

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREARRANQUE EN LOS
EQUIPOS DE MINERÍA DE 100 TONELADAS, PARA REDUCIR
LA PROBABILIDAD DE PARADAS, MEDIANTE CONTROL
LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECATRÓNICO

Elaborado por

Luis Alberto Navarro Rosales

 [0009-0001-6223-7439](https://orcid.org/0009-0001-6223-7439)

Asesor

Mg. Joo Aguayo Alcides Guillermo

 [0000-0002-8459-8489](https://orcid.org/0000-0002-8459-8489)

LIMA – PERÚ

2023

RESUMEN

La actividad minera es uno de los principales aportes en la economía en el Perú siendo uno de los principales exportadores de minerales a nivel mundial. Para la extracción se necesita el apoyo de equipos de movimiento de tierra, estos equipos trabajan en condiciones de climas severos debido a la ubicación geográfica de los principales yacimientos mineros. Las bajas temperaturas siguen siendo uno de los principales problemas para el arranque en frío de los motores a combustión que no cuentan con un control electrónico, esto afecta en los tiempos de paradas no programados retrasando la producción de los procesos para extracción del mineral.

En el presente trabajo de suficiencia tiene como base el diseño de un sistema de pre-arranque para los equipos que trabajan en los yacimientos mineros tales como el tractor de ruedas modelo WD900-3 para condiciones de baja temperatura.

El diseño se basa en un sistema elaborado con un control lógico programable (PLC) que al accionar brindará un arranque eficiente del equipo a temperaturas por debajo de 5°C, reduciendo el tiempo de demora en el arranque y mejorando su confiabilidad.

Palabras clave: Arranque en frío, prearranque, equipos minería

ABSTRACT

Mining activity is one of the main contributions to the economy in Peru, being one of the main exporters of minerals worldwide. For the extraction, the support of earth moving equipment is needed, these equipment work in severe weather conditions due to the geographical location of the main mining deposits. Low temperatures continue to be one of the main problems for cold starting combustion engines that do not have electronic control, this affects unscheduled stop times, delaying the production of mineral extraction processes.

In the present sufficiency work, it is based on the design of a pre-start system for equipment that works in mining deposits such as the model WD900-3 wheeled tractor for low temperature conditions.

The design is based on a system made with a programmable logic control (PLC) that when activated will provide an efficient start of the equipment at temperatures below 5°C, reducing delay times and improving its reliability.

Keywords: Cold start, prestart, mine equipment

ÍNDICE

RESUMEN	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE	IV
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN	3
1.1 Generalidades	3
1.2 Descripción del problema de investigación	4
1.3 Objetivo del estudio	9
1.4 Antecedentes investigativos	9
1.4.1 Investigaciones internacionales	9
1.4.2 Investigaciones nacionales	15
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	18
2.1 Marco teórico	18
2.1.1 Maquinaria pesada	18
2.1.1.1 Historia de la maquinaria pesada	19
2.1.2 Motor a combustión interna (MCI)	21
2.1.2.1 Historia del motor diésel	22
2.1.3 Funcionamiento de motor diésel	24
2.1.3.1 Ciclo del motor diésel	24
2.1.3.2 Proceso de combustión del motor diésel	26
2.1.3.3 Retraso de encendido del motor diésel	28
2.1.4 Sistema de arranque del motor diésel	30
2.1.5 Tractor sobre ruedas WD900-3	32
2.1.5.1 Sistema de arranque del tractor de ruedas WD900-3	34
2.1.6 Controlador lógico programable (PLC)	36
2.1.6.1 Antecedente del PLC	39
2.1.7 Diseño del experimento	40
2.1.7.1 Prueba t student para muestras relacionadas	42
2.2 Marco conceptual	43

2.2.1	Arranque.....	43
2.2.2	Motor	44
2.2.3	Parada.....	44
2.2.4	Precalentador	44
2.2.5	Admisión.....	44
CAPÍTULO III - HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES ..		45
3.1	Hipótesis general	45
3.2	Operacionalización de variables	45
CAPÍTULO IV - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		46
4.1	Tipo y diseño de la investigación	46
4.1.1	Tipo de investigación.....	46
4.1.2	Diseño de la investigación.....	46
4.2	Unidad de análisis	47
4.3	Matriz de consistencia	48
CAPÍTULO V - DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....		49
5.1	Metodología de diseño.....	49
5.2	Recolección de datos.....	50
5.2.1.	Proyecto minero Toromocho	50
5.2.2.	Datos del Tractor sobre ruedas WD900-3	50
5.2.3.	Datos de paradas no programadas	53
5.2.4.	Datos de tiempos de arranque	55
5.3.	Precalentamiento de aire del tractor sobre ruedas WD900-3	56
5.4.	Elección del precalentador a utilizar.	58
5.5.	Monitoreo de la presión aceite motor.....	60
5.6.	Selección del PLC	61
5.7.	Modelamiento del sistema de control	63
5.8.	Programación en PLC.....	67
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		74
6.1.	Medición de tiempos de arranque.....	74
6.2.	Simulación de la presión de aceite con prelubricación	77
6.3.	Análisis de datos.....	78
6.4.	Contrastación de hipótesis.....	82
CONCLUSIONES		85

RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXO 1	90
ANEXO 2	92
ANEXO 3	94
ANEXO 4	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución del PBI minero	5
Figura 2 Exportaciones del Perú en el año 2018	6
Figura 3 Maquinaria pesada.....	18
Figura 4 Maquinaria pesada en la antigüedad	20
Figura 5 Principio físico de un MCI	22
Figura 6 Motor diésel construido en 1906.	23
Figura 7 Funcionamiento del motor diésel	26
Figura 8 Fases de proceso de combustión en el motor diésel	28
Figura 9 Baterías Komatsu	30
Figura 10 Llave de contacto o interruptor de arranque Komatsu	31
Figura 11 Solenoide y motor de arranque	32
Figura 12 Tractor de ruedas modelo WD900-3.....	33
Figura 13 Diagrama eléctrico sistema de arranque WD900-3	35
Figura 14 Estructura básica de un PLC.	38
Figura 15 Sistema de control usando PLC's.	40
Figura 16 Tractor sobre ruedas WD900-3.....	47
Figura 17 Diagrama de flujo de la metodología del trabajo de investigación.	49
Figura 18 Foto tractor sobre ruedas TR202	51
Figura 19 Foto tractor sobre ruedas TR201	52
Figura 20 Disponibilidad diaria de los equipos TR201 y TR202.....	54
Figura 21 Luz indicador del sistema de precalentamiento de aire.	57
Figura 22 Diagrama eléctrico sistema precalentador del equipo	59
Figura 23 Comportamiento presión aceite motor en el arranque	61
Figura 24 Diagrama eléctrico del sistema de prearranque.....	66
Figura 25 Diagrama de flujo de la programación del sistema de prearranque del tractor sobre ruedas WD900-3.....	67
Figura 26 Tiempos de arranque en frío del tractor TR201	75
Figura 27 Tiempos de arranque en frío del tractor TR202	76
Figura 28 Porcentaje de reducción de tiempos de arranque.....	77
Figura 29 Comportamiento de la presión de aceite motor en el arranque ..	78
Figura 30 Comparación de paradas no programadas antes y después en los equipos TR201 y TR202.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tiempos de arranque a bajas temperaturas equipos WD900-3....	8
Tabla 2	Ficha técnica del equipo WD900-3	47
Tabla 3.	Condiciones climáticas proyecto minero Toromocho	50
Tabla 4	Equipo WD900-3, serie 50102	51
Tabla 5	Equipo WD900-3, serie 50103	52
Tabla 6	Paradas no programadas (PNP) de los equipos TR201 y TR202.	53
Tabla 7	Control de tiempos de arranque.....	55
Tabla 8	Tiempo de precalentamiento.....	57
Tabla 9	Hoja de datos PLC modelo 6ES7214.....	63
Tabla 10	Tabla de entradas y salidas del PLC.....	64
Tabla 11	Tiempos de arranque WD900-3.....	75
Tabla 12	Tabla de diferencia de tiempos sin y con precalentamiento TR201	80
Tabla 13	Tabla de diferencia de tiempos sin y con precalentamiento TR202	81
Tabla 14	Paradas de equipos TR201 y TR202. Del 04/05/2022 al 09/05/2022.	83

PRÓLOGO

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como título “Diseño de un sistema de pre-arranque en los equipos de minería de 100 toneladas para reducir la probabilidad de paradas, mediante control lógico programable (PLC)” tiene como finalidad el diseño un sistema de pre arranque eficiente para la reducción de los tiempos de paradas por fallas ocasionadas debido al arranque en frio del motor a combustión en los equipos de minería. El informe está dividido en los siguientes capítulos:

El primer capítulo expone el tema de introducción, donde se aborda el alcance del informe, la descripción del problema de efectos que genera las paradas no programadas en equipos de minería, antecedentes nacionales e internacionales del presente trabajo.

El segundo capítulo se presenta las bases teóricas de la investigación tales como definición del sistema de arranque de un motor a combustión y ejemplos de sistemas de arranque en frio en otros países. También la descripción de algunos conceptos que tienen otro significado en el campo de la ingeniera.

El tercer capítulo se propone la hipótesis del informe de la investigación, como también las variables dependientes e independientes.

El cuarto capítulo se explica el tipo e diseño de la investigación, unidad de análisis y la matriz de consistencia.

El quinto capítulo es el desarrollo del trabajo de investigación, las fases como la recolección de datos, talos como los tiempos y cantidad de paradas del equipo, procesamiento y análisis de la información para la elaboración de un sistema para prevención de paradas no programadas a causa del arranque en frio.

El sexto capítulo se sustenta el análisis y discusión de resultados del trabajo desarrollado en el capítulo anterior.

Finalmente, se expone las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos del informe de suficiencia profesional.

CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo constituye soporte para las partes de la industria manufacturera y es una importante fuente de crecimiento económico para los países en vías de desarrollo. La actividad minera consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales de la corteza terrestre, lo cual, en muchos casos, implica la extracción física de grandes cantidades de materiales para recuperar solo pequeños productos tales como cobre, oro, aluminio, hierro, plomo, etc. (Dammert Lira & Morinelli Aristondo, 2007)

Durante toda la etapa de extracción del mineral se utiliza distintas maquinarias cuya elección dependerá del proceso y condiciones del entorno. Las principales maquinarias se dividen en tres tipos: equipos de carguío, equipos de transporte y equipos de servicio mina.

- Equipos carguío. - Tienen como finalidad cargar el material inicial y depositarlo en los equipos de transportes.
- Equipos de transporte. - También conocidos equipos de acarreo, tienen como finalidad trasladar el material desde los yacimientos hasta los posibles destinos; tales como chancado, stock de mineral o botaderos.

- Equipos de servicio. - Cumplen la función de construcción de caminos, zanjas, taludes, movimiento de tierras, entre otros. Dentro de estas maquinarias se encuentran tractores de oruga, excavadoras, motoniveladoras y tractores de ruedas, siendo este último, donde nos enfocaremos en el presente trabajo el diseño de un sistema de arranque basado en un control lógico programable (PLC).

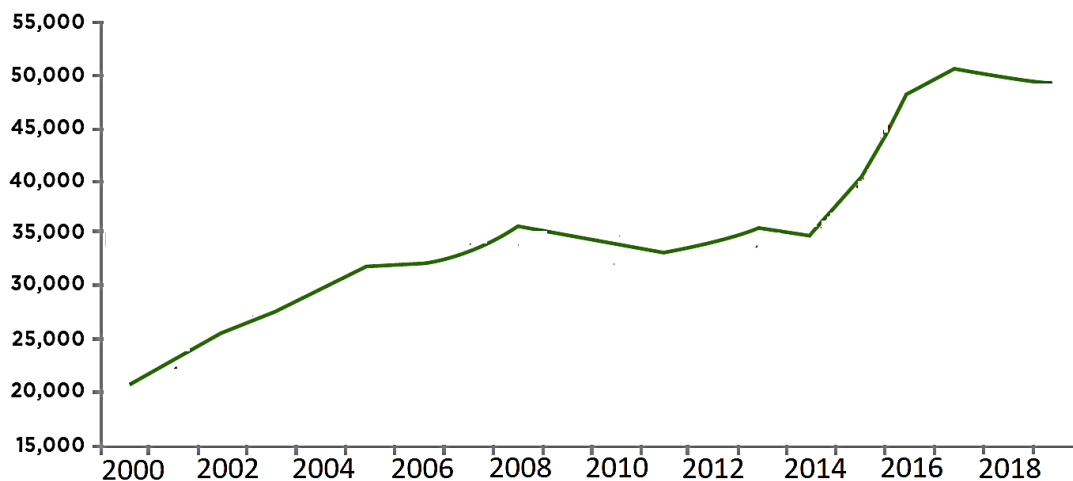
1.2 Descripción del problema de investigación

La minería es una de las actividades económicas más importantes en el Perú debido al aporte en el producto bruto interno (PBI), que aporta en promedio del 10% del PBI en los últimos 10 años. En dicho periodo el PBI minero ha tenido un ritmo de crecimiento similar al total de la economía. El crecimiento del sector minero se genera principalmente a los grandes proyectos de minería. Como se muestra en la figura 1 el Instituto Peruano de Economía realiza un estudio del crecimiento del PBI minero en el Perú en los últimos años. (Instituto Peruano de Economía, 2021)

En la figura 1 se muestra evolución del PBI minero en el Perú.

Figura 1 Evolución del PBI minero

Evolución del PBI minero, 2000-2019
(millones de soles 2007)



Fuente: Contribución de la minería a la economía nacional. (Instituto Peruano de Economía, 2021)

Por otra parte, la minería en el 2018 tuvo un aporte del 60% respecto a las exportaciones en el Perú. Siendo el cobre el metal de mayor exportación con un 30.5%, como se muestra en la figura 2, de acuerdo al balance nacional de energía publicado por el Ministerio de Energía y Minas.

En la figura 2 se muestra los porcentajes de aportes de las exportaciones en el Perú realizadas en el año 2018. El cobre tuvo un aporte del 30.5%, el oro del 16.8% y el resto de metales de del 11.6%.

Figura 2 Exportaciones del Perú en el año 2018

Fuente: Subsector minero se mantuvo como el principal aportante de las exportaciones nacionales durante el 2018. (Ministerio de Energía y Minas, 2019)

En el caso de las empresas mineras existe un desafío para la extracción de minerales debido a que los principales yacimientos mineros se encuentran ubicados sobre los 4000 msnm, donde las condiciones climáticas no son las óptimas para los equipos de producción por las bajas temperaturas del ambiente (debajo de 0°C). La altura geográfica a la que se encuentra no es el único factor que condicionan el régimen operacional, también existe el factor del terreno accidentado, factores climáticos y temperaturas extremas. Por esa razón, las empresas mineras buscan mejoras tecnológicas en los procesos evitando retrasos en la producción.

Durante el proceso de extracción presenta varias etapas que son principalmente: extracción de mineral desde la mina hasta la planta de procesos, procesamiento de mineral, fundición y refinación. Durante la fase de extracción de mineral, todos los equipos cumplen una función vital durante la operación. Las principales unidades mineras cuentan con un rango promedio entre 50 a 224 de equipos. La inoperatividad de algunos de los equipos en mención genera pérdida de producción de la unidad minera. (Energiminas, 2021)

El desempeño de los motores diésel es afectado por la temperatura del ambiente y la altura geográfica, a temperatura por debajo de los 5 °C, ocasiona que el operador intente varias oportunidades para arrancar el motor diésel impactando en la confiabilidad del equipo.

En la unidad minera Chinalco, las condiciones de temperaturas bajas afectan el arranque inicial de los equipos. Tal como se muestra en la tabla 1, se midió los tiempos de demora de arranque medidos en 2 equipos modelo WD900-3. Se encontró un tiempo promedio de intentos de arranque en 2 minutos y 7 segundos con 3 intentos en cada uno. Sin embargo, los equipos luego del tercer intento no lograron con éxito el arranque del motor diésel, no se realizó más intentos debido a la descarga de las baterías por el consumo del corriente generado por los arrancadores. Esto trae como consecuencia paradas no programadas del equipo para su atención por el área de mantenimiento.

Tabla 1 Tiempos de arranque a bajas temperaturas equipos WD900-3

Equipo	Número intentos arranque	Tiempo total
TR201	3	02:02 min
	3	02:10 min
	3	02:03 min
	3	01:55 min
	3	02:19 min
	3	02:12 min
	3	02:09 min
	3	02:20 min
	3	01:52 min
	3	02:07 min
TR202	3	01:49 min
	3	02:10 min
	3	02:06 min
	3	02:11 min
	3	02:20 min
	3	02:23 min
	3	02:09 min
	3	01:55 min
3	02:07 min	

Fuente: Elaboración propia (2023).

El área de gestión de activos de las unidades mineras espera un comportamiento eficiente de la partida y trabajo de sus equipos en cualquier condición climática, con el objetivo de no afectar su productividad.

De esta manera se observa que las temperaturas bajas en el ambiente generan problemas de arranque inicial en los equipos de minería. Por lo tanto, se anuncia la siguiente problemática:

¿De qué forma evitamos o mitigamos paradas no programadas ocasionado en el arranque de los equipos de minería en condiciones de bajas temperaturas?

1.3 Objetivo del estudio

Diseñar un sistema de prearranque en el equipo de minería modelo tractor de ruedas WD900-3 para la prevención de paradas no programadas mediante control lógico programable (PLC).

1.4 Antecedentes investigativos

Se realizaron diferentes estudios, investigaciones y exposiciones respecto al diseño y desarrollo de sistemas previo al arranque de los motores diésel para la prevención de fallas y mejora en la productividad del equipo. A continuación, se presentan algunas publicaciones realizadas en revistas internacionales, como tesis de pregrado en universidades nacionales que abordan el tema de interés.

1.4.1 Investigaciones internacionales

- **Rocha Hernandez, Marcelo (2011):** “Estudo dos componentes auxiliares da partida a frio de motores movidos a diésel”. Brasil

Resumen: En la presente tesis estudió los componentes auxiliares para la partida a bajas temperaturas de los motores diésel con el objetivo de adquirir conocimiento sobre el tema de aplicación en propulsores, de manera que puedan ser utilizados en regiones con temperaturas menores a 0°C con un desempeño confiable. Los componentes estudiados fueron utilizados, bien como su aplicación e importancia en la tarea de proporcionar las condiciones adecuadas para la partida en frío del motor. Los calentadores de aire de admisión cumple su función de incrementar la temperatura de aire que ingresa a la cámara de combustión para acelerar el arranque. (Rocha Hernandez, 2011)

- **Marin Soler, Alejandro (2018):** “Puesta en marcha de una instalación para el estudio del arranque de un motor de 3.0 litros en condiciones de arranque en frío y altitud”, España.

Resumen: En esta investigación realizó un estudio de uno de los parámetros más críticos de este tipo de motores, el cual es el arranque en frío del mismo. Para realizar dicho estudio, utilizó un motor 3.0 litros de cilindrada ubicado en una cámara climática que simula diferentes tipos de condiciones de altura y de temperaturas de ambiente para obtención de datos del arranque. Para ello se realizó la instalación de una culata instrumentada, la cual contiene sensores de presión instantánea instalada en cada cilindro, con el fin de obtención de datos procedentes de los sensores mencionados anteriormente. El resultado obtenido para la simulación para una altura de 5000 msnm y temperatura -15°C, el motor

fue incapaz de arrancar, se realizaron varios intentos de arranque con un tiempo de 6 a 8 segundos en cada intentos sin obtener resultados. (Marin Soler, 2018)

- **Ochoa Cortes, Oscar Javier (2011):** “Sistema de pre-lubricación para motores de combustión interna”. México.

Resumen: La presente investigación detalla un nuevo dispositivo que junto con los motores de combustión interna pre-lubrica las partes móviles del motor antes de que el sistema normal lo haga. Las ventajas de la presente invención con respecto de los del estado de la técnica consisten en que su funcionamiento no altera la operación normal de lubricación y asegura la pre-lubricación; permite ser instalado en cualquier tipo de maquinaria que requiera ser pre-lubricada antes del arranque; que con modificaciones en las dimensiones y características mecánicas de una o dos piezas, se logre adaptar a condiciones y características de diferentes motores y no requiere de un medio de bomba adicional para lograr su funcionamiento.

Estructuralmente el sistema está caracterizado por comprender un depósito con un medio deformable en su interior que se deforma con la entrada del lubricante y guarda energía potencial que se libera e impulsa el lubricante del depósito a las partes del motor a lubricar cuando una válvula de control remoto es energizada y se abre. (Ochoa Cortés, 2011)

- **Bondar V. N (2016):** “Determination of different methods of tractors diesel engine pre-start preparation at its starting characteristics”, Rúsia.

Resumen: La investigación presentó un estudio experimental de un tractor con motor diésel equipado con diversas herramientas de preparación previo al arranque a condiciones de bajas temperaturas.

El motor se equipó secuencialmente con un sistema de arranque eléctrico, junto con el precalentador de arranque líquido y el motor de arranque, cuyos gases de escape se utilizaron para calentar el aceite en el cárter de un motor diésel. En el motor se instaló un hidrottransformador que permitió reproducir las condiciones reales de funcionamiento del motor con mayor precisión. El estudio descubrió que el motor con precalentador de arranque líquido siempre arranca a una temperatura ambiente no inferior a menos 30 ° C. (Bondar, 2017)

- **Zechau Kan, et al (2018):** “Effects of altitude on combustion and ignition characteristics of speed-up period during cold start in a diésel engine”, China.

Resumen: En el presente artículo estudió el efecto de la altura geográfica y el arranque en frío de los motores diésel durante la aceleración. En este estudio, las características de combustión del período de aceleración se investigaron mediante una prueba experimental en un motor diésel de servicio pesado con una presión de admisión y escape controlada por el sistema de prueba de simulación de meseta para simular condiciones de altitud que incluyen 0 msnm, 3000nm ms y 4500 msnm. Se lograron otros

efectos de la altitud sobre las características de encendido del motor diésel mediante un modelo termodinámico de dimensión cero junto con un modelo cinético detallado. Los resultados indicaron que a medida que la altitud aumentaba de 0 msnm a 3000 msnm y 4500msnm, se reducía la presión en los cilindros a un 21.48% y 34.54% respectivamente. (Kan, y otros, 2018)

- **Arboleda Arboleda Jorge Armando, et al (2014):** “Diseño de un sistema de protección electrónica para el sistema lubricación de un motor”, Colombia.

Resumen: En este proyecto realizó la implementación de un sistema de protección al sistema de lubricación de un motor de combustión interna, esto con el fin de darle una alternativa al usuario que tiene un vehículo de gama baja y que no tiene como observar los datos de su sistema de lubricación: exponiéndolo a posibles fallas mecánicas y sobrecostos en las reparaciones, que pueden ser prevenidas por un sistema que transmita en un intervalo de tiempo los datos de la presión del aceite a una pantalla táctil que pueda ver el usuario.

En el sistema de lubricación los datos del sistema de lubricación son adquiridos por un sensor que está en el bloque del motor y que posteriormente envía la información a una pantalla táctil que le muestra al usuario el comportamiento del sistema de lubricación del motor de su vehículo, el conductor va a estar enterado del comportamiento de las variables de operación internas del motor. En el momento que la

información llega del sensor, ésta es procesada por un microcontrolador que se encarga de verificar si las variables del sistema están dentro de los rangos establecidos, sino se presenta ninguna novedad en los datos, el sistema sigue funcionando normalmente; pero en el momento en que la presión del sistema de lubricación llegue a fallar o descender, inmediatamente será generada la alarma. Esta alarma será una alerta al usuario indicando que posiblemente va a tener un daño grave en su vehículo; y si la presión sigue descendiendo a niveles muy bajos, el microcontrolador enviará una señal al relé de la bomba de combustible para que se apague el motor. (Arboleda Arboleda & Hernán, 2014)

- **M Korchuganova, et al (2015):** “Research of the pre-launch powered lubrication device of major parts of the engine D-240”, Rusia.

Resumen: En la investigación se consideró las condiciones de desgaste de partes móviles del motor a combustión durante el arranque a condiciones de baja temperatura ambiental durante las paradas prolongadas. Sobre la base del análisis de los métodos y configuraciones existentes del sistema de lubricación de las superficies de contacto del motor, se elaboró un diseño de un dispositivo combinado que une las funciones de los acumuladores de calor e hidráulicos. Sobre la base del diseño elaborado, se realizó pruebas preparatorias para evaluar la efectividad de la circulación de aceite antes del arranque en el motor D-240, así como la tasa de efectividad del termo aislamiento y el dispositivo de calentamiento del acumulador hidráulico.

Los resultados tienen como finalidad la lubricación de las partes del motor durante el pre-arranque. (Korchuganova, Syrbakov, Tkachev, & Zorina, 2015)

1.4.2 Investigaciones nacionales

- **Cárdenas Robles Mario Rafael (2017):** “Módulo de temporización electrónica para precalentador de vehículos a combustión Diésel”.

Resumen: El presente informe, se basó del desarrollo de un módulo de temporización para pre calentadores diésel presentado en la empresa Intertecnia S.A.C para condiciones de baja temperatura. El módulo de temporización electrónica es de importancia en el sistema de encendido ayudando al motor diésel a realizar las primeras combustiones por medio de la activación de los pre calentadores hasta el punto de ignición, cuenta con un temporizador programable para su uso en diferente vehículos diésel; cada vehículo necesita una temporización distinta. Este proyecto se desarrolló para dar un producto con una alternativa económica y con mayor funcionalidad al cliente automotor.

El desarrollo del proyecto fue realizado con el software de simulación electrónica (Proteus), las hojas técnicas de los componentes y los cálculos matemáticos de los componentes. (Cardenas Robles, 2017)

- **Mendoza Suarez Cesar Elías (2018):** “Controlador difuso para el control de fase de calentamiento de motores diésel que operan en los Andes Peruanos”.

Resumen: Este trabajo de tesis, mostró la viabilidad de aplicación de las técnicas de lógica difusa, mediante la creación de un controlador lógico difuso, para la solución alternativa a los clásicos sistemas de control, que puedan lograr el control de la temperatura de la línea de admisión de motores diésel de inyección directa que han sido necesidad (identificada en este trabajo) para solucionar el problema de apagado intempestivo de motores diésel que operan a determinadas condiciones de altitud y temperatura ambiental característicos de la geografía de los Andes Peruanos. (Cesar Elias, 2018)

- **Canahualpa Carhuamaca Tito Walther (2018):** “Análisis de fallas críticas de sistemas auxiliares para incrementar la confiabilidad del rodillo compactador volvo en la municipalidad de Acopalpa”.

Resumen: En el presente informe se estudió el comportamiento del desempeño de los sistemas auxiliares del motor diésel del rodillo compactador con el objetivo de incrementar la confiabilidad.

La disminución de la presión y temperatura atmosférica en regiones montañosas afecta la densidad del aire que ingresa en el motor diésel. Teniendo como consecuencia falla no comunes y disminución de su confiabilidad durante su funcionamiento. Por lo tanto, para incrementar la confiabilidad se aplicó estrategias mediante el cual se define las fallas, los

tipos de falla: Fallas funcionales y fallas críticas en los sistemas auxiliares, como: admisión de aire, suministro de combustible, sistema de refrigeración, lubricación y sistema electromecánico. (Canahualpa Carhuamaca, 2018)

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1 Marco teórico

2.1.1. Maquinaria pesada

La maquinaria pesada, de acuerdo a la relación peso/volumen, es decir, según su capacidad, es el tipo de maquinaria que está diseñada para realizar trabajos que los humanos o vehículos normales no lleva a cabo; requiere de un operador capacitado, porque varía la operación según la maquinaria; se utiliza en movimientos de tierra de grandes obras de ingeniería civil y en obras de minería de cielo abierto. (Reyes Jiménez, 2012)

En la siguiente figura 3 se visualiza las principales maquinarias pesada que se utiliza en la minería.

Figura 3 Maquinaria pesada



Fuente: Análisis numérico de falla para herramienta de implemento de equipo de maquinaria pesada. (Reyes Jiménez, 2012)

2.1.1.1. Historia de la maquinaria pesada

Es difícil precisar la fecha exacta en que se creó la maquinaria pesada; por ser una invención gradual impulsada por la necesidad de generar rendimientos y minimizar costos en los movimientos de tierra y en el campo de la agricultura. (Londoño Londoño, 2010)

Los Estados Unidos son los primeros en desarrollar innovaciones para reducir la mano de obra, primero en la agricultura, después en la construcción. Otros lugares del mundo como Reino Unido y Europa; manifestaban considerable atraso en tales campos, debido probablemente a la sobreoferta de la mano de obra barata y por carecer proyectos de mega obra. En cambio, los manufactureros norteamericanos de equipos, fueron pioneros en la obsolescencia de métodos en la época, al contrario de los europeos estancados en el sector por mucho tiempo. (Reyes Jiménez, 2012)

La especialización de máquinas o equipos de movimiento de tierra y transporte de las mismas; fueron las causas para la creación de rascador, la compactadora, la niveladora, el tractor de orugas, el tractor de ruedas, el cargador y el camión de acarreo.

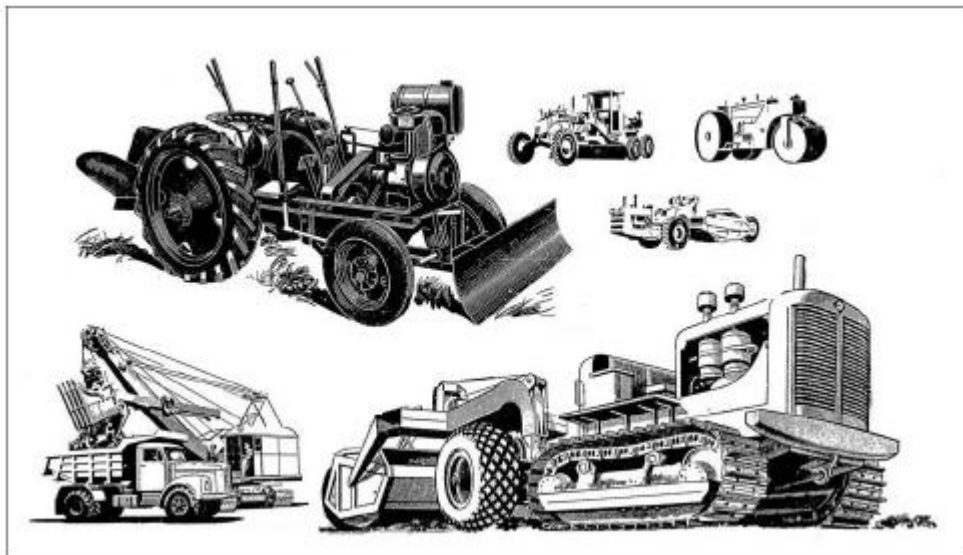
La aparición de estas máquinas se dio alrededor de los años 1880 y hasta final de la primera guerra mundial. En esta época presentaban características similares a las actuales. Las primeras maquinarias fueron con tracción de

animales. Sin embargo, la demanda de tracción necesaria requería maquinarias de gran tamaño (uso de máquinas con hasta 16 mulas). (Londoño Londoño, 2010)

La aparición de los motores a combustión interna, las máquinas se transforman en más livianas y utilitarias. De 1920 a 1930, el tamaño y la potencia de los motores diésel los vuelven bastantes universales al igual que los sistemas hidráulicos. Al inicio de la segunda guerra mundial; la maquinaria adquiriría en macro su forma actual. (Reyes Jiménez, 2012)

En la siguiente figura 4 se muestra maquinaria pesada en la antigüedad.

Figura 4 Maquinaria pesada en la antigüedad

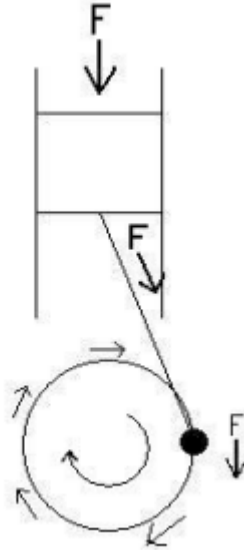


Fuente: Análisis numérico de falla para herramienta de implemento de equipo de maquinaria pesada. (Reyes Jiménez, 2012)

2.1.2. Motor a combustión interna (MCI)

El principio de funcionamiento básico de los motores de combustión es la explosión provocada por el encendido del combustible con el aire en la cámara de combustión del motor. Las explosiones empujan las bielas ocasionando el giro del cigüeñal convirtiendo el movimiento lineal en circular. Se montan varios pistones en el mismo cigüeñal. Cuando se empuja un pistón hacia abajo, otros son empujados hacia arriba por la rotación del eje. En el caso de un motor diésel, la explosión en la cámara de combustión se crea mezclando el combustible con aire y aplicando presión para alcanzar el punto de encendido, a diferencia de un motor de gasolina donde se usa una chispa para el encendido. A medida que aumenta la carga del motor, se consume más combustible.

En la siguiente figura 5 muestra en funcionamiento del mecanismo del MCI. Después de la explosión del combustible con el aire, se genera una fuerza F que empuja el pistón hacia abajo, esa fuerza es transmitida a la biela que se encarga de convertir el movimiento rectilíneo en movimiento circular o rotativo. La biela transmite fuerza al cigüeñal. (Gonzales Said, 2007)

Figura 5 Principio físico de un MCI

Fuente: Motores a combustión interna. (Gonzales Said, 2007)

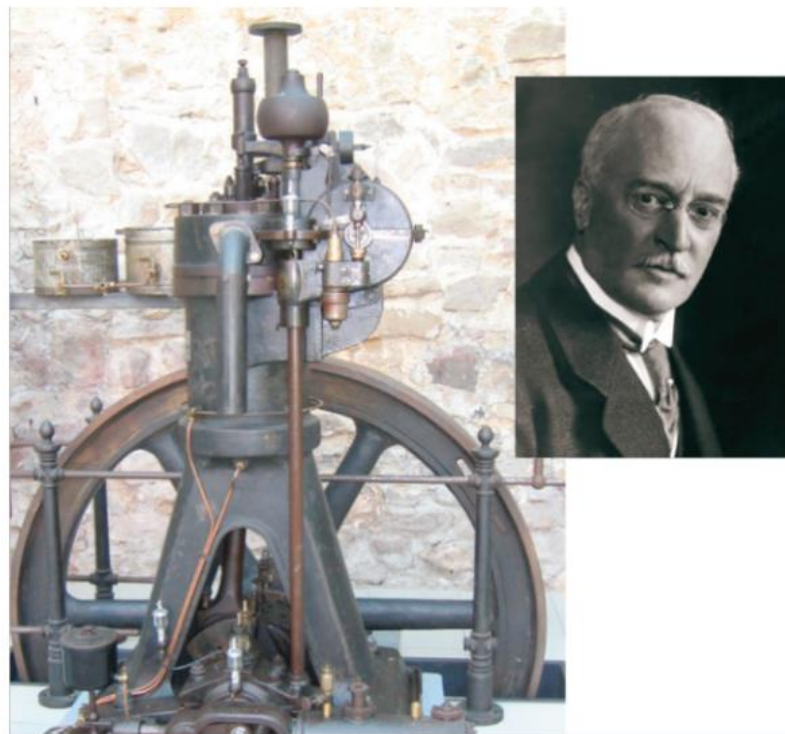
2.1.2.1. Historia del motor diésel

El motor de ciclo diésel fue desarrollado por el ingeniero alemán Rudolf Christian Karl Diesel (1858 – 1913), conocido por ser el primer inventor a utilizar los principios de la termodinámica antes de realizar los trabajos experimentales para obtener nuevo concepto del motor. Su patente fue obtenida en 1892 con el objetivo de crear un nuevo motor que sea eficiente que los demás motores de la época (utilizar menor cantidad de combustible para generar el mismo trabajo de los otros). El concepto de iniciar la combustión a través de inyección de un combustible líquido en una cámara de aire en el proceso de compresión, permitió que un nuevo motor logre una

eficiencia dos veces mayor que los motores de la época. (Rocha Hernandez, 2011)

En la siguiente figura 6 muestra uno de los primeros motores diésel construido en el año 1906.

Figura 6 Motor diésel construido en 1906.



Fuente: Motores a combustión interna. (Gonzales Said, 2007)

El primer prototipo funcionó por aproximadamente 1 minuto a 88 rpm produciendo 13,2 hp. Fue fabricado en febrero 1894 en Alemania, sin embargo, fue en 1895 que se produjo su primero motor operacional que generaba 20 hp a 165 rpm. En 1898 inició la producción comercial de los

motores diésel para la generación de energía en la industria. En 1919 la empresa Cummins Engine Company aprovecharon la tecnología de los motores diésel para la aplicación vehicular.

2.1.3. Funcionamiento de motor diésel

El motor diésel es un motor a compresión y su funcionamiento se basa en aumentar la presión de aire contenido en la cámara de combustión hasta alcanzar una temperatura de sobrepasa los 500°C, que se logra al pulverizar combustible sobre este aire caliente dentro de la cámara logrando la combustión. A diferencia de los motores de ciclo a gasolina (Otto) que requieren de una chispa para generar la combustión dentro de la cámara. La tasa de compresión es mayor que varía entre 15:1 a 22:1. (Rocha Hernandez, 2011)

2.1.3.1. Ciclo del motor diésel

Explicaremos el ciclo del motor diésel de 4 tiempos mostrado a continuación:

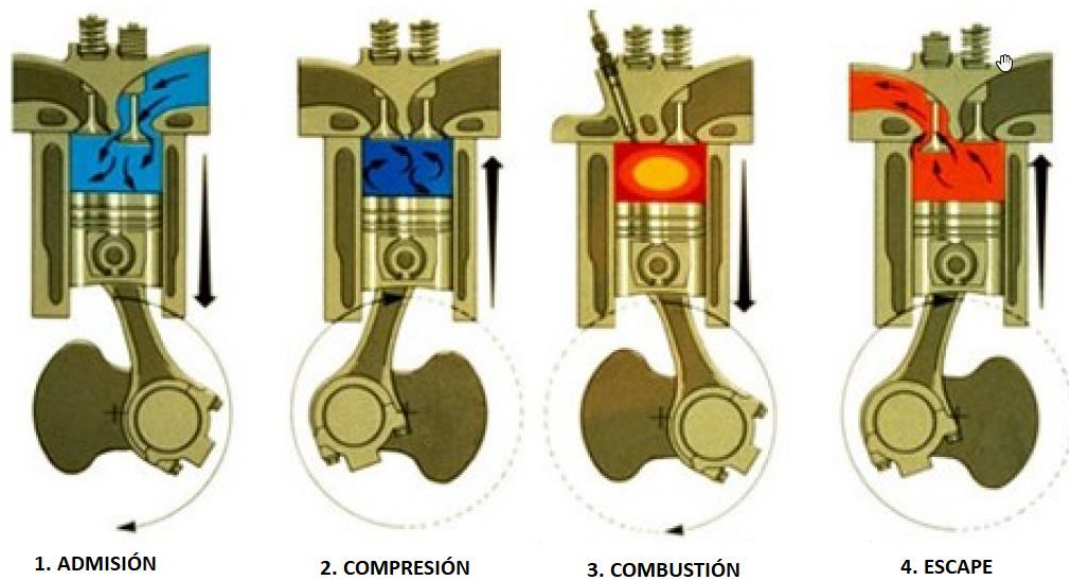
- **1er tiempo, admisión:** El primero tiempo del proceso de combustión se efectúa el llenado de aire. Para ello, la válvula de admisión se mantiene abierta para el ingreso de aire a medida que el pistón baje hasta su punto

muerto inferior (PMI). La cantidad de ingreso de aire dependerá de la densidad del aire en el ambiente.

- **2do tiempo, compresión:** Una vez que el pistón llegue a su PMI, la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a subir hasta su punto muerto superior (PMS). En ese tiempo la temperatura de aire dentro de la cámara de combustión se eleva de manera significativa.
- **3er tiempo, combustión:** Antes que el pistón llegue a su PMS, un inyector pulveriza combustible dentro de la cámara. Se genera el proceso de combustión, la presión interna se incrementa y el pistón comienza a descender hasta su PMI.
- **4to tiempo, escape:** Cuando el pistón llegue a su PMI, la válvula de escape se abre y parte de la inercia que se produce genera el retorno del pistón hasta su PMS. Los gases de escape son expulsados y el ciclo de combustión se reinicia.

En la siguiente figura 7 se muestran el ciclo de 4 tiempos del motor diésel.

Figura 7 Funcionamiento del motor diésel



Fuente: Estudio dos componentes auxiliares de partida a frío de motores movidos a diésel. (Rocha Hernandez, 2011)

2.1.3.2. Proceso de combustión del motor diésel

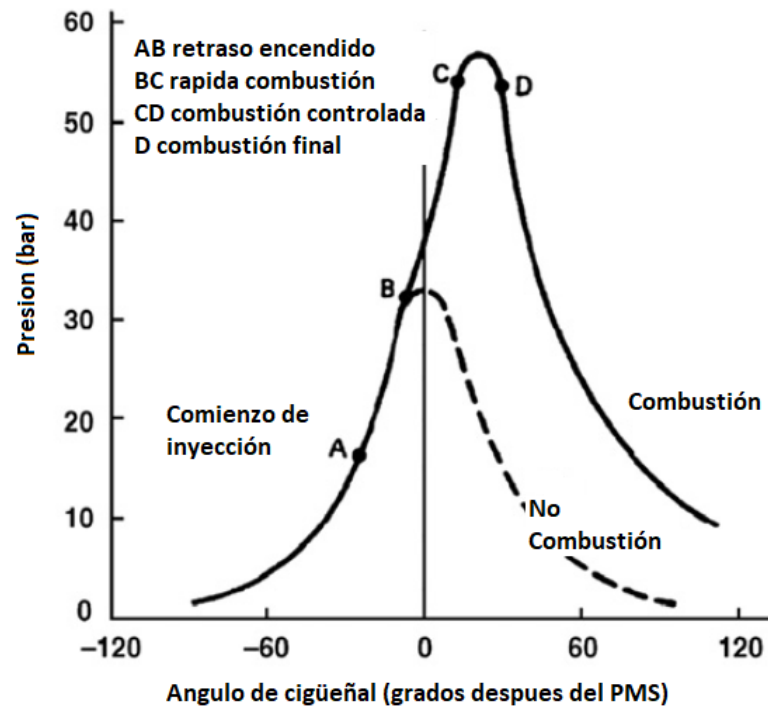
El proceso de combustión del motor diésel inicia con la inyección de combustible en el cilindro con aire a presión y temperatura elevadas a causa de la compresión, la pulverización de combustible inyectado debe dispersarse finamente para que se evapore y se mezcle fácilmente con el aire caliente. La tasa de compresión está en orden 12 a 24 en los motores diésel para asegurar una presión y una temperatura alta; por lo tanto, generando el autoencendido de la mezcla aire y combustible. El proceso de combustión de los motores de encendido por compresión se puede dividir en 3 secciones principales, tal

como se muestra a continuación: (Shahabuddin, Liaquat, Masjuki, Kalam, & Mofijur, 2012)

- **Retraso de ignición o encendido:** Es considerado más importante parámetro en la combustión. El combustible ha sido admitido dentro de la cámara de combustión, pero, la ignición todavía no comenzó.
- **Combustión rápida o incontrolada:** Parte del combustible inyectado en el cilindro comienza a quemarse. En esta etapa se da el aumento rápido de la presión.
- **Combustión controlada:** La tasa continua de mezcla de combustible inyectado con el aire comprimido caliente en el cilindro controla principalmente el comportamiento de la combustión

En la siguiente figura 8 se muestra las tres fases de combustión del motor diésel en relación a la presión.

Figura 8 Fases de proceso de combustión en el motor diésel



Fuente: Ignition delay, combustion and emission characteristics of diesel engine fueled with biodiesel. (Shahabuddin, Liaquat, Masjuki, Kalam, & Mofijur, 2012)

2.1.3.3. Retraso de encendido del motor diésel

La definición de retardo de encendido es el tiempo que transcurre entre los inicios de la inyección y de la combustión cuando se enciende la mezcla de aire y combustible. La fórmula de Arrhenius calcula el periodo de retraso de encendido se describe a continuación: (Shahabuddin, Liaquat, Masjuki, Kalam, & Mofijur, 2012)

$$\tau_{id} = a. \phi^{-k^*} . P^{-n^*} . \exp \left(\frac{E_a}{R_u T_{cyl}} \right)$$

Donde:

τ_{id} : Retraso de encendido.

ϕ : Radio equivalente.

E_a : Energía de activación.

T_{cyl} : Temperatura de la compresión.

R_u : Constante universal de los gases.

P : Presión al final de la compresión.

a, k^* y n^* : Constantes.

Como se observa en la ecuación τ_{id} depende de los valores de T_{cyl} y P , las cuales en arranque en frío y en condiciones de altura disminuyen notablemente. En el arranque, la presión de combustible disminuye significativamente, lo que origina una deficiente pulverización y formación de mezcla aire combustible, provocando un crecimiento mayor del periodo de retraso del encendido. A medida que el motor se va calentando y acelerando, se va estabilizando el proceso de inyección, por lo tanto, mejora el arranque.

(Lira Cacho & Ponce Galiano, 1999)

2.1.4. Sistema de arranque del motor diésel

Es el encargado de convertir la energía eléctrica, a través de las baterías, en energía mecánica para dar inicio al arranque del motor. El sistema de arranque está dividido en 4 partes:

- **Baterías:** Suministra la energía al circuito. Para los equipos mineros se utiliza 2 baterías de 12 voltios instaladas en serie.

En la siguiente figura 9 se muestra las baterías que se utilizan para los equipos mineros Komatsu.

Figura 9 Baterías Komatsu



Fuente: www.komatsu.pe. (Komatsu Mitsui, 2015)

- **Interruptor llave contacto:** Activa el circuito. Es accionado por el operador en el arranque.

En la siguiente figura 10 muestra llave de contacto utilizado en los equipos Komatsu.

Figura 10 Llave de contacto o interruptor de arranque Komatsu



Fuente: www.komatsu.pe. (Komatsu Mitsui, 2015)

- **Solenoid de arranque:** Encargado de acoplar el mando del motor de arranque con la volante del motor diésel.
- **Motor de arranque:** Convierte energía eléctrica en accionamiento mecánico para el giro del motor aproximadamente 100rpm para proceder el arranque del motor diésel.

En la siguiente figura 11 se muestra conjunto de solenoide y motor de arranque utilizado en maquinaria pesada CAT.

Figura 11 Solenoide y motor de arranque



Fuente: www.parts.cat.com. (Caterpillar, 2023)

2.1.5. Tractor sobre ruedas WD900-3

La flota auxiliar tiene una importancia en la productividad de las unidades mineras. Se utiliza para la construcción y mantenimiento de rampas de transportes hasta la limpieza de áreas de carga y descarga de material. Los tractores sobre ruedas combinan las capacidades de producción de los tractores de orugas con la movilidad y versatilidad de los cargadores sobre ruedas.

El tractor sobre ruedas modelo WD900-3 de marca Komatsu tiene una potencia neta al volante 637 kW o 853 Hp a 2000 rpm. La capacidad de la hoja de empujo dependerá de la aplicación las cuales esta configurados, en

nuestro equipo en análisis presenta una capacidad de hoja de 26 m³. Las principales aplicaciones del tractor sobre ruedas en la minería son:

- Limpieza del área de carga.
- Mantenimiento del área de descarga.
- Limpieza del área de voladura.
- Construcción de rampas de transportes.
- Construcción y mantenimientos de la berma de seguridad.

En la siguiente figura 12 se visualiza el tractor de ruedas modelo WD900-3

Figura 12 Tractor de ruedas modelo WD900-3



Fuente: Folleto del equipo WD900-3 . (Komatsu, 2018)

El equipo tiene instalado un motor diésel modelo SA12V140-1 de marca Komatsu de 12 cilindros con configuración en “V”, además tiene una cilindrada de 30,5 litros y su sistema de combustible es de inyección directa.

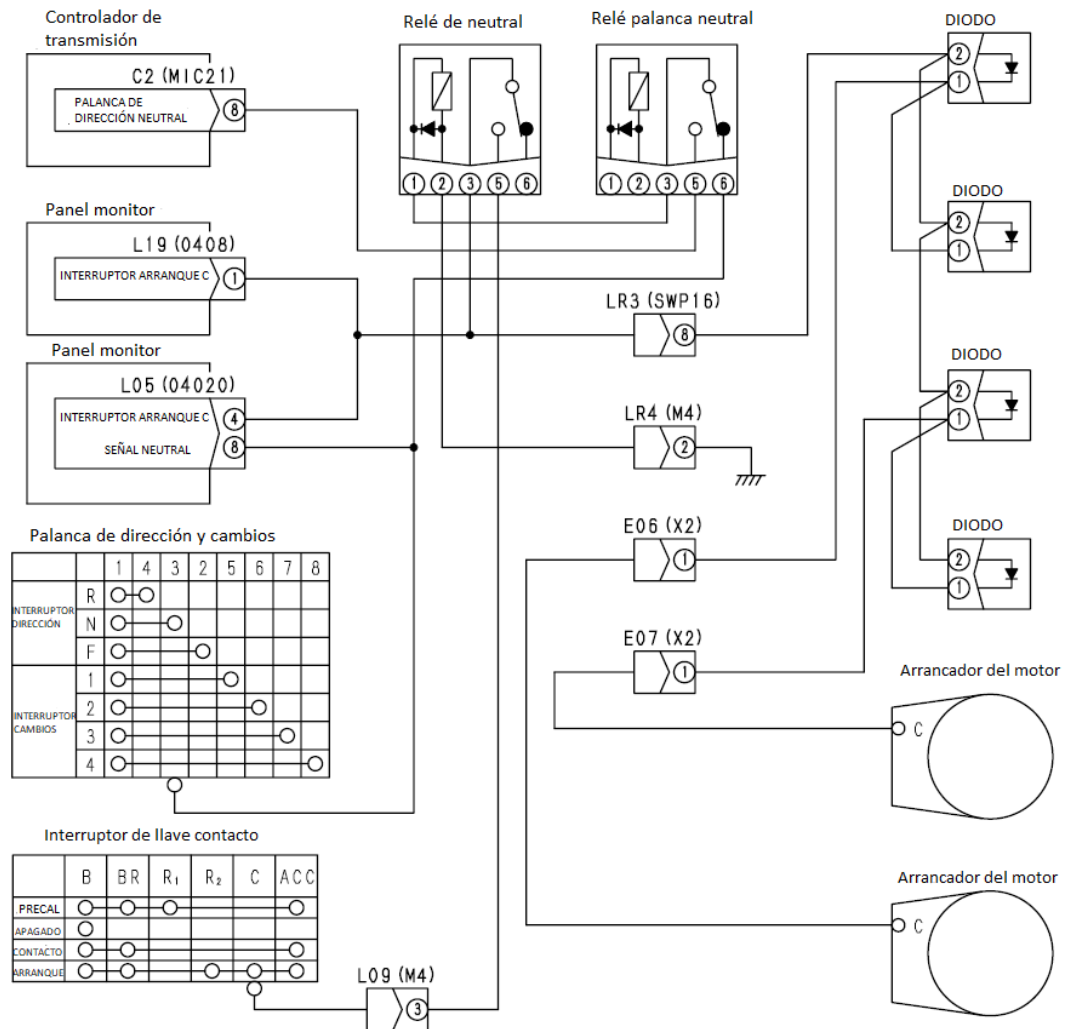
2.1.5.1. Sistema de arranque del tractor de ruedas WD900-3

En la figura 13 se muestra el diagrama del sistema eléctrico del sistema de arranque del tractor sobre ruedas modelo WD900-3. El equipo utiliza 2 motores de arranque debido al tamaño en el motor diésel para la demanda de las revoluciones mínimas requeridas para el arranque inicial.

El funcionamiento del sistema de arranque es el siguiente:

El sistema inicia con el operador al colocar la llave de contacto en posición de arranque motor diésel, se energiza con 24 VDC el terminal C. La señal C es enviado a los relés de seguridad llamados “relé neutral y palanca neutral”. La función de los relés es garantizar que el equipo se encuentre la palanca de cambios en posición neutral para proseguir el arranque.

Figura 13 Diagrama eléctrico sistema de arranque WD900-3



Fuente: Manual de servicio WD900-3. (Komatsu, 2018)

Después la señal C pasa por los diodos de seguridad y finalmente al terminal C de los motores de arranque. En el mismo tiempo, los motores arranque se encuentran alimentados con señal de 24 voltios desde las baterías, cuando se energiza con 24 voltios el terminal C de los motores de arranque, se inicia el arranque del motor diésel. (Komatsu, 2018)

Los 2 motores de arranque tienen una potencia de 7.5 kw cada una para poder realizar el giro inicial, entre 1000 y 1500 rpm, con la finalidad que se ejecute la combustión dentro de las cámaras del motor diésel. (Komatsu, 2016)

2.1.6. Controlador lógico programable (PLC)

Un controlador lógico programable (PLC) es una maquina programable diseñada para ser utilizada en un entorno hostil, utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, temporizadores, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos. (Garcia Gonzalez, 2004)

El PLC lee datos de sensores instalados en las máquinas, resuelve un programa almacenado en su memoria y envía comandos de salida a los actuadores de control.

El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, resistente al ruido eléctrico, a la vibración y al impacto. Los

programas para el control de funcionamiento se suelen almacenar en memorias no volátiles. (Zapana Mamani, 2019)

El Controlador Lógico Programable fue originalmente construido como un sustituto de los paneles de control por relevadores, con la idea de tener una "secuencia lógica" almacenado en un programa en lugar de conexiones entre relevadores. Esto permite que los cambios a ser realizados en la secuencia se realizan en el programa, rápidamente y con un mínimo de modificaciones en el alambrado. (Garcia Gonzalez, 2004)

La evolución del PLC ha continuado, y en éstos tiempos, los PLC's no únicamente solucionan las necesidades de remplazar relevadores, sino que permiten la integración de funciones tales como el control analógico, adquisición de datos, control de alarmas, generación de reportes y más. (Garcia Gonzalez, 2004)

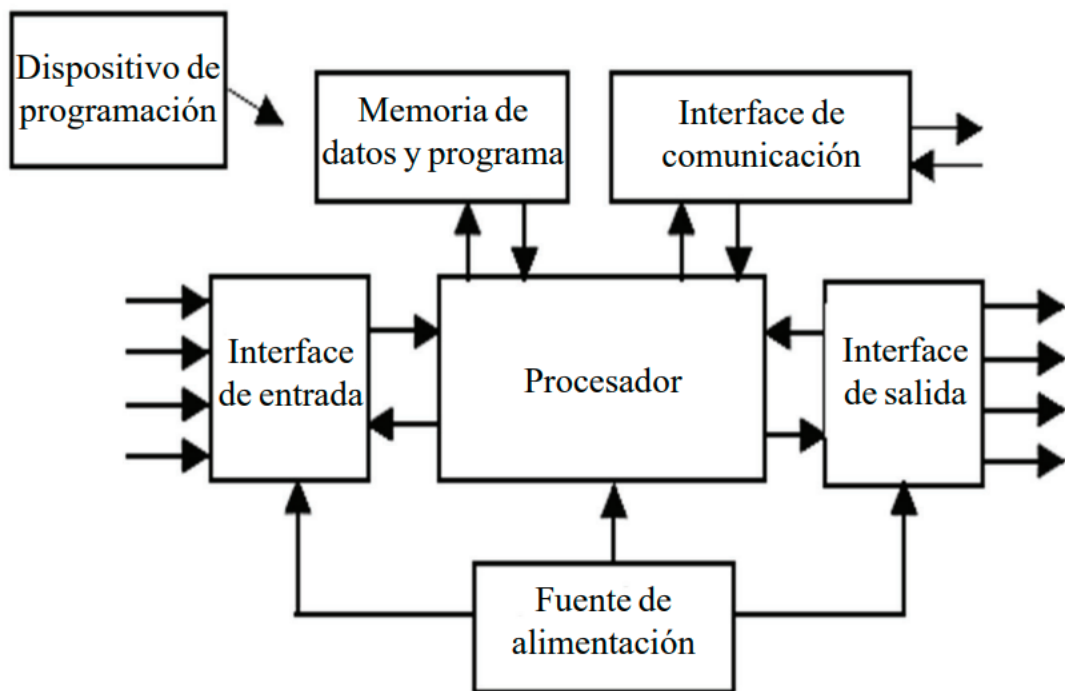
Los PLC's está dividido en siguientes unidades principales:

- **La memoria programable:** En esta unidad se encuentran instrucciones para la secuencia de control lógico.
- **La memoria de datos:** Se encuentran todos los datos de trabajo del PLC.
- **Interface de entrada:** Entre ellos se encuentran los sensores, interruptores, botones, etc.

- **Interface de salida:** Actuadores, bobinas de arrancadores, solenoides, indicadores visuales, etc.
- **Fuente de alimentación:** Suministro de voltaje para operación del PLC. Los voltajes que se utilizan son 5voltios, 12voltios y 24voltios.

En la siguiente figura 14 se muestra la estructura general de controlador lógico programable.

Figura 14 Estructura básica de un PLC.



Fuente: Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC. (Zapana Mamani, 2019)

2.1.6.1. Antecedente del PLC

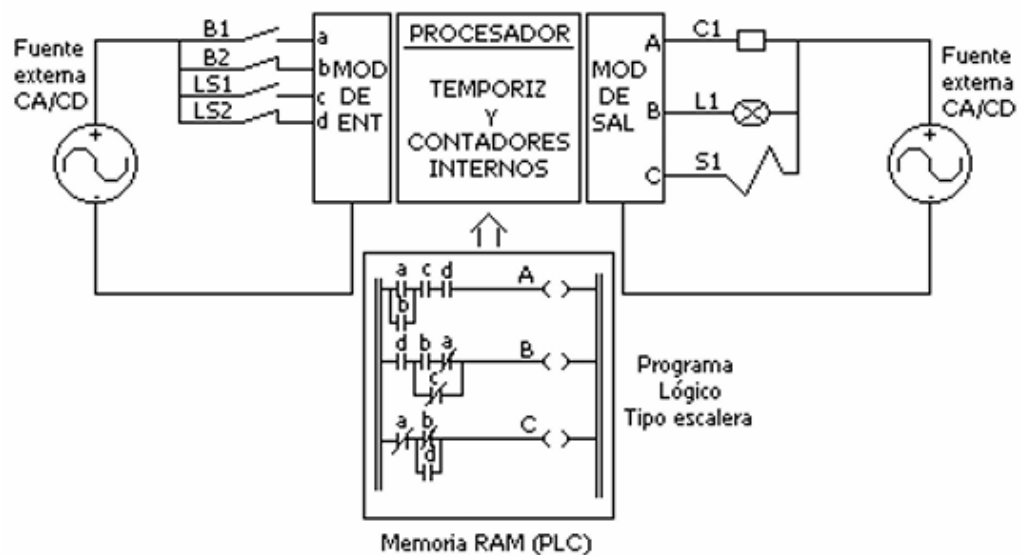
El control industrial se ha desarrollado enormemente en los últimos 40 años. La industria como la de alimentos, petrolera, metalúrgica, o automotriz ha necesitado siempre algún tipo de control en el proceso de manufactura. Hace tan sólo 25 años el control industrial era ejecutado con dispositivos electromecánicos y algunas tarjetas electrónicas en algunos de los casos. En este tipo de control se ocupaba demasiado espacio en la instalación de los equipos. El consumo de energía era muy elevado, las modificaciones eran casi imposibles además de costosas. El mantenimiento solía ser muy tardado, y el tiempo de localización y corrección de fallas muy grande. (Garcia Gonzalez, 2004)

Los primeros PLC's que aparecieron en el mercado obviamente, fueron muy sencillos, cubriendo únicamente sistema de control del tipo lógico, es decir, sólo censaban datos de entrada del tipo on/off (encendido/apagado) como es el caso de un interruptor: como datos de salida este sistema solo envía una señal de energizado o des energizado, como es el caso de energizar un solenoide o una lámpara.

La estructura de un sistema de control usando PLC's se ilustra en la figura 16. En forma resumida los módulos tanto de entradas como los de salidas se emplean como interfaces (traductores de señales o datos) entre todos los

dispositivos físicos del proceso (campo) y la memoria interna del PLC (Procesador).

Figura 15 Sistema de control usando PLC's.



Fuente: Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable. (Zapana Mamani, 2019)

2.1.7. Diseño del experimento

La técnica de análisis de datos t student sirve para determinar si la media de una muestra es estadísticamente diferente de una media poblacional conocida o hipotética. Esta prueba se utiliza cuando los datos no siguen una distribución normal o cuando tamaño de la muestra es pequeño (menos de 30). (Lugo Armenta & Pino Fan, 2021)

Existen 3 tipos de pruebas t-student que mostramos a continuación:

- **Prueba t-student para una muestra:** Las pruebas de hipótesis para la media de una muestra son aquellas en las que la hipótesis nula y la hipótesis alternativa del contraste afirman algo sobre el valor de la media de una población. (Lugo Armenta & Pino Fan, 2021)
- **Prueba t student para muestras independientes:** La prueba t de Student para muestras independientes se utiliza para rechazar o aceptar la hipótesis sobre una relación entre las medias de dos poblaciones, por ejemplo, que la media de dos poblaciones son distintas o que la media de la población A es mayor que la media de la población B. (Lugo Armenta & Pino Fan, 2021)
- **Prueba t student para muestras relacionadas o pareadas:** Esta prueba se usa cuando dos muestras estudiadas están relacionadas entre sí, de manera que en realidad se trata de una sola muestra de individuos que ha sido analizado dos veces (cada vez con unas condiciones distintas). (Lugo Armenta & Pino Fan, 2021)

Para nuestros datos experimentales utilizamos la prueba t student para muestras relacionadas debido a que se está comparando los tiempos

encendidos en condiciones distintas (sin precalentamiento y con precalentamiento) para cada equipo.

2.1.7.1. Prueba t student para muestras relacionadas

Prueba t student para muestra relacionada se utiliza cuando una variable dependiente es medida en la misma muestra en dos tiempos y condiciones distintas. Durante el planteamiento de la hipótesis vamos a tener 3 posibles escenarios que son las siguientes:

- $H_0: \mu_d = 0, H_1: \mu_d \neq 0$; Para prueba bilateral.
- $H_0: \mu_d \leq 0, H_1: \mu_d > 0$; Para prueba unilateral derecha.
- $H_0: \mu_d \geq 0, H_1: \mu_d < 0$; Para prueba unilateral izquierda.

Donde:

- H_0 : Hipótesis nula.
- H_1 : Hipótesis alternativa.
- μ_d : Media de las diferencias entre los datos.

La fórmula para calcular el estadístico prueba t student para muestras relacionada se muestra a continuación:

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- t : Estadístico t calculado.
- \bar{d} : Promedio de las diferencias.
- S_d : Desviación estándar de las diferencias que se calcula como

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{d})^2}{n-1}}.$$

- n : Cantidad de elementos.
- d_i : Diferencia independiente.

La fórmula estadística sigue una distribución t con grados de libertad (gl) igual a $n - 1$. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si se cumple lo siguiente:

- $t < -t_{critico}$ o $t > t_{critico}$. (Bilateral)
- $t > t_{critico}$. (Unilateral derecha)
- $t < t_{critico}$. (Unilateral izquierda)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Arranque

Es la fase durante la cual se genera un movimiento de rotación al cigüeñal del MCI, mediante una fuente externa de energía, hasta que se alcanza la velocidad mínima de funcionamiento.

2.2.2 Motor

Es un motor a combustión interna que produce energía mecánica a través de la energía química de un combustible.

2.2.3 Parada

Parada o detención es un periodo el cual un equipo se encuentra fuera de servicio, pudiendo ejecutar trabajos de mantenimiento.

2.2.4 Precalentador

Es un dispositivo que se utiliza para calentar el líquido refrigerante, el aceite, el combustible o el aire de admisión de un motor para favorecer el arranque en frío.

2.2.5 Admisión

La admisión es la primera fase en el ciclo de un motor diésel de cuatro tiempos.

CAPÍTULO III - HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1 Hipótesis general

H1: Al instalar el sistema de prearranque en los equipos de minería de 100 toneladas reducirá las paradas no programadas y los tiempos de arranque a bajas temperaturas.

3.2 Operacionalización de variables

Variables dependientes: Prevención de paradas no programadas y reducción de tiempos de arranque en los equipos de minería de 100 toneladas

Variables independientes: Diseño del sistema de prearranque

CAPÍTULO IV - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo porque cumple las siguientes características:

- La percepción de la realidad posee objetividad porque el problema investigado no ha sido manipulado ni afectado por terceros.
- Tiene orientación de tipo explicativo, porque se sustenta las causas fenómenos físicos ocurridos. (Cortés Cortés & Miriam, 2004)
- Es de tipo descriptivo porque se recolecta datos y mediciones para la búsqueda de propiedades, características y rasgos importantes del fenómeno a analizar. (Cortés Cortés & Miriam, 2004)

El alcance es de tipo correlacional dado que se compara los resultados presentados después del diseño. (Cortés Cortés & Miriam, 2004)

4.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental debido a que se realiza cambios, ensayos y simulaciones para analizar las causas en la respuesta obtenida. (Cortés Cortés & Miriam, 2004)

4.2 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el tractor sobre rueda WD900-3 donde se muestra su ficha técnica a continuación:

Tabla 2 Ficha técnica del equipo WD900-3

Especificación de WD900-3	
Equipo	Tractor sobre ruedas
Modelo	WD900-3
Potencia	637KW (853HP) / 2000RPM
Peso	100000 kg.
Capacidad de la hoja	26.0 m ³
Motor modelo	SA12V140-1

Fuente: Folleto de la WD900-3. (Komatsu, 2018)

Figura 16 Tractor sobre ruedas WD900-3



Fuente: Folleto de la WD900-3. (Komatsu, 2018)

4.3 Matriz de consistencia

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PREARRANQUE EN EL EQUIPO DE MINERÍA DE 100 TONELADAS, PARA REDUCIR LA PROBABILIDAD DE PARADAS NO PROGRAMADAS, MEDIANTE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

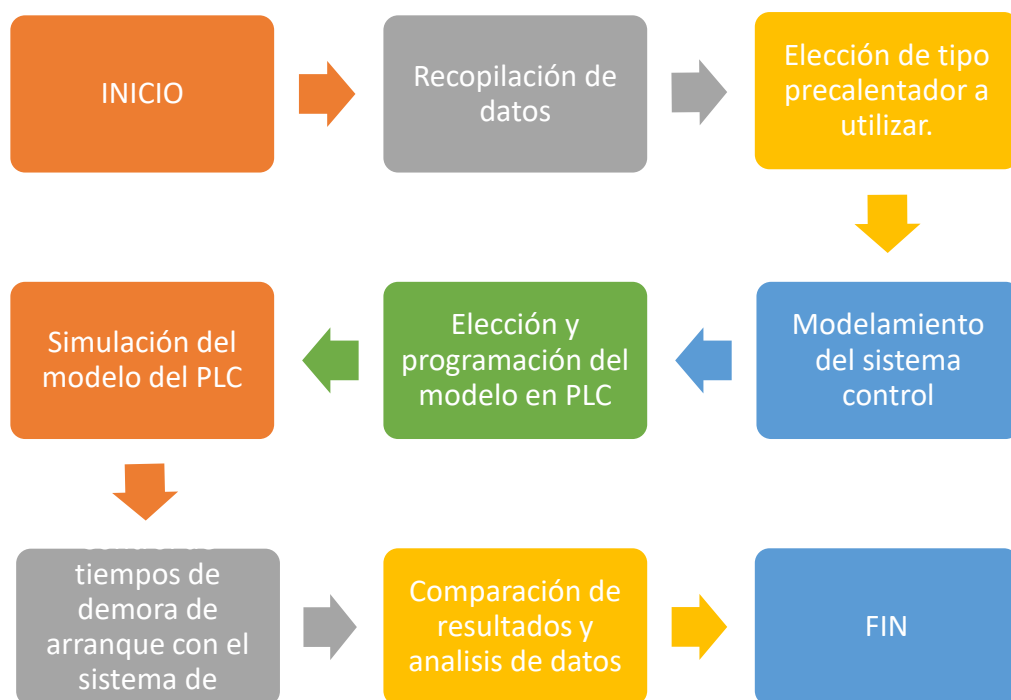
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
¿De qué forma se evita o se mitiga paradas no programadas ocasionado en el de arranque de los equipos de gran minería WD900-3?	Diseñar el sistema de prearranque para equipos de gran minería modelo tractor de ruedas WD900-3, para reducir la probabilidad de paradas no programadas, mediante PLC.	Al instalar el sistema de prearranque en los equipos de gran minería modelo WD900-3 reducirá las paradas no programadas.	Prevención de paradas no programadas en los equipos de gran minería modelo WD900-3.	Diseño del sistema de prearranque.	Tiempo de demora de arranque de MCI en los equipos en condiciones de bajas temperaturas. Cantidad de paradas no programadas de los equipos de gran minería.	<ul style="list-style-type: none"> - Medición de tiempo de proceso de arranque. - Búsqueda documental. - Registro de paradas de los equipos.

CAPÍTULO V - DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

5.1 Metodología de diseño

Es el presente trabajo de investigación se inició los pasos que se visualiza en la figura 17. Se comenzó con la recopilación de datos donde se obtiene datos del lugar de trabajo, datos de los equipos a interactuar, datos de paradas no programadas y medición de tiempos de arranque. Luego se escogió el tipo de precalentador a utilizar en la investigación. Se modeló el sistema de control considerando el sistema del precalentamiento y la pre lubricación del motor diésel. Se realizó la elección del tipo de PLC a utilizar y su programación. Luego se ejecutó la simulación del programa PLC.

Figura 17 Diagrama de flujo de la metodología del trabajo de investigación.



Fuente: Elaboración propia (2023).

5.2 Recolección de datos

5.2.1. Proyecto minero Toromocho

Se recopiló datos de las condiciones climáticas del proyecto minero Toromocho, explotada por la empresa Chinalco. El proyecto Toromocho se ubica en los distritos de Morococha y Yauli, se encuentra a una altitud de 4600 m.s.n.m. Las condiciones climáticas de la unidad minera se muestran en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Condiciones climáticas proyecto minero Toromocho

Presión ambiental	57 kpa
Densidad del aire	0,768 Kg/m ³
Temperatura	-5°C a 16°C
Altura geográfica	4600 m.s.n.m.

Fuente: Modificación del estudio de impacto ambiental para el proyecto de expansión de la unidad minera Toromocho a 170000 tpd. (Walsh Perú, 2020)

5.2.2. Datos del Tractor sobre ruedas WD900-3

Durante el estudio de investigación del informe de suficiencia se tomaron registros de medidas de tiempos de arranque, temperatura de motor y cantidad de paradas en los siguientes equipos:

En la tabla 4 se muestra los datos respecto al tractor sobre ruedas en estudio.

Tabla 4 Equipo WD900-3, serie 50102

Equipo	Tractor sobre rueda
Modelo	WD900-3
Peso	100 Ton
Código interno	TR202
Horómetro	940 horas
Tipo de inyección	Inyección directa

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la siguiente figura 18 se muestra el tractor sobre ruedas con código interno TR203.

Figura 18 Foto tractor sobre ruedas TR202



Fuente: Elaboración propia (2023).

En la tabla 5 se muestra los datos respecto al segundo tractor sobre ruedas en estudio.

Tabla 5 Equipo WD900-3, serie 50103

Equipo	Tractor sobre rueda
Modelo	WD900-3
Peso	100 Ton
Código interno	TR201
Horómetro	838 horas
Tipo de inyección	Inyección directa

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la siguiente figura 19 se muestra el tractor sobre ruedas con código interno TR201.

Figura 19 Foto tractor sobre ruedas TR201



Fuente: Elaboración propia (2023).

5.2.3. Datos de paradas no programadas

El proyecto Toromocho durante el primer trimestre del año 2022, desde el 10 hasta el 19 de marzo, registró paradas no programadas respecto a problemas de arranque en los equipos con código interno TR201 y TR202 tal y como se muestra en la tabla 6.

Estas paradas no programadas impactaron negativamente en la disponibilidad de la flota WD900-3.

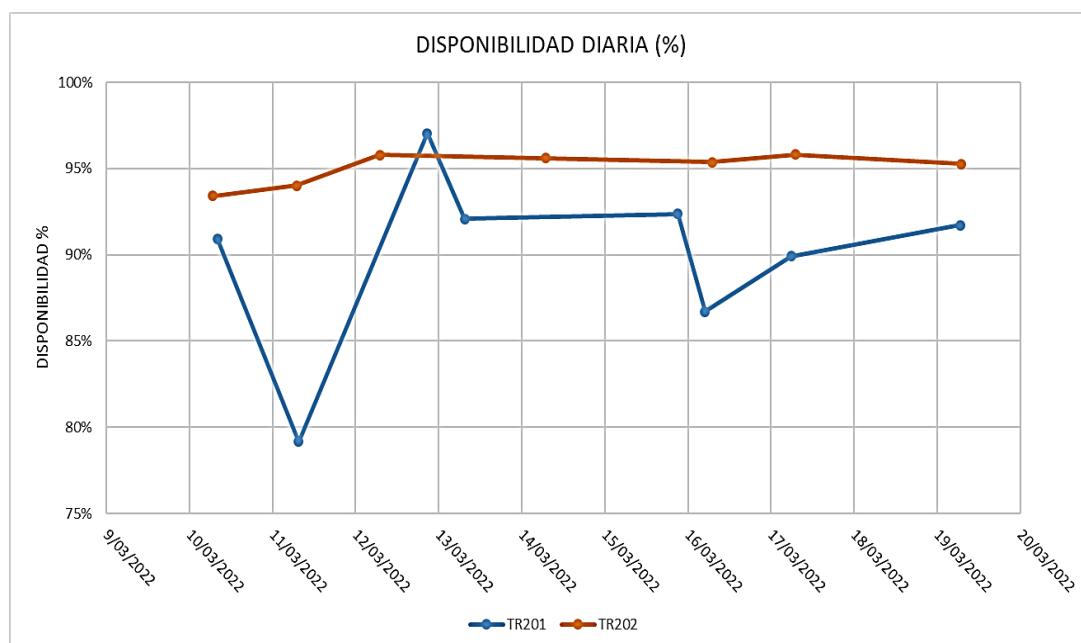
Tabla 6 Paradas no programadas (PNP) de los equipos TR201 y TR202.

Código interno	PNP	Tipo de demora	Descripción	Inicio	Fin	Demora
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	10-Mar-22 08:04:54 AM	10-Mar-22 10:15:20 AM	02:10:26
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	11-Mar-22 07:30:10 AM	11-Mar-22 12:30:10 PM	05:00:00
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	12-Mar-22 08:40:57 PM	12-Mar-22 09:23:30 PM	00:42:33
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	13-Mar-22 07:30:57 AM	13-Mar-22 09:24:45 AM	01:53:48
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	15-Mar-22 09:00:00 PM	15-Mar-22 10:50:00 PM	01:50:00
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	16-Mar-22 04:54:32 AM	16-Mar-22 08:05:58 AM	03:11:26
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	17-Mar-22 05:50:23 AM	17-Mar-22 08:15:40 AM	02:25:17
TR201	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	19-Mar-22 06:34:03 AM	19-Mar-22 08:33:07 AM	01:59:04
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	10-Mar-22 06:41:33 AM	10-Mar-22 08:16:13 AM	01:34:40
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	11-Mar-22 06:54:40 AM	11-Mar-22 08:20:56 AM	01:26:16
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	12-Mar-22 06:54:50 AM	12-Mar-22 07:55:33 AM	01:00:43
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	14-Mar-22 06:55:59 AM	14-Mar-22 07:59:03 AM	01:03:04
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	16-Mar-22 06:56:37 AM	16-Mar-22 08:03:25 AM	01:06:48
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	17-Mar-22 06:57:21 AM	17-Mar-22 07:57:39 AM	01:00:18
TR202	1	Correctivo eléctrico	Equipo no arranca	19-Mar-22 06:58:45 AM	19-Mar-22 08:06:51 AM	01:08:06

Fuente: Minera Chinalco (2022). reportes de paradas no programadas.

En la siguiente figura 20 se muestra la disponibilidad diaria de los equipos TR201 y TR202, se observa que el promedio de disponibilidad diaria fue 90% y 95% respectivamente. Por lo tanto, se puede indicar que las paradas por problemas de arranque tuvieron un impacto en la disponibilidad del 10% para el TR201 y del 5% para el TR202.

Figura 20 Disponibilidad diaria de los equipos TR201 y TR202



Fuente: Elaboración propia (2023).

Los tiempos de demora depende de la asistencia técnica para la solución del problema y de la condición de los equipos durante los tiempos prolongados de intentos de arranque.

5.2.4. Datos de tiempos de arranque

Durante el arranque a bajas temperaturas se midió los tiempos de arranque que realiza el operador en los tractores sobre ruedas al inicio de la operación.

Los tiempos se visualizan en la siguiente tabla 7.

Tabla 7 Control de tiempos de arranque

Equipo	Temperatura de ambiente promedio(°C)	Temp de refrigerante (°C)	Nro intentos arranque	Tiempo total
TR201	2°C a 5°C	4.2°C	3	02:02 min
		4.8°C	3	02:10 min
		5°C	3	02:03 min
		4.2°C	3	01:55 min
		5°C	3	02:19 min
		4.6°C	3	02:12 min
		2.4°C	3	02:09 min
		3.5°C	3	02:20 min
		3.9°C	3	01:52 min
TR202		4°C	3	02:07 min
		5.0°C	3	01:49 min
		4°C	3	02:10 min
		4.2°C	3	02:06 min
		4.3°C	3	02:11 min
		4.6°C	3	02:20 min
		4.1°C	3	02:23 min
		3.7°C	3	02:09 min
		3.8°C	3	01:55 min
4.6°C	3	02:07 min		
4.5°C	3	02:02 min		

Fuente: Elaboración propia (2023).

En la tabla 6 se observa que, a una temperatura menor de 5°C del ambiente y de refrigerante, los equipos no lograron arrancar por sus propios medios. No

se realizó más intentos de arranque para la protección del arrancador y evitar descargas en las baterías.

La necesidad de contar con un sistema de arranque en frío fue de suma importancia en los tractores sobre ruedas con código TR201 y TR202. El sistema de precalentamiento proporcionó soluciones en el presente informe de suficiencia, de los cuales se utilizó partes del sistema de precalentamiento automático que explicaremos a continuación.

5.3. Precalentamiento de aire del tractor sobre ruedas WD900-3

El diseño del sistema del precalentamiento de aire automático en el WD900-3 posee el siguiente funcionamiento. El sensor de temperatura que se encuentra instalado en el cuerpo del motor diésel mide la temperatura de refrigerante que fluye por el motor, a temperaturas de refrigerante menores a 0°C, los precalentadores de aire, instalados antes del múltiple de admisión de cada banco, se activan para calentar el aire que ingresa a las cámaras de combustión. El tiempo de precalentamiento dependerá de la temperatura de refrigerante los cuales se visualizan en la siguiente tabla 8.

Tabla 8 Tiempo de precalentamiento

TEMPERATURA REFRIGERANTE	TIEMPO PRECALENTAMIENTO
-10°C a 0°C	20 segundos
-10°C a -20°C	30 segundos

Fuente: Manual de servicio WD900-3. (Komatsu, 2018)

Sin embargo, para una temperatura mayor a 0°C el sistema de precalentamiento automático no funciona y el equipo a dicha temperatura demora en arrancar. Por ese motivo, el informe de suficiencia utilizó partes del sistema precalentamiento automático para el diseño del sistema de pre-arranque utilizando PLC.

En la siguiente figura 21 muestra la luz indicadora instalado en el panel monitor, donde al encender, los precalentadores de aire se encuentran activados.

Figura 21 Luz indicadora del sistema de precalentamiento de aire.

Fuente: Elaboración Propia (2023).

5.4. Elección del precalentador a utilizar.

En el mercado existe diferentes tipos de sistema calentamiento para el arranque en frío en los motores diésel, los cuales se describe algunos a continuación:

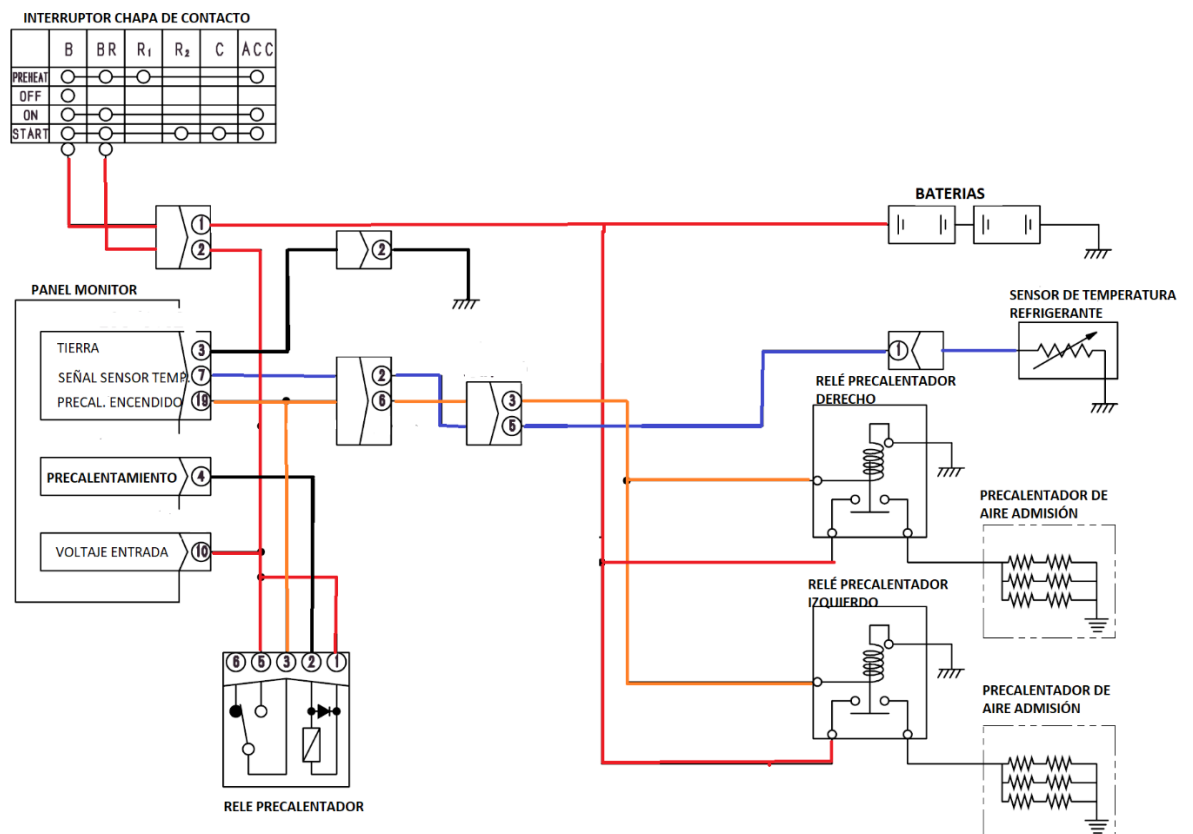
- Calentamiento de combustible.
- Calentamiento del refrigerante.
- Calentamiento del aceite.
- Calentamiento del aire.

Para la elección del calentador utilizado, dependió de la adaptación que se realizó al motor diésel del tractor sobre ruedas WD900-3. Para nuestro caso se aprovechó el sistema de precalentamiento automático del equipo, se utilizó el calentador de aire instalado por fábrica para desarrollo del diseño del sistema de precalentamiento manual. Los calentadores de aire se encuentran instalados antes de ingresar en los múltiples de admisión de ambos bancos del motor diésel; está conformada de resistencia que, al energizar con 24 voltios, la energía eléctrica se transforma en calor. El aire que ingresa a la cámara de combustión, ingresan con una mayor temperatura favoreciendo la explosión.

En la figura 22 se observa el diagrama eléctrico del sistema precalentamiento del equipo. El sistema funciona con el reconocimiento de la temperatura de

refrigerante, para la activación la temperatura debe estar por debajo de 0 grados Celsius y el tiempo dependerá de la temperatura descrito anteriormente. La señal de la temperatura lo recibo el panel monitor y envía señal de tierra (GND) hacia el relé del precalentador. El relé cierra el circuito y la bobina es energizada cambiando de estado para enviar señal 24 voltios hacia los precalentadores derecho e izquierdo. Además, en el modelo no se tiene implementado un sistema de pre lubricación.

Figura 22 Diagrama eléctrico sistema precalentador del equipo



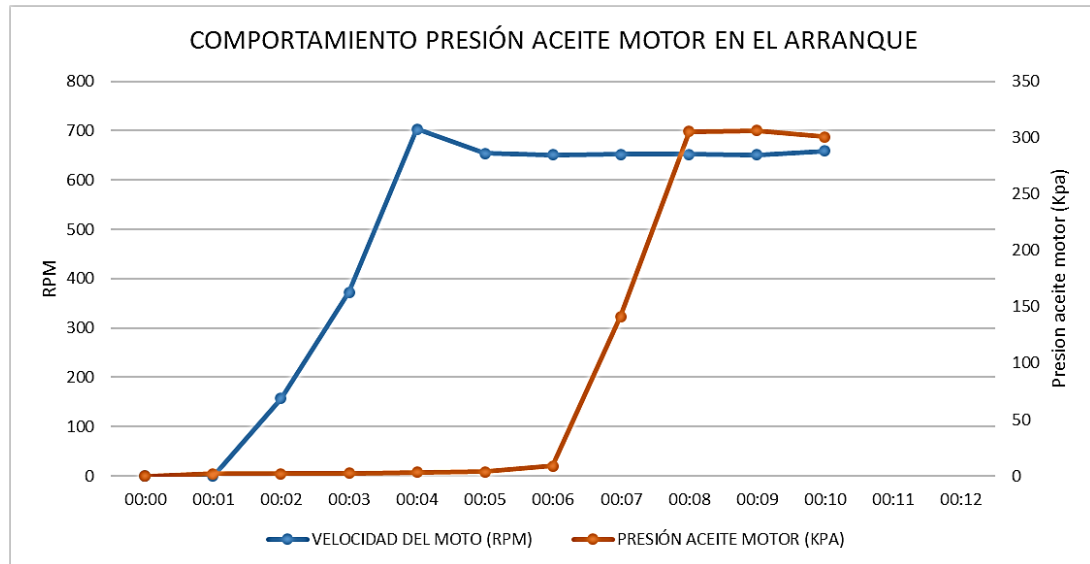
Fuente: Manual de servicio WD900-3. (Komatsu, 2018)

5.5. Monitoreo de la presión aceite motor

La presión de aceite, medido en kilo pascal, es la presión que ejerce la bomba de aceite motor para que el fluido sea capaz de atravesar a todo el circuito de lubricación del motor diésel. La presión se mide a través de un sensor presión instalado en el cuerpo del motor, exactamente en la línea de lubricación. La presión de aceite es monitoreada constantemente por el controlador del equipo durante la operación y envía una señal de alerta al operador ante una baja presión (debajo de los 0.5 Kpa). Durante los arranques iniciales del motor diésel realizamos monitoreo de la presión de aceite y las revoluciones del motor diésel para identificar futuros problemas en el sistema lubricación. Las mediciones fueron realizadas en el equipo WD900-3 código TR201.

En la figura 23 se observa la tendencia de la presión de aceite y revoluciones motor durante el arranque inicial del motor diésel. Observamos que durante el arranque en los primeros 5 segundos la presión de aceite motor no se incrementa.

Figura 23 Comportamiento presión aceite motor en el arranque



Fuente: Elaboración propia (2023).

En los 5 segundos, antes que la presión de aceite aumente, la velocidad de motor promedio fue de 507RPM, por lo tanto durante ese tiempo el motor giró en promedio 42 veces sin lubricación adecuada.

Para el diseño elaborado se consideró la instalación de un sistema de prelubricación del motor antes del arranque para evitar el fenómeno mencionado anteriormente.

5.6. Selección del PLC

El diseño del sistema de arranque se elaboró el sistema de control utilizando un controlador lógico programable (PLC). Se seleccionó el PLC de marca Siemens modelo 6ES7 214 1AG40-0XB0 por los siguientes motivos:

- El equipo trabaja el sistema eléctrico con voltaje de 24 VDC. El PLC elegido trabaja tanto en la alimentación, señal de entrada y señal de salida con 24 voltios.
- No es necesario contar con una fuente adicional, como indicado anteriormente el sistema eléctrico del equipo trabaja con 24 VDC.
- El PLC es compacto de una sola unidad, no necesita módulos adicionales para el control.

Por otra parte, no se necesitar contar con comunicación para cambiar la programación durante el funcionamiento. Además, no se requiere con una memoria adicional, la memoria interna del PLC seleccionado es suficiente para la programación.

En la siguiente tabla 9 se muestra las principales características del PLC siemens modelo 6ES7214.

Tabla 9 Hoja de datos PLC modelo 6ES7214

Hoja de datos	Información general
Modelo	6ES7214-1AG40-0XB0
Voltaje alimentación	24 VDC
Tensión voltaje de entrada	24 VDC a 2.5mAmp
Tensión voltaje de salida	24 VDC
Corriente de salida máxima	2.5 Amp
Memoria de trabajo	100 kbyte
Número de entradas digitales	14
Número de salidas digitales	10
Aislamiento galvánico	Si

Fuente: Hoja de datos PLC siemens modelo 6ES7214-1AG40-0XB0. (Siemens, 2015)

5.7. Modelamiento del sistema de control

Para modelar el sistema de control, primero debemos identificar las variables de entrada y salida. Para nuestro modelo se identificó las siguientes variables:

- Variables de entrada: Accionamiento interruptor llave de contacto. El interruptor tiene un accionamiento inverso que es de tipo pulsador que envía desde el punto R1 señal de 24 voltios y el accionamiento de arranque tipo pulsador que envía del punto C señal de 24 voltios.
- Variables de salida: Señal hacia relé del precalentador, relé del prelubricación y relé de arranque.

El diseño planteado para el sistema de prearranque. Se utilizó el PLC siemens modelo 6ES7 214 de 24VDC donde consideramos las siguientes señales de entradas y salidas indicadas en la tabla 10.

Tabla 10 Tabla de entradas y salidas del PLC

PLC Entrada / Salida	Código	Función
Entrada	I0.0	Señal R1 del precalentador. Señal 24 voltios al accionar de manera inversa el interruptor de arranque
Entrada	I0.1	Señal del sensor temperatura refrigerante. Se obtiene a la salida del controlador que envía una señal de tierra cuando la temperatura del refrigerante es menor a 0°C. La señal tierra cierra el circuito para energizar la bobina del relé de sensor y envío de señal 24 voltios al PLC.
Entrada	I0.2	Señal palanca neutral. Es una señal 24 voltios de seguridad cuando el equipo no se encuentre la palanca de cambios en posición neutral, el sistema de pre-arranque no se ejecute
Entrada	I0.3	Señal C de arranque. Es la señal de 24 voltios generado al accionamiento del interruptor en la posición de arranque.
Entrada	I0.4	Señal del interruptor de presión de la pre lubricación. El interruptor de presión de aceite, instalado en los puntos de lubricación del motor, cambia de estado cuando la presión sea mayor a 30kpa. La señal del interruptor se envía al relé de pre lubricación para que se envíe señal 24voltios al PLC.
Salida	Q0.0	Señal de salida de 24 voltios del PLC para accionamiento del precalentador.
Salida	Q0.1	Señal de salida de 24 voltios del PLC para accionamiento del prelubricación.
Salida	Q0.2	Señal de salida de 24 voltios del PLC para la ejecución del arranque.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Como se mencionó anteriormente, para temperaturas de refrigerante mayores a 0 grados Celsius, el sistema de precalentamiento automático no funciona generando problemas de arranque en frío. La altura geográfica también contribuye negativamente en el arranque en frío por baja presión de combustible y de aire en la cámara de combustión.

El modelo planteado para su ejecución lo dividimos en 3 etapas.

- Primera etapa: La primera etapa es accionamiento del sistema precalentador. el operador acciona el giro de manera inversa energiza con 24 voltios la señal R1. El PLC enclava la señal tipo pulso del interruptor de arranque y controla el tiempo de la señal de salida. La señal de salida es conectada en la bobina del relé de protección instalado que lo llamaremos “relé precalentador”. Además, el diseño también acopla al modelo inicial del equipo, esto se realizó al conectar la señal de tierra que envía el panel monitor a la entrada I0.1 del PLC para el control.
- Segunda etapa: Finalizado el accionamiento del precalentador, el operador gira de manera directa en interruptor en la posición C de arranque, la señal C es energizado con 24 voltios y enviado al PLC. El PLC controla el funcionamiento de la bomba pre lubricación hasta que la presión del sistema de lubricación del motor sea mayor a 30kpa. En ese momento el interruptor de presión des energiza el relé de pre

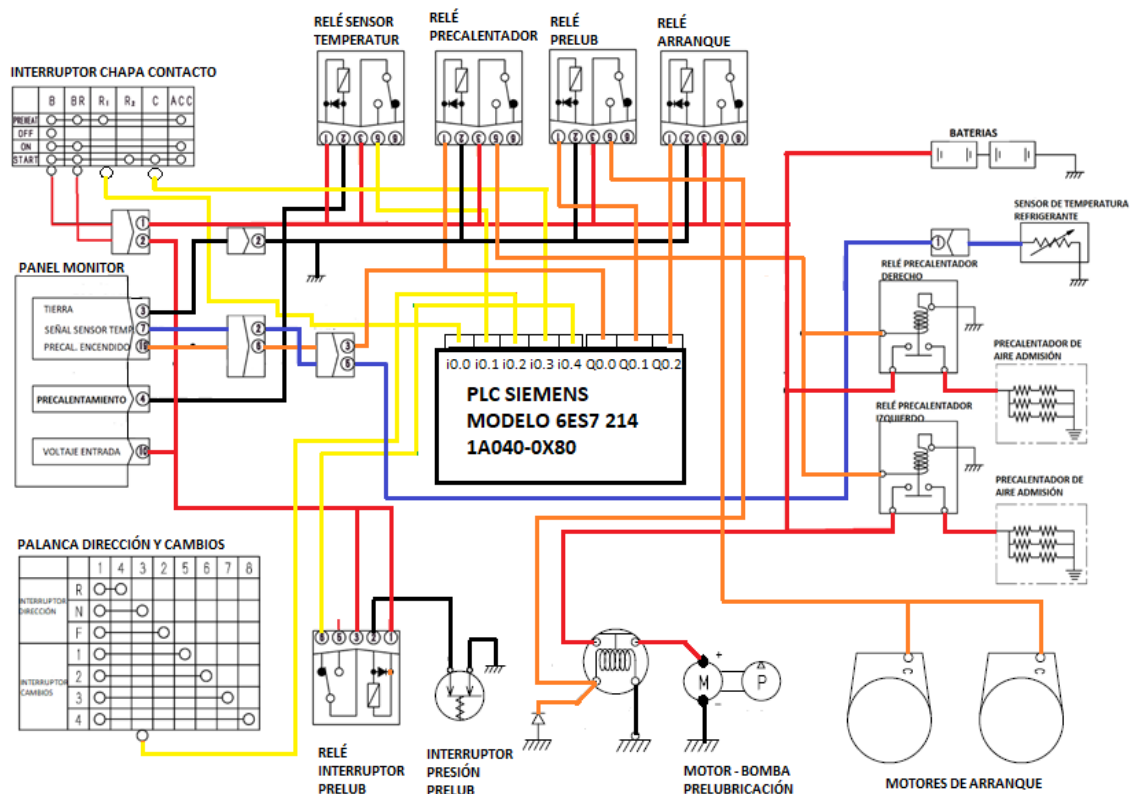
lubricación y se envía señal de 24 voltios hacia la entrada i0.4 del PLC.

La bomba pre lubricación se apaga.

- Tercera etapa: La última etapa después que la presión del sistema lubricación supere los 30kpa, el PLC envía señal de 24VDC al relé del arrancador para la ejecución del arranque del motor.

En la siguiente figura 24 se muestra diagrama eléctrico del diseño elaborado para el sistema de pre-arranque manual utilizando un PLC siemens.

Figura 24 Diagrama eléctrico del sistema de prearranque

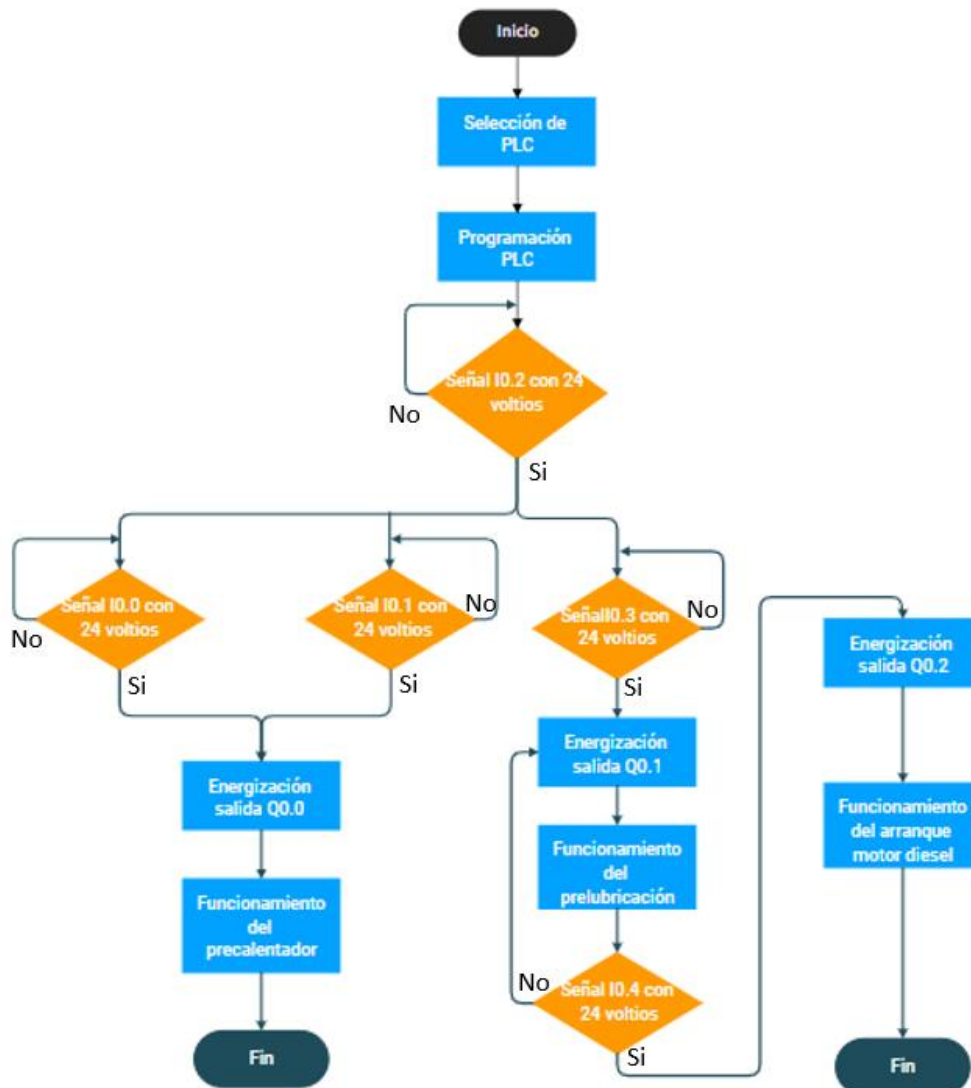


Fuente: Elaboración propia (2023).

5.8. Programación en PLC

La programación del PLC (modelo 6ES7 214 1AG40-0XB0) se realizó con el programa Tia portal y está dividido en 10 segmentos. La lógica de la programación se explica en el siguiente diagrama de flujo que se muestra en la figura 25.

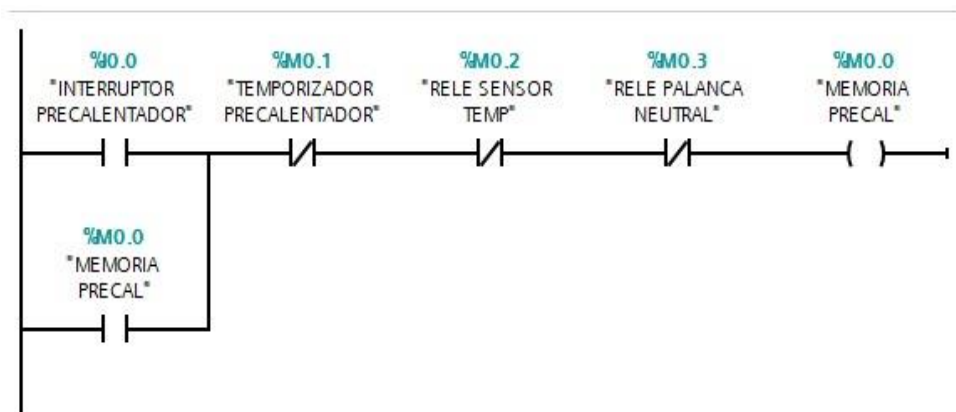
Figura 25 Diagrama de flujo de la programación del sistema de prearranque del tractor sobre ruedas WD900-3.



Fuente: Elaboración propia (2023).

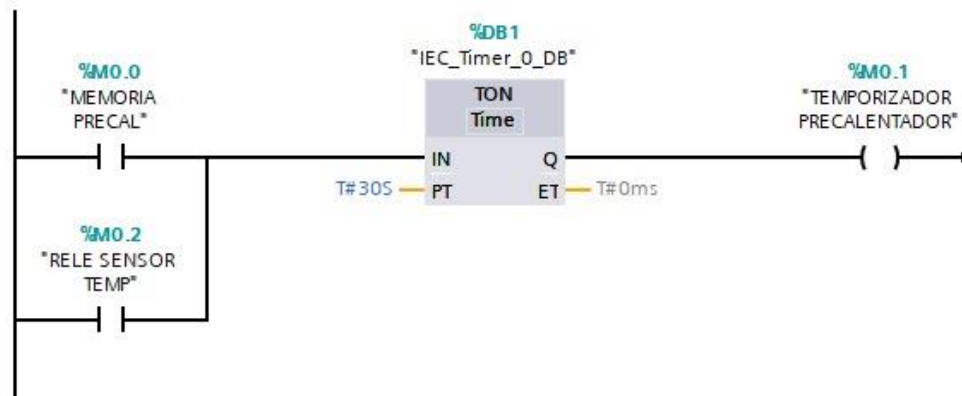
Los segmentos de programación se explican a continuación:

- El primer segmento ubicamos la señal R1 del interruptor de arranque en la variable entrada i0.0. La entrada está colocada en un contacto normalmente abierto i0.0, llamado "Interruptor de precalentador". Agregamos una bobina con memoria interna M0.0, la bobina tiene nombre como "memoria precal". Paralelamente al contactor i0.0 instalamos el contactor normalmente abierto M0.0 de la bobina de memoria de arranque para el enclavamiento del interruptor de arranque que es de tipo pulsador. Por último, Adicionamos los contactores normalmente cerrado para desactivar la memoria M0.0, estos son llamados "Temporizador precalentador", "Relé sensor temp" y "relé palanca neutral", sus memorias lo ubicamos en los segmentos 2, 3 y 5 respectivamente.

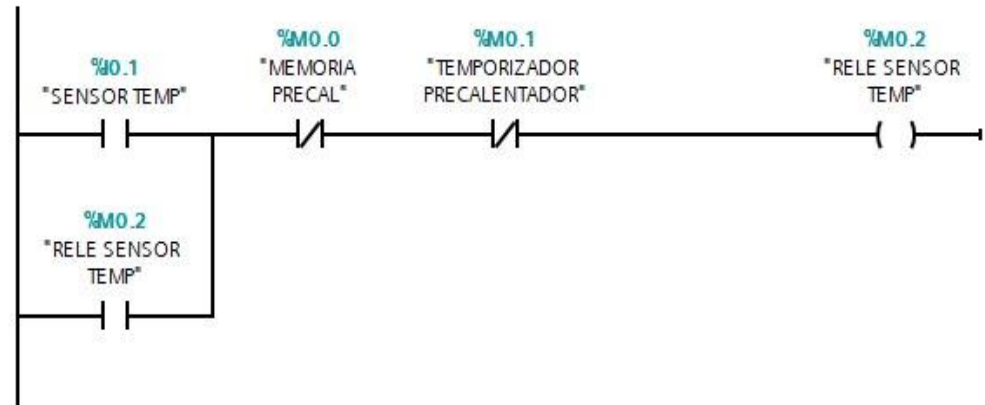


- En el segmento 2 colocamos contactor normalmente abierto de la bobina de "memoria de precal". Luego se encuentra el temporizador retardo a la conexión seteado a 30 segundos con el código

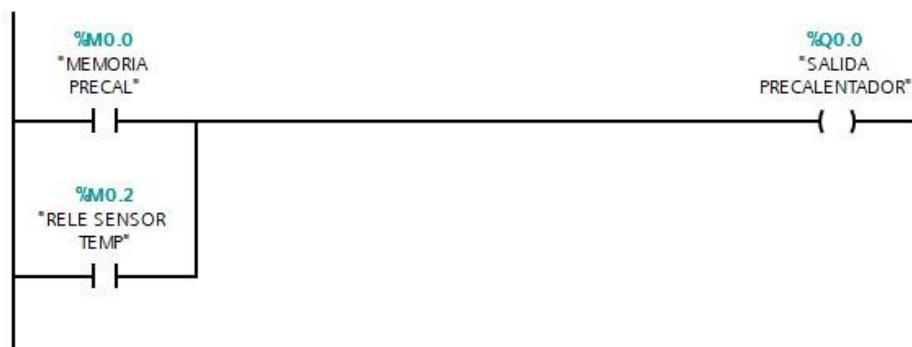
DB1. Después colocamos una bobina interna de memoria M0.1 llamado temporizador precalentador para la desactivación del sistema. Finalmente colocamos paralelamente del contacto M0.0 el contactor normalmente abierto M0.2, su bobina está instalada en el segmento 3.



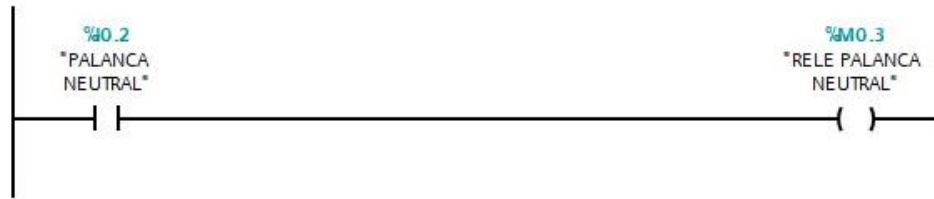
- En el segmento 3 tenemos la señal de entrada de tipo pulsador i0.1 llamado “sensor temp” que energiza la bobina de la memoria interna M0.2. Paralelamente se instaló el contactor normalmente abierto M0.2 para el enclavamiento de la bobina. Además, en series se instalaron los contactores normalmente cerrados M0.0 (al funcionar el precalentamiento manual desactiva el precalentamiento automático) y M0.1 (desactiva el precalentamiento pasado los 30 segundos).



- En el segmento 4 tenemos el contactor normalmente abierto de la bobina interna M0.0 que se encuentra conectado a la salida Q0.0, llamado “salida precalentador”. La salida es conectada al relé precalentador. Paralelamente del contactor M0.0 instalamos el contactor M0.2. llamado “relé sensor temp”, con la finalidad que el sistema del sensor energice la salida Q0.0 para activación del precalentador.



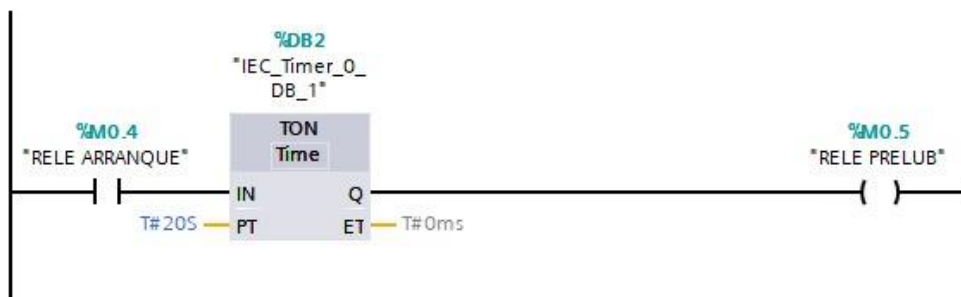
- En el segmento 5 se tiene la señal de entrada i0.2 llamado “palanca neutral”, su función es energizar la bobina con memoria interna M0.3 para inhabilitar el sistema de pre-arranque.



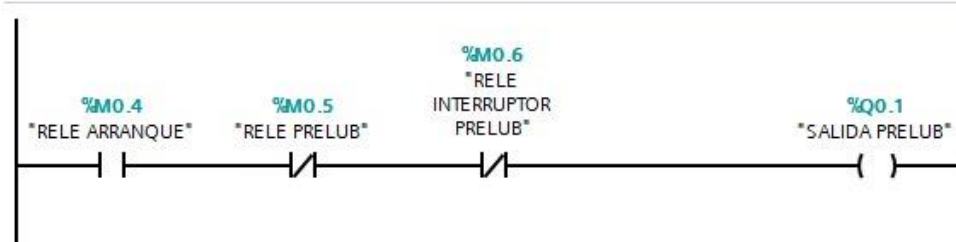
- En el segmento 6 tenemos la señal de entrada i0.3 llamado “señal de arranque”, su función es energizar la bobina con memoria interna M0.4 llamado “relé de arranque”. En serie se encuentra el contactor normalmente cerrado M0.3 que su función es inhabilitar el arranque cuando la palanca de dirección no se encuentra en posición neutral.



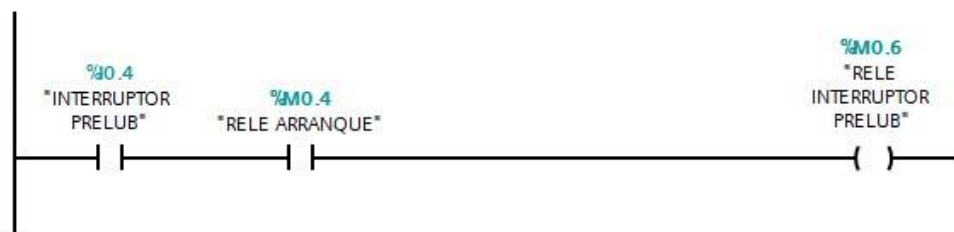
- En el segmento 7 se tiene el contactor normalmente abierto M0.4 en series con el temporizador retardo a la conexión DB2 y la bobina con memoria interna M0.5 llamado “relé prelub”. El contactor M0.4 energiza a la bobina M0.5 después de 20 segundos (tiempo seteado del temporizador).



- En el segmento 8 tenemos el contactor normalmente abierto M0.4 en series con el contactor normalmente cerrado M0.5, con el contactor normalmente cerrado M0.6 y la bobina de salida Q0.1 llamado “salida prelub”. Al energizarse la bobina M0.4, su contactor cambia de estado y energiza la salida Q0.1 hasta que el contactor M0.6 o M0.5 cambien de estado.

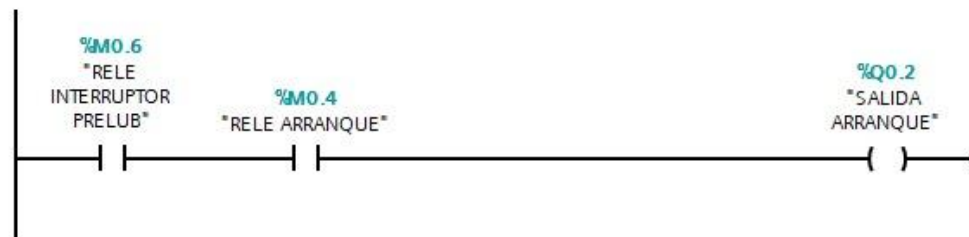


- En el segmento 9 ubicamos la señal de entrada i0.4 llamado “interruptor prelub”. La señal entrada i0.4 se encuentra en serie con el contactor normalmente abierta M0.4 y la bobina con memoria interna M0.6. La señal de entrada es alimentada cuando el interruptor de presión del sistema pre lubricación cambia de estado (cuando la presión de aceite sea mayor a 30kpa), la señal energiza la bobina M0.6 y envía señal a sus contactores para desconectar la salida Q0.1.



- En el segmento 10 finalmente se tiene los contactores normalmente abierto M0.6 y M0.4 en serie con la bobina de salida Q0.2 llamado

“salida de arranque”. El contactor M0.6 cambia de estado al llegar la presión deseada en el sistema lubricación del motor y alimenta la salida Q0.2 y energizan los motores de arranque.



CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo procedemos a comparar los 2 modelos presentados en el capítulo anterior respecto al sistema de prearranque en los equipos WD900-3. El primer modelo llegó instalado en el equipo, se trata del sistema de precalentamiento automático para temperatura menores a 0 grados Celsius. El segundo modelo es el diseño planteado en el informe de suficiencia para el sistema de precalentamiento manual utilizando PLC.

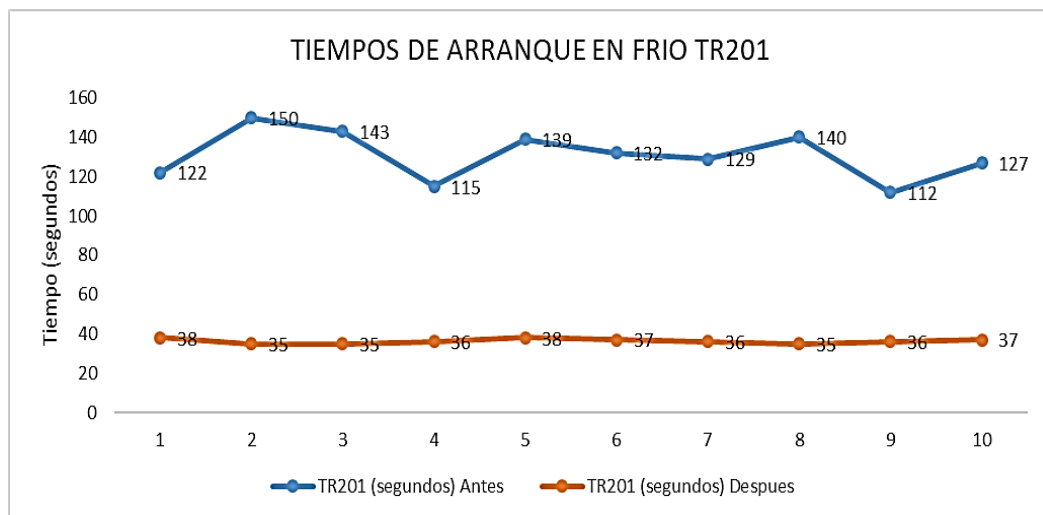
6.1. Medición de tiempos de arranque

El modelo planteado en el informe de suficiencia del sistema pre-arranque, realizamos una simulación en los equipos WD900-3, para lo cual activamos los precalentadores de aire por 30 segundos y controlamos los tiempos de arranque. Los valores encontrados lo comparamos con los tiempos de arranque sin aplicar el precalentamiento en los equipos WD900-3. Las medidas lo visualizamos en la tabla 11 y en las figuras 26 y 27.

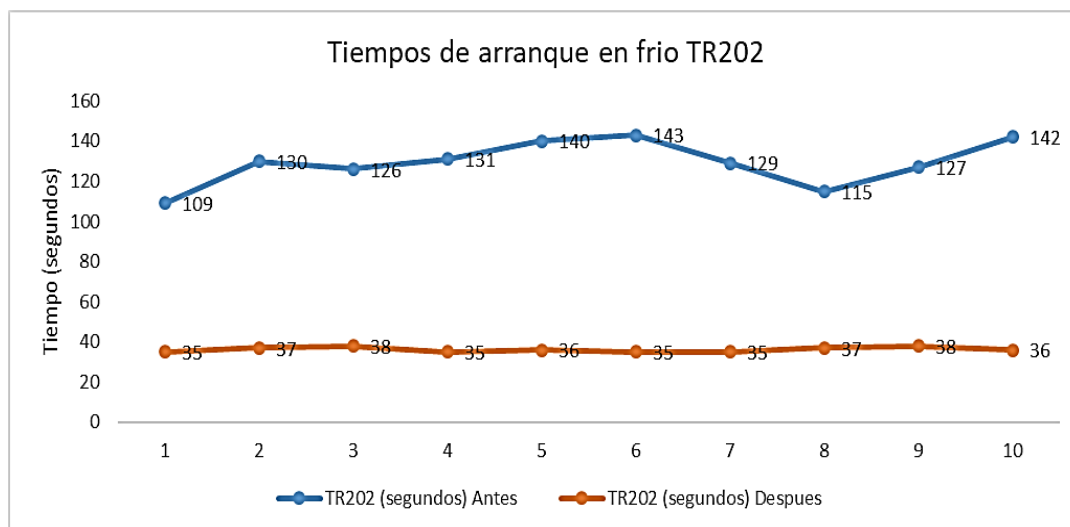
Tabla 11 Tiempos de arranque WD900-3

TR201 (segundos)		TR202 (segundos)	
Sin precalentamiento	Con precalentamiento	Sin precalentamiento	Con precalentamiento
122	38	109	35
150	35	130	37
143	35	126	38
115	36	131	35
139	38	140	36
132	37	143	35
129	36	129	35
140	35	115	37
112	36	127	38
127	37	142	36

Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 26 Tiempos de arranque en frio del tractor TR201

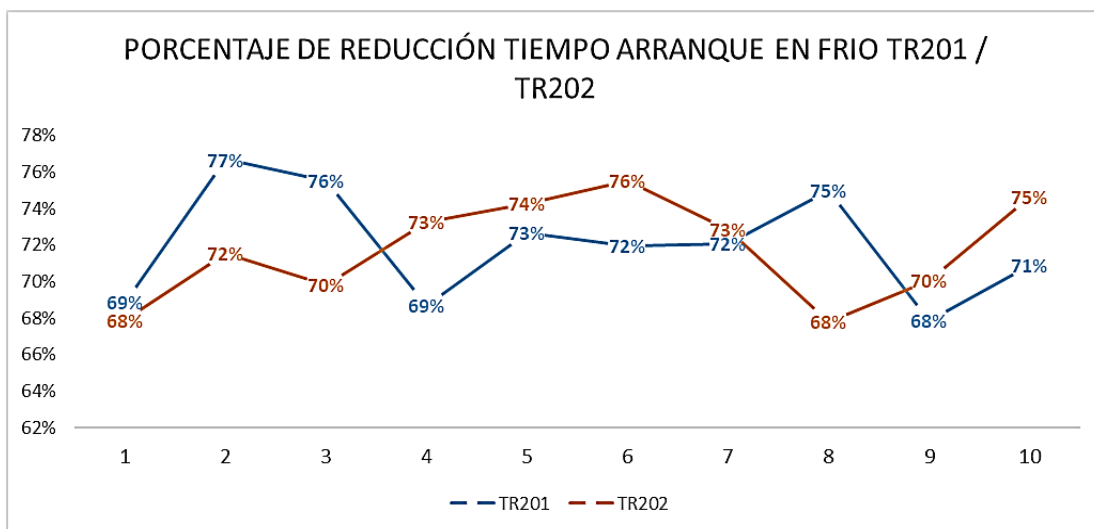
Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 27 Tiempos de arranque en frio del tractor TR202

Fuente: Elaboración propia (2023).

En el primer caso, sin utilizar el precalentador de aire, los equipos en el tercer intento no lograron arrancar. En el segundo caso, con precalentamiento de 30 segundos, los equipos arrancaron en el primer intento. Observamos una reducción en el tiempo de arranque mayor al 70% en ambos equipos tal y como se muestra en la figura 28.

Se observó que los equipos mejoran sus tiempos de arranque y en un solo intento.

Figura 28 Porcentaje de reducción de tiempos de arranque

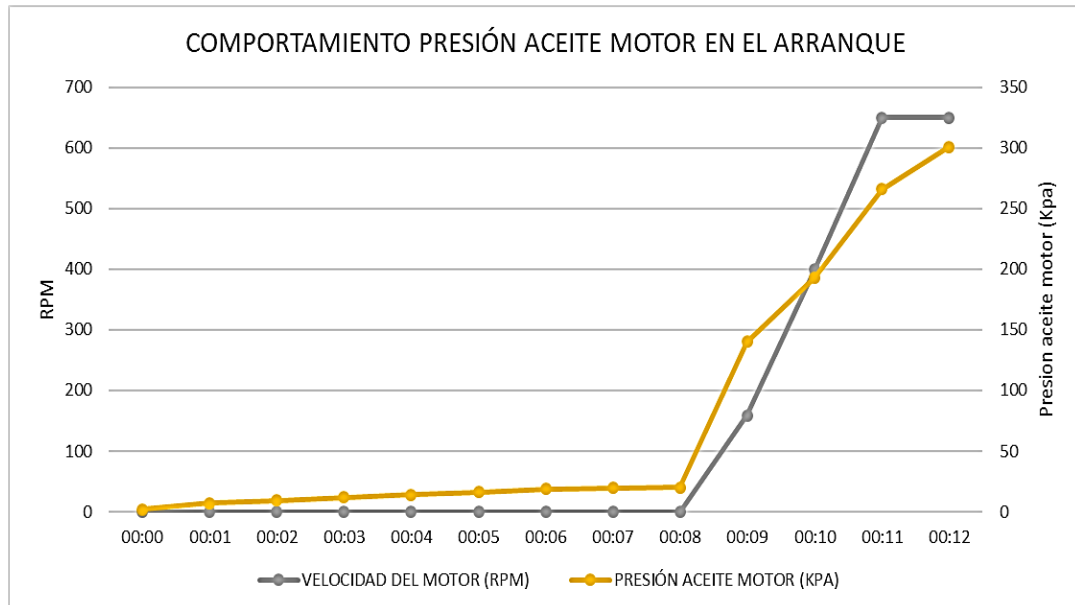
Fuente: Elaboración propia (2023).

6.2. Simulación de la presión de aceite con prelubricación

En el diseño planteado se realizó una simulación en el equipo con el sistema de pre lubricación. Primero se instaló una bomba de aceite eléctrica que cumplió la función de lubricar el sistema antes del arranque. Realizamos el monitoreo de la presión de aceite y las revoluciones del motor diésel. La simulación fue realizada en el equipo WD900-3 TR201.

En la figura 29 observamos la tendencia de la presión de aceite y revoluciones motor durante el arranque inicial del motor diésel.

Figura 29 Comportamiento de la presión de aceite motor en el arranque



Fuente: Elaboración propia (2023).

Se observó que la presión de aceite motor se incrementa conforme se aumenta las revoluciones del motor en el arranque. Por lo tanto, aseguramos una buena lubricación en todo momento del arranque.

6.3. Análisis de datos

Para nuestros datos indicados en la tabla 8 obtenidos durante la prueba experimental, fueron analizados con la herramienta estadística t student. La técnica de análisis de datos t student sirve para determinar si la media de una muestra es estadísticamente diferente de una media poblacional conocida o

hipotética. Esta prueba se utiliza cuando los datos no siguen una distribución normal o cuando tamaño de la muestra es pequeño (menos de 30).

En definitiva, la prueba t de student sirve para rechazar o aceptar la hipótesis de estudio de algunas pruebas de hipótesis. Por ejemplo, la prueba t de student se utiliza en las pruebas de hipótesis para una muestra, para muestras independientes o para muestras relacionadas.

En nuestros datos indicados en la tabla 8 analizamos con la herramienta t student, primero definimos el tipo de hipótesis a utilizar. Como nuestro objetivo es reducción de tiempo de arranque para cada equipo utilizaremos la prueba de hipótesis unilateral derecha. Por ese motivo, planteamos la siguiente hipótesis:

$H_0: \mu_d \leq 0$: Hipótesis nula si el promedio de las diferencias de los tiempos de arranque sin y con precalentamiento es menor o igual a 0.

$H_1: \mu_d > 0$: Hipótesis alterna si el promedio de las diferencias de los tiempos de arranque sin y con precalentamiento es mayor a 0.

Iniciamos calculando para el tractor sobre ruedas TR201 las diferencias de los tiempos de arranque sin y con precalentamiento que mostramos en la tabla 12.

Tabla 12 Tabla de diferencia de tiempos sin y con precalentamiento TR201

TR201 (segundos)		
Sin precalentamiento	Con precalentamiento	Diferencia
122	38	84
150	35	115
143	35	108
115	36	79
139	38	101
132	37	95
129	36	93
140	35	105
112	36	76
127	37	90

Fuente: Elaboración propia (2023).

Procedemos a encontrar los parámetros para determinar el valor estadístico de prueba t. Los valores encontrados se muestran a continuación:

- Promedio de las diferencias: $\bar{d} = 94,6$.
- Desviación estándar: $S_d = 12,78193$.
- Cantidad de elementos: $n = 10$.

Como resultado tenemos el valor estadístico $t = 23,40425$.

Luego calculamos el valor t crítico, para ello consideramos el nivel significancia $\alpha = 0.05\%$ y los grados de libertad gl igual a 9 ($n - 1$). Considerando la hipótesis planteado de unilateral a la derecha encontramos con la tabla t student el siguiente valor:

$$t_{critico} = 1,83311$$

Observamos que el valor estadístico t es $23,40425 > 1,83311$ el valor $t_{critico}$. En consecuencia, para el tractor TR201 hay evidencia para rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alterna (H_1).

Para el tractor sobre ruedas TR202 calculamos del mismo modo las diferencias de tiempo de arranque sin y con precalentamiento que mostramos en la tabla 13.

Tabla 13 Tabla de diferencia de tiempos sin y con precalentamiento TR202

TR202 (segundos)		
Sin precalentamiento	Con precalentamiento	Diferencia
109	35	74
130	37	93
126	38	88
131	35	96
140	36	104
143	35	108
129	35	94
115	37	78
127	38	89
142	36	106

Fuente: Elaboración propia (2023).

Calculamos del mismo modo los parámetros para encontrar el valor estadístico t . Los valores encontrados se muestran a continuación:

- Promedio de las diferencias: $\bar{d} = 93$.
- Desviación estándar: $S_d = 11,31370$.

- Cantidad de elementos: $n = 10$.

Por ende, el valor estadístico $t = 25,99429$.

Consideramos el mismo valor t crítico indicado en el equipo TR201 debido a que tienen los mismos valores de grados de libertad $gl = 9$ y el nivel de significancia $\alpha = 0.05\%$. Entonces, el valor estadístico t es $25,99429 > 1,83311$ que es el valor $t_{critico}$. Para el TR202 también hay evidencia de rechazo de la hipótesis nula (H_o) y aceptar la hipótesis alterna (H_i).

Por lo tanto, se puede indicar para los tractores sobre ruedas TR201 y TR202, los promedios de las diferencias de los tiempos de arranque sin y con precalentamiento es mayor a 0 cumpliendo con el objetivo para reducción de tiempo de arranque con el sistema prearranque.

6.4. Contrastación de hipótesis

El informe de suficiencia sustenta la hipótesis de reducción de paradas no programadas al instalar el sistema de pre arranque en el WD900-3.

Después de instalar el sistema de prearranque en los equipos TR201 y TR202. Los registros de paradas no programadas no mostraron detenciones en los

equipos mencionados por problemas de arranque inicial, esto se visualiza en la tabla 14.

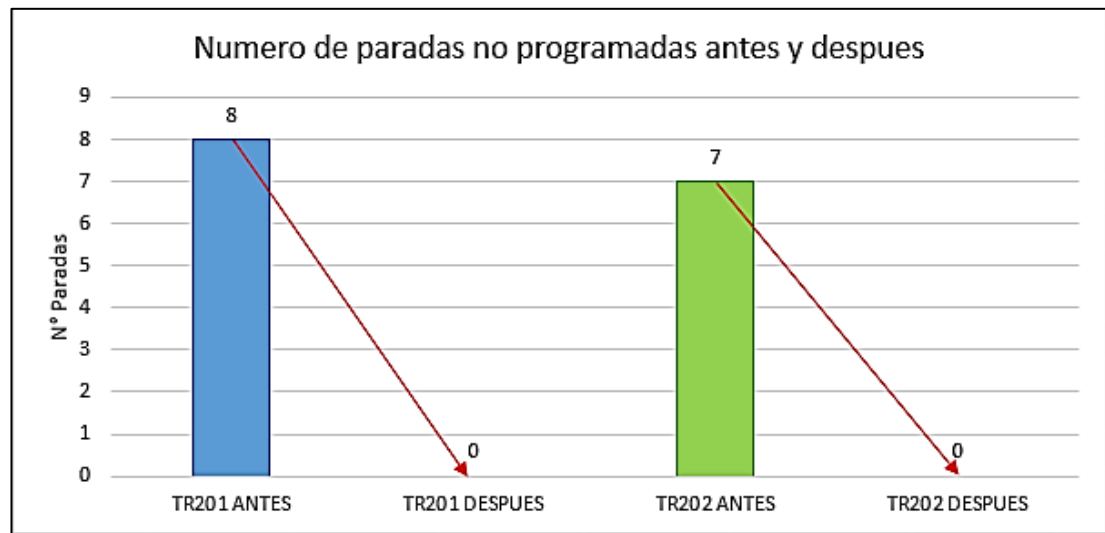
Tabla 14 Paradas de equipos TR201 y TR202. Del 04/05/2022 al 09/05/2022.

Código interno	Paradas no programadas	Tipo de demora	Descripción	Fecha	Fin
TR201	0	Cambio de Turno	Relevo	04-Abr-22 07:44:52 AM	04-Abr-22 08:53:15 AM
TR201	0	Cambio de Turno	Relevo	05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM
TR202	0	Cambio de Turno	Relevo	05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM
TR201	0	Cambio de Turno	Relevo	05-Abr-22 07:02:18 PM	06-Abr-22 08:23:34 AM
TR201	0	Falta de operador	Operativo	06-Abr-22 08:23:34 AM	06-Abr-22 05:59:41 PM
TR202	0	Falta de operador	Operativo	07-Abr-22 12:03:31 AM	07-Abr-22 09:00:38 PM
TR201	0	Cambio de Turno	Relevo	09-Abr-22 06:59:34 PM	09-Abr-22 08:31:44 PM
TR202	0	Cambio de Turno	Relevo	09-Abr-22 07:09:43 AM	09-Abr-22 08:01:26 AM

Fuente: Elaboración propia (2023).

Por otra parte, se comparó el total de paradas no programadas antes y después del sistema de prearranque. Los datos fueron obtenidos de la cantidad total de paradas no programadas mostrada de la tabla 6 (sin el sistema prearranque) y de la tabla 14 (con el sistema prearranque). Para el equipo TR201 se obtuvo una reducción de 8 a paradas no programadas y para el equipo TR202 se obtuvo una reducción de 7 a 0 paradas, esto se visualiza en la figura 30.

Figura 30 Comparación de paradas no programadas antes y después en los equipos TR201 y TR202.



Fuente: Elaboración propia (2023).

Con los registros de paradas no programadas obtenida en la tabla 14 se sustenta la hipótesis planteada respecto a la reducción de paradas no programadas.

CONCLUSIONES

- El diseño planteado para la mejora del sistema prearranque disminuye los tiempos de demora en el arranque a baja temperaturas, esto se realiza con el precalentamiento del aire que ingresa a los cilindros del motor diésel acelerando la combustión. Con la mejora solo es necesario aplicar un solo intento para que el equipo arranque con normalidad.
- El diseño del sistema de prearranque en el equipo WD900-3 asegura una buena lubricación del motor en el arranque. Esto se obtiene al lubricar el motor hasta que la presión del sistema llegue a una presión de 30kpa previo al arranque inicial.
- Con la prueba de t student se obtuvo para ambos equipos el valor estadístico t mayor que el valor crítico. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_i). Es decir, se reduce los tiempos de demora de arranque al utilizar el sistema de precalentamiento manual a temperaturas menores a 5°C.
- Las paradas no programadas por problemas de arranque a bajas temperatura se eliminan con la implementación del sistema del prearranque en el equipo WD900-3.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el desarrollo de la investigación respecto a las condiciones del sistema de pre arranque a condiciones de baja temperaturas ampliando para otros equipos de gran minería.
- Utilizar otras tecnologías tales como microcontroladores para el desarrollo del sistema de control del sistema de arranque. Con el uso de microcontroladores se reduce en los costos durante su implementación.
- Continuar aplicando la herramienta de análisis de datos t student para garantizar los resultados estadísticos de los datos obtenidos durante la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Dammert Lira y F. Morinelli Aristondo, Panorama de la Minería en el Perú, Lima, 2007.
- [2] Instituto Peruano de Economía, «Contribución de la Minería a la Economía Nacional,» Sociedad Nacional de Minería Petroleo y Energia, 2021.
- [3] Ministerio de Energía y Minas, «<https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/26456-subsector-minero-se-mantuvo-como-el-principal-aportante-de-las-exportaciones-nacionales-durante-el-2018>,» 12 3 2019. [En línea].
- [4] Energiminas, «Minería Camaleonica,» Energiminas, 2021.
- [5] M. Rocha Hernandez, «Estudo dos componentes auxiliares de partida a frio de motores movidos a Diesel,» Sao Paulo, 2011.
- [6] A. Marin Soler, «Puesta en marcha de una instalación para el estudio del arranque de un motor 3.0 litros en condiciones de arranque en frio y altitud,» 2018.
- [7] O. J. Ochoa Cortés, «Sistema de prelubricación para motores de combustión inerna,» 2011.
- [8] N. V. Bondar, «Determination of different methods of tractors diesel engine pre-start preparation at its starting characteristics,» 2017.
- [9] Z. Kan, Z. Hu, D. Lou, P. Tan, Z. Cao y Z. Yang, «Effects of altitude on combustion and ignition characteristics of speed-up period during cold start in a diesel engine,» 2018.
- [10] J. A. Arboleda Arboleda y C. H. J. Hernán, «Diseño de un sistema de protección electrónica para el sistema lubricación de un motor,» 2014.
- [11] M. Korchuganova, A. Syrbakov, A. Tkachev y T. Zorina, «Research of the pre-launch powered lubrication device of the engine D-240,» 2015.
- [12] M. R. Cardenas Robles, «Módulo de temporización electrónica para precalentador de vehículos a combustión Diesel,» 2017.
- [13] M. S. Cesar Elias, Controlador difuso para control de la fase de calentamiento de motores Diésel que operan en los Andes Peruanos, Lima, 2018.

- [14] T. W. Canahualpa Carhuamaca, «Análisis de falla críticas de sistemas auxiliares para incrementar la confiabilidad del rodillo compactador Volvo en la municipalidad de Acopalca,» 2018.
- [15] G. A. Reyes Jiménez, «Análisis numérico de falla para herramienta de implemento de equipo de maquinaria pesada,» 2012.
- [16] J. Londoño Londoño, «Maquinaria pesada para movimiento de tierras,» 2010.
- [17] E. Gonzales Said, «Motores a combustión interna,» 2007.
- [18] M. Shahabuddin, A. M. Liaquat, H. H. Masjuki, M. A. Kalam y M. Mofijur, «Ignition delay, combustion and emission characteristics of diesel engine,» 2012.
- [19] G. Lira Cacho y J. Ponce Galiano, «Sistema para mejorar las características de arranque de los motores diesel en la altura,» 1999.
- [20] Komatsu Mitsui, «Komatsu Mitsui,» Imacom, 2015. [En línea]. Available: <http://www.kmmp.pe>.
- [21] Caterpillar, «Cat Repuestos,» Caterpillar, 2023. [En línea]. Available: <https://parts.cat.com/es/catcorp>.
- [22] Komatsu, «Tractor sobre ruedas WD900-3,» 2018.
- [23] Komatsu, Show manual Komatsu WD900-3, 2018.
- [24] Komatsu, Shop manual engine SAA12V140E-3, 2016.
- [25] F. J. Garcia Gonzalez, «Control logico programable manual de asignatura,» 2004.
- [26] L. A. Zapana Mamani, «Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable (PLC),» 2019.
- [27] J. G. Lugo Armenta y L. Pino Fan, «Niveles de razonamiento inferencial para el estadístico t-student,» 2021.
- [28] M. Cortés Cortés y I. L. Miriam, Generalidades sobre metodología de la investigación, México, 2004.
- [29] Walsh Perú, «Modificación del estudio de impacto ambiental para el proyecto de expansión de la unidad minera Toromocho,» 2020.

- [30] Siemens, «Hoja de datos PLC siemens modelo 6ES7214-1AG40-0XB0,» 2015.
- [31] M. Sanchez Gutierrez, Mantenimiento del sistema de arranque del motor del vehículo, 2014.
- [32] D. F. Guevara Cubillo, «Diseño e implementación de un sistema de control para arranque de motores diesel para bombeo de poliducto Quito-Ambato-Riobamba,» 2011.
- [33] I. Gritsuk, V. Mateichyk, M. Smieszek, V. Volkov y Y. Gutarevych, «Improving the vehicular engine pre-start and after-start heating by using the combined heating system,» SAE, 2016.
- [34] D. Colic y J. Norin, «Control strategy and modeling for engine oil system,» 2021.
- [35] Y. M. Y, P. D. V. y K. R. N., «Development and testing of a mathematical model of the engine pre-start operation at low ambient temperatures,» 2020.
- [36] H. Carlos y O. Z. Eduardo, Recursos minerales, minería y medio ambiente, Buenos Aires, 2014.
- [37] Y. M. Y., P. D. V. y K. R. N., «Development and testing of a mathematical model of the engine pre-start operation at low ambient temperatures,» 2020.
- [38] M. A. Pérez Cisneros, «Control lógico programable,» 2015.
- [39] R. Guzman Luna, A. Quevedo Nolasco, L. Tijerina Chávez y M. Castro Popoca, «Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC,» 2015.

ANEXO 1

REPORTE DE PARADAS Y ACTIVIDADES DE FLOTA KOMATSU DIA

05/04/2022

Demoras por Equipo

Este informe muestra todas las demoras de inicio y termino en el periodo del informe.

Parámetros del



Fecha de Inicio	Turno de Inicio	Fecha de Terminación	Turno de Terminación
05-abr-22 07:30:00 a.m.	Turno Dia 05 Apr 2022	06-abr-22 07:30:00 a.m.	Turno Noche 05 Apr 2022

OID-D	Name-M	DelayCategory_N-DT	DelayType_N-D	Description-D	StartTime-D	FinishTime-D	ca/DurationDis	stap	tsmu/(hrs
2674199	TO201	Condicion-Operativa	Falta de operador		04-Abr-22 08:53:15 AM	05-Abr-22 07:58:25 AM	23:05:10		7626
2685285	RE101	Condicion-Operativa	Falta de operador		04-Abr-22 09:52:38 AM	05-Abr-22 07:58:25 AM	22:05:47		0
2856877	CM407	Mant-Programado	Preventivo	FM2	05-Abr-22 04:17:12 AM	05-Abr-22 09:35:55 PM	17:18:43		4604.612778
2860977	TO202	Demora-Programada	Refrigerio	MACHINE GEN Started a delay: Refrigerio	05-Abr-22 05:02:51 AM	05-Abr-22 07:58:25 AM	02:55:34		6335.558333
2876228	CM404	Demora-Programada	Abastecimiento de Combustible	MACHINE GEN Started a delay: Abastecimiento de Combustible	05-Abr-22 06:50:34 AM	05-Abr-22 08:04:38 AM	01:14:04		
2878487	CM402	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:08:02 AM	05-Abr-22 08:03:56 AM	00:55:54		9157.294444
2878809	CM405	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:10:23 AM	05-Abr-22 08:04:32 AM	00:54:09		4904.121667
2878957	CM408	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:11:41 AM	05-Abr-22 08:12:09 AM	01:00:28		4246.916111
2882595	CM409	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:46:08 AM	05-Abr-22 08:02:56 AM	00:16:48		4211.200278
2882933	CM403	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:49:16 AM	05-Abr-22 08:07:14 AM	00:17:58		8996.3575
2883049	CM406	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:50:51 AM	05-Abr-22 08:09:24 AM	00:18:33		4367.133611
2883085	CM401	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:51:09 AM	05-Abr-22 08:10:20 AM	00:19:11		9161.763889
2883303	CM410	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:54:34 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM	00:26:38		3713.424722
2883623	RE101	Demora-Programada	Cambio de Turno		05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM	00:22:47		0
2883626	TO201	Demora-Programada	Cambio de Turno		05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM	00:22:47		7626
2883627	TO202	Demora-Programada	Cambio de Turno		05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:18:26 AM	00:20:01		
2883628	TR201	Demora-Programada	Cambio de Turno		05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM	00:22:47		667.7
2883629	TR202	Demora-Programada	Cambio de Turno		05-Abr-22 07:58:25 AM	05-Abr-22 08:21:12 AM	00:22:47		0
2884589	CM409	Demora-No-Programada	Inspeccion de Operador	MACHINE GEN Started a delay: Inspeccion de Operador	05-Abr-22 08:02:57 AM	05-Abr-22 08:08:46 AM	00:05:49		4211.200278
2884914	CM404	Demora-No-Programada	Inspeccion de Operador	MACHINE GEN Started a delay: Inspeccion de Operador	05-Abr-22 08:04:46 AM	05-Abr-22 08:07:32 AM	00:02:46		7219.191389
2887671	CM410	Condicion-Operativa	Falta de operador		05-Abr-22 08:21:12 AM	05-Abr-22 08:24:06 AM	00:02:54		3713.868611
2887681	RE101	Condicion-Operativa	Falta de operador		05-Abr-22 08:21:12 AM	06-Abr-22 07:56:45 AM	23:35:33		0
2887683	TO201	Condicion-Operativa	Falta de operador		05-Abr-22 08:21:12 AM	05-Abr-22 08:32:01 AM	00:10:49		7626
2889051	CM402	Demora-No-Programada	Carretera Obstruida		05-Abr-22 08:30:21 AM	05-Abr-22 09:25:04 AM	00:54:43		9158.666389
2889351	TO201	Condicion-Operativa	Falta de operador		05-Abr-22 08:32:01 AM	06-Abr-22 07:56:45 AM	23:24:44		7626
2891762	CM406	Condicion-Operativa	Falta de operador	MACHINE GEN Started a delay: Falta de operador	05-Abr-22 08:48:37 AM	05-Abr-22 01:00:45 PM	04:12:08		4368.096389
2899718	TO202	Demora-No-Programada	Espera combustible	MACHINE GEN Started a delay: Espera combustible	05-Abr-22 09:36:42 AM	05-Abr-22 10:55:27 AM	01:18:45		
2906237	CM408	Demora-No-Programada	Cola en Grifo	MACHINE GEN Started a delay: Cola en Grifo	05-Abr-22 10:29:11 AM	05-Abr-22 10:33:41 AM	00:04:30		
2906970	CM408	Demora-Programada	Abastecimiento de Combustible	MACHINE GEN Started a delay: Abastecimiento de Combustible	05-Abr-22 10:33:45 AM	05-Abr-22 10:51:34 AM	00:17:49		
2907965	CM403	Mant-No-Programado	Correctivo Mecanico	MACHINE GEN Started a delay: Correctivo Mecanico	05-Abr-22 10:40:38 AM	05-Abr-22 11:23:40 AM	00:43:02		8999.213611
2910627	CM408	Mant-Programado	Trabajo Mecanico	Cambio de filtro de combustible	05-Abr-22 11:00:23 AM	05-Abr-22 12:30:34 PM	01:30:11		4247.799722
2910792	TO202	Condicion-Operativa	Falta de operador	MACHINE GEN Started a delay: Falta de operador	05-Abr-22 11:01:56 AM	05-Abr-22 02:28:29 PM	03:26:33		6336.575833
2911320	CM410	Demora-Programada	Refrigerio	MACHINE GEN Started a delay: Refrigerio	05-Abr-22 11:06:08 AM	05-Abr-22 12:02:51 PM	00:56:43		3716.6175
2911585	CM405	Demora-Programada	Refrigerio	MACHINE GEN Started a delay: Refrigerio	05-Abr-22 11:07:53 AM	05-Abr-22 12:02:58 PM	00:55:05		
2913017	CM409	Demora-Programada	Refrigerio	MACHINE GEN Started a delay: Refrigerio	05-Abr-22 11:20:50 AM	05-Abr-22 12:15:21 PM	00:54:31		4211.200278
2921261	CM409	Demora-Programada	Abastecimiento de Combustible	MACHINE GEN Started a delay: Abastecimiento de Combustible	05-Abr-22 12:19:44 PM	05-Abr-22 12:38:43 PM	00:18:59		4211.200278

REPORTE DE PARADAS Y ACTIVIDADES DE FLOTA KOMATSU DIA

06/04/2022

Demoras por Equipo

Este informe muestra todas las demoras de inicio y termino en el periodo del informe.

Parametros del



Fecha de Inicio	Turno de Inicio	Fecha de Termino	Turno de Termino
06-abr-22 07:30:00 a.m.	Turno Dia 06 Apr 2022	07-abr-22 07:30:00 a.m.	Turno Noche 06 Apr 2022

OID-D	Name-M	DelayCategory_N-D	DelayType_N-D	Description-D	StartTime-D	FinishTime-D	DelayDurationDis	startSmu(hrs)
722887681	RE101	Condicion-Operativa	Falta de operador		05-Abr-22 08:21:12 AM	06-Abr-22 07:56:45 AM	23:35:33	0
722889351	TO201	Condicion-Operativa	Falta de operador		05-Abr-22 08:32:01 AM	06-Abr-22 07:56:45 AM	23:24:44	7626
722974851	TR201	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	05-Abr-22 07:02:18 PM	06-Abr-22 08:23:34 AM	13:21:16	667.7
723095582	TO202	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 06:41:42 AM	06-Abr-22 08:23:34 AM	01:41:52	6351.9
723098379	CM405	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:02:44 AM	06-Abr-22 08:12:15 AM	01:09:31	4924.089722
723098509	CM404	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:03:42 AM	06-Abr-22 08:14:26 AM	01:10:44	7240.160556
723098923	CM408	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:06:46 AM	06-Abr-22 08:17:21 AM	01:10:35	
723099074	CM402	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:08:05 AM	06-Abr-22 08:14:34 AM	01:06:29	9181.295278
723099970	CM401	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:15:40 AM	06-Abr-22 08:07:01 AM	00:51:21	9185.1725
723103853	CM403	Demora-No-Programada	Inspeccion de Operador	MACHINE GEN Started a delay: Inspeccion de Operador	06-Abr-22 07:50:40 AM	06-Abr-22 07:52:31 AM	00:01:51	9007.5
723103999	CM403	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:52:36 AM	06-Abr-22 08:15:00 AM	00:22:24	9007.5
723104009	CM409	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:52:42 AM	06-Abr-22 08:21:58 AM	00:29:16	4211.200278
723104042	CM407	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:52:59 AM	06-Abr-22 08:30:41 AM	00:37:42	4612.380556
723104082	CM406	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:53:29 AM	06-Abr-22 08:13:34 AM	00:20:05	4373.799722
723104109	CM410	Demora-Programada	Cambio de Turno	MACHINE GEN Started a delay: Cambio de Turno	06-Abr-22 07:53:57 AM	06-Abr-22 08:11:14 AM	00:17:17	3735.344444
723104287	RE101	Demora-Programada	Cambio de Turno		06-Abr-22 07:56:45 AM	06-Abr-22 08:23:34 AM	00:26:49	0
723104288	TO201	Demora-Programada	Cambio de Turno		06-Abr-22 07:56:45 AM	06-Abr-22 08:23:34 AM	00:26:49	7626
723107849	CM409	Demora-No-Programada	Inspeccion de Operador	MACHINE GEN Started a delay: Inspeccion de Operador	06-Abr-22 08:22:02 AM	06-Abr-22 08:22:05 AM	00:00:03	4211.200278
723107870	CM409	Demora-No-Programada	Inspeccion de Operador	MACHINE GEN Started a delay: Inspeccion de Operador	06-Abr-22 08:22:08 AM	06-Abr-22 08:24:21 AM	00:02:13	4211.200278
723108147	RE101	Condicion-Operativa	Falta de operador		06-Abr-22 08:23:34 AM	06-Abr-22 05:59:41 PM	09:36:07	0
723108150	TO201	Condicion-Operativa	Falta de operador		06-Abr-22 08:23:34 AM	06-Abr-22 05:59:41 PM	09:36:07	7626
723108151	TO202	Condicion-Operativa	Falta de operador		06-Abr-22 08:23:34 AM	06-Abr-22 08:36:23 AM	00:12:49	6353.597778
723108152	TR201	Condicion-Operativa	Falta de operador		06-Abr-22 08:23:34 AM	06-Abr-22 05:59:41 PM	09:36:07	667.7
723113073	CM405	Condicion-Operativa	Falta de equipo de carguio	MACHINE GEN Started a delay: Falta de equipo de carguio	06-Abr-22 08:44:03 AM	06-Abr-22 09:12:24 AM	00:28:21	
723113927	TO202	Mant-Programado	Preventivo	MACHINE GEN Started a delay: Preventivo	06-Abr-22 08:50:25 AM	06-Abr-22 09:28:49 AM	00:38:24	6354.045278
723114536	CM404	Condicion-Operativa	Falta de equipo de carguio	MACHINE GEN Started a delay: Falta de equipo de carguio	06-Abr-22 08:56:01 AM	06-Abr-22 09:06:37 AM	00:10:36	7242.0325
723116793	CM403	Condicion-Operativa	Equipo de Carguio Inoperativo		06-Abr-22 09:02:34 AM	06-Abr-22 09:18:14 AM	00:15:40	9007.5
723119067	CM402	Condicion-Operativa	Falta de chancadora		06-Abr-22 09:19:30 AM	06-Abr-22 09:34:08 AM	00:14:38	9183.485556
723119240	CM409	Mant-Programado	Inspeccion de llantas	MACHINE GEN Started a delay: Inspeccion de llantas	06-Abr-22 09:20:48 AM	06-Abr-22 09:36:19 AM	00:15:31	4211.200278
723119881	CM406	Condicion-Operativa	Falta de chancadora		06-Abr-22 09:25:36 AM	06-Abr-22 09:34:37 AM	00:09:01	4373.799722
723123998	CM404	Condicion-Operativa	Falta de equipo de carguio	MACHINE GEN Started a delay: Falta de equipo de carguio	06-Abr-22 09:59:04 AM	06-Abr-22 10:01:50 AM	00:02:46	7243.083333
723125619	CM405	Demora-Programada	Abastecimiento de Combustible	MACHINE GEN Started a delay: Abastecimiento de Combustible	06-Abr-22 10:09:30 AM	06-Abr-22 10:26:41 AM	00:17:11	
723130838	CM409	Demora-No-Programada	Servicios Hgienicos	MACHINE GEN Started a delay: Servicios Hgienicos	06-Abr-22 10:41:06 AM	06-Abr-22 10:51:32 AM	00:10:26	4211.200278
723133680	CM409	Demora-Programada	Refrigerio	MACHINE GEN Started a delay: Refrigerio	06-Abr-22 11:01:19 AM	06-Abr-22 11:58:07 AM	00:56:48	4211.200278
723134640	CM403	Demora-Programada	Refrigerio	MACHINE GEN Started a delay: Refrigerio	06-Abr-22 11:08:58 AM	06-Abr-22 11:58:30 AM	00:49:32	9007.5
723138405	CM408	Demora-Programada	Abastecimiento de Combustible	MACHINE GEN Started a delay: Abastecimiento de Combustible	06-Abr-22 11:36:47 AM	06-Abr-22 11:52:49 AM	00:16:02	

ANEXO 2

FICHA TÉCNICA TRACTOR SOBRE RUEDAS WD900-3

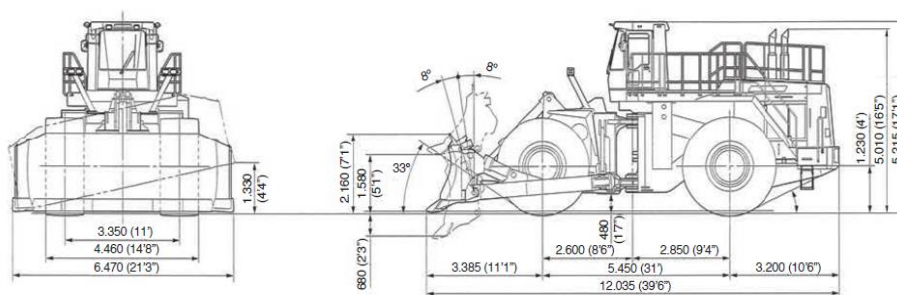


*Fotografía del equipo es referencial, puede incluir equipamiento opcional.

- »El potente motor Komatsu SA12V140-1 proporciona un bajo consumo de combustible durante el funcionamiento.
- »La cabina amplia y silenciosa con aire acondicionado de gran capacidad reduce considerablemente la fatiga del operador.
- »El interruptor de disminución de marcha en la palanca de control de la hoja es útil para operaciones de movimiento de tierra.
- »El control de cambio automático de marcha ofrece al operador el máximo control con el mínimo esfuerzo.
- »El control de la dirección mediante la palanca es un sistema de dirección eficiente y de bajo esfuerzo.
- »Los soportes amortiguadores viscosos Komatsu de la cabina reducen la vibración y el ruido.
- »Los frenos de servicio no requieren ajustes, por lo tanto, proporcionan un mayor rendimiento y menos tiempo de inactividad.
- »Se utilizan componentes de alta calidad para obtener una excelente fiabilidad y disponibilidad.



DIMENSIONES



Tipo de hoja	Hoja semi U	Hoja para carbón
Capacidad de la hoja (clasificación SAE)	26,0 m ³ (34,0 yd ³)	45,0 m ³ (58,9 yd ³)
Ancho de la hoja	6.470 mm (21'3")	7.400 mm (24'3")
Elevación máxima sobre el suelo	1.580 mm (5'2")	1.560 mm (5'1")
Caída máxima bajo el nivel del suelo	680 mm (2'3")	680 mm (2'3")
Ajuste máximo de la inclinación	1.330 mm (4'4")	1.710 mm (5'7")
Ajuste máximo del ángulo de inclinación hacia delante y atrás	± 8°	± 8°

ESPECIFICACIONES



MOTOR

MODELO	Komatsu SA12V140-1.
TIPO	Enfriado por agua de 4 ciclos.
ASPIRACIÓN	Turbocargado.
CANT. DE CILINDROS	12.
DIÁMETRO POR CARRERA	140 mm x 165 mm 5,5" x 6,5".
DESPLAZAMIENTO DE PISTONES	30,5 L 1.861 in ³ .
RENDIMIENTO	
POTENCIA NETA AL VOLANTE	637 kw 863 hp (SAE J1349).
	637 kw 865 PS (DIN 6270).
R. P. M. NOMINALES	2.000 r. p. m.
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Inyección directa.



TRANSMISIÓN

CONVERTIDOR DE TORQUE	
TIPO	3 elementos, una etapa, una fase.
TRANSMISIÓN	
TIPO	Full-powershift, de tipo planetaria.
VELOCIDAD DE TRASLADO	km/h mph.
MEDIDO CON NEUMÁTICOS DE	45/65 R45 XLDD.

	1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}
Avance	7,0 / 4,3	12,3 / 7,6	28,0 / 17,4
Retroceso	7,1 / 4,4	12,4 / 7,7	28,3 / 17,6



SISTEMA DE DIRECCIÓN

TIPO	Articulado, dirección asistida completamente hidráulica.
ÁNGULO DE DIRECCIÓN	40° en cada dirección.
RADIO DE GIRO MÍNIMO AL CENTRO DE LOS NEUMÁTICOS EXTERIORES	9.200 mm 30'2".



SISTEMA HIDRÁULICO

SISTEMA DE DIRECCIÓN	
BOMBA HIDRÁULICA	Bomba de pistones.
AJUSTE DE LA VÁLVULA DE ALIVIO	320 kg/cm ² 4.550 PSI.
CILINDROS HIDRÁULICOS	
TIPO	Tipo pistón de doble acción.
CANT. DE CILINDROS	2.
DIÁMETRO POR CARRERA	160 mm x 503 mm 6,3" x 19,8".
CONTROL DEL TRACTOR	
BOMBA HIDRÁULICA	Dos bombas de pistones, una para la bomba conmutadora.
AJUSTE DE LA VÁLVULA DE ALIVIO	320 kg/cm ² 4.550 PSI.
CILINDROS HIDRÁULICOS	
TIPO	Tipo pistón de doble acción.
CANT. DE CILINDROS	
DIÁMETRO POR CARRERA	
CILINDRO DE ELECCIÓN	1 – 200 mm x 1.300 mm 7,9" x 51,2".
CILINDRO DE INCLINACIÓN	2 – 225 mm x 240 mm 8,9" x 9,4".
VÁLVULA DE CONTROL	2 carretes, control piloto.
POSICIONES DE CONTROL	
CONTROL DE ELECCIÓN DE LA HOJA	Elevación, sostenimiento, descenso y flotación.
CONTROL DE INCLINACIÓN LATERAL	Inclinación hacia la izquierda, sostenimiento, inclinación hacia la derecha e inclinación hacia delante y atrás.



EJES Y MANDOS FINALES

SISTEMA DE MANDO	Tracción en las cuatro ruedas.
DELANTERO	Fijo, flotante.
TRASERO	Soporte basculante, flotante con ± 11° de oscilación.
ENGRANAJE DE REDUCCIÓN	Engranajes cónicos helicoidales.
ENGRANAJE DIFERENCIAL	Engranajes cónicos rectos.
ENGRANAJE DE REDUCCIÓN FINAL	Engranaje planetario, reducción única, sumergidos en aceite.



NEUMÁTICOS

DELANTEROS Y TRASEROS	45/65 R45 XLDD (L4).
AROS	36.00-45.



FRENOS

Frenos de servicio: Los frenos de discos húmedos, accionados hidráulicamente, se accionan en las cuatro ruedas, delanteras y traseras, de manera sistemática.

Freno de estacionamiento: Freno de disco seco de liberación hidráulica, se aplica por medio de un resorte en el eje de entrada del eje delantero.

Freno de emergencia: Utiliza el freno de estacionamiento.



CABINA Y ROPS

La estructura cumple con las normas ISO 3471 y SAE J1040c ROPS (estructura de protección contra vuelcos), además de la norma ISO 3449 FOPS (estructura de protección contra caída de objetos). La cabina se encuentra instalada sobre un soporte viscoso y se encuentra debidamente aislada.



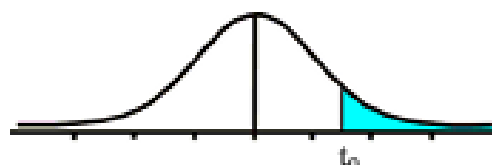
CAPACIDADES DE RECARGA

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	301 L 79,5 U.S. gal.
TANQUE DE COMBUSTIBLE	1.430 L 377,8 U.S. gal.
MOTOR	132 L 34,9 U.S. gal.
SISTEMA HIDRÁULICO	725 L 191,5 U.S. gal.
EJE (CADA UNO, DELANTERO Y TRASERO)	360 L 95,1 U.S. gal.
CONVERTIDOR DE TORQUE Y TRANSMISIÓN	140 L 37 U.S. gal.

ANEXO 3

**TABLA DE VALORES CRÍTICOS T STUDENT UNILATERAL A LA
DERECHA**

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440

ANEXO 4

HOJA DE DATOS DE PLC SIEMENS MODELO 6ES7214-1AG40-0XB0

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7214-1AG40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, DC/DC/DC, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: DC 20,4 - 28,8 V DC, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 100KB

Información general	
Versión de firmware	V4.1
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V13 SP1 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	Sí
• 24 V DC	
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Tensión de carga L+	
• Valor nominal (DC)	24 V
• Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	L+ menos 4 V DC mín.
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Pérdidas	

Pérdidas, típ.	12 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrado	100 kbyte
• Ampliable	No
Memoria de carga	
• integrado	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Sí; Libre de mantenimiento
• sin pila	Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones a bits, típ.	0,085 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción
CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
OB	
• Cantidad, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
Marcas	
• Cantidad, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Datos locales	
• por cada prioridad, máx.	16 kbyte
Imagen del proceso	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
Configuración del hardware	
Nº de módulos por sistema, máx.	3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module
Hora	
Reloj	
• Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
• Desviación diaria, máx.	60 s/mes @ 25 °C
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	14; integrado

• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Canales integrados (DI)	14
de tipo M	Sí
Número de entradas atacables simultáneamente	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	14
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 VDC at 2.5 mA
Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— parametrizable	0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4
— en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
— en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
para contadores/funciones tecnológicas:	
— parametrizable	Monofásica: 3 @ 100 kHz y 3 @ 30 kHz, Diferencial: 3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas
• No apantallado, máx.	300 m; Para funciones tecnológicas: No
Salidas digitales	
Número de salidas	10
• De ellas, salidas rápidas	4; Salida de tren de impulsos 100 kHz
Canales integrados (DO)	10
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)
Poder de corte de las salidas	
• Con carga resistiva, máx.	0,5 A
• con carga tipo lámpara, máx.	5 W
Tensión de salida	
• para señal "0", máx.	0,1 V; con carga de 10 kOhm
• para señal "1", mín.	20 V
Intensidad de salida	
• para señal "1" valor nominal	0,5 A
• para señal "0" Intensidad residual, máx.	0,1 mA
Retardo a la salida con carga resistiva	
• "0" a "1", máx.	1 µs
• "1" a "0", máx.	5 µs

Frecuencia de conmutación	
<ul style="list-style-type: none"> de las salidas de impulsos, con carga óhmica, máx. 	100 kHz
Longitud del cable	
<ul style="list-style-type: none"> apantallado, máx. 	500 m
<ul style="list-style-type: none"> No apantallado, máx. 	150 m
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	2
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V
Rangos de entrada	
<ul style="list-style-type: none"> Tensión 	Sí
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
<ul style="list-style-type: none"> 0 a +10 V 	Sí
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia de entrada (0 a 10 V) 	≥100 kohmios
Longitud del cable	
<ul style="list-style-type: none"> apantallado, máx. 	100 m; trenzado y apantallado
Formación de valores analógicos	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
<ul style="list-style-type: none"> Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx. 	10 bit
<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de integración parametrizable 	Sí
<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de conversión (por canal) 	625 µs
Sensor	
Sensores compatibles	
<ul style="list-style-type: none"> Sensor a 2 hilos 	Sí
1. Interfaz	
Tipo de interfaz	PROFINET
Norma física	Ethernet
con aislamiento galvánico	Sí
Detección automática de la velocidad de transferencia	Sí
Autonegociación	Sí
Autocrossing	Sí
Funcionalidad	
<ul style="list-style-type: none"> PROFINET IO-Device 	Sí; también con funcionalidad de IO-Device simultánea
<ul style="list-style-type: none"> PROFINET IO-Controller 	Sí
PROFINET IO-Controller	
<ul style="list-style-type: none"> Velocidad de transferencia, máx. 	100 Mbit/s
<ul style="list-style-type: none"> Nº de IO Devices que se pueden conectar en total, máx. 	16
PROFINET IO-Device	

Aislamiento galvánico	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de E digitales	500 V AC durante 1 minuto
• entre los canales, en grupos de	1
Aislamiento galvánico módulos de S digitales	
• Aislamiento galvánico módulos de S digitales	Sí
• entre los canales	No
• entre los canales, en grupos de	1
CEM	
Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática	
• Inmunidad a perturbaciones por descargas de electricidad estática IEC 61000-4-2	Sí
— Tensión de ensayo con descarga en aire	8 kV
— Tensión de ensayo para descarga por contacto	6 kV
Inmunidad a perturbaciones conducidas	
• Inmunidad a perturbaciones en cables de alimentación según IEC 61000-4-4	Sí
• Inmunidad a perturbaciones por cables de señales IEC 61000-4-4	Sí
Inmunidad a perturbaciones por tensiones de choque (sobretensión transitoria)	
• por los cables de alimentación según IEC 61000-4-5	Sí
Inmunidad a perturbaciones conducidas, inducidas mediante campos de alta frecuencia	
• Inmunidad a campos electromagnéticos radiados a frecuencias radioeléctricas según IEC 61000-4-6	Sí
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite A, para aplicación en la industria	Sí; Grupo 1
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí; Si se garantiza mediante medidas oportunas que se cumplen los valores límite de la clase B según EN 55011
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación UL	Sí
cULus	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anterior C-TICK)	Sí
Homologaciones navales	

• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Caída libre	
• Altura de caída máx. (en el embalaje)	0,3 m; Cinco veces, en embalaje de envío
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C
• máx.	60 °C; N.º de entradas o salidas conectadas al mismo tiempo: 7 o 5 (sin puntos contiguos) con 60 °C en horizontal o 50 °C en vertical, 14 o 10 con 55 °C en horizontal o 45 °C en vertical
• Montaje horizontal, mín.	-20 °C
• Montaje horizontal, máx.	60 °C
• Montaje vertical, mín.	-20 °C
• Montaje vertical, máx.	50 °C
Temperatura de almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Presión atmosférica según IEC 60068-2-13	
• Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
• Almacenamiento/transporte, máx.	1 080 hPa
• Altitud de servicio permitida	-1000 a 2000 m
Humedad relativa del aire	
• Rango permitido (sin condensación) a 25 °C	95 %
Vibraciones	
• Vibraciones	Montaje en pared 2 g; perfil DIN, 1 g
• En servicio, según DIN IEC 60068-2-6	Sí
Ensayo de choques	
• ensayado según DIN IEC 60068-2-27	Sí; IEC 68, parte 2-27; semisinusoide: fuerza de choque 15 g (valor de cresta), duración 11 ms
Concentraciones de sustancias contaminantes	
— SO2 con HR < 60% sin condensación	SO2: < 0,5 ppm; H2S: < 0,1 ppm; HR < 60% sin condensación
programación	
Lenguaje de programación	
— KOP	Sí
— FUP	Sí
— SCL	Sí
Vigilancia de tiempo de ciclo	
• configurable	Sí
Dimensiones	
Ancho	110 mm
Alto	100 mm
Profundidad	75 mm

Pesos

Peso, aprox.

415 g

Última modificación:

11.04.2015