta se cumpla.
3.	Posicionamiento del sistema electromecánico	3.1	-Volcamiento por mal posicionamiento -Atropellamiento. -Choque.	3.1.1.	Se deberá ocupar los cuatro puntos de apoyo, además el operador de deberá cerciorar que el lugar donde se posicionará sea el adecuado o que se encuentre en óptimas condiciones. Se respetarán los estándares vigentes manteniendo la velocidad establecida.

4.	Izaje de materiales	4.1	<ul style="list-style-type: none"> -Caída de material. -Corte de equipo de izaje. -Afectado por fallas mecánicas. 	4.1.1	<p>El operador debe cerciorarse que los sistemas de izaje se encuentren en óptimas condiciones y operativos, se encuentra prohibido estrictamente que cualquier persona se pare o pase debajo de carga suspendida.</p> <p>Al momento de inspección al detectarse alguna falla mecánica se debe dar aviso de forma inmediata al supervisor.</p>
----	---------------------	-----	--	-------	--

Anexo 14: Formato de capacitación

FORMATO DE PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El trabajador acepta lo siguiente:

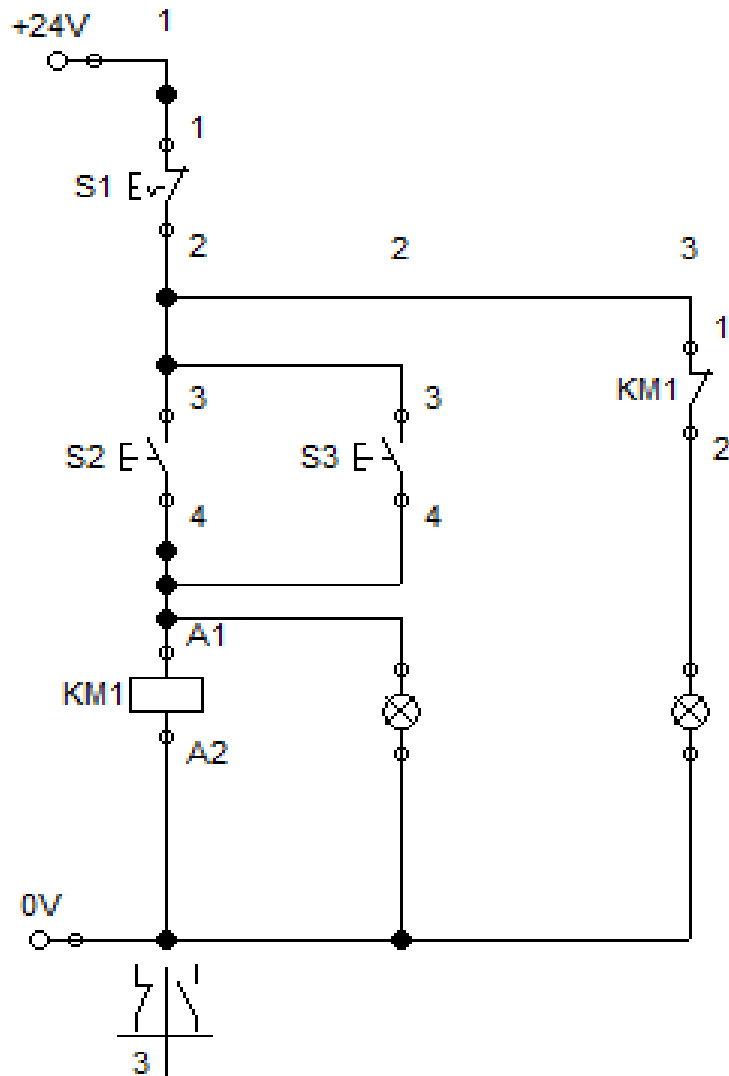
- Recibió por el supervisor del área, instrucción, capacitación y entrenamiento del procedimiento de trabajo seguro.
- Fue informado por el supervisor del área, oportuna y convenientemente acerca de los riesgos asociados a la tarea, de los métodos de trabajo correctos y de las medidas preventivas.
- Fue informado por el supervisor del área acerca de los elementos, productos y sustancias que deben utilizar en su tarea, además de la identificación, límites de exposición permisibles, los peligros para la salud y sobre las medidas de prevención que deben adoptar para evitar los riesgos.

N°	Nombre	Puesto laboral	Firma	Fecha
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				

Instruido por:	Firma:
-----------------------	---------------

Anexo 15: Diagramas

Gráfico 5: Diagrama eléctrico de lógica de mando



Fuente: El autor.

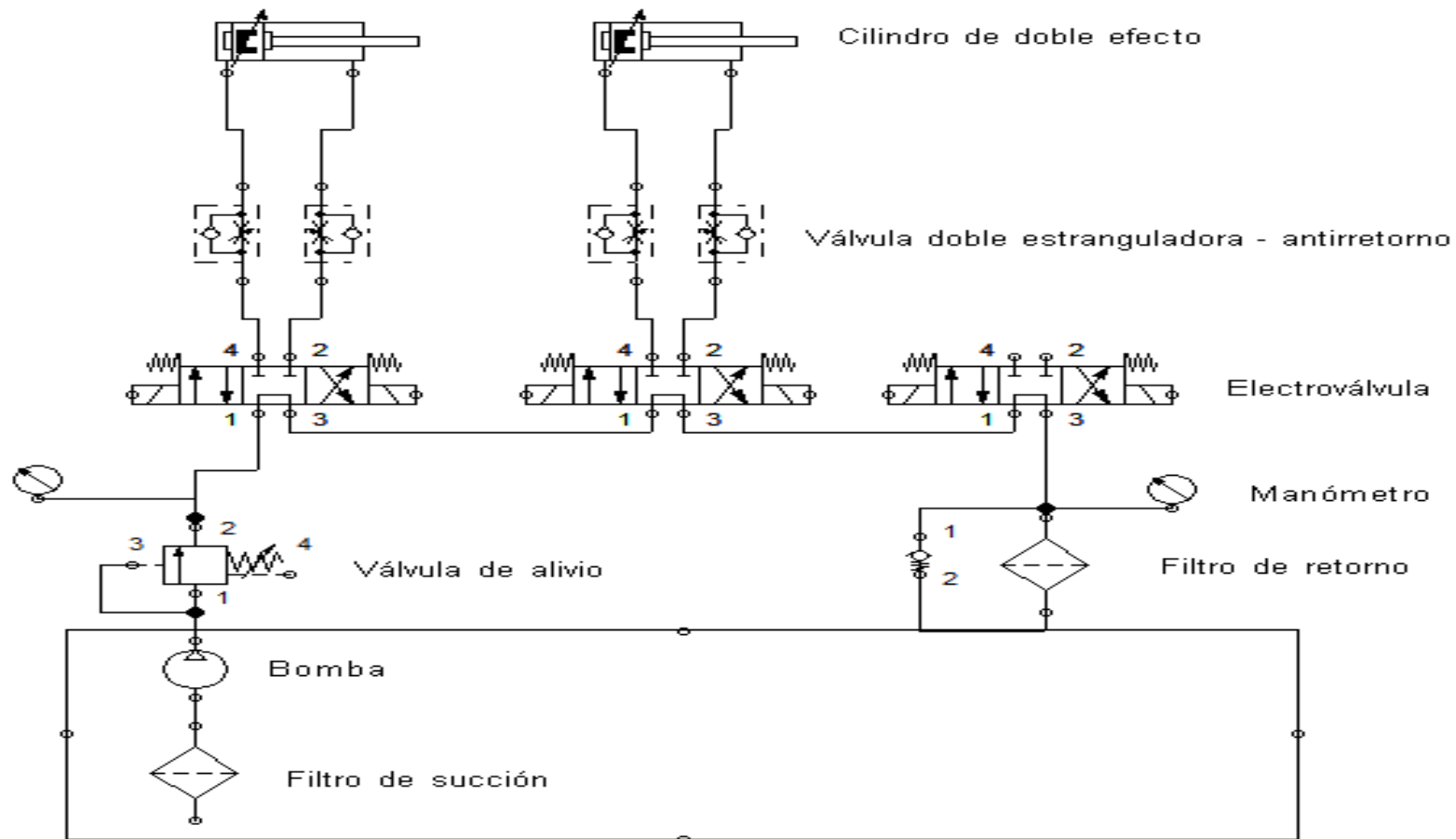


Figura 14: Diagrama hidráulico. Elaboración propia.

Anexo 16: Plan de mantenimiento

Tabla 13: Plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																		
	FRECUENCIA DEL PLAN	AÑO 2019												OBS					
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC						
MANTENIMIENTO 6 MESES (SEMESTRAL)	SEMESTRAL																		
Válvulas reguladoras/alivio (accesorios y válvulas)																			
Actuadores (cilindros hidráulicos)																			
Filtros (aire/retorno)																			
Manómetros																			
Visor de nivel de aceite																			
Mangueras hidráulicas																			
Electroválvulas																			
MANTENIMIENTO 12 MESES (ANUAL)	ANUAL																		
Motor eléctrico																			
Bomba hidráulica																			
Tanque hidráulico																			
Tapa de llenado																			
Empaques																			
Sellos																			
Pernera																			
Estructura metal mecánica																			
Tablero eléctrico																			
NOMBRE DEL OPERARIO: _____		NOMBRE DEL SUPERVISOR _____																	
DNI: _____		DNI _____																	
CARGO: _____		COMENTARIOS _____																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Leyenda</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Programado</i></td> <td style="text-align: center; background-color: yellow;">P</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><i>Ejecutado</i></td> <td style="text-align: center; background-color: lightgreen;">E</td> </tr> </table>														<i>Leyenda</i>	<i>Programado</i>	P		<i>Ejecutado</i>	E
<i>Leyenda</i>	<i>Programado</i>	P																	
	<i>Ejecutado</i>	E																	

Fuente: Elaboración propia

ENTREVISTA DE INVESTIGACIÓN

ENTREVISTADOR: WALTER DAVID ROJAS BENITES FECHA: 12 /06/2019

ENTREVISTADO: _____ CARGO: _____

EMPRESA: _____ EDAD: _____ SEXO: _____

TELEFONO: _____ CORREO: _____

Como parte del proceso de investigación para obtener el grado académico de Ingeniero Mecánico Eléctrico en la Universidad César Vallejo sede Trujillo, a continuación, se presenta una serie de preguntas destinadas a conocer la importancia de la implementación de un sistema para el cambio de paquetes de freno de estacionamiento en los camiones mineros Komatsu 930 E.

PREGUNTAS:

1. ¿Considera usted que los camiones Komatsu son importantes en la actividad minera?

2. ¿Conoce usted el proceso de cambio de paquete de freno de estacionamiento en los camiones Komatsu 930 E?

3. ¿Considera usted que existen riesgos de accidentes al realizar el proceso del cambio de paquete de freno de estacionamiento? ¿Por qué?

4. ¿Cuánto considera usted que demora un proceso regular del cambio de paquete de freno de estacionamiento? ¿Considera que se podría disminuir ese tiempo? ¿Por qué?

5. En base a su experiencia ¿Cuántos operarios considera usted que se necesita para realizar esta actividad? ¿Por qué?

6. En base a criterio profesional ¿Tendría alguna alternativa para disminuir los riesgos de accidentes, el tiempo de operación, y el número de personas involucradas al desarrollar esta actividad?

ENTREVISTADO

Por último, la información proporcionada por su persona sólo será usada con fines de investigación.